

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4060007号  
(P4060007)

(45) 発行日 平成20年3月12日(2008.3.12)

(24) 登録日 平成19年12月28日(2007.12.28)

|                |              |                  |                 |
|----------------|--------------|------------------|-----------------|
| (51) Int. Cl.  |              | F I              |                 |
| <b>G 1 1 B</b> | <b>7/135</b> | <b>(2006.01)</b> | G 1 1 B 7/135 A |
| <b>G 0 2 B</b> | <b>13/00</b> | <b>(2006.01)</b> | G 0 2 B 13/00   |
| <b>G 1 1 B</b> | <b>7/12</b>  | <b>(2006.01)</b> | G 1 1 B 7/12    |

請求項の数 9 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願平11-117213  
 (22) 出願日 平成11年4月23日(1999.4.23)  
 (65) 公開番号 特開2000-311374(P2000-311374A)  
 (43) 公開日 平成12年11月7日(2000.11.7)  
 審査請求日 平成16年8月27日(2004.8.27)

(73) 特許権者 000000527  
 ペンタックス株式会社  
 東京都板橋区前野町2丁目36番9号  
 (74) 代理人 100098235  
 弁理士 金井 英幸  
 (72) 発明者 丸山 晃一  
 東京都板橋区前野町2丁目36番9号 旭  
 光学工業株式会社内  
 審査官 石丸 昌平

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ディスク装置の光学系

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

波長の比較的短い第1のレーザー光と波長の比較的長い第2のレーザー光とを選択的に発する光源部と、正のパワーを有する屈折レンズの少なくとも一方のレンズ面に微細な輪帯状の段差を有する回折レンズ構造を形成して構成され、前記光源部からのレーザー光を光ディスクの保護層を介して記録面上に集光させる対物レンズとを備え、前記保護層の厚さが比較的薄い第1の光ディスクと前記保護層の厚さが比較的厚い第2の光ディスクとに対して記録あるいは再生が可能な光ディスク装置の光学系において、

前記光源部は、前記第1のレーザー光を前記第2のレーザー光より強い発散度合いで前記対物レンズに対して入射させ、前記回折レンズ構造は、周辺部に向かってパワーが弱くなる方向の特性を持たせることにより、入射光の波長が長波長側に变化するにしたがって球面収差がオーバーとなる方向に変化する球面収差特性を有し、前記対物レンズは、前記保護層との間隔を一定に保ちつつ、前記第1のレーザー光による所定の次数の回折光を前記第1の光ディスクの記録面位置に集光させ、前記第2のレーザー光による前記と同一次数の回折光を前記第2の光ディスクの記録面位置に集光させることを特徴とする光ディスク装置の光学系。

【請求項2】

前記回折レンズ構造による光路長の付加量を、光軸からの高さh、n次(偶数次)の光路差関数係数Pn、波長 を用いて、

$$(h) = (P_2 h^2 + P_4 h^4 + P_6 h^6 + \dots) \times$$

により定義される光路差関数  $(h)$  により表したとき、2 次の光路差関数係数  $P_2$ 、 $NA$  0.45 相当の光線が回折構造の存在する面を通過する高さを  $h_{45}$  として、以下の条件(1)を満たすことを特徴とする請求項1に記載の光ヘッド用対物レンズ光ディスク装置の光学系。

$$7 < (h_{45}) / \lambda - P_2(h_{45})^2 < 15 \quad \dots(1)$$

【請求項3】

前記第1の光ディスクの保護層の厚さは0.60mm、前記第2の光ディスクの保護層の厚さは1.2mmであり、前記第1のレーザー光の波長を  $\lambda_1$ 、前記第2のレーザー光の波長を  $\lambda_2$  として、以下の条件(2)を満たすことを特徴とする請求項1または2に記載の光ディスク装置の光学系。

$$0.81 < \lambda_1 / \lambda_2 < 0.85 \quad \dots(2)$$

【請求項4】

前記対物レンズの少なくとも光軸近傍の領域では、前記回折レンズ構造のブレイズ化波長  $\lambda_B$  が、 $\lambda_1 < \lambda_B < \lambda_2$  を満たすことを特徴とする請求項3に記載の光ディスク装置の光学系。

【請求項5】

前記光軸近傍の領域におけるブレイズ化波長  $\lambda_B$  が、以下の条件(3)及び(4)を満たすことを特徴とする請求項4に記載の光ヘッド用対物レンズ。

$$0.87 < \lambda_B / \lambda_2 \quad \dots(3)$$

$$\lambda_B / \lambda_1 < 1.13 \quad \dots(4)$$

【請求項6】

前記対物レンズの周辺部の領域において前記回折レンズ構造の微細な段差により与えられる光路差は、前記光軸近傍の領域において前記回折レンズ構造の微細な段差により与えられる光路差より短いことを特徴とする請求項4または5に記載の光ディスク装置の光学系。

【請求項7】

前記回折レンズ構造が形成されたレンズ面は、少なくとも有効径の85%より外側の部分は、段差のない連続非球面として形成されていることを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載の光ディスク装置の光学系。

【請求項8】

前記光源部は、前記第1のレーザー光をほぼ平行光として、前記第2のレーザー光を発散光として前記対物レンズに入射させることを特徴とする請求項1～7のいずれかに記載の光ディスク装置の光学系。

【請求項9】

請求項1に記載の光ディスク装置の光学系に用いられる対物レンズであって、  
正のパワーを有し、一方のレンズ面に、周辺部に向かってパワーが弱くなる方向の特性を持たせることにより、入射光の波長が長波長側に变化するにしたがって球面収差がオーバーとなる方向に変化する球面収差特性を有する回折レンズ構造が形成されていることを特徴とする光ヘッド用対物レンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、保護層の厚さが異なる複数種類の光ディスクに対する記録、あるいは再生を可能とする光ディスク装置の光学系に関する。

【0002】

【従来の技術】

光ディスクは、情報が記録される記録面と、この記録面を覆う透明な保護層とを有し、この保護層を介して光ヘッドからのレーザー光が記録面に集光される。そして、光ディスクは、光ディスク装置のターンテーブルに搭載されて回転駆動され、光ディスクのラジアル方向に移動可能な光ヘッドにより情報が記録/再生される。ここで光ディスクの保護層の

10

20

30

40

50

厚さが異なると、ターンテーブル面を基準とした記録面の位置が異なることとなり、これは、光ヘッドと記録面との距離が保護層の厚さによって変化することを意味する。

【0003】

したがって、保護層の厚さが異なる複数の光ディスクに対応するためには、光ヘッドは保護層の厚さが大きくなるほどスポットを遠くに形成する必要がある。例えば、CD(コンパクトディスク)の保護層の厚さは1.2mmであるのに対し、DVD(デジタルバーサタイルディスク)の保護層の厚さは半分の0.60mmであるため、これら両方の光ディスクに対する記録/再生を可能とするためには、レーザー光の集光位置を保護層中で0.6mm(空気換算で約0.4mm)移動させる必要がある。

【0004】

集光位置を変化させるためには、対物レンズに入射するレーザー光の発散の度合い、すなわち物体距離を変化させる方法、または、対物レンズに入射するレーザー光を平行光として保ったまま対物レンズを光軸方向に移動させる方法とが考えられる。物体距離を変化させるためには、例えば光源である半導体レーザーとコリメートレンズとの間隔を変化させればよい。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、発散度合いを変化させる方法では、発散の度合いが強くなるにしたがい(物体距離が短くなるにしたがい)、球面収差がアンダー側に大きく変化(レンズの近距離変化)するため、スポットの収束性能が劣化して情報の記録/再生にエラーが生じるという問題がある。なお、保護層は収束光中に配置された平行平板であるため、厚くなるほど球面収差をオーバー側に変化させ、上記の近距離変化によるアンダー側への変化を打ち消す方向に作用する。ただし、近距離変化による球面収差の変化は、厚さの変化による球面収差の変化より大きいいため、結果的にアンダーの球面収差が残存する。

【0006】

一方、光ヘッドには、光ディスクのそりや歪みによる記録面位置の変動にレーザー光の集光位置を追従させるため、対物レンズをその光軸方向に微調整するオートフォーカス機構が備えられている。したがって、対物レンズを移動させる方法では、このオートフォーカス機構の移動範囲を大きく設定することにより、保護層の厚さの違いに対応させることも可能である。ただし、この方法では、例えばCDとDVDとを用いる場合には、フォーカシング機構に0.4mmより長い移動ストロークが必要となる。一般に、移動ストロークが大きくなれば、移動に伴う対物レンズの光軸の倒れも大きくなるため、大ストロークで倒れを防ぐためには機構が複雑化し、コストがかかる。

【0007】

この発明は、上述した従来技術の問題点に鑑み、対物レンズを移動させることなく保護層の厚さが異なる複数種類の光ディスクに対応可能な光ディスク装置の光学系を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

この発明にかかる光ディスク装置の光学系は、波長の比較的短い第1のレーザー光と波長の比較的長い第2のレーザー光とを選択的に発する光源部と、正のパワーを有する屈折レンズの少なくとも一方のレンズ面に微細な輪帯状の段差を有する回折レンズ構造を形成して構成され、光源部からのレーザー光を光ディスクの保護層を介して記録面上に集光させる対物レンズとを備え、保護層の厚さが比較的薄い第1の光ディスクと保護層の厚さが比較的厚い第2の光ディスクとに対して記録あるいは再生が可能に構成され、以下の要件を満たすことを特徴としている。

(a) 光源部は、第1のレーザー光を第2のレーザー光より強い発散度合いで対物レンズに対して入射させる。

(b) 回折レンズ構造は、周辺部に向かってパワーが弱くなる方向の特性を持たせることにより、入射光の波長が長波長側に変化するにしたがって球面収差がオーバーとなる方向

10

20

30

40

50

に変化する球面収差特性を有する。

(c) 回折レンズ構造における同一次数の回折光を第1、第2の光ディスクの記録面位置に集光させる。

【0009】

光源部からのレーザー光に上記(a)を満たす発散度合いの差を与えることにより、近軸的には集光位置を保護層の厚さに応じて切り替え、第1、第2の光ディスクの記録面に一致させることができる。ただし、このままでは前述のように発散度合いが強くなる第2の光ディスクに対して球面収差がアンダーとなるため、この球面収差を回折レンズ構造によりオーバー側に補正する。このため、回折レンズ構造には、上記(b)を満たすような波長依存性を与え、保護層の厚さに応じて波長を切り替えることとしている。なお、上記(c)のように同一次数の回折光を保護層の厚さが異なるディスクに対して共に用いることにより、単一の次数についてのみ回折効率が高くなるように回折レンズ構造を設計することができる、入射光の光量を有効に利用することができる。

10

【0010】

回折レンズ構造による光路長の付加量は、光軸からの高さ $h$ 、 $n$ 次(偶数次)の光路差関数係数 $P_n$ 、波長 $\lambda$ を用いて、

$$(h) = (P_2 h^2 + P_4 h^4 + P_6 h^6 + \dots) \times \lambda$$

により定義される光路差関数 $(h)$ により表わされる。このとき、2次の光路差関数係数 $P_2$ 、 $NA0.45$ 相当の光線が回折構造の存在する面を通過する高さを $h_{45}$ として、以下の条件(1)を満たすことが望ましい。

20

$$7 < (h_{45}) / \lambda - P_2 (h_{45})^2 < 15 \quad \dots(1)$$

【0011】

また、第1の光ディスクの保護層の厚さが $0.60\text{ mm}$ 、第2の光ディスクの保護層の厚さが $1.2\text{ mm}$ である場合、第1のレーザー光の波長 $\lambda_1$ 、第2のレーザー光の波長 $\lambda_2$ は、以下の条件(2)を満たすよう設定されることが望ましい。

$$0.81 < \lambda_1 / \lambda_2 < 0.85 \quad \dots(2)$$

【0012】

少なくとも光軸近傍の領域では、回折レンズ構造のブレイズ化波長 $\lambda_B$ が、 $\lambda_1 < \lambda_B < \lambda_2$ を満たすことが望ましく、さらには、以下の条件(3)及び(4)を満たすことが望ましい。

$$0.87 < \lambda_B / \lambda_2 \quad \dots(3)$$

30

$$\lambda_B / \lambda_1 < 1.13 \quad \dots(4)$$

【0013】

周辺部の領域において回折レンズ構造の微細な段差により与えられる光路差を、光軸近傍の領域において回折レンズ構造の微細な段差により与えられる光路差より短くすることができる。また、回折レンズ構造が形成されたレンズ面の少なくとも有効径の85%より外側の部分を、段差のない連続非球面として形成してもよい。さらに、光源部は、第1のレーザー光をほぼ平行光として、第2のレーザー光を発散光として対物レンズに入射させることが望ましい。

【0014】

【発明の実施の形態】

40

以下、この発明にかかる光ディスク装置の光学系の実施形態を説明する。実施形態の光学系は、保護層の厚さが異なる2種類の光ディスク、この例では厚さ $0.60\text{ mm}$ の保護層を持つ高記録密度ディスク(例えばDVD)と、厚さ $1.2\text{ mm}$ の保護層を持つ低記録密度ディスク(例えばCD, CD-R)に対して記録あるいは再生が可能である。図1及び図2は、実施形態にかかる光ディスク装置の光学系を示す説明図であり、図1は高記録密度ディスクD1への記録・再生時、図2は低記録密度ディスクD2の再生時をそれぞれ示している。また、図3は、図1及び図2の光学系で使用される対物レンズの構造を模式的に示す説明図である。

【0015】

図1及び図2に示すように、この光学系は、光源部10、コリメートレンズ20、対物レ

50

ンズ30、そして信号検出系40から構成されている。光源部10は、高記録密度ディスクD1の記録・再生時に比較的短波長の第1のレーザー光(波長 $\lambda_1$ )を発光する第1の半導体レーザー11と、低記録密度ディスクD2の再生時に比較的長波長の第2のレーザー光(波長 $\lambda_2$ )を発する第2の半導体レーザー12と、第1、第2の半導体レーザー11, 12からのレーザー光をそれぞれ対物レンズ30へ向けて反射させる第1, 第2のビームスプリッタ13, 14とを備えている。なお、第2の半導体レーザー12と第2のビームスプリッタ14との間には、3ビーム法によるトラッキングエラー検出のためにビームを3分割する回折格子15が配置されている。

【0016】

コリメートレンズ20は、単体の正レンズであり、第1の半導体レーザー11からのレーザー光を図1に示すように平行光として対物レンズ30に入射させるようにそのパワーが設定されている。第2の半導体レーザー12は、第1の半導体レーザー11よりもコリメートレンズ20までの距離が短くなるよう配置されており、第2の半導体レーザー12からのレーザー光は、図2に示すように発散光として対物レンズ30に入射する。このように対物レンズ30に入射するレーザー光の発散の度合い(物体距離)を変化させることにより、対物レンズ30を移動させずに近軸的な集光点の位置を保護層内で0.6mmずらして各光ディスクの記録面上に一致させることが可能である。

【0017】

対物レンズ30は、PMMA等のプラスチック製であり、光源部10側の第1面30a、及びディスク側の第2面30bが共に非球面として形成された1群1枚構成のレンズである。対物レンズ30は、保護層に対する位置を変化させずに、第1のレーザー光(波長 $\lambda_1$ )を高記録密度ディスクD1の保護層を介して記録面位置に集光させ、第1のレーザー光より強い発散度合いで入射する第2のレーザー光(波長 $\lambda_2$ )を低記録密度ディスクD2の記録面位置に集光させる。対物レンズ30の第1面30aには、中央部に微細な輪帯状の段差を有する回折レンズ構造が形成されている。回折レンズ構造は、入射光の波長が長波長側に変化するにしたがって球面収差がオーバーとなる方向に変化するような球面収差特性を有している。

【0018】

光ディスクにより反射され、ビームスプリッタ13, 14を透過した収束光は、信号検出系40に入射し、平凹レンズ41により収束度合いが弱められ、ビームスプリッター42により二分され、透過光はシリンドリカルレンズ43を介して第1のセンサ44に入射し、反射光はシリンドリカルレンズ45を介して第2のセンサ46に入射する。

【0019】

対物レンズ30に入射する光束の物点から対物レンズ30の前側主点までの距離を $s$ 、対物レンズの焦点距離を $f$ 、対物レンズの後側主点から像点までの距離 $s'$ とすると、

$$-1/s + 1/f = 1/s'$$

であるから、例えば $f=3.6\text{mm}$ 、第1のレーザー光の波長を $650\text{nm}$ として $s$ をとすると、 $s'=3.6$

となる。第2のレーザー光の波長を $780\text{nm}$ として $0.4\text{mm}$ (保護層内で $0.6\text{mm}$ に相当)だけ像点が離れるように、 $s'=4.0\text{mm}$ にするためには、

$$-1/s + 1/f = 1/4.0$$

となる。対物レンズ30の焦点距離が変わらないとすると、

$$-1/s + 1/3.6 = 1/4.0$$

$$1/s = 1/3.6 - 1/4.0 = 1/36$$

となり、物体距離を $36\text{mm}$ にすればよいことがわかる。第1, 第2の半導体レーザーとコリメートレンズ15との位置関係は、このような物体距離の条件を満たすように設定されている。

【0020】

ただし、光ディスク装置用の対物レンズのように球面収差と正弦条件とを補正したレンズは、物体距離を変えると球面収差が変化するため、単に物体距離を変化させるのみでは、

10

20

30

40

50

前述のように発散度合いが強くなる第2の光ディスクに対して球面収差がアンダーとなる。そこで、この球面収差を回折レンズ構造によりオーバー側に補正することとしている。回折レンズ構造のパワー、収差補正作用は、波長に比例するため、物体距離の変化により発生する球面収差を補正するためには、回折レンズ構造は波長が長くなるに従い球面収差をオーバーにする方向、すなわち、周辺部に向かってパワーが弱くなる方向の特性を持たなければならない。

#### 【0021】

次に、図3に基づいて対物レンズ30の構造について詳細に説明する。図3は、実施形態にかかる対物レンズ30を示す説明図であり、(A)は正面図、(B)は側面図、(C)は側面の一部拡大図である。対物レンズ30は、非球面である2つのレンズ面30a, 30bを有する両凸の単レンズであり、一方のレンズ面30aの中心部31に図3(A)に示したように光軸を中心とした輪帯状のパターンとして回折レンズ構造が形成されている。回折レンズ構造は、フレネルレンズのように各輪帯の境界に光軸方向の段差を持つブレード格子である。なお、有効径の85%より外側の周辺部32は、段差のない連続的な非球面として形成されている。

10

#### 【0022】

記録密度の違いから、高記録密度ディスクD1における記録面上のスポットは、低記録密度ディスクD2におけるよりより小さく絞る必要がある。スポット径は波長が短いほど小さくなるため、 $\lambda_1$ は600nm台と比較的短波長であることが望ましい。他方、記録可能なCD-R(保護層1.2mm)をも利用する場合には、記録面の反射特性から第2のレーザー光の波長 $\lambda_2$ は780nm程度の比較的長波長のレーザー光を用いる必要がある。2つの波長を光ディスクの種類に応じて切り替えて用いる前提には、このような記録密度の違いや、反射特性による要求がある。

20

#### 【0023】

回折レンズ構造は、入射光の波長が長波長側に变化するにしたがって球面収差がオーバーとなる方向に変化するような球面収差特性を有している。屈折レンズの球面収差は、入射光の発散度合いが大きくなるほどアンダーとなるため、回折レンズ構造に上記の球面収差特性を持たせることにより、球面収差を補正することができる。

#### 【0024】

回折レンズ構造による光路長の付加量は、光軸からの高さ $h$ 、 $n$ 次(偶数次)の光路差関数係数 $P_n$ 、波長 $\lambda$ を用いて、

30

$$(h) = (P_0 + P_2 h^2 + P_4 h^4 + P_6 h^6 + \dots) \times \lambda$$

により定義される光路差関数 $(h)$ により表わされる。この表現形式では2次の項の係数 $P_2$ が負の時に近軸的に正のパワーを持ち、4次の項の係数 $P_4$ が正の時に周辺に向かって負のパワーが漸増することとなる。

#### 【0025】

実際のレンズの微細形状は光路長の波長の整数倍の成分を消去したフレネルレンズ状の光路長付加量 $\Delta$ を持つように決定する。

$$\Delta(h) = (\text{MOD}(P_0 + P_2 h^2 + P_4 h^4 + P_6 h^6 + \dots + \text{Const}, \lambda) - \text{Const}) \times \lambda$$

定数項Constは輪帯の境界位置の位相を設定する定数であり、 $0 \leq \text{Const} < \lambda$ の範囲で任意の数をとる。MOD(X, Y)はXをYで割った剰余を与える関数である。MOD( $P_2 h^2 + P_4 h^4 + \dots + \text{Const}, \lambda$ )の値が0になる $h$ の点が輪帯の境になる。ベース形状の上に、 $\Delta(h)$ の光路差を持つように、勾配、段差を設定する。

40

#### 【0026】

ここで実施形態の対物レンズ30は、2次の光路差関数係数 $P_2$ 、NA0.45相当の光線が回折構造の存在する面を通過する高さ $h_{45}$ として、以下の条件(1)を満たす。

$$7 < (h_{45}) / \lambda - P_2 (h_{45})^2 < 15 \quad \dots (1)$$

#### 【0027】

条件(1)は、NA0.45の光線に対する回折レンズ構造の全体的な光学的作用 $(h_{45}) / \lambda$ からパワー成分 $P_2 (h_{45})^2$ を除いた、球面収差補正成分の量を規定する。低記録密度

50

ディスクD2の再生においてはNA0.45より周辺部の光は影響しないのでNA0.45の光線を基準としている。条件(1)の下限を下回ると、近距離変化による球面収差の変化を回折レンズ構造による球面収差補正効果により十分に補正することができず、球面収差が過度にアンダーとなる。また、条件(1)の上限を上回ると、回折レンズ構造による球面収差補正効果が大きくなりすぎ、球面収差が過度にオーバーとなる。

【0028】

また、上述のように厚さ0.60mmの保護層を有する高記録密度ディスクD1と厚さ1.2mmの保護層を有する低記録密度ディスクD2を対象とする場合、第1のレーザー光の波長 $\lambda_1$ 、第2のレーザー光の波長 $\lambda_2$ は、以下の条件(2)を満たす。

$$0.81 < \lambda_1 / \lambda_2 < 0.85 \quad \dots(2)$$

10

【0029】

条件(2)は、回折レンズ構造による1次回折光を用いた際に回折効率を低下させずに十分な球面収差補正効果を得るための条件である。条件(2)の下限を下回る場合には、第1、第2の波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の差が大きくなり過ぎ、第1の波長における回折効率と第2の波長における回折効率とを総合した全体的な回折効率が低下する。条件(2)の上限を超えると、第1、第2の波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の差が小さくなり過ぎ、要求される球面収差の変化量を得るためには輪帯数が多くなり、加工が困難になると共に、回折効率も低下しやすい。

【0030】

また、実施形態の対物レンズ30は、光軸近傍の領域では、回折レンズ構造のブレイズ化波長 $\lambda_B$ が $\lambda_1 < \lambda_B < \lambda_2$ を満たす。この条件を満たすことにより、第1、第2のレーザー光のいずれに対しても高い回折効率を得ることができる。ブレイズ化波長 $\lambda_B$ が2つの波長 $\lambda_1 \sim \lambda_2$ の範囲の外側に設定されると、ブレイズ化波長との差が大きい側の波長における回折効率が著しく低下する。例えば、 $\lambda_1$ を650nmに $\lambda_2$ を780nmに選んだ場合、 $\lambda_B$ を650nmにすると、回折効率は波長 $\lambda_1$ においては100%、 $\lambda_2$ においては91%になる。これに対して、 $\lambda_B$ を600nmにすると、効率は波長 $\lambda_1$ においては98%となるが、 $\lambda_2$ においては83%に低下する。

20

【0031】

さらに、実施形態の対物レンズ30は、光軸近傍の領域では、回折レンズ構造のブレイズ化波長 $\lambda_B$ が以下の条件(3)及び(4)を満たす。

$$0.87 < \lambda_B / \lambda_2 \quad \dots(3)$$

$$\lambda_B / \lambda_1 < 1.13 \quad \dots(4)$$

30

【0032】

これらの条件を満たすことにより、第1、第2のレーザー光のいずれに対しても、1次回折光の回折効率を高く保つことができる。条件(3)を満足しない場合には、第2のレーザー光の回折効率が95%を下回る。条件(4)を満足しない場合には、第1のレーザー光の回折効率が95%を下回る。

【0033】

前述のように、対物レンズ30は、レンズ面30aの中心部31に回折レンズ構造が形成され、有効径の85%より外側の周辺部32は段差のない連続非球面として形成されている。周辺部に段差を形成しないことにより、段差形成に起因する形状誤差がなくなり、かつ、回折による光量の損失を抑えて光量を有効に利用することができる。

40

【0034】

なお、上記のように周辺部を連続面とせずに、周辺部にも回折レンズ構造を設けてもよい。この場合、回折レンズ面の2次の係数 $P_2$ が負の値になるよう設定して回折レンズ構造に正のパワーを持たせることにより、軸上色収差の補正が可能である。また、中心部と周辺部とで回折レンズ構造のブレイズ化波長を変えてもよい。

【0035】

前述のように、波長の短い第1のレーザー光は、記録密度の高い高記録密度ディスクD1の記録・再生に利用されるため、対物レンズ30は、第1のレーザー光に対して、より収差が良好に補正されていることが望ましい。反対に、低記録密度ディスクD2の再生に利

50

用される第2のレーザー光に対しては、記録面上でのスポットが小さくなりすぎないようにする必要がある。

【0036】

そこで、周辺部の領域において回折レンズ構造の微細な段差により与えられる光路差を、光軸近傍の領域において回折レンズ構造の微細な段差により与えられる光路差より短くするとよい。すなわち、周辺部の回折レンズ構造のブレイズ化波長 $\lambda_B$ を、中心部のそれより短くし、第1のレーザー光の波長 $\lambda_1$ に近づけて設定する。これにより、第2のレーザー光に対する周辺部の回折効率は低下し、周辺部を第2のレーザー光に対する一種の絞りとして機能させ、NAを小さくすることにより、スポットが過小となるのを防ぐことができる。周辺部のブレイズ化波長を第1のレーザー光の波長 $\lambda_1$ より短くすると、さらに第2のレーザー光の回折効率が低下し、絞り効果が大きくなる。

10

【0037】

また、周辺部で $P_4$ あるいは $P_6$ で示される高次の項が負の値を持つような回折作用を持たせると、温度変化に基づく対物レンズの熱膨張、屈折率変化による収差変化を、半導体レーザーの温度変化に基づく発振波長の変化による球面収差の変化でキャンセルすることができる。この場合は、第2のレーザー光に対しては大きな収差を持つため、周辺部が実質的にNAを制限する絞りとしても機能する。

【0038】

次に、実施形態で説明した光ディスク装置の光学系の具体的な実施例を3例説明する。

【0039】

20

【実施例1】

図4は、実施例1の光学系を高記録密度ディスクD1の記録・再生に用いた様子を示す。図4では、ビームスプリッタ13, 14は合成して示され、その後段にコリメートレンズ20と対物レンズ30とが配置されている。実施例1の光学系の具体的な数値構成は表1に示されている。面番号1, 2がビームスプリッタ13, 14、面番号3, 4がコリメートレンズ20、面番号5, 6が対物レンズ30、面番号7, 8が媒体である高記録密度ディスクD1または低記録密度ディスクD2の保護層を示している。回折レンズ構造は、対物レンズのコリメートレンズ側の面(面番号5)に形成されている。

【0040】

表中、 $\lambda_1$ は高記録密度ディスクD1使用時の波長、 $\lambda_2$ は低記録密度ディスクD2使用時の波長、 $f_{c1}$ ,  $f_{o1}$ は $\lambda_1$ でのコリメートレンズ及び対物レンズの焦点距離(単位:mm)、 $f_{c2}$ ,  $f_{o2}$ は $\lambda_2$ でのコリメートレンズ及び対物レンズの焦点距離(単位:mm)、 $M_1$ は $\lambda_1$ での倍率、 $M_2$ は $\lambda_2$ での倍率、 $d_{01}$ ,  $d_{02}$ はそれぞれ第1, 第2の半導体レーザーからビームスプリッタまでの距離(単位:mm)、 $h_t$ ,  $h_{45}$ はそれぞれ対物レンズの第1面30a(面番号5)の有効半径及びNA0.45に相当する光線が通過する高さ(光軸からの距離)を示す。また、 $r$ はレンズ各面の巨視的な曲率半径(非球面については光軸上の値、単位:mm)、 $d$ は各面の光軸に沿った間隔(単位:mm)、 $n$ は各媒体の波長 $\lambda_{nm}$ での屈折率である。なお、 $d_7$ については、前者が高記録密度ディスクD1使用時、後者が低記録密度ディスクD2使用時の値を示している。

30

【0041】

40



【表1】

 $\lambda_1=650\text{nm}$   $f_{c1}=12.00$   $f_{o1}=4.000$   $M_1=-0.333$   $d_{o1}=4.000$   $NA_1=0.60$ 
 $\lambda_2=785\text{nm}$   $f_{c2}=12.08$   $f_{o2}=4.031$   $M_2=-0.335$   $d_{o2}=1.219$   $NA_2=0.45$ 
 $ht = 2.40\text{mm}$   $h_{45} = 1.98\text{mm}$ 

| 面番号 | r        | d           | n650    | n785    |
|-----|----------|-------------|---------|---------|
| 1   | $\infty$ | 6.000       | 1.51405 | 1.51062 |
| 2   | $\infty$ | 2.928       |         |         |
| 3   | 53.056   | 2.000       | 1.58642 | 1.58240 |
| 4   | -8.000   | 10.000      |         |         |
| 5   | 2.511    | 2.400       | 1.54082 | 1.53665 |
| 6   | -10.401  | 2.279       |         |         |
| 7   | $\infty$ | 0.600/1.200 | 1.58030 | 1.57326 |
| 8   | $\infty$ |             |         |         |

10

【0042】

20

コリメートレンズ20の対物レンズ側の面(面番号4)、対物レンズ30の第1面30a(面番号5)のベースカーブ(回折レンズ構造を除いた巨視的な形状)、第2面30b(面番号6)はいずれも非球面であり、その形状は光軸からの高さがhとなる非球面上の座標点の非球面の光軸上での接平面からの距離(サグ量)をX、非球面の光軸上での曲率(1/r)をC、円錐係数を、4次、6次、8次、10次、12次の非球面係数をA4、A6、A8、A10、A12として、以下の式で表される。

$$X = C h^2 / (1 + \sqrt{1 - (1 + C^2 h^2)}) + A_4 h^4 + A_6 h^6 + A_8 h^8 + A_{10} h^{10} + A_{12} h^{12}$$

【0043】

各非球面を規定する円錐係数と非球面係数は表2に示される。なお、対物レンズの第1面30aについては、光軸近傍の中心部と、NA0.45に相当する光線が通過する高さ $h_4$  ( $=1.98\text{mm}$ )より外側の周辺部とで非球面形状が異なるため、表2にはそれぞれの値が示されている。

30

【0044】

## [表2]

## コリメートレンズ第2面(面番号4)

 $\kappa$  -0.7360

A4 0.0000

A6  $5.2000 \times 10^{-7}$ 

A8 0.000

A10 0.000

A12 0.000

10

## 対物レンズ第1面(面番号5)

中心部( $0 \leq h < 1.98$ )      周辺部( $1.98 \leq h$ )

r 2.511                      2.511

 $\kappa$  -0.470                      -0.470A4  $2.270 \times 10^{-4}$                $-1.400 \times 10^{-4}$ A6  $4.900 \times 10^{-5}$                $4.400 \times 10^{-5}$ A8  $4.100 \times 10^{-6}$                $-4.600 \times 10^{-6}$ A10  $9.270 \times 10^{-6}$                $1.900 \times 10^{-6}$ A12  $-1.244 \times 10^{-6}$                $-6.000 \times 10^{-7}$ 

20

## 対物レンズ第2面(面番号6)

 $\kappa$  0.000A4  $8.607 \times 10^{-3}$ A6  $-7.203 \times 10^{-4}$ A8  $-4.525 \times 10^{-5}$ A10  $7.031 \times 10^{-6}$ 

A12 0.000

30

## 【0045】

回折レンズ構造は、中心部が波長710nmに対してブレイズ化され、周辺部が波長650nmに対してブレイズ化されている。それぞれの領域における回折レンズ構造を表す光路差関数(h)の係数 $P_0 \sim P_8$ の値は表3に示される。また、実施例1では、回折レンズ構造が光軸を含む円形の領域を輪帯番号「0」として、全部で10の輪帯により構成されている。輪帯番号0~8が中心部、9が周辺部に相当する。各輪帯の領域は、表4に示すように、輪帯の中心側境界を規定する中心側の光軸からの高さ $h_L$ と、周辺側境界を規定する周辺側の光軸からの高さ $h_H$ とにより表される。

40

## 【0046】

[表3]

中心部( $0 \leq h < 1.98$ ) 周辺部( $1.98 \leq h$ )

|       |           |     |
|-------|-----------|-----|
| $P_0$ | 0.0000    | 9.0 |
| $P_2$ | 0.0000    | 0.0 |
| $P_4$ | 0.31034   | 0.0 |
| $P_6$ | -0.023604 | 0.0 |
| $P_8$ | 0.024258  | 0.0 |

10

【0047】

[表4]

| 輪帯番号 | $h_L$ | $h_H$ | 輪帯番号 | $h_L$ | $h_H$ |
|------|-------|-------|------|-------|-------|
| 0    | 0.000 | 1.307 | 5    | 1.784 | 1.838 |
| 1    | 1.307 | 1.508 | 6    | 1.838 | 1.886 |
| 2    | 1.508 | 1.628 | 7    | 1.886 | 1.927 |
| 3    | 1.628 | 1.715 | 8    | 1.927 | 1.977 |
| 4    | 1.715 | 1.784 | 9    | 1.977 | 2.400 |

20

【0048】

周辺部を規定する光路差関数係数の値は、周辺部の実形状が、表2に示した非球面係数で表される非球面(ベースカーブ)に対して、入射光線に波長の9倍の光路長を付加する面であることを示している。周辺部は、具体的には以下の表5により規定される非球面を、中心部のベースカーブを規定する非球面に対して光軸上で $-9.0 \times 650\text{nm} / (1-1.54082) = 10.8169 \mu\text{m}$ だけディスク側にシフトさせた面として定義される。

【0049】

30

[表5]

|          |                         |
|----------|-------------------------|
| $r$      | 2.5072                  |
| $\kappa$ | -0.470                  |
| $A_4$    | $-1.400 \times 10^{-4}$ |
| $A_6$    | $4.400 \times 10^{-5}$  |
| $A_8$    | $-4.600 \times 10^{-6}$ |
| $A_{10}$ | $1.900 \times 10^{-6}$  |
| $A_{12}$ | $-6.070 \times 10^{-7}$ |

40

【0050】

なお、表3に示される値から、条件(1)に含まれる各項の値は以下の通りとなる。

$$(h_{45}) / \quad = 9.0774$$

$$P_2 (h_{45})^2 = 0.0$$

【0051】

図5(A)は高記録密度ディスクD1使用時の波長650nmにおける球面収差SAおよび正弦条件SC、(B)はその際の非点収差(S:サジタル、M:メリディオナル)を示している。グラフ(A)の縦軸は開口数NA、(B)の縦軸は像高Yである。また、横軸は各収差の発生量を示

50

し、単位はmmである。図6(A)は低記録密度ディスクD2使用時の波長785nmにおける球面収差SAおよび正弦条件SC、(B)はその際の非点収差をそれぞれ示す。

【0052】

【実施例2】

図7は、実施例2にかかる光ディスク装置の光学系を高記録密度ディスクD1の記録・再生に用いる様子を示し、ここではコリメートレンズ20、対物レンズ30、高記録密度ディスクD1のみを示す。実施例2の光学系の具体的な数値構成は表6、各非球面の非球面係数は表7に示される。この例では、面番号1、2がコリメートレンズ20、面番号3、4が対物レンズ30、面番号5、6が媒体である高記録密度ディスクD1または低記録密度ディスクD2の保護層を示している。回折レンズ構造は、対物レンズの第1面30aに形成されている。

10

【0053】

[表6]

$\lambda_1=650\text{nm}$   $f_{c1}=10.00$   $f_{o1}=3.300$   $M_1=-0.330$   $d_{01}=9.101$   $NA_1=0.60$

$\lambda_2=780\text{nm}$   $f_{c2}=10.07$   $f_{o2}=3.311$   $M_2=-0.362$   $d_{02}=6.009$   $NA_2=0.45$

$ht = 2.00\text{mm}$   $h_{45} = 1.67\text{mm}$

| 面番号 | r        | d           | n650    | n780    |
|-----|----------|-------------|---------|---------|
| 1   | 107.677  | 1.500       | 1.58642 | 1.58252 |
| 2   | -6.170   | 10.000      |         |         |
| 3   | 2.152    | 2.300       | 1.54082 | 1.53677 |
| 4   | -7.294   | 1.653       |         |         |
| 5   | $\infty$ | 0.600/1.200 | 1.58030 | 1.57346 |
| 6   | $\infty$ |             |         |         |

20

【0054】

30

## [表7]

## コリメートレンズ第2面(面番号2)

$\kappa -0.4000$

$A4 1.4060 \times 10^{-4}$

$A6 2.6000 \times 10^{-6}$

$A8 3.7000 \times 10^{-8}$

## 対物レンズ第1面(面番号3)

10

中心部( $0 \leq h < 1.67$ )      周辺部( $1.67 \leq h$ )

$r 2.152$

$2.144$

$\kappa -0.560$

$-0.560$

$A4 2.149 \times 10^{-3}$

$1.600 \times 10^{-3}$

$A6 -2.345 \times 10^{-4}$

$-5.400 \times 10^{-4}$

$A8 3.550 \times 10^{-4}$

$2.200 \times 10^{-4}$

$A10 -3.310 \times 10^{-5}$

$-2.390 \times 10^{-5}$

20

$A12 8.300 \times 10^{-7}$

$1.520 \times 10^{-6}$

## 対物レンズ第2面(面番号4)

$\kappa 0.000$

$A4 1.760 \times 10^{-2}$

$A6 -1.900 \times 10^{-5}$

$A8 -1.940 \times 10^{-3}$

$A10 6.780 \times 10^{-4}$

30

$A12 -7.970 \times 10^{-5}$

【0055】

回折レンズ構造は、中心部が波長710nmに対してブレイズ化され、周辺部が波長650nmに対してブレイズ化されている。それぞれの領域における回折レンズ構造を表す光路差関数(h)の係数 $P_0 \sim P_8$ の値は表8に示される。また、実施例2では、回折レンズ構造が光軸を含む円形の領域を輪帯番号「0」として、全部で15の輪帯により構成されている。輪帯番号0~7が中心部、8~14が周辺部に相当する。各輪帯の領域は、表9に示す通りである。

【0056】

40

[表 8]

| 中心部( $0 \leq h < 1.67$ ) | 周辺部( $1.67 \leq h$ ) |
|--------------------------|----------------------|
| $P_0$ 0.0                | 0.0                  |
| $P_2$ -4.66295           | -3.94187             |
| $P_4$ 0.90257            | 0.45269              |
| $P_6$ -0.20873           | -0.50432             |
| $P_8$ 0.12198            | 0.08305              |

10

【 0 0 5 7 】

[表 9]

| 輪帯番号 | $h_L$ | $h_H$ | 輪帯番号 | $h_L$ | $h_H$ |
|------|-------|-------|------|-------|-------|
| 0    | 0.000 | 0.473 | 8    | 1.670 | 1.700 |
| 1    | 0.473 | 0.684 | 9    | 1.700 | 1.750 |
| 2    | 0.684 | 0.860 | 10   | 1.750 | 1.799 |
| 3    | 0.860 | 1.026 | 11   | 1.799 | 1.849 |
| 4    | 1.026 | 1.213 | 12   | 1.850 | 1.903 |
| 5    | 1.213 | 1.528 | 13   | 1.903 | 1.962 |
| 6    | 1.528 | 1.621 | 14   | 1.962 | 2.000 |
| 7    | 1.621 | 1.670 |      |       |       |

20

【 0 0 5 8 】

中心部と周辺部との境となる輪帯番号 7、8 の境界部分では、外側の輪帯が光軸方向で約 1.5 ミクロン厚くなる方向にシフトした段差が形成される。なお、表 8 に示される値から、条件 (1) に含まれる各項の値は以下の通りとなる。

$$(h_{45}) / \quad = -3.1365$$

$$P_2(h_{45})^2 = -13.0045$$

【 0 0 5 9 】

図 8 (A) は高記録密度ディスク D1 使用時の波長 650nm における球面収差 SA および正弦条件 SC、(B) はその際の非点収差を示している。図 9 (A) は低記録密度ディスク D2 使用時の波長 780nm における球面収差 SA および正弦条件 SC、(B) はその際の非点収差をそれぞれ示す。

30

【 0 0 6 0 】

【実施例 3】

図 10 は、実施例 3 にかかる光ディスク装置の光学系を高記録密度ディスク D1 の記録・再生に用いる様子を示し、ここでは対物レンズ 30、高記録密度ディスク D1 のみを示す。実施例 3 の光学系の具体的な数値構成は表 10、各非球面の非球面係数は表 11 に示される。面番号 1、2 が対物レンズ 30、面番号 5、6 が媒体である高記録密度ディスク D1 または低記録密度ディスク D2 の保護層を示している。また、この例では、符号  $d_{01}$ 、 $d_{02}$  はそれぞれ波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  における対物レンズの物体距離を示す。回折レンズ構造は、対物レンズの第 1 面 30 a に形成されている。

40

【 0 0 6 1 】

## [表10]

$$\lambda_1=650\text{nm} \quad f_{o1}=3.201 \quad M_1=-0.000 \quad d_{o1}=\infty \quad NA_1=0.60$$

$$\lambda_2=780\text{nm} \quad f_{o2}=3.223 \quad M_2=-0.1117 \quad d_{o2}=31.385 \quad NA_2=0.45$$

$$ht = 1.92\text{mm} \quad h_{45} = 1.63\text{mm}$$

| 面番号 | r        | d           | n650    | n780    |
|-----|----------|-------------|---------|---------|
| 1   | 2.111    | 2.400       | 1.54082 | 1.53677 |
| 2   | -6.170   | 1.544       |         |         |
| 3   | $\infty$ | 0.600/1.200 | 1.58030 | 1.57346 |
| 4   | $\infty$ |             |         |         |

10

## 【0062】

## [表11]

## 対物レンズ第1面(面番号1)

中心部( $0 \leq h < 1.63$ )      周辺部( $1.63 \leq h$ )

|          |                          |                         |
|----------|--------------------------|-------------------------|
| $\kappa$ | -0.560                   | -0.560                  |
| A4       | $2.5600 \times 10^{-3}$  | $-1.025 \times 10^{-3}$ |
| A6       | $-2.5070 \times 10^{-3}$ | $4.166 \times 10^{-4}$  |
| A8       | $1.1363 \times 10^{-3}$  | $8.809 \times 10^{-5}$  |
| A10      | $-1.0568 \times 10^{-4}$ | $-3.198 \times 10^{-5}$ |
| A12      | $-6.2000 \times 10^{-6}$ | $-5.100 \times 10^{-6}$ |

20

## 対物レンズ第2面(面番号2)

|          |                         |
|----------|-------------------------|
| $\kappa$ | 0.000                   |
| A4       | $1.198 \times 10^{-2}$  |
| A6       | $1.174 \times 10^{-2}$  |
| A8       | $-1.088 \times 10^{-2}$ |
| A10      | $3.381 \times 10^{-3}$  |
| A12      | $-3.943 \times 10^{-4}$ |

30

## 【0063】

回折レンズ構造は、中心部が波長710nmに対してブレイズ化され、周辺部が波長650nmに対してブレイズ化されている。それぞれの領域における回折レンズ構造を表す光路差関数(h)の係数 $P_0 \sim P_8$ の値は表12に示される。また、実施例3では、回折レンズ構造が光軸を含む円形の領域を輪帯番号「0」として、全部で21の輪帯により構成されている。輪帯番号0~19が中心部、20が周辺部に相当する。各輪帯の領域は、表13に示す通りである。

40

## 【0064】

[表 1 2]

| 中心部( $0 \leq h < 1.63$ ) | 周辺部( $1.63 \leq h$ ) |
|--------------------------|----------------------|
| $P_0$ 0.0                | -20.000              |
| $P_2$ 0.0                | 0.0                  |
| $P_4$ 2.95580            | 0.0                  |
| $P_6$ -2.49050           | 0.0                  |
| $P_8$ 0.92108            | 0.0                  |
| $P_{10}$ -0.08143        | 0.0                  |

10

【 0 0 6 5 】

[表 1 3]

| 輪帯番号 | $h_L$ | $h_H$ | 輪帯番号 | $h_L$ | $h_H$ |
|------|-------|-------|------|-------|-------|
| 0    | 0.000 | 0.905 | 5    | 1.474 | 1.522 |
| 1    | 0.905 | 1.171 | 6    | 1.522 | 1.516 |
| 2    | 1.171 | 1.322 | 7    | 1.516 | 1.594 |
| 3    | 1.322 | 1.412 | 8    | 1.594 | 1.623 |
| 4    | 1.412 | 1.474 |      |       |       |

20

【 0 0 6 6 】

なお、表 1 2 に示される値から、条件(1)に含まれる各項の値は以下の通りとなる。

$$(h_{45}) / \quad = 9.301$$

$$P_2(h_{45})^2 = 0.000$$

【 0 0 6 7 】

図 1 1 (A) は高記録密度ディスク D1 使用時の波長 650nm における球面収差 S A および正弦条件 S C、(B) はその際の非点収差を示している。図 1 2 (A) は低記録密度ディスク D2 使用時の波長 780nm における球面収差 S A および正弦条件 S C、(B) はその際の非点収差をそれぞれ示す。

30

【 0 0 6 8 】

実施例 3 の対物レンズを利用するためには、高記録密度ディスク D1 の使用時には対物レンズに対して無収差の平行光束を入射させ、低記録密度ディスク D2 の使用時には対物レンズに対して無収差の発散光束を入射させる必要がある。このため、共通のコリメートレンズを設ける代わりに、2 つの半導体レーザーそれぞれに専用のコリメートレンズを設けるのが望ましい。なお、半導体レーザーに保護ガラスがある場合や、ビームの分岐合成のためにプリズムブロックが入る場合等には、これらの平行平板による影響も考慮して適宜コリメートレンズの非球面形状を変更して対応することが望ましい。

40

【 0 0 6 9 】

また、各実施例では、対物レンズを完全に同一位置に保ちつつ 2 種類の光ディスクに対応するように説明しているが、実際にはディスク厚さのばらつきや反り等により、数十ミクロン程度の差が生じるのが一般的である。ただし、この程度の差は、ストロークの短い単一ディスク用に設計されたフォーカス機構によっても容易に対応することができる。

【 0 0 7 0 】

前述した条件式と各実施例との関係は以下の表 1 4 に示すとおりである。いずれの実施例も、全ての条件を満たす。

【 0 0 7 1 】

50



[表14]

|  | 実施例1  | 実施例2  | 実施例3  |
|--|-------|-------|-------|
| (1) $\phi(h_{45})/\lambda - P_2(h_{45})^2$ | 9.077 | 9.868 | 9.301 |
| (2) $\lambda_1/\lambda_2$                  | 0.828 | 0.833 | 0.833 |
| (3) $\phi_B/\lambda_2$                     | 0.904 | 0.910 | 0.910 |
| (4) $\phi_B/\lambda_1$                     | 1.092 | 1.092 | 1.092 |

【0072】

10

## 【発明の効果】

以上説明したように、この発明によれば、光ディスクの保護層の厚さに応じて対物レンズに対する入射光の発散度合いを変化させて物体距離を変化させ、対物レンズを移動させることなく近軸的な集光点を各光ディスクの記録面に一致させることができ、かつ、回折レンズに球面収差の波長依存性を持たせ、保護層の厚さに応じて波長を切り替えることにより、発散度合いの変化による球面収差の変化を補正し、光ディスクの記録面上に良好なスポットを形成することができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施形態に係る光ディスク装置の光学系を高記録密度ディスクD1の記録・再生に利用した様子を示す説明図。

20

【図2】 図1の光学系を低記録密度ディスクD2の再生に利用した様子を示す説明図。

【図3】 図1の光学系に利用される対物レンズの形状を示す正面図(A)、側面図(B)、一部拡大図(C)。

【図4】 実施例1の光学系の一部を示すレンズ図。

【図5】 実施例1の光学系を高記録密度ディスクD1の記録・再生に利用する際の収差図。

【図6】 実施例1の光学系を低記録密度ディスクD2の再生に利用する際の収差図。

【図7】 実施例2の光学系の一部を示すレンズ図。

【図8】 実施例2の光学系を高記録密度ディスクD1の記録・再生に利用する際の収差図。

30

【図9】 実施例2の光学系を低記録密度ディスクD2の再生に利用する際の収差図。

【図10】 実施例3の光学系の一部を示すレンズ図。

【図11】 実施例3の光学系を高記録密度ディスクD1の記録・再生に利用する際の収差図。

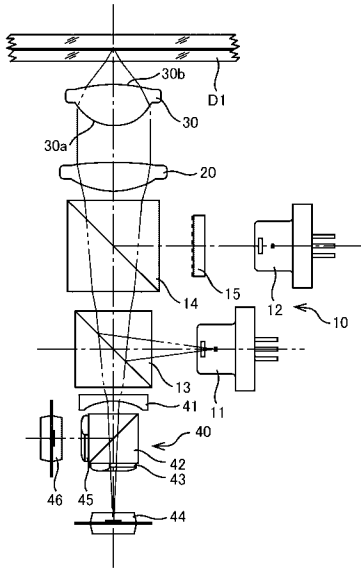
【図12】 実施例3の光学系を低記録密度ディスクD2の再生に利用する際の収差図。

## 【符号の説明】

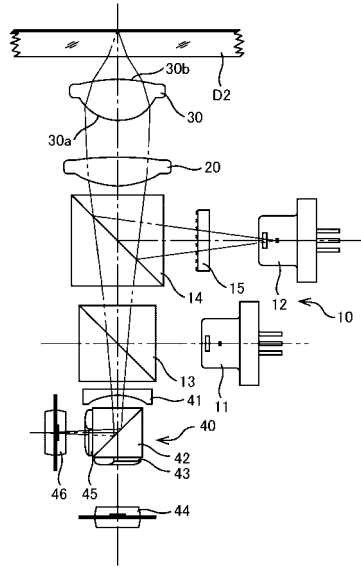
- 10 光源部
- 11 第1の半導体レーザー
- 12 第2の半導体レーザー
- 20 コリメートレンズ
- 30 対物レンズ
- 40 信号検出系
- D1 高記録密度ディスク
- D2 低記録密度ディスク

40

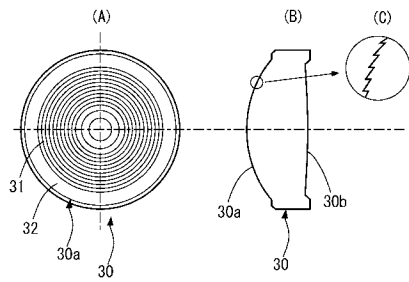
【 図 1 】



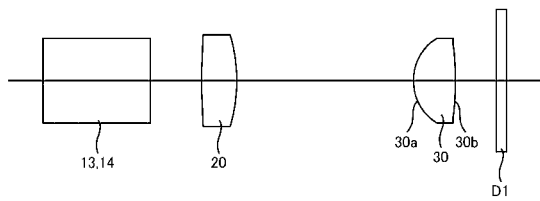
【 図 2 】



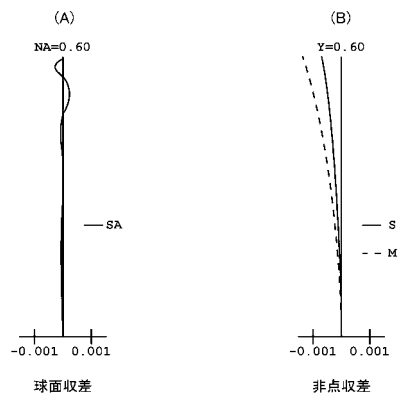
【 図 3 】



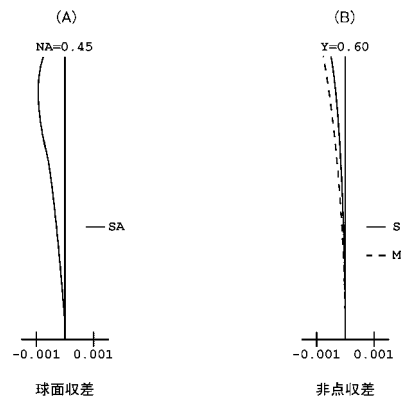
【 図 4 】



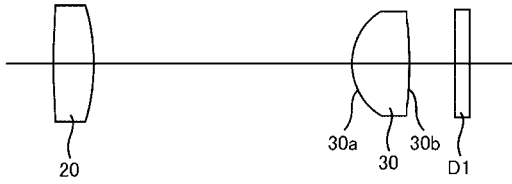
【 図 5 】



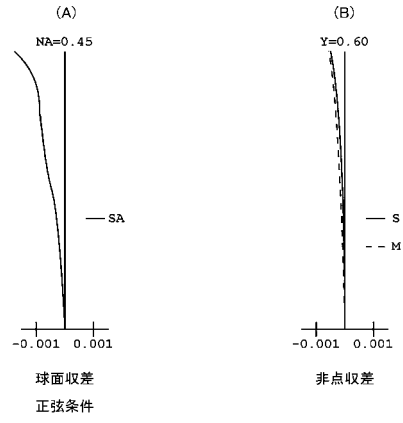
【 図 6 】



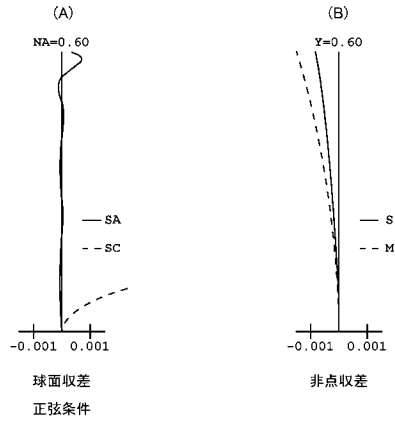
【 7 】



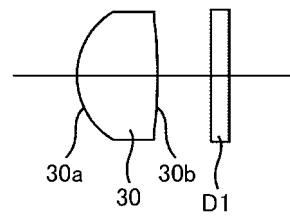
【 9 】



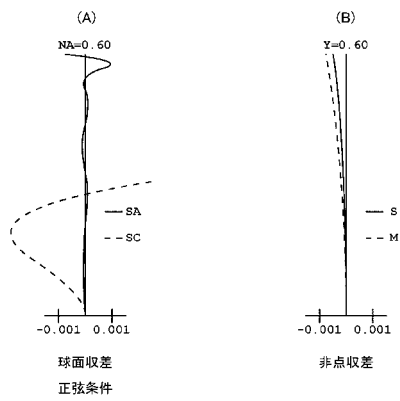
【 8 】



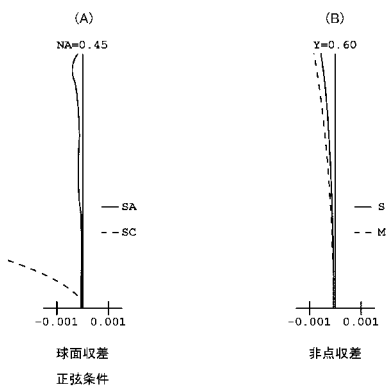
【 10 】



【 11 】



【 12 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平 1 1 - 0 9 6 5 8 5 ( J P , A )  
特開平 1 0 - 2 8 3 6 6 8 ( J P , A )  
特開平 0 7 - 3 1 1 3 3 7 ( J P , A )  
特開平 0 6 - 2 5 9 8 0 4 ( J P , A )  
特開平 0 6 - 2 4 2 3 7 3 ( J P , A )  
特開平 0 9 - 1 7 9 0 2 0 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G11B 7/12-7/22

G02B 13/00