

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5300769号
(P5300769)

(45) 発行日 平成25年9月25日(2013.9.25)

(24) 登録日 平成25年6月28日(2013.6.28)

(51) Int.Cl.

F 1

G 11 B	7/135	(2012.01)	G 11 B	7/135	A
G 02 B	13/00	(2006.01)	G 02 B	13/00	
G 02 B	13/18	(2006.01)	G 02 B	13/18	
G 02 B	5/18	(2006.01)	G 02 B	5/18	

請求項の数 12 (全 44 頁)

(21) 出願番号

特願2010-68688 (P2010-68688)

(22) 出願日

平成22年3月24日(2010.3.24)

(65) 公開番号

特開2011-204301 (P2011-204301A)

(43) 公開日

平成23年10月13日(2011.10.13)

審査請求日

平成25年1月11日(2013.1.11)

(73) 特許権者 000113263

HOYA株式会社

東京都新宿区中落合2丁目7番5号

(74) 代理人 100078880

弁理士 松岡 修平

(72) 発明者 井上 智

東京都新宿区中落合2丁目7番5号 HO
YA株式会社内

(72) 発明者 竹内 修一

東京都新宿区中落合2丁目7番5号 HO
YA株式会社内

審査官 ゆずりは 広行

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光情報記録再生装置用対物レンズ、及び光情報記録再生装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

記録密度の異なる第一、第二の光ディスクの各々に対して、所定の光源から射出された第一の波長を持つ略平行光束と第二の波長を持つ略平行光束もしくは発散光束を使うことにより、各光ディスクに対する情報の記録又は再生を行う光情報記録再生装置に搭載される光情報記録再生装置用対物レンズにおいて、

前記第一の波長を 1 (単位: nm) と定義し、前記第二の波長を 2 (単位: nm) と定義した場合に、

390 < 1 < 420

640 < 2 < 700

であり、

前記第一の波長 1 の光束を用いて情報の記録又は再生が行われる前記第一の光ディスクの保護層を t₁ (単位: mm) と定義し、前記第二の波長 2 の光束を用いて情報の記録又は再生が行われる前記第二の光ディスクの保護層を t₂ (単位: mm) と定義した場合に、

0.05 < t₁ < 0.150.50 < t₂ < 0.70

であり、

前記第一の光ディスクに対する情報の記録又は再生に必要な開口数を N_A1 と定義し、前記第二の光ディスクに対する情報の記録又は再生に必要な開口数を N_A2 と定義した場

合に、

N A 1 > N A 2

であり、

前記光源側の面又は前記光ディスク側の面の少なくとも一方に、次の数式

$$(h)=(P_2h^2+P_4h^4+P_6h^6+P_8h^8+P_{10}h^{10}+P_{12}h^{12})m$$

(但し、 h は、光軸からの高さを、 P_2 、 P_4 、 P_6 、 \dots はそれぞれ、二次、四次、六次、 \dots の光路差関数係数を、 m は、入射光束の回折効率が最大となる回折次数を、は、該入射光束の使用波長を、それぞれ示す。)

により表される光路差関数で規定される回折構造を持つ回折面を有し、

前記回折面は、

10

前記第一の波長 1 の光束を前記第一の光ディスクの記録面上に、前記第二の波長 2 の光束を前記第二の光ディスクの記録面上に、それぞれ収束させることに寄与する第一領域であって、該第一の波長 1、該第二の波長 2 の各光束使用時における回折効率が最大となる回折次数が共に 1 次である回折構造を持つ第一領域と、

前記第一の波長 1 の光束を前記第一の光ディスクの記録面上に収束させると共に、前記第二の波長 2 の光束の収束には寄与しない、前記第一領域の外側に配置された第二領域と、
を有し、

前記第一領域の回折構造を規定する光路差関数の 2 次の係数を P_2 と定義し、前記第二の波長 2 の回折効率が最大となる回折次数の光束における焦点距離を f_2 と定義した場合に、次の条件

$$35 < P_2 \times f_2 < 200$$

を満たすことを特徴とする光情報記録再生装置用対物レンズ。

【請求項 2】

記録密度の異なる第一、第二の光ディスクの各々に対して、所定の光源から射出された第一の波長を持つ略平行光束と第二の波長を持つ略平行光束もしくは発散光束を使うことにより、各光ディスクに対する情報の記録又は再生を行う光情報記録再生装置に搭載される光情報記録再生装置用対物レンズにおいて、

前記第一の波長を 1 (単位 : nm) と定義し、前記第二の波長を 2 (単位 : nm) と定義した場合に、

$$390 < 1 < 420$$

$$640 < 2 < 700$$

であり、

前記第一の波長 1 の光束を用いて情報の記録又は再生が行われる前記第一の光ディスクの保護層を t_1 (単位 : mm) と定義し、前記第二の波長 2 の光束を用いて情報の記録又は再生が行われる前記第二の光ディスクの保護層を t_2 (単位 : mm) と定義した場合に、

$$0.05 < t_1 < 0.15$$

$$0.50 < t_2 < 0.70$$

であり、

前記第一の光ディスクに対する情報の記録又は再生に必要な開口数を N A 1 と定義し、前記第二の光ディスクに対する情報の記録又は再生に必要な開口数を N A 2 と定義した場合に、

N A 1 > N A 2

であり、

前記光源側の面又は前記光ディスク側の面の少なくとも一方に、次の数式

$$(h)=(P_2h^2+P_4h^4+P_6h^6+P_8h^8+P_{10}h^{10}+P_{12}h^{12})m$$

(但し、 h は、光軸からの高さを、 P_2 、 P_4 、 P_6 、 \dots はそれぞれ、二次、四次、六次、 \dots の光路差関数係数を、 m は、入射光束の回折効率が最大となる回折次数を、は、該入射光束の使用波長を、それぞれ示す。)

40

50

により表される光路差関数で規定される回折構造を持つ回折面を有し、

前記回折面は、

前記第一の波長 1 の光束を前記第一の光ディスクの記録面上に、前記第二の波長 2 の光束を前記第二の光ディスクの記録面上に、それぞれ収束させることに寄与する第一領域であって、該第一の波長 1、該第二の波長 2 の各光束使用時における回折効率が最大となる回折次数が共に 1 次である回折構造を持つ第一領域と、

前記第一の波長 1 の光束を前記第一の光ディスクの記録面上に収束させると共に、前記第二の波長 2 の光束の収束には寄与しない、前記第一領域の外側に配置された第二領域と、

を有し、

10

前記第一領域の回折構造を規定する光路差関数の 2 次の係数を P_2 と定義し、前記第二の波長 2 の回折効率が最大となる回折次数の光束における焦点距離を f_2 と定義し、前記第一領域におけるブレーズ波長を B_1 (単位 : nm) と定義した場合に、次の条件

$$-0.010 < (B_1 - 2) / (P_2 \times f_2 \times 2) < -0.001$$

を満たすことを特徴とする光情報記録再生装置用対物レンズ。

【請求項 3】

次の条件

$$35 < P_2 \times f_2 < 200$$

を更に満たすことを特徴とする、請求項 2 に記載の光情報記録再生装置用対物レンズ。

【請求項 4】

次の条件

$$70 < P_2 \times f_2 < 200$$

を更に満たすことを特徴とする、請求項 1 又は請求項 3 の何れか一項に記載の光情報記録再生装置用対物レンズ。

20

【請求項 5】

前記第一領域におけるブレーズ波長を B_1 (単位 : nm) と定義した場合に、次の条件

$$450 < B_1 < 550$$

を更に満たすことを特徴とする、請求項 1 から請求項 4 の何れか一項に記載の光情報記録再生装置用対物レンズ。

30

【請求項 6】

前記第二領域は、該第二領域を透過する前記第二の波長 2 の光束に球面収差を付加してフレア光にする回折構造を持つことを特徴とする、請求項 1 から請求項 5 の何れか一項に記載の光情報記録再生装置用対物レンズ。

【請求項 7】

前記第二領域におけるブレーズ波長を B_2 (単位 : nm) と定義した場合に、次の条件

$$390 < B_2 < 420$$

を更に満たすことを特徴とする、請求項 1 から請求項 6 の何れか一項に記載の光情報記録再生装置用対物レンズ。

40

【請求項 8】

前記第二の波長 2 に対する屈折率を n_2 と定義し、前記光源側の面の曲率半径を R_1 と定義し、光軸上のレンズ厚を D と定義した場合に、次の条件

$$f_2 \times (1 + 2 \times P_2 \times 2 - D \times (n_2 - 1)) / (n_2 \times R_1) > 0.57$$

を更に満たすことを特徴とする、請求項 1 から請求項 7 の何れか一項に記載の光情報記録再生装置用対物レンズ。

【請求項 9】

前記第一の波長 1 の回折効率が最大となる回折次数光における焦点距離を f_1 と定義した場合に次の条件

$$1.0 < f_1 < 1.6$$

50

を更に満たすことを特徴とする、請求項 1 から請求項 8 の何れか一項に記載の光情報記録再生装置用対物レンズ。

【請求項 10】

前記第二領域において前記第一の波長 1 の光束の回折効率が最大となる回折次数が 1 次であることを特徴とする、請求項 1 から請求項 9 の何れか一項に記載の光情報記録再生装置用対物レンズ。

【請求項 11】

前記第二波長の光束の前記対物レンズにおける倍率を MM 2 と定義した場合に次の条件
- 0 . 0 2 0 < MM 2 0 . 0 0 0

を更に満たすことを特徴とする、請求項 1 から請求項 10 の何れか一項に記載の光情報記録再生装置用対物レンズ。 10

【請求項 12】

所定の光源から射出された第一、第二の波長を持つ略平行光束をそれぞれ、対物レンズを用いて、記録密度の異なる第一、第二の光ディスクの記録面上に集光し、各光ディスクに対する情報の記録又は再生を行う光情報記録再生装置において、

前記対物レンズは、請求項 1 から請求項 11 の何れか一項に記載の光情報記録再生装置用対物レンズであることを特徴とする光情報記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

この発明は、規格の異なる複数種類の光ディスクに対する情報の記録又は再生を行うのに適した構成の光情報記録再生装置用対物レンズ、及び該対物レンズを搭載した光情報記録再生装置に関する。

【背景技術】

【0002】

光ディスクには、DVD (Digital Versatile Disc) や BD (Blu-ray Disc) 等の記録密度や保護層厚の異なる複数種類の規格が存在する。規格の異なる複数種類の光ディスクが存在するため、光情報記録再生装置に搭載された対物光学系には、各光ディスクに対する互換性が要求される。ここで、互換性とは、使用する光ディスクを切り替えたときに部品交換等をすることなく情報の記録又は再生が保証されることである。 30

【0003】

対物光学系が規格の異なる複数種類の光ディスクに対して互換性を持つためには、ディスク厚（保護層表面から記録面までの光学的距離）に応じて変化する球面収差を補正すると同時に、対物光学系の開口数 (NA) を変化させて記録密度の違いに対応したビームスポットを得る必要がある。一般に、ビームスポットは、波長が短いほど小さく絞られる。そこで、光情報記録再生装置は、光ディスクの記録密度毎に、異なる波長のレーザー光を使用するように構成されている。光情報記録再生装置は、例えば DVD の記録又は再生を行う場合、約 660 nm の波長の光（いわゆる赤色レーザー光）を使用する。BD の記録又は再生を行う場合には、約 405 nm の波長の光（いわゆる青色レーザー光）を使用する。複数種類の規格の光ディスクに対して互換性を持つ光情報記録再生装置の具体的構成例は、特許文献 1 ~ 3 に記載されている。 40

【0004】

例えば、特許文献 1 には、CD (Compact Disc) と DVD の両規格に対して互換性を持つ光情報記録再生装置が記載されている。特許文献 2、3 には、DVD と BD の両規格に対して互換性を持つ光情報記録再生装置が記載されている。特許文献 1 ~ 3 に記載の光情報記録再生装置用対物レンズの一面には、互換性を確保するため、光軸を中心とする同心輪帯状の回折構造が設けられている。この種の回折構造は、各規格のレーザー光使用時ににおける回折効率を向上させるため、それぞれ異なるブレーブス波長の回折構造が設けられた複数の領域を有している。具体的には、回折構造は、各規格の光ディスクの記録面に対する各使用レーザー光の収束に寄与する第一領域と、高密度光ディスク（特許文献 1 の場合

40

50

は D V D、特許文献 2、3 の場合は B D) の記録面に対する使用レーザー光の収束にのみ寄与する第二領域を有している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 5】

【特許文献 1】特開 2 0 0 0 - 8 1 5 6 6 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 4 - 2 6 5 5 7 3 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 4 - 3 2 6 8 6 2 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0 0 0 6】

ところで、複数の規格に対する互換性を单一の対物レンズに持たせる場合、フレア光による信号の劣化が懸念される。例えば特許文献 1において C D 使用時には（又は特許文献 2、3において D V D 使用時には）、主に、第一領域の不要回折次数光と第二領域の不要光の 2 種類のフレア光が発生する。各光ディスクに対する情報の記録又は再生を良好に行うためには、信号に対するフレア光の影響を軽減させる必要がある。

【0 0 0 7】

しかし、特許文献 1 に記載の光情報記録再生装置では、対物レンズがフォーカスサーボ制御下で C D に接近する際、第一領域の不要回折次数光が C D の記録面に集光して信号を劣化させるという問題が指摘される。一方、特許文献 2、3 に記載の光情報記録再生装置では、各規格のレーザー光使用時における回折効率を向上させているため、不要回折次数光の絶対量が少ない。しかし、これらの光情報記録再生装置は、回折効率の向上のため、各規格のレーザー光に対してそれぞれ異なる高次の回折光を使用するように設計されている。そのため、回折構造の一段当たりの段差高さが高く、金型加工や成形が難しいという問題を抱えている。

20

【0 0 0 8】

本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、D V D や B D 等の規格の異なる複数種類の光ディスクに対する情報の記録又は再生を行うのに好適に構成された光情報記録再生装置用対物レンズ、及び該対物レンズを搭載した光情報記録再生装置を提供することである。

30

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 9】

上記の課題を解決する本発明の一形態に係る光情報記録再生装置用対物レンズは、記録密度の異なる第一、第二の光ディスクの各々に対して、所定の光源から射出された第一の波長を持つ略平行光束と第二の波長を持つ略平行光束もしくは発散光束を使うことにより、各光ディスクに対する情報の記録又は再生を行う光情報記録再生装置に搭載されたレンズである。なお、第一の波長 λ_1 (単位 : nm) 、第二の波長 λ_2 (単位 : nm) はそれぞれ、

$$390 < \lambda_1 < 420$$

$$640 < \lambda_2 < 700$$

40

を満たす。第一の波長 λ_1 の光束を用いて情報の記録又は再生が行われる第一の光ディスクの保護層 t_1 (単位 : mm) 、第二の波長 λ_2 の光束を用いて情報の記録又は再生が行われる第二の光ディスクの保護層 t_2 (単位 : mm) はそれぞれ、

$$0.05 < t_1 < 0.15$$

$$0.50 < t_2 < 0.70$$

を満たす。第一、第二の光ディスクに対する情報の記録又は再生に必要な開口数 N A 1、N A 2 は、

$$N A 1 > N A 2$$

を満たす。

【0 0 1 0】

50

本発明に係る光情報記録再生装置用対物レンズは、光源側の面又は光ディスク側の面の少なくとも一方に、次の式により表される光路差関数で規定される回折構造を持つ回折面を有する。

$$(h) = (P_2 h^2 + P_4 h^4 + P_6 h^6 + P_8 h^8 + P_{10} h^{10} + P_{12} h^{12}) m$$

(但し、 h は、光軸からの高さを、 P_2 、 P_4 、 P_6 、…はそれぞれ、二次、四次、六次、…の光路差関数係数を、 m は、入射光束の回折効率が最大となる回折次数を、 h は、該入射光束の使用波長を、それぞれ示す。)

【0011】

かかる回折面は、第一領域と第二領域を有する。第一領域は、第一の波長 λ_1 の光束を第一の光ディスクの記録面上に、第二の波長 λ_2 の光束を第二の光ディスクの記録面上に、それぞれ収束させることに寄与する領域であり、該第一の波長 λ_1 、該第二の波長 λ_2 の各光束使用時における回折効率が最大となる回折次数が共に1次である回折構造を持つ。第二領域は、第一領域の外側に配置され、第一の波長 λ_1 の光束を第一の光ディスクの記録面上に収束させると共に、第二の波長 λ_2 の光束の収束には寄与しない領域である。本発明に係る光情報記録再生装置用対物レンズは、第一領域の回折構造を規定する光路差関数の2次の係数を P_2 と定義し、第二の波長 λ_2 の回折効率が最大となる回折次数の光束(使用回折次数光)における焦点距離を f_2 と定義した場合に、次の条件(1)

$$35 < P_2 \times f_2 < 200 \dots (1)$$

を満たすように構成される。

【0012】

第一領域の回折効率が最大となる回折次数が1次(又は他の低次)であることによって、0次や2次等の不要次数の光をより遠くに飛ばすことが出来る。 n 次の回折光を用いた場合、不要光として主に発生する $n \pm 1$ 次光とのパワー差は $1/n$ で決まるため、1次光の時にパワー差が最大となる。

【0013】

条件(1)を満たすことにより、回折パワーの増強に伴う回折構造の段差数の増加や色収差の増大等を有効に避けつつ、不要回折次数光の近軸集光位置を使用回折次数光の焦点位置から十分離すことができ、不要回折次数光による信号劣化の影響が良好に抑えられる。条件(1)の下限を下回る場合は、不要回折次数光の近軸集光位置を使用回折次数光の焦点位置から十分に離すことができず、不要回折次数光による信号劣化の影響を抑えることができない。条件(1)の上限を上回る場合は、回折パワーの増強に伴う回折構造の段差数の増加や色収差の増大等が著しく、製造面や光学性能面の不利益が大きい。

【0014】

本発明に係る光情報記録再生装置用対物レンズは、第一領域におけるブレーズ波長を B_1 (単位: nm)と定義した場合に、次の条件(2)

$$450 < B_1 < 550 \dots (2)$$

を更に満たす構成としてもよい。

【0015】

条件(2)を満たす場合、第一領域を透過した第二の波長 λ_2 の光束の不要回折次数光の絶対量が少ない。条件(2)の下限を下回る場合は、第一領域を透過した第二の波長 λ_2 の光束の使用回折次数光の回折効率が低すぎて、第二の光ディスクに対する情報の良好な記録又は再生を行うには不利である。条件(2)の上限を上回る場合は、第一領域を透過した第一の波長 λ_1 の光束の使用回折次数光の回折効率が低すぎて、第一の光ディスクに対する情報の良好な記録又は再生を行うには不利である。具体的には、回折効率が低いため、高倍速記録(又は高倍速再生)に対応が難しい。回折効率の低下分を補填するには、例えば高出力光源を搭載する必要があり、コスト面で望ましくない。また、回折効率の低下による不要回折次数光の増加に伴い、再生信号等のS/N比が低下するという問題も発生する。

【0016】

上記の課題を解決する本発明の別の形態に係る光情報記録再生装置用対物レンズは、条

10

20

30

40

50

件(1)に代えて、次の条件(3)

$$-0.010 < (B_1 - 2) / (P_2 \times f_2 \times 2) < -0.001 \dots (3)$$

を満たすように構成される。

【0017】

条件(3)を満たすことにより、フレア光の影響を小さくすることができる。条件(3)の分母は、不要回折次数光の集光位置が使用回折次数光の焦点位置から離れるほど値が大きくなる。条件(3)の分子は、不要回折次数光の強度が大きいほど値が大きくなる。不要回折次数光の集光位置と強度とのバランスを取ることで、不要回折次数光の影響をコントロールして軽減することができる。条件(3)の下限を下回る場合は、不要回折次数光の近軸集光位置を使用回折次数光の焦点位置から十分に離すことができない、もしくはフレア光の強度が大きすぎるため、不要回折次数光による信号劣化の影響を抑えることができない。条件(3)の上限を上回る場合は、回折パワーの増強に伴う回折構造の段差数の増加や色収差の増大等が著しく、製造面や光学性能面の不利益が大きい。10

【0018】

第二領域は、第二の波長₂の光束に対する開口制限機能を備えるべく、該第二領域を透過する第二の波長₂の光束に球面収差を附加してフレア光にする回折構造を持つ構成としてもよい。

【0019】

本発明に係る光情報記録再生装置用対物レンズは、第二領域におけるブレーズ波長をB₂(単位:nm)と定義した場合に、次の条件(4)

$$390 < B_2 < 420 \dots (4)$$

を更に満たす構成としてもよい。

【0020】

条件(4)を満たす場合、第二領域における第一の波長₁の光束の回折効率がほぼ100%になる。条件(4)を外れると、第二領域を透過した第一の波長₁の光束の回折効率が低すぎて、高倍速対応が困難になると共に不要回折次数光の増加に伴い再生信号等のS/N比が低下するという不都合が生じる。

【0021】

本発明に係る光情報記録再生装置用対物レンズは、第二の波長₂に対する屈折率をn₂と定義し、光源側の面の曲率半径をR₁と定義し、光軸上のレンズ厚をDと定義した場合に、次の条件(5)

$$f_2 \times (1 + 2 \times P_2 \times 2 - D \times (n_2 - 1)) / (n_2 \times R_1) > 0.57 \dots (5)$$

を更に満たす構成としてもよい。

【0022】

条件(5)を満たす場合、第二の光ディスク使用時の作動距離を十分に確保することができる。条件(5)を満たさない場合は、第二の光ディスク使用時の作動距離が短すぎると、光情報記録再生装置用対物レンズと第二の光ディスクとの機械的干渉による欠損等が懸念される。

【0023】

本発明に係る光情報記録再生装置用対物レンズは、不要回折次数光による信号劣化の影響をより一層抑えるため、次の条件(6)、

$$70 < P_2 \times f_2 < 200 \dots (6)$$

を更に満たす構成としてもよい。

【0024】

本発明に係る光情報記録再生装置用対物レンズは、第一の波長₁の回折効率が最大となる回折次数光(使用回折次数光)における焦点距離をf₁と定義した場合に次の条件(7)、

$$1.0 < f_1 < 1.6 \dots (7)$$

を更に満たす構成としてもよい。

10

20

30

40

50

【0025】

条件(7)を満たす場合、光情報記録再生装置用対物レンズの小型化設計と第一の光ディスク使用時の作動距離の確保に有利である。条件(7)の下限を下回る場合は、第一の光ディスク使用時の作動距離を確保するのが難しい。また、レンズ面が小さくなり製造が難しく、取り扱いも困難である。条件(7)の上限を上回る場合は、光情報記録再生装置用対物レンズの小型化設計に適さない。

【0026】

本発明に係る光情報記録再生装置用対物レンズは、製造容易性等を考慮しつつ第二領域における第二の波長 λ_2 の光束の最大となる回折効率を抑えるため、第二領域において第一の波長 λ_1 の光束の回折効率が最大となる回折次数が1次であるよう設計されてもよい。

10

【0027】

本発明に係る光情報記録再生装置用対物レンズは、第二の波長 λ_2 の光束の対物レンズにおける倍率をMM2と定義した場合に、次の条件(8)

$$-0.020 < MM2 < 0.000 \dots (8)$$

を更に満たす構成としてもよい。

【0028】

条件(8)を満たす場合、光情報記録再生装置用対物レンズの小型化設計と第一の光ディスク使用時の作動距離の確保に有利である。条件(8)の下限を下回る場合は、第一の光ディスク使用時との倍率差が大きくなり、同一のコリメートレンズが使用できない。また、トラッキング時の性能劣化も大きくなる。条件(8)の上限を上回る場合は、第二の光ディスク使用時の作動距離を確保するのに不利な方向になってしまい、本発明の目的が達成されない。

20

【0029】

上記の課題を解決する本発明の一形態に係る光情報記録再生装置は、所定の光源から射出された第一、第二の波長を持つ略平行光束をそれぞれ、上記の何れかに記載の光情報記録再生装置用対物レンズを用いて、記録密度の異なる第一、第二の光ディスクの記録面上に集光し、各光ディスクに対する情報の記録又は再生を行うことを特徴とする。

【発明の効果】**【0030】**

30

本発明によれば、DVDやBD等の規格の異なる複数種類の光ディスクに対する情報の記録又は再生を行うのに好適に構成された光情報記録再生装置用対物レンズ、及び該対物レンズを搭載した光情報記録再生装置が提供される。

【図面の簡単な説明】**【0031】**

【図1】本発明の実施形態の光情報記録再生装置の構成を概略的に示す図である。

【図2】本発明の実施形態の対物レンズの構成を概略的に示す図である。

【図3】フレア光距離 f_2 と条件(1)との関係を示す図である。

【図4】光ディスクD2使用時の作動距離と条件(5)との関係を示す図である。

【図5】本発明の実施例1における光ディスクD1、D2の使用回折次数光の球面収差を示す図である。

40

【図6】本発明の実施例1における光ディスクD1、D2の使用回折次数光及び不要回折次数光の球面収差を示す図である。

【図7】本発明の実施例2における光ディスクD1、D2の使用回折次数光の球面収差を示す図である。

【図8】本発明の実施例2における光ディスクD1、D2の使用回折次数光及び不要回折次数光の球面収差を示す図である。

【図9】本発明の実施例3における光ディスクD1、D2の使用回折次数光の球面収差を示す図である。

【図10】本発明の実施例3における光ディスクD1、D2の使用回折次数光及び不要回

50

折次数光の球面収差を示す図である。

【図11】本発明の実施例4における光ディスクD1、D2の使用回折次数光の球面収差を示す図である。

【図12】本発明の実施例4における光ディスクD1、D2の使用回折次数光及び不要回折次数光の球面収差を示す図である。

【図13】本発明の実施例5における光ディスクD1、D2の使用回折次数光の球面収差を示す図である。

【図14】本発明の実施例5における光ディスクD1、D2の使用回折次数光及び不要回折次数光の球面収差を示す図である。

【図15】本発明の実施例6における光ディスクD1、D2の使用回折次数光の球面収差を示す図である。 10

【図16】本発明の実施例6における光ディスクD1、D2の使用回折次数光及び不要回折次数光の球面収差を示す図である。

【図17】本発明の実施例7における光ディスクD1、D2の使用回折次数光の球面収差を示す図である。

【図18】本発明の実施例7における光ディスクD1、D2の使用回折次数光及び不要回折次数光の球面収差を示す図である。

【図19】本発明の実施例8における光ディスクD1、D2の使用回折次数光の球面収差を示す図である。

【図20】本発明の実施例8における光ディスクD1、D2の使用回折次数光及び不要回折次数光の球面収差を示す図である。 20

【図21】本発明の実施例9における光ディスクD1、D2の使用回折次数光の球面収差を示す図である。

【図22】本発明の実施例9における光ディスクD1、D2の使用回折次数光及び不要回折次数光の球面収差を示す図である。

【図23】本発明の実施例10における光ディスクD1、D2の使用回折次数光の球面収差を示す図である。

【図24】本発明の実施例10における光ディスクD1、D2の使用回折次数光及び不要回折次数光の球面収差を示す図である。

【図25】本発明の実施例11における光ディスクD1、D2の使用回折次数光の球面収差を示す図である。 30

【図26】本発明の実施例11における光ディスクD1、D2の使用回折次数光及び不要回折次数光の球面収差を示す図である。

【図27】本発明の実施例12における光ディスクD1、D2の使用回折次数光の球面収差を示す図である。

【図28】本発明の実施例12における光ディスクD1、D2の使用回折次数光及び不要回折次数光の球面収差を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0032】

以下、本発明の実施形態の光情報記録再生装置について説明する。本実施形態の光情報記録再生装置は、保護層厚や記録密度等の仕様が異なる二種類の光ディスクに対して互換性を有している。なお、本明細書において、光情報記録再生装置と記した場合には、「情報の記録専用装置」、「情報の再生専用装置」、「情報の記録及び再生兼用装置」の全てを含む。 40

【0033】

以下においては、説明の便宜上、上記二種類の光ディスクのうち、例えばBD等の高記録密度の光ディスクを光ディスクD1と記し、BDよりも記録密度の低いDVDやDVD-R等の光ディスクを光ディスクD2と記す。

【0034】

光ディスクD1、D2の保護層厚（保護層表面から記録対象又は再生対象の記録面まで 50

の光学的距離)をそれぞれ t_1 (単位: mm)、 t_2 (単位: mm)と定義すると、次の関係が成立する。

$$t_1 < t_2$$

各保護層厚の具体的寸法は、製品個体差を考慮すると、次に示す範囲内の数値である。

$$0.05 < t_1 < 0.15$$

$$0.50 < t_2 < 0.70$$

【0035】

光ディスク D1、D2 の各々に対して情報の記録又は再生を行う場合、記録密度の違いに対応したビームスポットが得られるように、必要とされる開口数 (NA) の値を変化させる必要がある。ここで、光ディスク D1、D2 の各々に対する情報の記録時又は再生時に必要とされる最適な設計開口数を、それぞれ NA1、NA2 と定義すると、次の関係が成立する。
10

$$NA_1 > NA_2$$

すなわち、記録密度の高い光ディスク D1 使用時には、光ディスク D2 使用時よりも小径なスポットの形成が要求されるため、NA が高くなる。NA1 は、例えば 0.85 であり、NA2 は、例えば 0.60 である。

【0036】

上記のように記録密度の異なる光ディスク D1、D2 を使用する場合、各記録密度に対応したビームスポットが得られるように、光情報記録再生装置内において、それぞれ異なる波長のレーザー光が使用される。具体的には、光ディスク D1 使用時には、小径のビームスポットを光ディスク D1 の記録面上に形成するため、波長 λ_1 (単位: nm) のレーザー光を光源から射出する。光ディスク D2 使用時には、光ディスク D1 使用時よりも径の大きいビームスポットを光ディスク D2 の記録面上に形成するため、波長 λ_1 より長い波長 λ_2 (単位: nm) のレーザー光を光源から射出する。すなわち、各波長には、次の関係が成立する。
20

$$\lambda_1 < \lambda_2$$

各波長は、使用環境及び製品個体差を考慮すると、次に示される範囲で変動する。

$$390 < \lambda_1 < 420$$

$$640 < \lambda_2 < 700$$

【0037】

図 1 は、本実施形態の光情報記録再生装置 100 の構成を概略的に示す図である。光情報記録再生装置 100 は、対物レンズ 10、BD 用モジュール 21、DVD 用モジュール 22、ビームコンバイナ 23、コリメートレンズ 24 を有している。図 1 に示される一点鎖線は、光情報記録再生装置 100 の基準軸 AX である。対物レンズ 10 の光軸は、通常、基準軸 AX と一致する。但し、対物レンズ 10 は、図示省略された周知のトラッキング機構による光ディスクに対する半径方向の移動によって、光軸が基準軸 AX から外れる状態も起こり得る。
30

【0038】

また、図 1 中、実線で示されるレーザー光束 L1 は、光ディスク D1 への入射光又はその戻り光である。点線で示されるレーザー光束 L2 は、光ディスク D2 の入射光又はその戻り光である。対物レンズ 10 は、図示省略された周知のフォーカスサーボ機構によって光軸方向に移動自在である。対物レンズ 10 は、光ディスク D1 使用時には図 1 中実線で示される位置に移動して、光ディスク D2 使用時には図 1 中点線で示される位置に移動する。
40

【0039】

BD 用モジュール 21、DVD 用モジュール 22 は、半導体レーザーと受光センサとを一体化した素子である。BD 用モジュール 21 は、波長 λ_1 のレーザー光束 L1 を射出する半導体レーザーを、DVD 用モジュール 22 は、波長 λ_2 のレーザー光束 L2 を射出する半導体レーザーを、それぞれ備える。

【0040】

10

20

30

40

50

光ディスクD1の使用時には、BD用モジュール21を動作させる。BD用モジュール21の半導体レーザーが射出したレーザー光束L1は、ビームコンバイナ23を介してコリメートレンズ24に入射する。コリメートレンズ24は、入射したレーザー光束L1を平行光束に変換して、対物レンズ10に向けて射出する。対物レンズ10は、入射した平行光束L1を光ディスクD1の記録面近傍に収束させる。収束したレーザー光束L1は、光ディスクD1の記録面上にスポットを形成する。光ディスクD1の記録面で反射したレーザー光束L1は、入射時と同一の光路を戻り、BD用モジュール21に設けられた受光センサによって受光される。

【0041】

光ディスクD2の使用時には、DVD用モジュール22を動作させる。DVD用モジュール22の半導体レーザーが射出したレーザー光束L2は、ビームコンバイナ23によって光路が折り曲げられて、コリメートレンズ24に入射する。コリメートレンズ24は、レーザー光束L1と同様に、入射したレーザー光束L2を平行光束に変換して、対物レンズ10に向けて射出する。対物レンズ10は、入射した平行光束L2を光ディスクD2の記録面近傍に収束させる。収束したレーザー光束L2は、光ディスクD2の記録面上にスポットを形成する。光ディスクD2の記録面で反射したレーザー光束L2は、入射時と同一の光路を戻り、DVD用モジュール22に設けられた受光センサによって受光される。

10

【0042】

各モジュールに設けられた受光センサは、受光した戻り光を検出して、周知の構成を持つ信号処理回路30に出力する。信号処理回路30は、受光センサの出力を基に、フォーカシングエラー信号、トラッキングエラー信号、光ディスクに記録された情報の再生信号等を検出する。なお、対物レンズ10には、何れの光ディスクを使用する際にも平行光束が入射する。そのため、対物レンズ10がトラッキング動作によって光軸と直交する方向に微小量移動（いわゆるトラッキングシフト）した場合であっても、コマ収差等の軸外収差が発生しない。

20

【0043】

本実施形態では、何れの光ディスクに対しても平行光束を入射させる、いわゆる無限系を想定しているが、別の実施形態では、光ディスクD2に対して弱発散光を入射させる、いわゆる有限系も想定される。有限系において、レーザー光束L2の対物レンズ10における倍率をMM2と定義した場合は、次の条件（8）

30

$$-0.020 < MM2 < 0.000 \dots (8)$$

が満たされる。

【0044】

ところで、光ディスクD1使用時と光ディスクD2使用時とでは、保護層厚の相違に起因して、発生する球面収差量が変化する。例えば、光情報記録再生装置100を光ディスクD1に最適に設計した場合、光ディスクD2使用時に保護層厚の差に起因して球面収差が補正過剰になり、光ディスクD2の利用に適さない。光情報記録再生装置100を光ディスクD2に最適に設計した場合は、光ディスクD1使用時に保護層厚の差に起因して球面収差が補正不足になり、光ディスクD1の利用に適さない。光ディスクD1とD2に対して互換性を持たせる、つまり両規格の光ディスクに対する情報の記録又は再生を保証するためには、何れの光ディスク使用時であっても球面収差を良好に補正することが求められる。また、記録密度（ピットサイズ）に対応したサイズのビームスポットを各光ディスクの記録面に形成して、再生信号等のS/N比を向上させることも求められる。本実施形態においては、これらの要求に応えるべく、対物レンズ10を次のように構成している。

40

【0045】

図2(a)は、対物レンズ10の正面図を、図2(b)は、対物レンズ10の側断面図を、それぞれ示す。対物レンズ10は、前述の通り、規格の異なる複数種類の光ディスク（光ディスクD1、D2）に対して互換性を有する光情報記録再生装置100の光ヘッドに適用され、光源である半導体レーザーから射出されたレーザー光束を各光ディスクの記録面に収束させる機能を有している。

50

【0046】

対物レンズ10は、コリメートレンズ24に対向する第一面10aと、光ディスクに対向する第二面10bとを有する両凸の樹脂製単レンズである。第一面10a、第二面10bは共に非球面である。非球面の形状は、光軸からの高さが h （単位：mm）となる非球面上の座標点の該非球面の光軸上での接平面からの距離（サグ量）をSAGと定義し、非球面の光軸上での曲率を $1/r$ （但し、 r （単位：mm）は曲率半径）と定義し、円錐係数を κ と定義し、4次以上の偶数次の非球面係数を A_4, A_6, \dots と定義した場合に、次の式で表される。対物レンズ10の各レンズ面を非球面にすることにより、球面収差やコマ収差等の諸収差を適切にコントロールすることが可能になる。

【数1】

10

$$SAG = \frac{\frac{h^2}{r}}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa) \left(\frac{h}{r}\right)^2}} + A_4 h^4 + A_6 h^6 + A_8 h^8 + \dots$$

【0047】

図2(a)に示されるように、対物レンズ10の第一面10aは、光軸を中心とする円形の第一領域RCと、第一領域RCの外側に配置された円環状の第二領域REを有する。第一領域RCと第二領域REを含む全域に、輪帯構造が設けられている。この輪帯構造は、図2(a)又は図2(b)の拡大図に示されるように、同心状に分割された複数の屈折面と各屈折面の境界において光軸に沿って延びる複数の微小な段差からなる。輪帯構造は、第二面10bにだけ設けられてもよく、又は第一面10aと第二面10bの両面に設けられてもよい。

20

【0048】

輪帯構造を第一面10aにだけ設けた場合、例えば輪帯構造の最小輪帯幅をより広く設計することができ、有効光束幅に対する輪帯の段差部分による光量損失を抑えることができる。また、回転する光ディスクと向き合はず第二面10bに対するゴミ等の付着の心配が増えない、対物レンズ10がレンズクリーナーを用いて擦られた場合に輪帯構造が摩耗する虞がない、などのメリットがある。

30

【0049】

輪帯構造の段差は、各屈折面の境界の内側を透過する光束と外側を透過する光束との間で所定の光路長差が生じるように設計される。この構造を一般に回折構造と称することができる。所定の光路長差が特定の波長 λ の n 倍（ n は整数）となるように設計された輪帯構造は、ブレーズ波長 λ_B の n 次回折構造と称することができる。ここで、回折構造に特定の波長 λ の光束を透過させた際に最も回折効率が高くなる回折光の回折次数は、波長 λ_B の光束に対して与えられる光路長差を波長 λ_B で割ったときの値に最も近い整数 m として求まる。

【0050】

他にも、各屈折面の境界の内側を透過する光束と外側を透過する光束との間に光路長差が生じるということは、互いの位相が、輪帯構造の段差の作用によってずれると捉えることもできる。したがって輪帯構造は、入射光束の位相をシフトする構造、つまり、位相シフト構造と称することもできる。

40

【0051】

輪帯構造は、光路差関数 $\phi(h)$ によって表すことができる。光路差関数 $\phi(h)$ は、対物レンズ10の回折レンズとしての機能を光軸からの高さ h における光路長付加量の形で表現した関数であり、輪帯構造における各段差の設置位置を規定する。光路差関数 $\phi(h)$ は、二次、四次、六次、…の光路差関数係数をそれぞれ P_2, P_4, P_6, \dots と定義し、使用される（入射する）レーザー光の設計波長を λ と定義し、入射光束の回折効率が最大となる回折次数を m と定義した場合に、次の式により表される。

50

$$(h) = (P_2 h^2 + P_4 h^4 + P_6 h^6 + P_8 h^8 + P_{10} h^{10} + P_{12} h^{12}) m$$

【0052】

第一領域 R C に設けられた輪帯構造は、レーザー光束 L 1、L 2 の何れの収束にも寄与する、具体的には、レーザー光束 L 1 を光ディスク D 1 の記録面上に収束させると共に、レーザー光束 L 2 を光ディスク D 2 の記録面上に収束させるように構成されている。第一領域 R C に設けられた輪帯構造は、回折構造として捉えた場合、レーザー光束 L 1、L 2 で回折効率が最大となる回折次数が共に 1 次であるように設計されている。

【0053】

レーザー光束 L 1、L 2 に対して 1 次回折光を使用するように第一領域 R C を設計することにより、レーザー光束 L 1 使用時における回折効率と、レーザー光束 L 2 使用時における回折効率とのバランスをとることができ、一方の回折効率が低くなりすぎるという問題が有効に避けられる。また、必要な光路長付加量が少ないため、段差が低く、金型加工や成形が容易である。

【0054】

しかし、各レーザー光束使用時の回折効率をバランスよく設定した代償として、不要回折次数光の発生が避けられない。この種の不要回折次数光は、光ディスクの記録面に集光して信号を劣化させる虞がある。特に、第一領域 R C を透過したレーザー光束 L 2 の主たる不要回折次数光（回折効率が 2 番目に高い回折次数光）は、信号を劣化させる因子となりやすい。

【0055】

そこで、対物レンズ 10 は、第一領域 R C の輪帯構造を規定する光路差関数の 2 次の係数を P 2 と定義し、第一領域 R C を透過したレーザー光束 L 2 の焦点距離（単位：mm）を f 2 と定義した場合に、次の条件（1）

$$35 < P_2 \times f_2 < 200 \dots (1)$$

を満たすように構成される。なお、本明細書中「焦点距離」と記す場合は、特に断りのない限り、「回折効率が最大となる回折次数光の焦点距離」をいう。例えば f 2 は、第一領域 R C を透過したレーザー光束 L 2 の回折効率が最大となる回折次数光の焦点距離である。また、回折効率が最大となる回折次数光の焦点距離に対応する焦点位置は、「正規の焦点位置」と記す。また、本明細書中、「回折効率が最大となる回折次数光」と「使用回折次数光」は同義で用いられる。

【0056】

ここで、第一領域 R C を透過したレーザー光束 L 2 の回折効率が 2 番目に高い回折次数光の焦点距離（単位：mm）を f 2' と定義し、焦点距離 f 2 と焦点距離 f 2' との差（単位：mm）を f 2 (= f 2 - f 2') と定義する。差 f 2 は、回折効率が最も高い不要回折次数光の近軸集光位置が正規の焦点位置に対して光軸方向にどの程度離れているかを数値で示すものである。以下においては、説明の便宜上、回折効率が最も高い不要回折次数光を「主たる不要回折次数光」と記し、差 f 2 を「フレア光距離 f 2」 と記す。

【0057】

対物レンズ 10 は、光ディスクとの機械的干渉による欠損等を避けるため、フォーカスサーボ OFF 時には光ディスクから十分に離れた位置で支持されている。対物レンズ 10 は、フォーカスサーボが ON すると、正規の焦点位置を光ディスクの記録面に合わせるために、光ディスクに近付く。このとき、焦点距離 f 2' が焦点距離 f 2 よりも長ければ、正規の焦点位置が光ディスク D 2 の記録面に合う前に、主たる不要回折次数光が光ディスク D 2 の記録面に集光するという不具合が発生する。しかし、条件（1）を満たす限り、係数 P 2 の符号は正である。焦点距離 f 2' は、係数 P 2 が正の符号であることにより、焦点距離 f 2 よりも短い。すなわち、主たる不要回折次数光は、使用回折次数光よりも対物レンズ 10 側に集光する。そのため、条件（1）を満たす限りは、対物レンズ 10 が光ディスク D 2 に接近する際の上記不具合の発生が有効に避けられる。

【0058】

10

20

30

40

50

但し、主たる不要回折次数光の近軸集光位置と正規の焦点位置とが近接する場合、主たる不要回折次数光による信号劣化は、焦点距離 f_2' を焦点距離 f_2 より短くしただけでは十分には抑えられない。信号劣化の抑制には、主たる不要回折次数光の近軸集光位置と正規の焦点位置とを一定距離以上離す必要がある。例えば多層 D V D の層間距離が 0.04 mm 程度であることを考慮すると、主たる不要回折次数光の近軸集光位置を正規の焦点位置から光軸方向に少なくとも 0.05 mm 程度離すことが望ましい。正規の焦点位置と主たる不要回折次数光の近軸集光位置とが 0.05 mm 程度離れていれば、層間のクロストークが大幅に低減する。無論、単層 D V D の場合も、正規の焦点位置と主たる不要回折次数光の近軸集光位置とが 0.05 mm 程度離れていれば、主たる不要回折次数光による信号劣化は良好に抑えられる。

10

【0059】

図 3 は、フレア光距離 f_2 と条件 (1) との関係を示す図である。図 3 の縦軸は、フレア光距離 f_2 を示し、横軸は、条件 (1) の値を示す。図 3 に示されるように、条件 (1) の値とフレア光距離 f_2 は、ほぼ比例関係にある。なお、図 3 は、後述する実施例 1 ~ 12、比較例の各例を条件 (1) に適用したときの値をプロットしたものである。

【0060】

図 3 に示されるように、条件 (1) の値が 35 を上回ると、フレア光距離 f_2 が 0.05 mm 以上となる。すなわち、条件 (1) の下限を上回る場合は、主たる不要回折次数光の近軸集光位置を正規の焦点位置から光軸方向に 0.05 mm 以上離すことができ、主たる不要回折次数光による信号劣化の影響を大幅に抑えることができる。条件 (1) の下限を下回る場合は、主たる不要回折次数光の近軸集光位置を正規の焦点位置から十分に離すことができず、主たる不要回折次数光による信号劣化の影響を抑えることができない。

20

【0061】

条件 (1) の値を大きくするためには、より大きな回折パワーが必要である。但し、回折パワーの増大には、回折構造の段差数の増加や色収差の増大等を伴う。そのため、回折パワーは、単純には大きくすることができます。条件 (1) の上限を上回る場合は、回折構造の段差数の増加や色収差の増大等が著しく、製造面や光学性能面の不利益が大きい。

【0062】

第一領域 R C で回折効率が最大となる回折次数が低次であるほど、主たる不要回折次数光の近軸集光位置を正規の焦点位置から離す上では有利である。また、回折効率が最大となる回折次数が n 次である場合、不要光として主に発生する $n \pm 1$ 次光とのパワー差は $1/n$ で決まる。すなわち、使用回折次数光は低次光であるほど、主たる不要回折次数光に対して強いパワーを持つ。本実施形態においては、使用回折次数光として 1 次光が選択されているため、0 次や 2 次等の主たる不要回折次数光を正規の焦点位置に対してより離れた位置に集光させるのに好適であると共に、主たる不要回折次数光に対する使用回折次数光のパワーが強いため好適である。

30

【0063】

なお、別の実施形態の対物レンズ 10 としては、第一領域 R C の回折構造のブレーズ波長を B_1 (単位 : nm) と定義した場合に、条件 (1) に代えて、次の条件 (3)

$$-0.010 < (B_1 - 2) / (P_2 \times f_2 \times 2) < -0.001 \dots (3)$$

40

を満たす構成が想定される。

【0064】

条件 (3) を満たすことにより、不要回折次数光による信号劣化の影響が好適に抑えられる。条件 (3) の下限を下回る場合は、不要回折次数光の近軸集光位置を使用回折次数光の焦点位置から十分に離すことができない、もしくはフレア光の強度が大きすぎるため、不要回折次数光による信号劣化の影響を抑えることができない。条件 (3) の上限を上回る場合は、回折パワーの増強に伴う回折構造の段差数の増加や色収差の増大等が著しく、製造面や光学性能面の不利益が大きい。

【0065】

対物レンズ 10 は、主たる不要回折次数光による信号劣化をより一層抑えるべく、次の

50

条件(6)

$$70 < P_2 \times f_2 < 200 \dots (6)$$

を更に満たす構成としてもよい。

【0066】

第二領域R Eに設けられた輪帯構造は、レーザー光束L 1の収束にのみ寄与する、具体的には、レーザー光束L 1を光ディスクD 1の記録面上に収束させると共に、光ディスクD 2使用時にレーザー光束L 2の球面収差を大きく発生させてフレア光とし、何れの光ディスクの記録面にも収束させないように構成されている。すなわち、第二領域R Eは、レーザー光束L 2に対する開口制限機能を持つ領域として定義される。第二領域R Eに設けられた輪帯構造は、光ディスクD 1専用に設計されており、レーザー光束L 1使用時における回折効率がほぼ100%になるように設計されている。10

【0067】

対物レンズ10は、第一領域R Cを透過したレーザー光束L 2の不要回折次数光の絶対量を削減するため、次の条件(2)

$$450 < B_1 < 550 \dots (2)$$

を満たすように構成される。

【0068】

下記の表1は、ブレーブ化の回折次数が1次である場合における、ブレーブ波長B 1、第一領域R Cを透過したレーザー光束L 1の回折効率(表1中BD)、第一領域R Cを透過したレーザー光束L 2の回折効率(表1中DVD)の関係を示す。表1に示されるように、条件(2)を満たす場合、第一領域R Cを透過したレーザー光束L 2の回折効率が65%以上の高い効率であるから、レーザー光束L 2の不要回折次数光自体の発生量が少ない。条件(2)の上限を上回る場合は、第一領域R Cを透過したレーザー光束L 2の回折効率が高いため、不要回折次数光の絶対量が少ない。しかしながら、レーザー光束L 2の回折効率を上げた代償としてレーザー光束L 1の回折効率が低くなりすぎる。条件(2)の下限を下回る場合は、第一領域R Cを透過したレーザー光束L 2の回折効率が低くなりすぎる。何れの場合も、高倍速対応が困難になると共に不要回折次数光の増加に伴い再生信号等のS/N比が低下するという不都合が生じる。20

【0069】

【表1】

		ブレーブ波長 λ_{B1} [nm]								
		390	410	430	450	470	490	510	530	550
効率 [%]	BD	99.5%	99.9%	98.2%	94.7%	89.4%	82.8%	74.9%	66.3%	57.2%
	DVD	52.0%	57.6%	63.1%	68.5%	73.6%	78.4%	82.9%	87.0%	90.6%

【0070】

対物レンズ10は、第二領域R Eの回折構造のブレーブ波長をB 2(単位:nm)と定義した場合に、次の条件(4)

$$390 < B_2 < 420 \dots (4)$$

を満たすように構成される。40

【0071】

条件(4)を満たすことにより、光ディスクD 1専用領域である第二領域R Eでレーザー光束L 1の回折効率がほぼ100%になる。条件(4)を外れると、第二領域R Eを透過したレーザー光束L 1の回折効率が低下するため、高倍速対応が困難になると共に不要回折次数光の増加に伴い再生信号等のS/N比が低下するという不都合が生じる。

【0072】

対物レンズ10は、波長 λ_2 に対する屈折率をn 2と定義し、第一面10aの曲率半径をR 1と定義し、光軸上のレンズ厚をDと定義した場合に、次の条件(5)

$$f_2 \times (1 + 2 \times P_2 \times \frac{2 - D}{n_2 - 1}) / (n_2 \times R_1) > 0.57 \dots (5)$$

50

を満たすように構成される。

【0073】

図4は、光ディスクD2使用時の作動距離(単位:mm)と条件(5)との関係を示す図である。図4の縦軸は、光ディスクD2使用時の作動距離を示し、横軸は、条件(5)の値を示す。図4に示されるように、条件(5)の値と光ディスクD2使用時の作動距離は、ほぼ比例関係にある。なお、図4は、後述する実施例1～12、比較例の各例を条件(5)に適用したときの値をプロットしたものである。

【0074】

図4に示されるように、条件(5)を満たす場合は、光ディスクD2使用時の作動距離として0.200mm以上を確保することができる。条件(5)を満たさない場合は、光ディスクD2使用時の作動距離が短すぎるため、対物レンズ10と光ディスクD2との機械的干渉による欠損等が懸念される。10

【0075】

対物レンズ10は、レーザー光束L1に対する焦点距離(単位:mm)をf1と定義した場合に、次の条件(7)

$$1.0 < f_1 < 1.6 \dots (7)$$

を満たすように構成される。

【0076】

条件(7)を満たす場合は、対物レンズ10の小型化設計と光ディスクD1使用時の作動距離の確保に有利である。条件(7)の下限を下回る場合は、ディスクD1使用時の作動距離を確保するのが難しい。条件(7)の上限を上回る場合は、対物レンズ10の小型化設計に適さない。20

【0077】

下記の表2は、第二領域REをプレーズ波長B2のn次回折構造として設計したときに、レーザー光束L2の最大及び2番目に高い回折効率がどのように変化するかを示している。表2中、上欄の回折効率が最大の回折効率を示し、下欄の回折効率が2番目に高い回折効率を示す。回折効率に付す括弧書きは、対応する回折次数を示す。なお、表2の例では、プレーズ波長B2は406nmであり、n次は、第二領域REを透過したレーザー光束L1の回折効率が最大となる回折次数であって、設計において1次～7次の何れかの範囲で任意に設定可能である。第二領域REを1次又は4次若しくは6次回折構造に設計した場合、表2に示されるように、レーザー光束L2を複数の回折光に分散させることができる。また、レーザー光束L2で回折効率が高くなる回折次数で収差を大きく発生させる場合には、レーザー光束L1の回折効率が最大となる次数を2次又は3次、5次、6次回折構造とすることで他の次数の回折光の収差に関係なく第二領域REにおけるレーザー光束L2をフレアとすることができます。しかし、あまり高次の回折構造は、段差高さが高いため、金型加工や成形が難しいという欠点を抱えている。このような製造面の不都合を考慮して、対物レンズ10は、本実施形態では第二領域REを透過したレーザー光束L1の回折効率が最大となる回折次数が1次であるように設計されている。30

【0078】

【表2】

	BD回折次数						
	1	2	3	4	5	6	7
DVD回折効率(次数)	56.4%(1)	88.8%(1)	85.6%(2)	60.9%(2)	99.8%(3)	51.8%(4)	91.6%(4)
DVD回折効率(次数)	26.2%(0)	4.8%(2)	6.5%(1)	22.6%(3)	0.1%(2)	30.2%(3)	3.5%(5)

【0079】

次に、これまで説明した対物レンズ10を搭載する光情報記録再生装置100の具体的な実施例を12例説明する。各具体的な実施例1～12の光情報記録再生装置100は、図1に示される概略構成を有する。実施例1～12の対物レンズ10は、図2に示される概略構成を有する。なお、実施例1～12の各数値データから再現される対物レンズ10は、類似の形状となる。よって、実施例1～12の対物レンズ10の構成図は、図2を参照し50

、本件願書への添付を省略する。

【実施例 1】

【0080】

実施例 1 の光情報記録再生装置 100 に搭載される対物レンズ 10 の仕様、具体的には、使用波長、焦点距離、NA、倍率は、表 3 に示される。なお、実施例 1 の各表及び各図についての説明は、実施例 1 以外の他の実施例及び比較例で提示される各表及び各図においても適用される。

【0081】

【表 3】

仕様

波長	406	662	(nm)
焦点距離	1.41	1.50	(mm)
NA	0.85	0.60	
倍率	0.000	0.000	

10

【0082】

表 3 中、倍率の値が示すように、光情報記録再生装置 100 では、何れの光ディスク使用時であっても、レーザー光束は、平行光束として対物レンズ 10 に入射する。これにより、トラッキングした際ににおける軸外収差の発生が有効に避けられる。光情報記録再生装置 100 の各光ディスク D1、D2 使用時における具体的な数値構成は、表 4 に示される。

20

【0083】

【表 4】

BD使用時

面番号	r	d(406nm)	n(406nm)	d(662nm)	n(662nm)	
1-1	0.880	1.60	1.55903	1.60	1.53927	対物レンズ10
1-2	0.886					
2	-1.876	0.50		0.28		
3	∞	0.0875	1.62096	0.6000	1.57838	光ディスクD1
4	∞	—		—		

※「1-1」は第一領域RC、「1-2」は第二領域REを示す

【0084】

30

表 4 中、面番号 1 - 1 は、対物レンズ 10 の第一面 10a の第一領域 RC を、面番号 1 - 2 は、第一面 10a の第二領域 RE を、面番号 2 は、対物レンズ 10 の第二面 10b を、面番号 3 は、対象となる光ディスクの保護層表面を、面番号 4 は、対象となる光ディスクの記録面を、それぞれ示す。「r」は、光学部材の各面の曲率半径（単位：mm）を、「d (406 nm)」は、波長 1 に対する光学部材厚又は光学部材間隔（単位：mm）を、「n (406 nm)」は、波長 1 に対する光学部材の屈折率を、「d (662 nm)」は、波長 2 に対する光学部材厚又は光学部材間隔（単位：mm）を、「n (662 nm)」は、波長 2 に対する光学部材の屈折率を、それぞれ示す。なお、非球面要素における r は、光軸上での曲率半径を示す。

【0085】

40

第一領域 RC（面番号 1 - 1）、第二領域 RE（面番号 1 - 2）、第二面 10b（面番号 2）は、非球面である。各非球面形状は、光ディスク D1 及び D2 の記録又は再生に最適に設計されている。各非球面形状を規定する円錐係数、非球面係数 A₄、A₆、…・は、表 5 に示される。各表における表記 E は、10 を基数、E の右の数字を指数とする累乗を表している。

【0086】

【表5】

非球面係数

	面番号		
	1-1	1-2	2
κ	-8.50000E-01	-8.50000E-01	-3.80000E+01
4次	4.57300E-02	4.98400E-02	2.42800E-01
6次	1.25500E-02	2.06900E-02	-2.80900E-01
8次	2.19400E-02	-2.15900E-03	7.62500E-02
10次	-2.60400E-02	1.10700E-02	4.52400E-02
12次	2.76800E-02	1.14700E-02	-1.17600E-02
14次	-1.07400E-02	-1.32600E-02	-2.05200E-02
16次	0.00000E+00	-2.50000E-03	-5.48200E-03
18次	0.00000E+00	5.37700E-03	1.51500E-02
20次	0.00000E+00	3.29500E-03	-5.59100E-03
22次	0.00000E+00	-3.28800E-03	7.00000E-04
24次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
26次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
28次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
30次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

10

【0087】

20

第一領域 R C (面番号 1 - 1)、第二領域 R E (面番号 1 - 2)には、輪帯構造が設けられている。この光路差関数 (h)を規定する各係数は、表6に示される。

【0088】

【表6】

光路差関数

	面番号	
	1-1	1-2
回折次数	1/1	1
2次	5.53000E+01	5.00000E+01
4次	-1.70700E+01	-1.00000E+01
6次	-2.90700E+00	-3.00000E+00
8次	-8.20000E-01	-7.00000E-01
10次	-3.15300E+00	0.00000E+00
12次	0.00000E+00	0.00000E+00

30

※回折次数は第一領域RCでBD次数/DVD次数を表し、第二領域REでBD次数を表す。

【0089】

表6中、回折次数「1 / 1」は、第一領域 R C で回折効率が最大となるレーザー光束 L 1、L 2 の回折次数が共に1次であることを示す。回折次数「1」は、第二領域 R E で回折効率が最大となるレーザー光束 L 1 の回折次数が1次であることを示す。第一領域 R C 、第二領域 R E における光ディスク D 1 使用時の不要回折次数光は共に使用回折次数 $n \pm 1$ 次光、すなわち、0次回折光と2次回折光である。第一領域 R C における光ディスク D 2 使用時の不要回折次数光も0次回折光と2次回折光である。光ディスク D 2 使用時に第二領域 R E を透過して発生する回折次数光は全て不要光である。

40

【実施例2】

【0090】

実施例2の光情報記録再生装置100に搭載される対物レンズ10の仕様は表7に、光情報記録再生装置100の各光ディスクD1、D2使用時における具体的数値構成は表8に、非球面形状を規定する各係数は表9に、光路差関数 (h)を規定する各係数は表10に、それぞれ示される。

50

【0091】

【表7】

仕様

波長	406	662	(nm)
焦点距離	1.41	1.49	(mm)
NA	0.85	0.60	
倍率	0.000	0.000	

【0092】

【表8】

BD使用時

面番号	r	d(406nm)	n(406nm)	d(662nm)	n(662nm)	
1-1	0.896	1.60	1.55903	1.60	1.53927	対物レンズ10
1-2	0.902					
2	-1.933					
3	∞					
4	∞	—	—	—	—	光ディスクD1

※「1-1」は第一領域RC、「1-2」は第二領域REを示す

【0093】

【表9】

非球面係数

	面番号		
	1-1	1-2	2
κ	-8.50000E-01	-8.50000E-01	-4.10000E+01
4次	4.55200E-02	5.04200E-02	2.36600E-01
6次	1.02000E-02	1.95700E-02	-2.75700E-01
8次	1.96000E-02	7.27300E-04	7.17700E-02
10次	-2.39100E-02	4.54600E-03	4.68300E-02
12次	2.50100E-02	1.64600E-02	-1.09400E-02
14次	-1.01400E-02	-1.35400E-02	-2.14000E-02
16次	0.00000E+00	-4.05600E-03	-6.09800E-03
18次	0.00000E+00	5.38000E-03	1.55900E-02
20次	0.00000E+00	3.82700E-03	-5.48100E-03
22次	0.00000E+00	-3.38300E-03	7.00000E-04
24次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
26次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
28次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
30次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

10

20

30

【0094】

【表10】

光路差関数

	面番号	
	1-1	1-2
回折次数	1/1	1
2次	3.51200E+01	3.00000E+01
4次	-1.80000E+01	-1.00000E+01
6次	-6.28000E+00	-3.00000E+00
8次	-1.00000E-01	-7.00000E-01
10次	-3.84400E+00	0.00000E+00
12次	0.00000E+00	0.00000E+00

40

※回折次数は第一領域RCでBD次数/DVD次数を表し、第二領域REでBD次数を表す。

50

【実施例3】

【0095】

実施例3の光情報記録再生装置100に搭載される対物レンズ10の仕様は表11に、光情報記録再生装置100の各光ディスクD1、D2使用時における具体的数値構成は表12に、非球面形状を規定する各係数は表13に、光路差関数(h)を規定する各係数は表14に、それぞれ示される。

【0096】

【表11】

仕様

波長	406	662	(nm)
焦点距離	1.41	1.52	(mm)
NA	0.85	0.60	
倍率	0.000	0.000	

10

【0097】

【表12】

BD使用時

面番号	r	d(406nm)	n(406nm)	d(662nm)	n(662nm)	
1-1	0.862	1.65	1.55903	1.65	1.53927	対物レンズ10
1-2	0.861					
2	-1.728					
3	∞					
4	∞	—	1.62096	0.6000	1.57838	光ディスクD1

20

※「1-1」は第一領域RC、「1-2」は第二領域REを示す

【0098】

【表13】

非球面係数

	面番号		
	1-1	1-2	2
κ	-8.50000E-01	-8.50000E-01	-4.14000E+01
4次	4.51500E-02	4.63200E-02	2.34600E-01
6次	2.10600E-02	1.56000E-02	-2.77000E-01
8次	2.02500E-02	1.13900E-03	7.11600E-02
10次	-3.00700E-02	2.48200E-03	4.70000E-02
12次	3.18200E-02	1.75900E-02	-1.08000E-02
14次	-1.11500E-02	-1.37100E-02	-2.15500E-02
16次	0.00000E+00	-4.44500E-03	-6.45500E-03
18次	0.00000E+00	5.44000E-03	1.55500E-02
20次	0.00000E+00	3.96200E-03	-5.17800E-03
22次	0.00000E+00	-3.44190E-03	7.00000E-04
24次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
26次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
28次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
30次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

30

【0099】

40

【表14】

光路差関数

	面番号	
	1-1	1-2
回折次数	1/1	1
2次	7.90700E+01	8.00000E+01
4次	-2.08000E+01	-1.80000E+01
6次	1.30000E+01	-6.00000E+00
8次	-1.27500E+01	-1.50000E+00
10次	1.35500E+00	0.00000E+00
12次	0.00000E+00	0.00000E+00

10

※回折次数は第一領域RCでBD次数/DVD次数を表し、第二領域REでBD次数を表す。

【実施例4】

【0100】

実施例4の光情報記録再生装置100に搭載される対物レンズ10の仕様は表15に、光情報記録再生装置100の各光ディスクD1、D2使用時における具体的数値構成は表16に、非球面形状を規定する各係数は表17に、光路差関数(h)を規定する各係数は表18に、それぞれ示される。

【0101】

20

【表15】

仕様

波長	406	662	(nm)
焦点距離	1.77	1.86	(mm)
NA	0.85	0.60	
倍率	0.000	0.000	

【0102】

【表16】

BD使用時

30

面番号	r	d(406nm)	n(406nm)	d(662nm)	n(662nm)	
1-1	1.107	2.00	1.55903	2.00	1.53927	対物レンズ10
1-2	1.100					
2	-2.509					
3	∞					
4	∞	—	—	—	—	光ディスクD1

※「1-1」は第一領域RC、「1-2」は第二領域REを示す

【0103】

【表17】

非球面係数

	面番号		
	1-1	1-2	2
κ	-8.50000E-01	-8.50000E-01	-4.60000E+01
4次	2.57600E-02	2.35100E-02	1.43900E-01
6次	6.22900E-03	1.99900E-03	-1.25500E-01
8次	1.89400E-03	6.18600E-03	3.81600E-02
10次	-3.34900E-04	-6.97600E-03	1.57900E-03
12次	7.39300E-04	5.08200E-03	-4.33100E-03
14次	-2.10700E-04	-7.39600E-04	-5.37600E-04
16次	0.00000E+00	-7.12900E-04	8.77600E-04
18次	0.00000E+00	1.27800E-04	2.10000E-04
20次	0.00000E+00	1.55920E-04	-3.70300E-04
22次	0.00000E+00	-5.33230E-05	1.00000E-04
24次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
26次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
28次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
30次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

10

【0104】

20

【表18】

光路差関数

	面番号	
	1-1	1-2
回折次数	1/1	1
2次	3.10400E+01	3.50000E+01
4次	-7.50000E+00	-1.10000E+01
6次	-5.83000E-01	-4.00000E+00
8次	-6.74000E-01	-6.00000E-01
10次	-1.84000E-01	0.00000E+00
12次	0.00000E+00	0.00000E+00

30

※回折次数は第一領域RCでBD次数/DVD次数を表し、第二領域REでBD次数を表す。

【実施例5】

【0105】

実施例5の光情報記録再生装置100に搭載される対物レンズ10の仕様は表19に、光情報記録再生装置100の各光ディスクD1、D2使用時における具体的数値構成は表20に、非球面形状を規定する各係数は表21に、光路差関数(h)を規定する各係数は表22に、それぞれ示される。

【0106】

【表19】

40

仕様

波長	406	662	(nm)
焦点距離	1.77	1.92	(mm)
NA	0.85	0.60	
倍率	0.000	0.000	

【0107】

【表20】

BD使用時

面番号	r	d(406nm)	n(406nm)	d(662nm)	n(662nm)	
1-1	1.054	2.05	1.55903	2.05	1.53927	対物レンズ10
1-2	1.046					
2	-2.170					
3	∞					
4	∞	—	—	—	—	光ディスクD1

※「1-1」は第一領域RC、「1-2」は第二領域REを示す

【0108】

【表21】

非球面係数

	面番号		
	1-1	1-2	2
κ	-8.50000E-01	-8.50000E-01	-3.80000E+01
4次	2.30900E-02	2.70200E-02	1.55100E-01
6次	1.05200E-02	2.79000E-03	-1.50400E-01
8次	2.31500E-03	2.89800E-03	4.99000E-02
10次	-1.61000E-03	-2.91000E-03	1.03100E-02
12次	1.91400E-03	2.59100E-03	-8.13800E-03
14次	-4.52800E-04	-4.88400E-04	-6.21400E-03
16次	0.00000E+00	-4.03300E-04	1.28800E-03
18次	0.00000E+00	9.81700E-05	5.40400E-03
20次	0.00000E+00	8.91400E-05	-3.62100E-03
22次	0.00000E+00	-3.64115E-05	7.00000E-04
24次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
26次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
28次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
30次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

10

20

【0109】

【表22】

30

光路差関数

	面番号	
	1-1	1-2
回折次数	1/1	1
2次	8.00000E+01	8.50000E+01
4次	-1.03400E+01	-5.00000E+00
6次	6.57000E+00	-5.00000E+00
8次	-3.12000E+00	-1.30000E+00
10次	6.86000E-01	0.00000E+00
12次	0.00000E+00	0.00000E+00

40

※回折次数は第一領域RCでBD次数/DVD次数を表し、第二領域REでBD次数を表す。

【実施例6】

【0110】

実施例6の光情報記録再生装置100に搭載される対物レンズ10の仕様は表23に、光情報記録再生装置100の各光ディスクD1、D2使用時における具体的な構成は表24に、非球面形状を規定する各係数は表25に、光路差関数(h)を規定する各係数は表26に、それぞれ示される。

【0111】

【表23】

仕様

波長	406	662	(nm)
焦点距離	1.18	1.27	(mm)
NA	0.85	0.60	
倍率	0.000	0.000	

【0 1 1 2】

【表24】

BD使用時

面番号	r	d(406nm)	n(406nm)	d(662nm)	n(662nm)	
1-1	0.714	1.35	1.55903	1.35	1.53927	対物レンズ10
1-2	0.725					
2	-1.469					
3	∞					
4	∞	—	—	—	—	光ディスクD1

※「1-1」は第一領域RC、「1-2」は第二領域REを示す

【0 1 1 3】

【表25】

非球面係数

	面番号		
	1-1	1-2	2
K	-8.50000E-01	-8.50000E-01	-3.47000E+01
4次	7.13400E-02	9.69000E-02	4.68800E-01
6次	6.34400E-02	6.50000E-02	-9.07700E-01
8次	9.72100E-04	-1.65820E-01	6.31400E-01
10次	4.93000E-02	5.26900E-01	1.32260E-01
12次	-2.02100E-02	-5.20800E-01	-5.96400E-01
14次	0.00000E+00	-1.16450E-01	5.46470E-01
16次	0.00000E+00	6.67900E-01	-3.75110E-01
18次	0.00000E+00	-3.87790E-01	1.40000E-01
20次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
22次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
24次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
26次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
28次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
30次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

【0 1 1 4】

10

20

30

【表26】

光路差関数

	面番号	
	1-1	1-2
回折次数	1/1	1
2次	1.04640E+02	9.00000E+01
4次	-3.90500E+01	0.00000E+00
6次	2.17500E+01	-3.00000E+01
8次	-3.23500E+01	0.00000E+00
10次	0.00000E+00	0.00000E+00
12次	0.00000E+00	0.00000E+00

10

※回折次数は第一領域RCでBD次数/DVD次数を表し、第二領域REでBD次数を表す。

【実施例7】

【0115】

実施例7の光情報記録再生装置100に搭載される対物レンズ10の仕様は表27に、光情報記録再生装置100の各光ディスクD1、D2使用時における具体的数値構成は表28に、非球面形状を規定する各係数は表29に、光路差関数(h)を規定する各係数は表30に、それぞれ示される。実施例7においては、表30に示されるように、第二領域REで回折効率が最大となるレーザー光束L1の回折次数が2次である。そのため、第二領域REにおける光ディスクD1使用時の不要回折次数光は、1次回折光と3次回折光である。

20

【0116】

【表27】

仕様

波長	406	662	(nm)
焦点距離	1.41	1.50	(mm)
NA	0.85	0.60	
倍率	0.000	0.000	

30

【0117】

【表28】

BD使用時

面番号	r	d(406nm)	n(406nm)	d(662nm)	n(662nm)	
1-1	0.880	1.60	1.55903	1.60	1.53927	対物レンズ10
1-2	0.886					
2	-1.876					
3	∞					
4	∞	—	1.62096	0.6000	1.57838	光ディスクD1

※「1-1」は第一領域RC、「1-2」は第二領域REを示す

【0118】

40

【表 2 9】

非球面係数

	面番号		
	1-1	1-2	2
κ	-8.50000E-01	-8.50000E-01	-3.80000E+01
4次	4.57300E-02	4.98400E-02	2.42800E-01
6次	1.25500E-02	2.06900E-02	-2.80900E-01
8次	2.19400E-02	-2.15900E-03	7.62500E-02
10次	-2.60400E-02	1.10700E-02	4.52400E-02
12次	2.76800E-02	1.14700E-02	-1.17600E-02
14次	-1.07400E-02	-1.32600E-02	-2.05200E-02
16次	0.00000E+00	-2.50000E-03	-5.48200E-03
18次	0.00000E+00	5.37700E-03	1.51500E-02
20次	0.00000E+00	3.29500E-03	-5.59100E-03
22次	0.00000E+00	-3.28800E-03	7.00000E-04
24次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
26次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
28次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
30次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

10

【0 1 1 9】

20

【表 3 0】

光路差関数

	面番号	
	1-1	1-2
回折次数	1/1	2
2次	5.53000E+01	2.50000E+01
4次	-1.70700E+01	-5.00000E+00
6次	-2.90700E+00	-1.50000E+00
8次	-8.20000E-01	-3.50000E-01
10次	-3.15300E+00	0.00000E+00
12次	0.00000E+00	0.00000E+00

30

※回折次数は第一領域RCでBD次数/DVD次数を表し、第二領域REでBD次数を表す。

【実施例 8】

【0 1 2 0】

実施例 8 の光情報記録再生装置 100 に搭載される対物レンズ 10 の仕様は表 3 1 に、光情報記録再生装置 100 の各光ディスク D 1、D 2 使用時における具体的な構成は表 3 2 に、非球面形状を規定する各係数は表 3 3 に、光路差関数 (h) を規定する各係数は表 3 4 に、それぞれ示される。実施例 8 においては、表 3 4 に示されるように、第二領域 RE で回折効率が最大となるレーザー光束 L 1 の回折次数が 4 次である。そのため、第二領域 RE における光ディスク D 1 使用時の不要回折次数光は、3 次回折光と 5 次回折光である。

40

【0 1 2 1】

【表 3 1】

仕様

波長	406	662
焦点距離	1.41	1.49
NA	0.85	0.65
倍率	0.000	0.000

(nm)
(mm)

50

【0 1 2 2】

【表3 2】

BD使用時

面番号	r	d(406nm)	n(406nm)	d(662nm)	n(662nm)	
1-1	0.896	1.60	1.55903	1.60	1.53927	対物レンズ10
1-2	0.902					
2	-1.933					
3	∞					
4	∞	—	—	—	—	光ディスクD1

※「1-1」は第一領域RC、「1-2」は第二領域REを示す

10

【0 1 2 3】

【表3 3】

非球面係数

	面番号		
	1-1	1-2	2
κ	-8.50000E-01	-8.50000E-01	-4.10000E+01
4次	4.55200E-02	5.04200E-02	2.36600E-01
6次	1.02000E-02	1.95700E-02	-2.75700E-01
8次	1.96000E-02	7.27300E-04	7.17700E-02
10次	-2.39100E-02	4.54600E-03	4.68300E-02
12次	2.50100E-02	1.64600E-02	-1.09400E-02
14次	-1.01400E-02	-1.35400E-02	-2.14000E-02
16次	0.00000E+00	-4.05600E-03	-6.09800E-03
18次	0.00000E+00	5.38000E-03	1.55900E-02
20次	0.00000E+00	3.82700E-03	-5.48100E-03
22次	0.00000E+00	-3.38300E-03	7.00000E-04
24次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
26次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
28次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
30次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

20

30

【0 1 2 4】

【表3 4】

光路差関数

	面番号	
	1-1	1-2
回折次数	1/1	4
2次	3.51200E+01	7.50000E+00
4次	-1.80000E+01	-2.50000E+00
6次	-6.28000E+00	-7.50000E-01
8次	-1.00000E-01	-1.75000E-01
10次	-3.84400E+00	0.00000E+00
12次	0.00000E+00	0.00000E+00

40

※回折次数は第一領域RCでBD次数/DVD次数を表し、第二領域REでBD次数を表す。

【実施例9】

【0 1 2 5】

実施例9の光情報記録再生装置100に搭載される対物レンズ10の仕様は表3 5に、光情報記録再生装置100の各光ディスクD1、D2使用時における具体的な構成は表3 6に、非球面形状を規定する各係数は表3 7に、光路差関数(h)を規定する各係数

50

は表38に、それぞれ示される。

【0126】

【表35】

仕様

波長	406	662	(nm)
焦点距離	1.18	1.27	(mm)
NA	0.85	0.65	
倍率	0.000	0.000	

【0127】

10

【表36】

BD使用時

面番号	r	d(406nm)	n(406nm)	d(662nm)	n(662nm)	
1-1	0.714	1.35	1.55903	1.35	1.53927	対物レンズ10
1-2	0.725					
2	-1.469					
3	∞					
4	∞	—		—		光ディスクD1

※「1-1」は第一領域RC、「1-2」は第二領域REを示す

【0128】

20

【表37】

非球面係数

	面番号		
	1-1	1-2	2
κ	-8.50000E-01	-8.50000E-01	-3.47000E+01
4次	6.95700E-02	9.69000E-02	4.68800E-01
6次	7.78500E-02	6.50000E-02	-9.07700E-01
8次	-4.51100E-02	-1.65820E-01	6.31400E-01
10次	1.19600E-01	5.26900E-01	1.32260E-01
12次	-6.25200E-02	-5.20800E-01	-5.96400E-01
14次	0.00000E+00	-1.16450E-01	5.46470E-01
16次	0.00000E+00	6.67900E-01	-3.75110E-01
18次	0.00000E+00	-3.87790E-01	1.40000E-01
20次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
22次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
24次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
26次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
28次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
30次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

【0129】

30

【表38】

光路差関数

	面番号	
	1-1	1-2
回折次数	1/1	1
2次	1.04640E+02	9.00000E+01
4次	-3.99700E+01	0.00000E+00
6次	2.60100E+01	-3.00000E+01
8次	-3.69500E+01	0.00000E+00
10次	0.00000E+00	0.00000E+00
12次	0.00000E+00	0.00000E+00

10

※回折次数は第一領域RCでBD次数/DVD次数を表し、第二領域REでBD次数を表す。

【実施例10】

【0130】

実施例10の光情報記録再生装置100に搭載される対物レンズ10の仕様は表39に、光情報記録再生装置100の各光ディスクD1、D2使用時における具体的数値構成は表40に、非球面形状を規定する各係数は表41に、光路差関数(h)を規定する各係数は表42に、それぞれ示される。表42に示されるように、第二領域REで回折効率が最大となるレーザー光束L1の回折次数は2次である。実施例10においては、表42に示されるように、第二領域REで回折効率が最大となるレーザー光束L1の回折次数が2次である。そのため、第二領域REにおける光ディスクD1使用時の不要回折次数光は、1次回折光と3次回折光である。

20

【0131】

【表39】

仕様

波長	406	662	(nm)
焦点距離	1.18	1.27	(mm)
NA	0.85	0.60	
倍率	0.000	0.000	

30

【0132】

【表40】

BD使用時

面番号	r	d(406nm)	n(406nm)	d(662nm)	n(662nm)	
1-1	0.714	1.35	1.55903	1.35	1.53927	対物レンズ10
1-2	0.725					
2	-1.469		0.41		0.20	
3	∞		0.0875	1.62096	0.6000	
4	∞	—		—	1.57838	光ディスクD1

※「1-1」は第一領域RC、「1-2」は第二領域REを示す

40

【0133】

【表41】

非球面係数

	面番号		
	1-1	1-2	2
κ	-8.50000E-01	-8.50000E-01	-3.47000E+01
4次	7.13400E-02	9.69000E-02	4.68800E-01
6次	6.34400E-02	6.50000E-02	-9.07700E-01
8次	9.72100E-04	-1.65820E-01	6.31400E-01
10次	4.93000E-02	5.26900E-01	1.32260E-01
12次	-2.02100E-02	-5.20800E-01	-5.96400E-01
14次	0.00000E+00	-1.16450E-01	5.46470E-01
16次	0.00000E+00	6.67900E-01	-3.75110E-01
18次	0.00000E+00	-3.87790E-01	1.40000E-01
20次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
22次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
24次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
26次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
28次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
30次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

10

【0134】

【表42】

光路差関数

	面番号	
	1-1	1-2
回折次数	1/1	2
2次	1.04640E+02	4.50000E+01
4次	-3.90500E+01	0.00000E+00
6次	2.17500E+01	-1.50000E+01
8次	-3.23500E+01	0.00000E+00
10次	0.00000E+00	0.00000E+00
12次	0.00000E+00	0.00000E+00

20

30

※回折次数は第一領域RCでBD次数/DVD次数を表し、第二領域REでBD次数を表す。

【実施例11】

【0135】

実施例11の光情報記録再生装置100に搭載される対物レンズ10の仕様は表43に、光情報記録再生装置100の各光ディスクD1、D2使用時における具体的な構成は表44に、非球面形状を規定する各係数は表45に、光路差関数(h)を規定する各係数は表46に、それぞれ示される。実施例11の光情報記録再生装置100は有限系であり、表43に示されるように、光ディスクD2への入射光が弱発散光である。実施例11においては、表46に示されるように、第二領域REで回折効率が最大となるレーザー光束L1の回折次数が2次である。そのため、第二領域REにおける光ディスクD1使用時の不要回折次数光は、1次回折光と3次回折光である。

40

【0136】

【表43】

仕様

波長	406	662	(nm)
焦点距離	1.18	1.27	(mm)
NA	0.85	0.60	
倍率	0.000	-0.0085	

【0137】

【表44】

BD使用時

面番号	r	d(406nm)	n(406nm)	d(662nm)	n(662nm)	
1-1	0.714	1.35	1.55903	1.35	1.53927	対物レンズ10
1-2	0.725					
2	-1.469		0.41		0.22	
3	∞		0.0875	1.62096	0.6000	
4	∞	—		—	1.57838	光ディスクD1

※「1-1」は第一領域RC、「1-2」は第二領域REを示す

【0138】

【表45】

非球面係数

	面番号		
	1-1	1-2	2
K	-8.50000E-01	-8.50000E-01	-3.47000E+01
4次	7.13200E-02	9.69000E-02	4.68800E-01
6次	6.54600E-02	6.50000E-02	-9.07700E-01
8次	6.49200E-03	-1.65820E-01	6.31400E-01
10次	4.53100E-02	5.26900E-01	1.32260E-01
12次	-1.63100E-02	-5.20800E-01	-5.96400E-01
14次	0.00000E+00	-1.16450E-01	5.46470E-01
16次	0.00000E+00	6.67900E-01	-3.75110E-01
18次	0.00000E+00	-3.87790E-01	1.40000E-01
20次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
22次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
24次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
26次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
28次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
30次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

【0139】

【表46】

光路差関数

	面番号	
	1-1	1-2
回折次数	1/1	2
2次	1.04640E+02	4.50000E+01
4次	-3.92500E+01	0.00000E+00
6次	2.60900E+01	-1.50000E+01
8次	-3.06000E+01	0.00000E+00
10次	0.00000E+00	0.00000E+00
12次	0.00000E+00	0.00000E+00

※回折次数は第一領域RCでBD次数/DVD次数を表し、第二領域REでBD次数を表す。

10

20

30

40

50

【実施例12】

【0140】

実施例12の光情報記録再生装置100に搭載される対物レンズ10の仕様は表47に、光情報記録再生装置100の各光ディスクD1、D2使用時における具体的数値構成は表48に、非球面形状を規定する各係数は表49に、光路差関数(h)を規定する各係数は表50に、それぞれ示される。実施例12の光情報記録再生装置100は有限系であり、表47に示されるように、光ディスクD2への入射光が弱発散光である。

【0141】

【表47】

仕様

波長	406	662	(nm)
焦点距離	1.41	1.50	(mm)
NA	0.85	0.60	
倍率	0.000	-0.015	

10

【0142】

【表48】

BD使用時

面番号	r	d(406nm)	n(406nm)	d(662nm)	n(662nm)	
1-1	0.838	1.35	1.52350	1.35	1.50519	対物レンズ10
1-2	0.826					
2	-1.408	0.49		0.30		
3	∞	0.0875	1.62096	0.6000	1.57838	光ディスクD1
4	∞	—		—		

20

※「1-1」は第一領域RC、「1-2」は第二領域REを示す

【0143】

【表49】

非球面係数

	面番号		
	1-1	1-2	2
κ	-8.50000E-01	-8.50000E-01	-2.58000E+01
4次	4.56500E-02	4.24500E-02	2.48400E-01
6次	2.02600E-02	9.18700E-03	-2.62100E-01
8次	2.42200E-02	3.89900E-02	3.71700E-02
10次	-2.86700E-02	-7.03300E-02	7.19900E-02
12次	3.12600E-02	8.60600E-02	5.08500E-03
14次	-1.00800E-02	-2.29300E-02	-3.73000E-02
16次	0.00000E+00	-2.73500E-02	-8.22000E-03
18次	0.00000E+00	9.05900E-03	3.05000E-02
20次	0.00000E+00	1.54500E-02	-1.49400E-02
22次	0.00000E+00	-8.37660E-03	0.00000E+00
24次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
26次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
28次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
30次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

30

【0144】

40

【表 5 0】

光路差関数

	面番号	
	1-1	1-2
回折次数	1/1	1
2次	7.09000E+01	8.20800E+01
4次	-2.05000E+01	-2.47000E+01
6次	9.49000E+00	-4.50000E+00
8次	-7.76500E+00	-8.00000E-01
10次	0.00000E+00	0.00000E+00
12次	0.00000E+00	0.00000E+00

10

※回折次数は第一領域RCでBD次数/DVD次数を表し、第二領域REでBD次数を表す。

【0 1 4 5】

次に、比較例を説明する。比較例の光情報記録再生装置、対物レンズもそれぞれ、図1、図2に示される概略構成を有する。比較例の対物レンズの形状は、実施例1～12の何れの対物レンズとも異なるが、本件願書に添付可能な図面の縮尺では現れない微差に過ぎない。よって、比較例の対物レンズの構成図も図2を参照して、本件願書への添付を省略する。

【0 1 4 6】

20

比較例の対物レンズの仕様は表51に、光情報記録再生装置の各光ディスクD1、D2使用時における具体的数値構成は表52に、非球面形状を規定する各係数は表53に、光路差関数(h)を規定する各係数は表54に、それぞれ示される。

【0 1 4 7】

【表 5 1】

仕様

波長	406	662	(nm)
焦点距離	1.41	1.47	(mm)
NA	0.85	0.60	
倍率	0.000	0.000	

30

【0 1 4 8】

【表 5 2】

BD使用時

面番号	r	d(406nm)	n(406nm)	d(662nm)	n(662nm)	
1-1	0.917	1.70	1.55903	1.70	1.53927	対物レンズ10
1-2	0.917					
2	-1.722	0.44		0.18		
3	∞	0.0875	1.62096	0.6000	1.57838	光ディスクD1
4	∞	—		—		

※「1-1」は第一領域RC、「1-2」は第二領域REを示す

40

【0 1 4 9】

【表53】

非球面係数

	面番号		
	1-1	1-2	2
κ	-8.50000E-01	-8.50000E-01	-4.40000E+01
4次	4.32800E-02	4.62300E-02	2.47400E-01
6次	1.27200E-02	1.93600E-02	-3.15400E-01
8次	1.03100E-02	-1.04200E-02	7.39300E-02
10次	-1.97700E-02	1.63700E-02	5.82800E-02
12次	2.13300E-02	9.53600E-03	-6.50500E-03
14次	-8.32000E-03	-1.46100E-02	-2.41500E-02
16次	0.00000E+00	-2.51600E-03	-1.11300E-02
18次	0.00000E+00	5.49000E-03	1.41000E-02
20次	0.00000E+00	3.45000E-03	-1.93700E-03
22次	0.00000E+00	-3.15970E-03	7.00000E-04
24次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
26次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
28次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
30次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

【0150】

10

【表54】

光路差関数

	面番号	
	1-1	1-2
回折次数	1/1	1
2次	2.00000E+01	2.00000E+01
4次	-2.12000E+01	-1.60000E+01
6次	-9.24000E-01	-4.00000E+00
8次	-9.42000E+00	-1.20000E+00
10次	0.00000E+00	0.00000E+00
12次	0.00000E+00	0.00000E+00

20

※回折次数は第一領域RCでBD次数/DVD次数を表し、第二領域REでBD次数を表す。

【0151】

以上説明した実施例1～12、比較例の計13例を用いて比較検討を行う。表55A、55Bは、実施例1～12及び比較例に関する各条件(1)～(7)、フレア光距離 f_2 、光ディスクD2使用時の作動距離をそれぞれ示す。

【0152】

【表55A】

実施例の条件値

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7
条件(1)	83	52	120	58	154	133	83
条件(2)	470	490	460	480	500	470	480
条件(3)	-0.003	-0.005	-0.003	-0.005	-0.002	-0.002	-0.003
条件(4)	406	406	406	406	406	406	406
条件(5)	0.66	0.63	0.66	0.76	0.82	0.61	0.66
条件(6)	83	52	120	58	154	133	83
条件(7)	1.41	1.41	1.41	1.77	1.77	1.18	1.41
Δf_2	0.11	0.07	0.15	0.10	0.23	0.14	0.11
作動距離(DVD)	0.28	0.25	0.29	0.40	0.50	0.20	0.28

40

【表55B】

実施例の条件値

	実施例8	実施例9	実施例10	実施例11	実施例12	比較例1
条件(1)	52	133	133	133	106	29
条件(2)	500	480	490	450	450	450
条件(3)	-0.005	-0.002	-0.002	-0.002	-0.003	-0.011
条件(4)	406	406	406	406	406	406
条件(5)	0.63	0.61	0.61	0.61	0.64	0.55
条件(6)	52	133	133	133	106	29
条件(7)	1.41	1.18	1.18	1.18	1.41	1.41
Δf_2	0.07	0.14	0.14	0.14	0.12	0.04
作動距離(DVD)	0.25	0.20	0.20	0.22	0.30	0.18

【0153】

表55Bに示されるように、比較例は、条件(1)（又は条件(3)）を満たさない。具体的には、比較例では、条件(1)（又は条件(3)）の下限を下回るため、主たる不要回折次数光の近軸集光位置を正規の焦点位置から十分に離すことができず、主たる不要回折次数光による信号劣化の影響が大きい。これに対して、表55A、55Bに示されるように、実施例1～12は、条件(1)（又は条件(3)）を満たす。そのため、実施例1～12では、回折構造の段差数の増加や色収差の増大等を抑えつつも主たる不要回折次数光の近軸集光位置を正規の焦点位置から十分離すことができ、主たる不要回折次数光による信号劣化の影響が大幅に抑えられる。

【0154】

また、表55Bに示されるように、比較例は、条件(5)を満たさない。そのため、比較例では、光ディスクD2使用時の作動距離を十分に確保することができず、対物レンズと光ディスクD2との機械的干渉による欠損等が懸念される。これに対して、表55A、55Bに示されるように、実施例1～12は、条件(5)を満たす。そのため、実施例1～12では、光ディスクD2使用時の作動距離を十分に確保することができ、上記懸念がない。

【0155】

なお、実施例1～12では、表55A、55Bに示される通り、条件(1)、(3)、(5)以外でも満たす条件がある。そのため、実施例1～12では、条件(1)、(3)、(5)以外の他の条件も満たすことによる更なる効果が奏される。

【0156】

図5(a)、(b)はそれぞれ、実施例1における光ディスクD1、D2の使用回折次数光（1次回折光）の球面収差を示す図である。図6(a)、(b)はそれぞれ、実施例1における光ディスクD1、D2の使用回折次数光（1次回折光）及び不要回折次数光（0次回折光、2次回折光）の球面収差を示す図である。図5(a)、(b)の各図中、実線が設計波長での球面収差を、点線が設計波長から+5nm変化した波長での球面収差を、一点鎖線が設計波長から-5nm変化した波長での球面収差を、それぞれ表す。図6(a)、(b)の各図中、実線が1次回折光の球面収差を、破線が0次回折光の球面収差を、一点鎖線が2次回折光の球面収差を、それぞれ表す。図5、6の各図の縦軸は入射瞳座標を、横軸は球面収差量（単位：rms）を示す。図5と図6の横軸は、説明の便宜上、スケールが相違する。

【0157】

光ディスクD1使用時は、図5(a)に示されるように、第一領域RC、第二領域REで共に使用回折次数光の球面収差を補正している。また、図6(a)に示されるように、第一領域RC、第二領域REで共に不要回折次数光の球面収差を意図的に発生させている。すなわち、光ディスクD1使用時における不要回折次数光の近軸集光位置を光ディスクD1の記録面（正規の焦点位置）から意図的に離している。これにより、光ディスクD1使用時の不要回折次数光による信号の劣化が有効に抑えられる。

【0158】

光ディスクD2使用時は、図5(b)に示されるように、第一領域R_Cで使用回折次数光の球面収差を補正すると共に第二領域R_Eで該次数光(不要光)の球面収差を意図的に発生させている。また、図6(b)に示されるように、第一領域R_C、第二領域R_Eで共に不要回折次数光の球面収差を意図的に発生させている。すなわち、光ディスクD2使用時における不要光及び不要回折次数光の近軸集光位置を光ディスクD2の記録面(正規の焦点位置)から意図的に離している。これにより、光ディスクD2使用時の不要光又は不要回折次数光による信号の劣化が有効に抑えられる。

【0159】

図7、8はそれぞれ、実施例2における図5、6と同様の収差図である。図9、10はそれぞれ、実施例3における図5、6と同様の収差図である。図11、12はそれぞれ、実施例4における図5、6と同様の収差図である。図13、14はそれぞれ、実施例5における図5、6と同様の収差図である。図15、16はそれぞれ、実施例6における図5、6と同様の収差図である。図17、18はそれぞれ、実施例7における図5、6と同様の収差図である。図19、20はそれぞれ、実施例8における図5、6と同様の収差図である。図21、22はそれぞれ、実施例9における図5、6と同様の収差図である。図23、24はそれぞれ、実施例10における図5、6と同様の収差図である。図25、26はそれぞれ、実施例11における図5、6と同様の収差図である。図27、28はそれぞれ、実施例12における図5、6と同様の収差図である。図7~28の各図に示されるように、実施例2~12の何れにおいても、不要光又は不要回折次数光の球面収差を意図的に発生させている。すなわち、実施例2~12の何れにおいても、不要光又は不要回折次数光の近軸集光位置を光ディスクの記録面(正規の焦点位置)から意図的に離すことにより、不要光又は不要回折次数光による信号の劣化が有効に抑えられている。

【0160】

このように、実施例1~12の対物レンズ10は、各光ディスクD1、D2に対する情報の記録時又は再生時において優れた光学特性を有する。

【0161】

以上が本発明の実施形態の説明である。本発明は、上記の構成に限定されるものではなく、本発明の技術的思想の範囲において様々な変形が可能である。

【符号の説明】**【0162】**

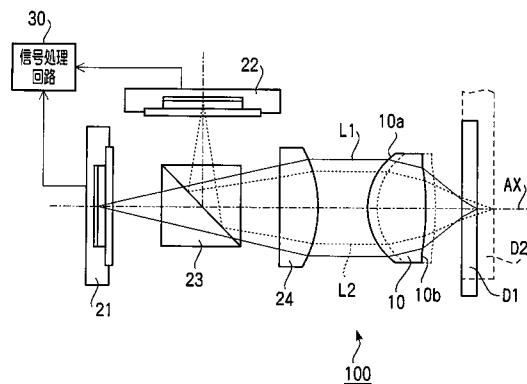
- 10 対物レンズ
- 21 BD用モジュール
- 22 DV用モジュール
- 23 ピームコンバイナ
- 24 コリメートレンズ
- 100 光情報記録再生装置

10

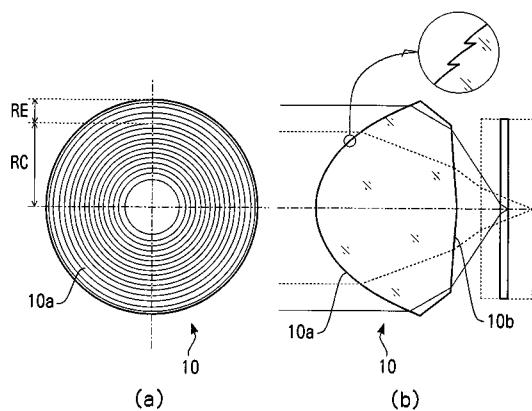
20

30

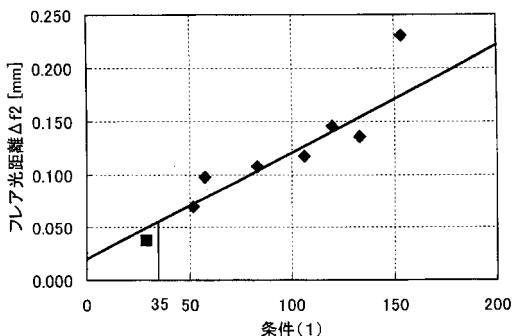
【図1】



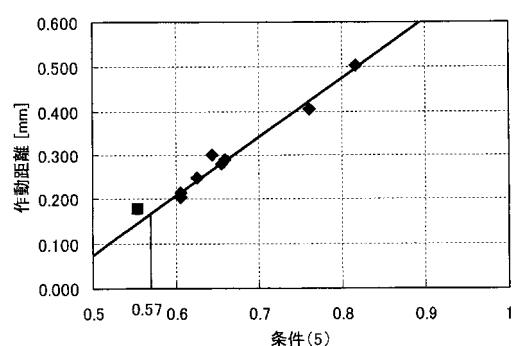
【図2】



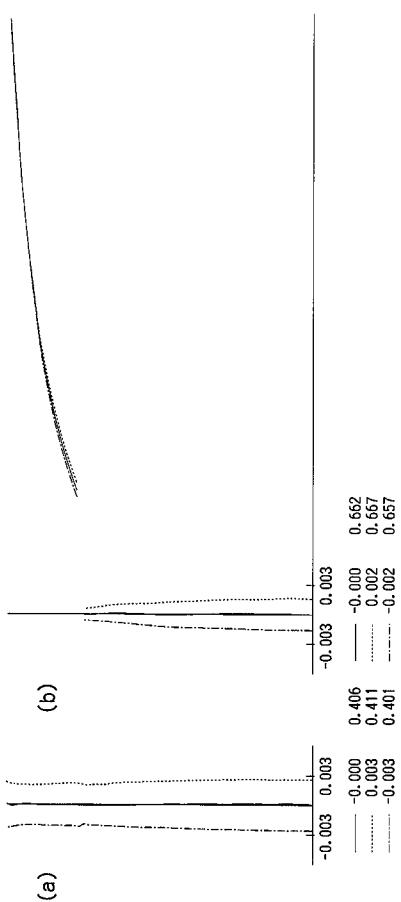
【図3】



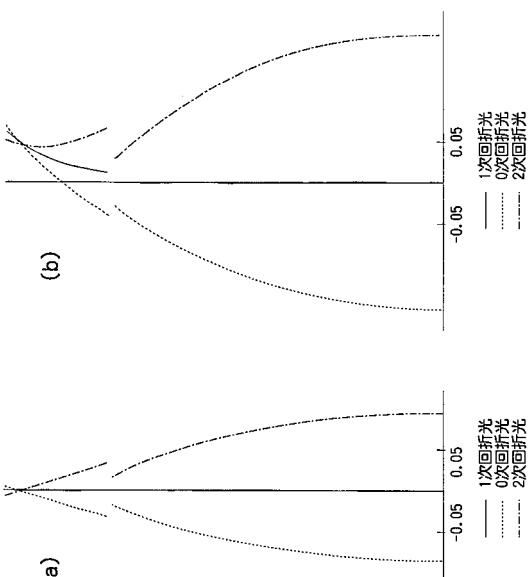
【図4】



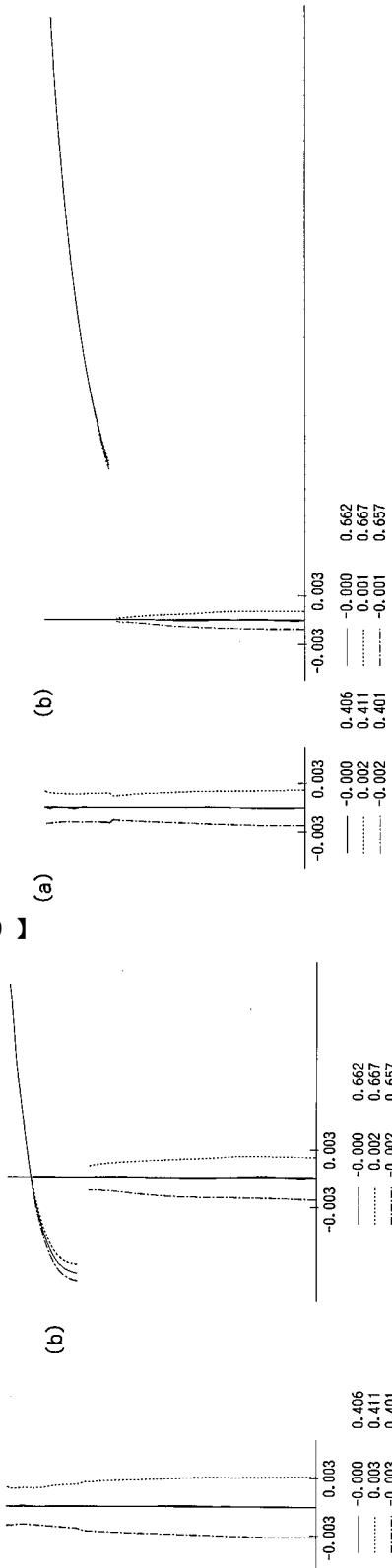
【図5】



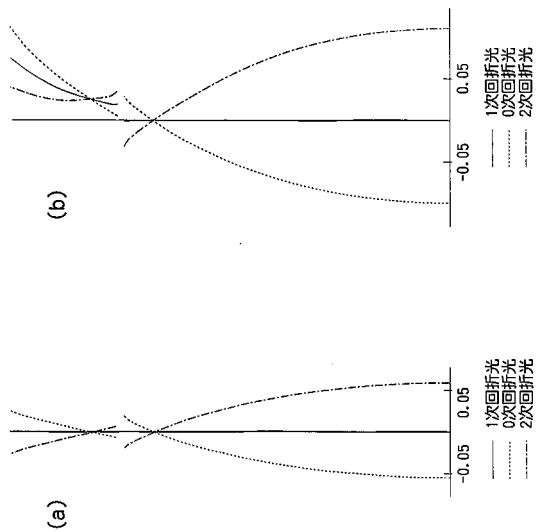
【図6】



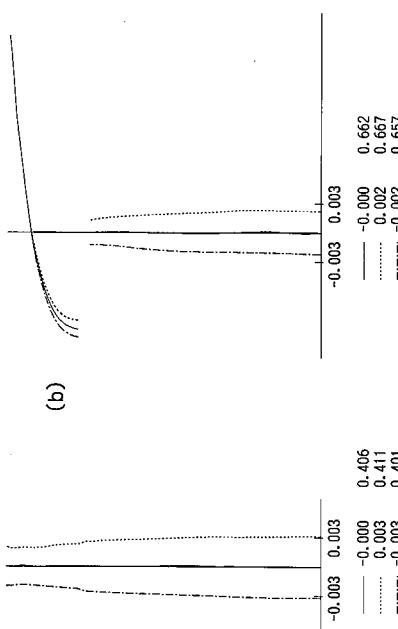
【図7】



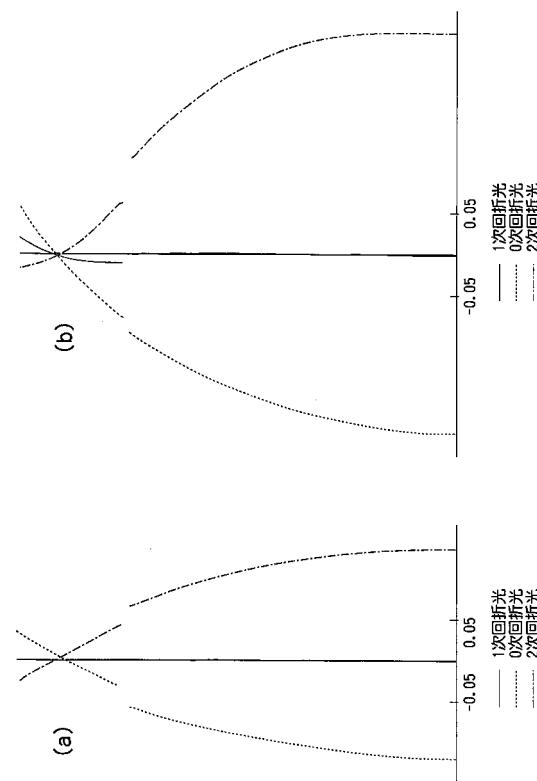
【図8】



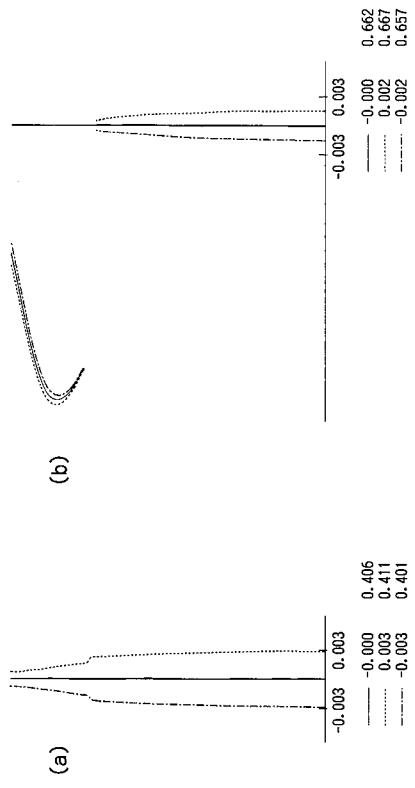
【図9】



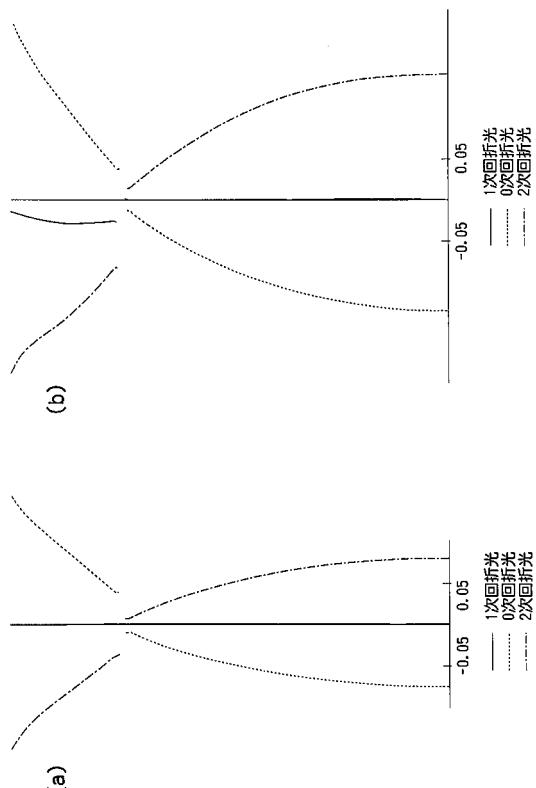
【図10】



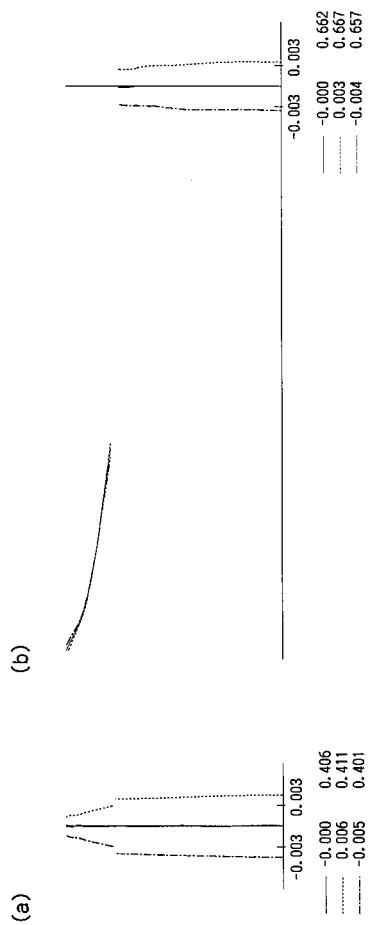
【図 1 1】



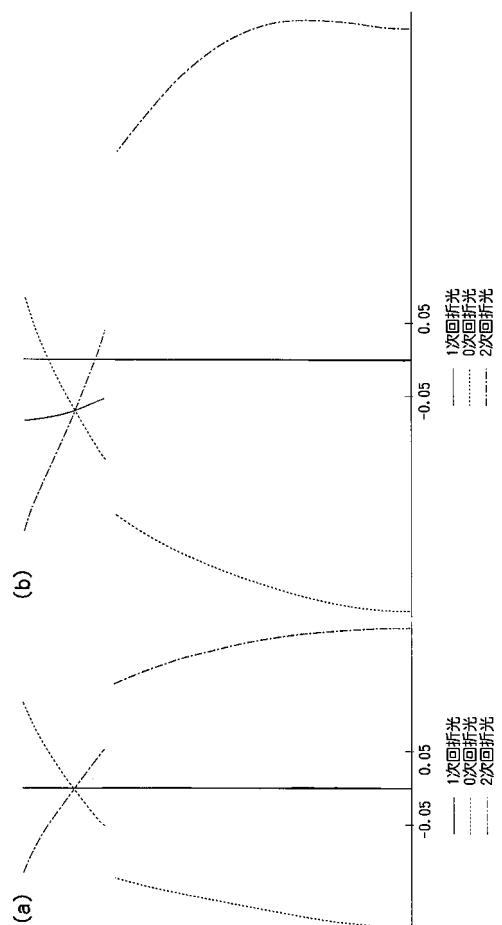
【図 1 2】



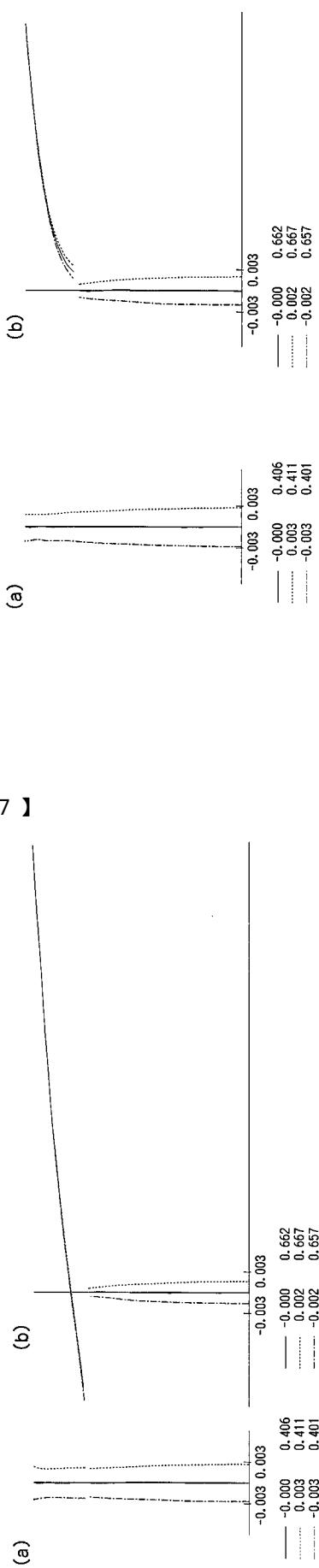
【図 1 3】



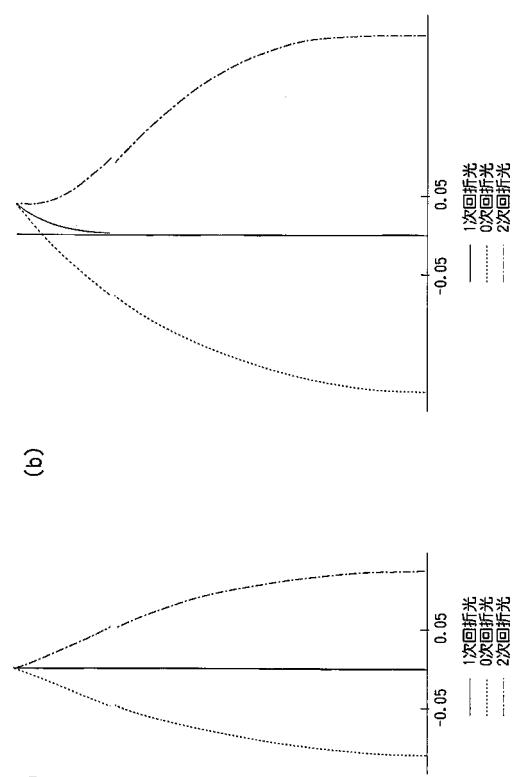
【図 1 4】



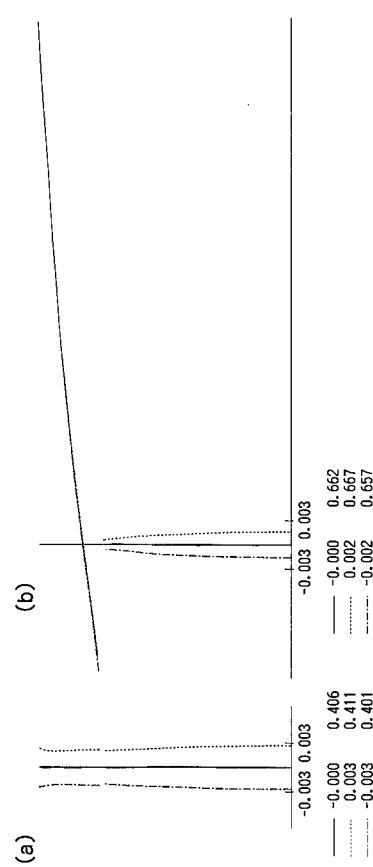
【図 15】



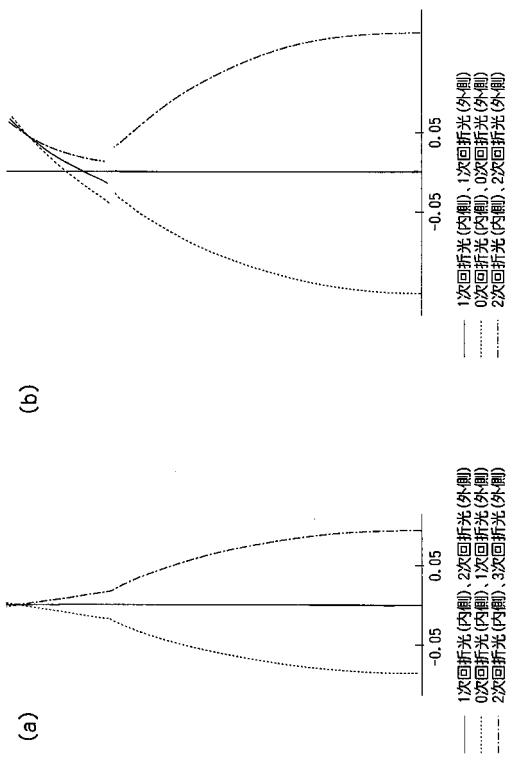
【図 16】



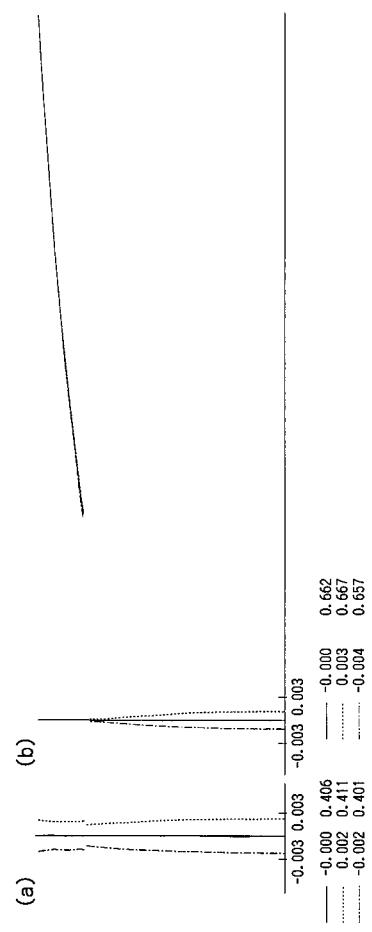
【図 17】



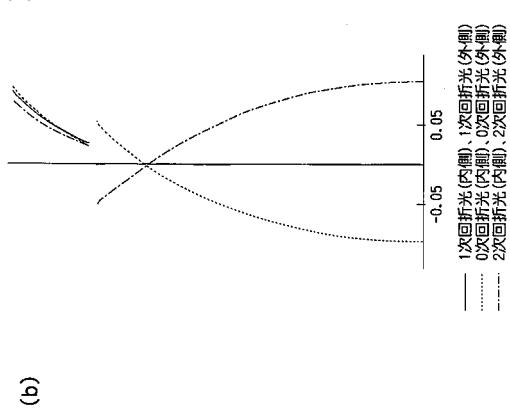
【図 18】



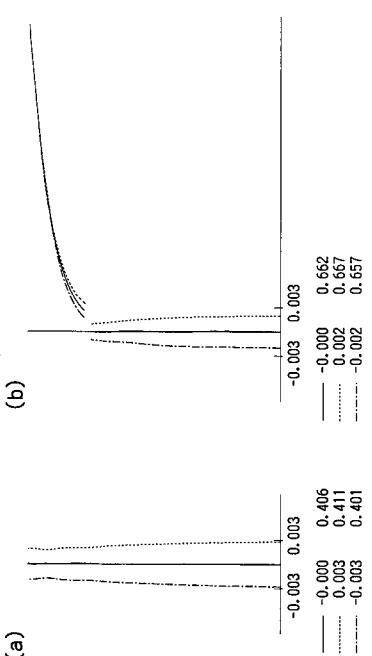
【図19】



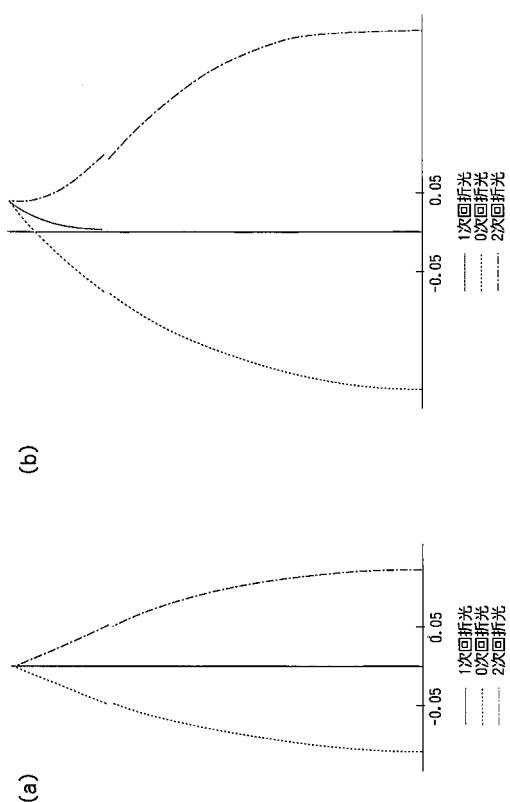
【図20】



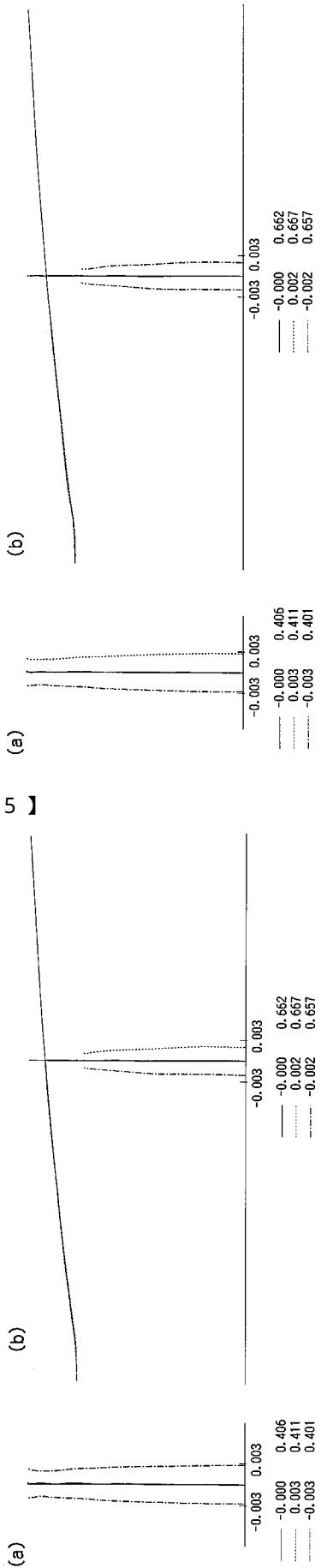
【図21】



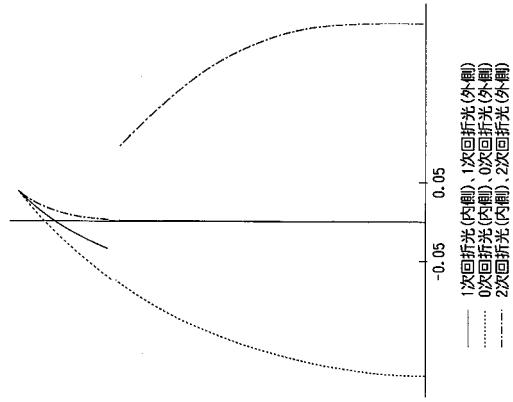
【図22】



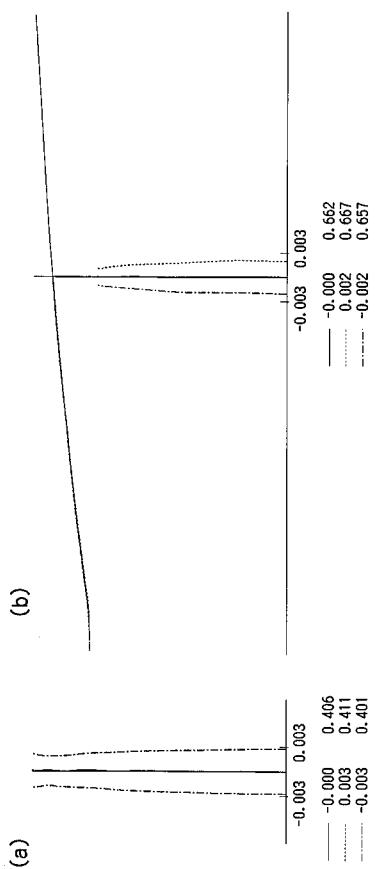
【図23】



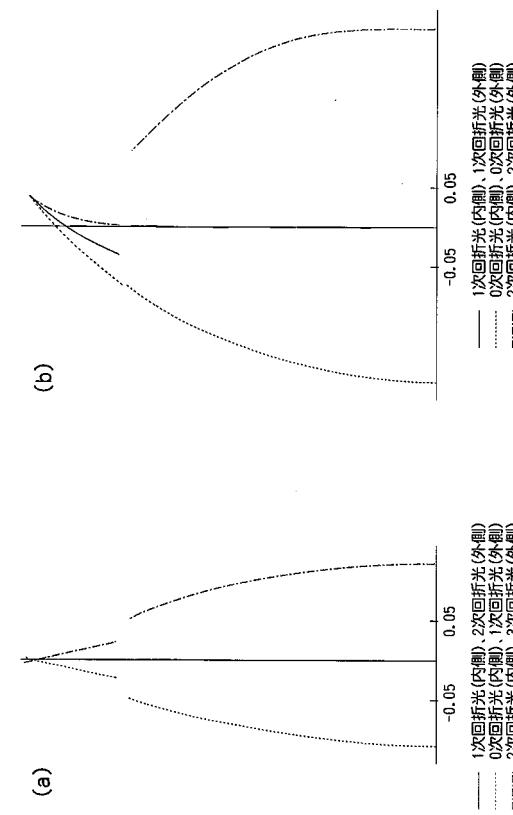
【図24】



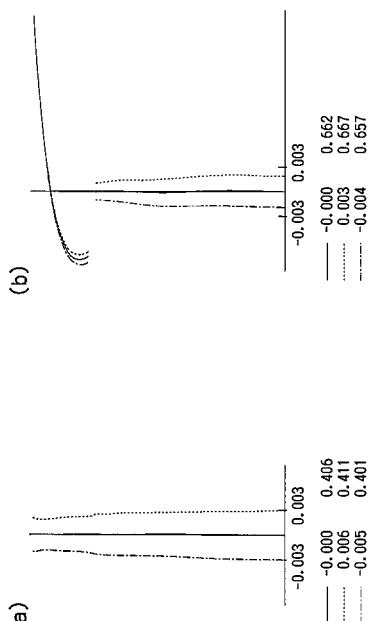
【図25】



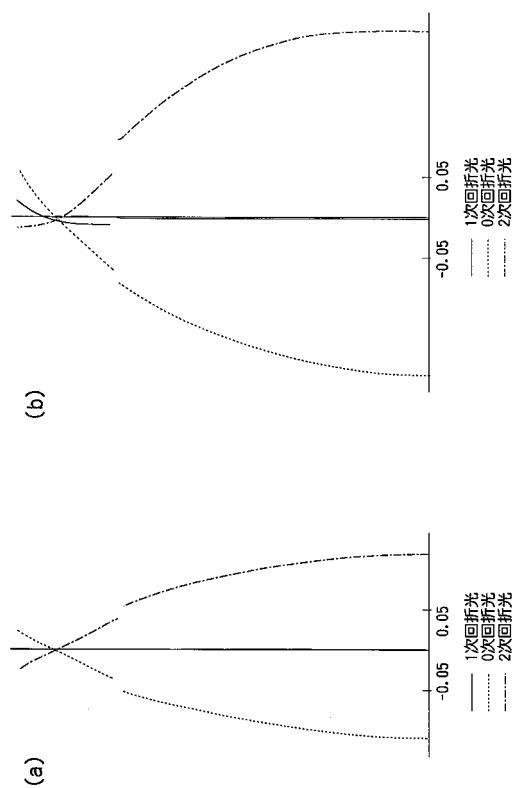
【図26】



【図27】



【図28】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2002-236253(JP,A)
国際公開第2006/085452(WO,A1)
特開2001-216674(JP,A)
特開2007-122851(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 11 B 7 / 12 - 7 / 22
G 02 B 5 / 18
G 02 B 13 / 00
G 02 B 13 / 18