

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2006年8月17日 (17.08.2006)

PCT

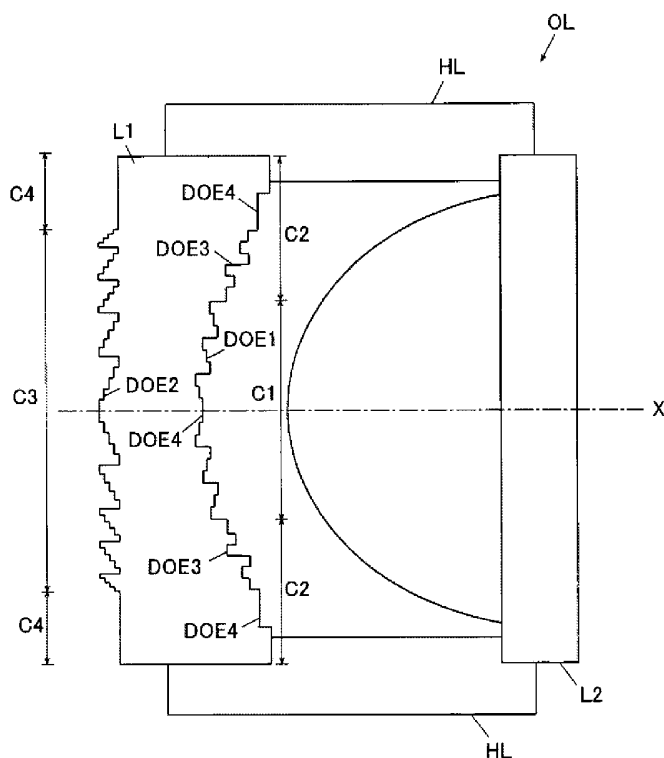
(10) 国際公開番号
WO 2006/085444 A1

- (51) 国際特許分類:
G11B 7/135 (2006.01) G02B 13/00 (2006.01)
G02B 5/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2006/301328
- (22) 国際出願日: 2006年1月27日 (27.01.2006)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2005-034652 2005年2月10日 (10.02.2005) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): コニカミノルタオプト株式会社 (KONICA MINOLTA OPTO, INC.) [JP/JP]; 〒1928505 東京都八王子市石川町2970番地 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 木村 徹 (KIMURA, Tohru) [JP/JP]; 〒1928505 東京都八王子市石川町2970番地 コニカミノルタオプト株式会社 社内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,

[続葉有]

(54) Title: OBJECTIVE OPTICAL SYSTEM, OPTICAL PICKUP DEVICE AND OPTICAL INFORMATION RECORDING/REPRODUCING DEVICE

(54) 発明の名称: 対物光学系、光ピックアップ装置及び光情報記録再生装置



(57) Abstract: An objective optical system by which spherical aberration correction necessary for achieving compatibility among a high density optical disc, DVD and CD can be well performed without sacrificing characteristics, such as wavelength dependency of spherical aberration and tracking characteristic, and an optical pickup device and optical information recording/reproducing device using such objective optical system are provided. The objective optical system (OL) is provided for the optical pickup device (PU), which reproduces and/or records information from/in first to third optical information recording medium having a protection layer with a thickness of t_1 - t_3 by using first to third luminous fluxes of a first wavelength (λ_1) to a third wavelength (λ_3) emitted from a first light source (LD1) to a third light source (LD3). The objective optical system (OL) is provided with a first diffraction structure (DOE1) whose diffraction order where the diffraction efficiency is maximum is the same for any of the first to the third luminous fluxes; and a second diffraction structure (DOE2) which diffracts the second luminous flux but not the first luminous flux nor the third luminous flux.

[続葉有]



CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(57) 要約: 球面収差の波長依存性やトラッキング特性などの諸特性を犠牲にすることなく、高密度光ディスク、DVD及びCD間の互換達成するために必要な球面収差補正を良好に行える対物光学系、この対物光学系を使用した光ピックアップ装置及び光情報記録再生装置を得ることを目的とし、厚さ $t_1 \sim t_3$ の保護層を有する第1～第3光情報記録媒体に対して、第1光源LD1～第3光源LD3から出射される第1波長 $\lambda_1 \sim$ 第3波長 λ_3 の第1～第3光束を用いて情報の再生及び／又は記録を行う光ピックアップ装置PUに用いられる対物光学系OLにおいて、回折効率が最大となる回折次数が、第1～第3光束の何れに対しても同一次数である第1回折構造DOE1と、第1光束及び第3光束は回折せず、第2光束を回折させる第2回折構造DOE2とを有する。

明 細 書

対物光学系、光ピックアップ装置及び光情報記録再生装置

技術分野

[0001] 本発明は、対物光学系、光ピックアップ装置及び光情報記録再生装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、青紫色レーザ光源を使用することで記録密度を向上させた高密度の光情報記録媒体(光ディスクともいう)が実用化されつつあるが、光ピックアップ装置の構成の簡略化、低コスト化及びコンパクト化を実現する為には、高密度光ディスク、DVD及びCDに対して互換性を有する対物光学系が必要である。

[0003] 特許文献1には、これら3種類の光情報記録媒体に対して互換性を有する光ピックアップ装置に用いられる対物光学系が開示されている。

特許文献1:特開2004-265573号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0004] 前記した特許文献1の数値実施例2に開示された対物光学系は、青紫色レーザ光束に対して2次回折光を発生させ、DVD用の赤色レーザ光束とCD用の赤外レーザ光束に対して1次回折光を発生させるような回折構造を有し、かかる回折構造の回折作用により高密度光情報記録媒体とDVDの保護層厚さの違いによる球面収差を補正し、更に、CDに対する情報の記録／再生時には発散光束を対物光学系に入射させることで、高密度光情報記録媒体とCDの保護層厚さの違いによる球面収差を補正するものである。

[0005] しかし、この対物光学系は以下に述べるような2つの課題を有している。1つは、回折構造により発生する球面収差の波長依存性が大きいことである。このような場合、発振波長が設計波長からずれたレーザ光源が使用できず、レーザ光源の選別が必要となるため光ピックアップ装置の製造コストが増大する。球面収差は開口数の4乗に比例して大きくなるので、開口数0.85の対物光学系を使用するブルーレイディスク(BD)では回折構造の球面収差の波長依存性の影響は甚大となる。もう1つの課

題は、CDに対する情報の記録／再生時において、赤外レーザ光束の発散度合いが強くなりすぎて、対物光学系がトラッキングした際のコマ収差発生が大きくなりすぎるため、CDに対して良好な記録／再生特性が得られないことである。

[0006] 回折光の回折角は、「回折次数×波長／回折ピッチ」で表される。回折作用を利用して使用波長が互いに異なる光情報記録媒体間の互換を実現するためには、使用波長間の回折角に所定の差を持たせる必要がある。上述した2つの課題は何れも、それぞれの光情報記録媒体の使用波長間で「回折次数×波長」の値が殆ど同じ回折構造を利用していることに起因している。

[0007] 上記特許文献1の数値実施例2において、青紫色レーザ光束と赤色レーザ光束との「回折次数×波長」の比は $810/650=1.25$ と1に近い（但し、波長の単位をnmとした）、高密度光情報記録媒体とDVDの保護層厚さの違いによる球面収差を補正するために必要な回折角の差を得るためには、回折ピッチを小さくしなければならない。そのため、回折構造の球面収差の波長依存性が大きくなり、上述したような、「レーザ光源の選別問題」が顕在化する。また、回折構造の金型加工の難易度も上がるため、精度の良い回折構造を形成することが困難となる。

[0008] 一方、青紫色レーザ光束と赤外レーザ光束との「回折次数×波長」の比は $810/780=1.03$ であり、青紫色レーザ光束と赤外レーザ光束の回折角は殆ど同じとなるので、回折作用を利用して密度光ディスクとCDの保護層厚さの違いによる球面収差を補正することができない。そのため、高密度光情報記録媒体とCDの保護層厚さの違いによる球面収差を補正するために、高密度光情報記録媒体使用時と、CD使用時の倍率を変える必要がある。その結果、上述したような、「トラッキング特性問題」が顕在化する。

[0009] 本発明は、上記の課題を鑑みてなされたものであり、球面収差の波長依存性やトラッキング特性などの諸特性を犠牲にすることなく、高密度光ディスク、DVD及びCD間の互換達成するために必要な球面収差補正を良好に行える対物光学系、この対物光学系を使用した光ピックアップ装置及びこの光ピックアップ装置を搭載した光情報記録再生装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 上記課題を解決するために、好ましい第1の態様は、厚さ t_1 の保護層を有する第1光情報記録媒体に対して、第1光源から出射される第1波長 λ_1 の第1光束を用いて情報の再生及び／又は記録を行い、厚さ t_2 ($t_1 \leq t_2$) の保護層を有する第2光情報記録媒体に対して、第2光源から出射される第2波長 λ_2 ($1.5 \times \lambda_1 < \lambda_2 < 1.7 \times \lambda_1$) の第2光束を用いて情報の再生及び／又は記録を行い、厚さ t_3 ($t_2 < t_3$) の保護層を有する第3光情報記録媒体に対して、第3光源から出射される第3波長 λ_3 ($1.9 \times \lambda_1 < \lambda_3 < 2.1 \times \lambda_1$) の第3光束を用いて情報の再生及び／又は記録を行う光ピックアップ装置に用いられる対物光学系において、回折効率が最大となる回折次数が、前記第1光束乃至前記第3光束の何れに対しても同一次数である第一回折構造と、前記第1光束及び前記第3光束は回折せず、前記第2光束を回折させる第二回折構造とを有することを特徴とする。

[0011] 第一回折構造は、異なる光情報記録媒体の保護層厚さの違いに起因する球面収差を補正することができる。例えば、使用波長の比がほぼ1:2である、第1光情報記録媒体(例えば、高密度光情報記録媒体)と第3光情報記録媒体(例えば、CD)の保護層厚さの違いによる球面収差を補正するための第一回折構造として、回折効率が最大となる回折次数が、第1光束乃至第3光束の何れに対しても同一次数である回折構造を利用すると、第1光束(例えば、青紫色レーザ光束)と第3光束(例えば、赤外レーザ光束)との「回折次数×波長」の比が最も1から離れた値となり、第1光束と第3光束との回折角に十分大きな差を持たせることができる。この結果、第1光情報記録媒体と第3光情報記録媒体の保護層厚さの違いによる球面収差を第1回折構造の回折作用により補正することが可能になり、第3光情報記録媒体使用時の対物光学系の倍率を小さくなるので、トラッキング特性を改善することができる。また、比較的大きな輪帯ピッチでの球面収差補正ができるので、精度良く回折構造を形成することが可能となる。

[0012] 更に、第二回折構造は、異なる光情報記録媒体の保護層厚さの違いに起因する球面収差及び／又は使用波長の違いによる球面収差を補正することができる。例えば、第1光情報記録媒体と第2光情報記録媒体(例えば、DVD)の保護層厚さの違いによる球面収差或いは第1光情報記録媒体と第2光情報記録媒体の使用波長の違

いによる球面収差を補正するための第二回折構造として、第1光束及び第3光束は回折せず、第2光束を(例えば、赤色レーザ光束)回折させる回折構造を利用すると、第1光束の回折次数はゼロとなるため、第1光束及び第2光束間での「回折次数×波長」の値の差を最大にすることができる。その結果、第二回折構造の回折ピッチを十分大きくすることができ、球面収差の波長依存性を改善することが可能となる。なお、ここで言う「回折せず」とは、回折構造を通過した光束において、0次光の光量がいかなる他の次数の回折光の光量に比べて最も大きいことを言う。

[0013] なお、本明細書における高密度光情報記録媒体(高密度光ディスク)としては、ブルーレイディスク(BD)やHD DVD(HD)は勿論のこと、光磁気ディスクや、情報記録面上に数～数十nm程度の厚さの保護膜を有する光ディスクや、保護層或いは保護膜の厚さがゼロの光ディスクも高密度光ディスクに含むものとする。また、本明細書においては、DVDとは、DVD-ROM、DVD-Video、DVD-Audio、DVD-RAM、DVD-R、DVD-RW、DVD+R、DVD+RW等のDVD系列の光ディスクの総称であり、CDとは、CD-ROM、CD-Audio、CD-Video、CD-R、CD-RW等のCD系列の光ディスクの総称である。

[0014] また、本明細書において、「対物光学系」とは、光ピックアップ装置において光情報記録媒体に対向する位置に配置され、光源から射出された光束を光情報記録媒体の情報記録面上に集光する機能を有する光学系であって、アクチュエータにより少なくとも光軸方向に変移可能とされた光学系を指す。本明細書における、「対物光学系」とは、単レンズであっても良いし、1つのレンズ群から構成されていても良いし、2つ以上の複数のレンズ群から構成されていても良い。

[0015] 好ましい第2の態様は、第1の態様の対物光学系において、前記同一次数は1であって、前記第一回折構造のブレイズ化波長 λ_B が以下の(1)式を満たすことを特徴とする。

$$\lambda_1 < \lambda_B < \lambda_3 \quad (1)$$

回折効率の観点から鑑みて、第一回折構造により発生する回折光の回折次数は、何れの光束に対しても1とし、第1波長 λ_1 と第3波長 λ_3 の間の波長で最適化(ブレイズ化する、ともいう)しておくのが好ましい。本発明による対物光学系が搭載される

光ピックアップ装置の仕様に応じて、第一回折構造のブレード化波長 λB を(1)式を満たす範囲内で変更することで、それぞれの波長の回折効率のバランスを適宜変更することができる。例えば、第3光束よりも第1光束に対する回折効率が重視される仕様の場合には、ブレード化波長 λB を第1波長 $\lambda 1$ 寄りに設定するのが好ましい。一方で、第1光束よりも第2光束や第3光束に対する回折効率が重視される仕様の場合には、ブレード化波長 λB を第3波長 $\lambda 3$ 寄りに設定するのが好ましい。本明細書において、「ブレード化波長 λB 」とは、回折効率の理論値が100%になる波長を指す。

[0016] 好ましい第3の態様は、第2の態様の対物光学系において、前記第1光情報記録媒体に対して情報の再生及び／又は記録を行う際の、前記対物光学系の開口数をNA1とし、前記第3光情報記録媒体に対して情報の再生及び／又は記録を行う際の、前記対物光学系の開口数をNA3 ($NA1 > NA3$) としたとき、前記第一回折構造は、前記開口数NA3内に相当する領域に形成されているとともに、前記第一回折構造のブレード化波長 λB 、前記開口数NA1及び前記開口数NA3が以下の(2)式及び(3)式を満たすことを特徴とする。

$$1.25 \times \lambda 1 < \lambda B < 0.95 \times \lambda 2 \quad (2)$$

$$NA3/NA1 < 0.7 \quad (3)$$

対物光学系の開口数NA3が、開口数NA1に対して十分小さい場合(すなわち、開口数NA1と開口数NA3が(3)式を満たす場合)には、開口数NA3内に相当する領域に第1回折構造を形成するのが好ましい。これにより、第1波長 $\lambda 1$ の有効径に占める、第1回折構造が形成された領域(開口数NA3内に相当する領域)の面積割合が小さくなるため、第3波長 $\lambda 3$ の回折効率を高くした場合(すなわち、ブレード化波長 λB が(2)式を満たす場合)でも、第1波長 $\lambda 1$ の回折効率の有効径内面積加重平均値を十分高く確保することが可能となる。ブレード化波長 λB が(2)式の下限より大きいと、第2波長 $\lambda 2$ 及び第3波長 $\lambda 3$ の回折効率を十分に高く確保できるので、第2光情報記録媒体や第3光情報記録媒体への記録・再生特性をさらに良好なものにすることが可能となる。一方、ブレード化波長 λB が(2)式の上限より小さいと、第1波長 $\lambda 1$ の回折効率の有効径内面積加重平均を十分に高い値とすることができ

るため、第1光情報記録媒体への記録・再生特性をさらに良好なものにすることが可能となる。

[0017] 好ましい第4の態様は、第1の態様乃至第3の態様の何れかの対物光学系において、前記第一回折構造の回折パワーは負であることを特徴とする。

[0018] 第一回折構造の回折パワーを負とすることで、保護層が厚い第3光情報記録媒体使用時の対物光学系と保護層との間隔(作動距離)を十分に確保することができる。また、回折パワーを負とすると光路差関数(回折構造による光路差付加量を、光軸からの高さの関数として表した量)に変曲点を持たせることができる。光路差関数に変曲点を持つと、光路差関数の傾きが小さくなるので、輪帯ピッチを広げることが可能となり、第1回折構造の形状精度を向上できる。なお、回折パワーが負又は正であるとは、その回折構造を平板光学素子上に設けた場合に回折構造を設けた平板光学素子のパワーが負又は正であることを言う。

[0019] 好ましい第5の態様は、第1の態様乃至第4の態様の何れかの対物光学系において、前記第一回折構造は、光軸を含む断面形状が階段状であることを特徴とする。

[0020] 第一回折構造を、光軸を含む断面形状が階段状である構造とすると、金型加工が容易になり第一回折構造の形状精度を向上できる。

[0021] 好ましい第6の態様は、第1の態様乃至第5の態様の何れかの対物光学系において、前記第二回折構造は、光軸を含む断面形状が階段状とされたパターンを同心円状に配列し、所定のレベル面数毎に、そのレベル面数に対応した段数分の高さだけ段をシフトさせた構造であって、前記パターン内の1つの段差により前記第1光束に対して付加される光路差は前記第1波長 λ 1の偶数倍であることを特徴とする。なお、本明細書においてレベル面とは、階段状の形状を形成する面のうち光軸と直行方向の面をいい、レベル面数を数えるときは最上段の面も最下段の面も含むものとする。例えば、図13に示すような態様の場合、レベル面数は3である。また、パターン内の一つの段差とは、例えば、図13におけるdpをいう。

[0022] 第2光束のみを回折させる波長選択型の回折構造を得るための一つの構成として、第二回折構造を、光軸を含む断面形状が階段状とされたパターンを同心円状に配列し、所定のレベル面の個数毎に、そのレベル面数に対応した段数分の高さだけ段

をシフトさせた構造とし、かつ、パターン内の1つの段差を光路差換算で第1波長 λ_1 の偶数倍とするようにしてもよい。

- [0023] 好ましい第7の態様は、第6の態様の対物光学系において、前記パターン内の1つの段差(隣り合うレベル面とレベル面の間の段差)により前記第1光束に対して付加される光路差は前記第1波長 λ_1 の1.9~2.1倍、好ましくは2倍、であって、前記所定のレベル面数は、4、5、6の何れかであることを特徴とする。
- [0024] 第二回折構造において、パターン内の1つの段差を光路差換算で第1波長 λ_1 の2倍又は約2倍とし、1つのパターン内に形成される所定のレベル面数を、4、5、6の何れとすると第2光束の回折効率をより高く確保できる。第2光束の回折効率を最大とするためには、レベル面数を5にするのが最も好ましい。
- [0025] 好ましい第8の態様は、第4の態様の対物光学系において、前記第1光情報記録媒体に対して情報の再生及び／又は記録を行う際の、前記対物光学系の開口数をNA1とし、前記第3光情報記録媒体に対して情報の再生及び／又は記録を行う際の、前記対物光学系の開口数をNA3($NA1 > NA3$)としたとき、前記第一回折構造は、前記開口数NA3内に相当する領域に形成されているとともに、前記対物光学系は更に、前記開口数NA3の外側に相当する領域に、前記第1光束及び前記第2光束は回折せず、前記第3光束を回折させる第三回折構造を有することを特徴とする。
- [0026] 第8の態様は、第3光束に対する開口制限に関する。第3光情報記録媒体使用時の作動距離を確保するために、第一回折構造の回折パワーを負とし、その絶対値を大きくしていくと、開口数NA3の内側に相当する領域による第3光束の集光位置L1は、図1の縦球面収差図に示すように、開口数NA3の外側に相当する領域の最内周E1を通過した第3光束の集光位置L2と、開口数NA3の外側に相当する領域の最外周E2を通過した第3光束の集光位置L3との間に位置するようになる。この状態では、図2に概略的に示すように、第3光情報記録媒体の情報記録面上で、開口数NA3の内側に相当する領域による第3光束の集光スポットに、開口数NA3の外側に相当する領域を通過したフレア成分が被ることになり、記録・再生特性に影響を及ぼす可能性がある。開口数NA3の外側に相当する領域に第3光束のみを回折させる波長選択型の第三回折構造を形成することで、第1光束及び第2光束の集光特性に

影響を与えることなく、第3光束の集光スポットとフレア成分とを分離することができる。この結果、第3光束に対する開口制限機能を対物光学系に持たせることが可能になり、記録・再生特性をより一層向上できる。

[0027] 第9の態様は、第8の態様の対物光学系において、前記第三回折構造は2値のバイナリ構造であって、該バイナリ構造の段差により前記第1光束に対して付加される光路差は前記第1波長 λ_1 の4.8～5.2倍、好ましくは5倍であることを特徴とする。

[0028] 第三回折構造を2値のバイナリ構造とし、1つの段差を光路差換算で第1波長 λ_1 の5倍又は約5倍とすると、この段差により第2光束に対して付加される光路差は、第2波長 λ_2 の3倍又は約3倍となるため、第1光束と第3光束は回折作用をほとんど受けずにほぼそのまま透過する。一方、この段差により第3光束に対して付加される光路差は、第3波長 λ_3 の2.5倍又は約2.5倍であるので、入射した第3光束は±1次回折光に殆どの光量が分配されることになり、第3光束のみを回折させる波長選択型の回折特性を第三回折構造に与えることが可能となる。この第三回折構造を利用して、第3光束に対する開口制限機能を対物光学系に持たせた具体例を説明する。この例では、開口数NA3の外側に相当する領域の一部に第三回折構造を形成しており、第三回折構造の輪帯ピッチを最適化することで、図3及び図4に示すように、第3光束の集光スポット上とフレア成分とを分離することができる。

[0029] 好ましい第10の態様は、第1の態様乃至第9の態様の何れかの対物光学系において、前記第2光情報記録媒体に対して情報の再生及び／又は記録を行う際の、前記対物光学系の開口数をNA2とし、前記第3光情報記録媒体に対して情報の再生及び／又は記録を行う際の、前記対物光学系の開口数をNA3 (NA2>NA3)としたとき、前記第一回折構造は、前記開口数NA3内に相当する領域に形成され、前記第二回折構造は、前記開口数NA2内であって且つ前記開口数NA3外に相当する領域に形成されていることを特徴とする。

[0030] 好ましい第11の態様は、第1の態様乃至第9の態様の何れかの対物光学系において、前記第2光情報記録媒体に対して情報の再生及び／又は記録を行う際の、前記対物光学系の開口数をNA2とし、前記第3光情報記録媒体に対して情報の再生及び／又は記録を行う際の、前記対物光学系の開口数をNA3 (NA2>NA3)としたと

き、前記第一回折構造は前記開口数NA3内に相当する領域に形成され、前記第二回折構造は前記開口数NA2内に相当する領域に形成されていることを特徴とする。

[0031] 第二回折構造の形成パターンとして2通りが考えられる。1つは、開口数NA3内に相当する領域には形成せずに、開口数NA3から開口数NA2に相当する領域に形成する場合である。この場合は、開口数NA3内に相当する領域での球面収差が、第1光束、第2光束及び第3光束の何れの光束に対しても補正されている必要があるが、第一回折構造で、波長が異なる3つの光束の球面収差を同時に補正するのは困難であるため、3つの光束のうち、1つの光束に対する倍率を他の2つの光束に対する倍率と異ならしめることで球面収差を補正するのが好ましい。具体的な倍率の好ましい範囲は、以下の(4)式乃至(6)式である。但し、第1光情報記録媒体使用時の対物光学系の倍率をM1、焦点距離f1、第2光情報記録媒体使用時の対物光学系の倍率をM2、焦点距離f2、第3光情報記録媒体使用時の対物光学系の倍率をM3、焦点距離f3とした。

$$-0.02 < M1 \times f1 < 0.02 \quad (4)$$

$$-0.02 < M2 \times f2 < 0.02 \quad (5)$$

$$-0.05 < M3 \times f3 < -0.01 \quad (6)$$

また、第一回折構造と第二回折構造とを同一の光学面上に形成することが可能となるので、第一回折構造と第二回折構造を別の光学面上に形成する場合に比して、輪帯ピッチの形状誤差による回折効率低下を低減できる。

[0032] 第二回折構造の形成パターンの2つめは、開口数NA2内に相当する領域の全面に形成する場合である。第二回折構造は、第2光束のみを回折させる波長選択性を有するので、第1光束や第3光束の集光特性に影響を与えることなく、第2光束の集光特性のみを制御することが可能である。従って、第一回折構造を設計する際には、第1光束と第3光束の収差のみに着目すれば良く、第1光束と第3光束に対する諸特性が最良となるように、第一回折構造の輪帯ピッチを決定することができる。その後、第2光束の諸特性が最良となるように、第二回折構造の輪帯ピッチを決定することで、何れも光束に対しても良好な特性を有する対物光学系を提供することが可能となる。

- [0033] 好ましい第12の態様は、第4の態様の対物光学系であって、前記第2光情報記録媒体に対して情報の再生及び／又は記録を行う際の、前記対物光学系の開口数をNA2としたとき、前記第二回折構造は前記開口数NA2内に相当する領域の全面に形成されているとともに、前記第二回折構造の回折パワーは正であることを特徴とする。
- [0034] 第12の態様は、第2光束に対する開口制限に関する。第8の態様の作用効果で、第3光束の場合について説明したのと同様に、第一回折構造の回折パワーを負とし、その絶対値を大きくしていくと、開口数NA2の内側に相当する領域による第2光束の集光位置L4は、図5の縦球面収差図に示すように、開口数NA2の外側に相当する領域の最内周E4を通過した第2光束の集光位置L5と、開口数NA2の外側に相当する領域の最外周E5を通過した第2光束の集光位置L6との間に位置するようになる。この状態では、第2光情報記録媒体の情報記録面上で、開口数NA2の内側に相当する領域による第2光束の集光スポット上に、開口数NA2の外側に相当する領域を通過したフレア成分が被ることになり、記録・再生特性に影響を及ぼす可能性がある。
- [0035] ここで、第2光束に対する開口制限機能を対物光学系に持たせるために、第9の態様と同様に、開口数NA2の外側に相当する領域に、第2光束のみを回折させる波長選択型の回折構造を形成することで、開口数NA2の内側に相当する領域による第2光束の集光スポットとフレア成分とを分離する設計が考えられる。しかし、第2光束のみを回折させる波長選択型の回折構造は、パターン内に形成される所定のレベル面数が多いため、回折構造の形状誤差による回折効率低下、或いは透過率低下の影響を受けやすく、かかる回折構造が形成される領域を減らすことが好ましい。従って、図6の縦球面収差図に示すように、第2回折構造の回折パワーを正とし、集光位置L4を開口数NA2の外側に相当する領域を通過したフレア成分の集光位置よりも対物光学系に近い位置に移動させることで、第2光束の集光スポットとフレア成分とを分離することが好ましい。
- [0036] 好ましい第13の態様は、第1の態様乃至第12の態様の何れかに記載の対物光学系において、前記対物光学系は更に、前記第1光束、前記第2光束及び前記第3光

束に対して同量の光路差を付加させる位相構造を有することを特徴とする。

[0037] 高密度光情報記録媒体用の対物光学系においては、温度変化や入射波長変化等の摂動による収差発生量が大きくなる。例えば、温度変化に伴う材料の屈折率変化による球面収差、入射波長変化による球面収差、瞬間的な入射波長変化によるデフォーカス等である。従って、対物光学系にかかる収差発生を抑制する機能を有する位相構造を更に設けると、高密度光情報記録媒体使用時の記録・再生特性を向上できる。この場合、第1光束、第2光束及び第3光束の何れの光束に対しても略同量の光路差を付加させる位相構造を使用するのが好ましく、これにより、位相構造を形成した場合でも、基準状態における第一回折構造及び第二回折構造の各光束に対する集光特性が変化しないようにすることができる。尚、ここでいう「基準状態」では、上記の摂動がかからない状態を指し、具体的には、温度が設計温度であり、かつ、対物光学系に対して設計波長の光束が入射する状態を指す。

[0038] 好ましい第14の態様は、第13の態様の対物光学系において、前記同量の光路差は、前記第1光束に対しては前記第1波長 λ_1 の9.5～10.5倍、好ましくは10倍であって、前記第2光束に対しては前記第2波長 λ_2 の5.7倍～6.3倍、好ましくは6倍であって、前記第3光束に対しては前記第3波長 λ_3 の4.8倍～5.2倍、好ましくは5倍であることを特徴とする。

[0039] 位相構造により各波長に対して付加される光路差は、第1光束に対しては第1波長 λ_1 の10倍又は約10倍であり、第2光束に対しては第2波長 λ_2 の6倍又は約6倍であり、第3光束に対しては第3波長 λ_3 の5倍又は約5倍であることが好ましい。例えば、第1波長 λ_1 を405nmとし、第2波長 λ_2 を655nmとし、第3波長 λ_3 を785nmとした場合に、各光束に対して付加される光路差を計算すると、第1光束に対しては $405 \times 10 = 4050\text{nm}$ 、第2光束に対しては $655 \times 6 = 3930\text{nm}$ 、第3光束に対しては $785 \times 5 = 3925\text{nm}$ となり、光路差は各波長間でほぼ一致する。

[0040] 好ましい第15の態様は、第13の態様又は第14の態様の対物光学系において、前記第一回折構造と前記位相構造は同一の光学面上に形成されており、前記位相構造の1つの輪帯内に、前記第一回折構造の所定個数の輪帯が形成されていることを特徴とする。

[0041] 位相構造の1つの輪帯内に、第一回折構造の所定個数の輪帯が形成されるように設計することで、第一回折構造及び位相構造の機能を損なうことなく、両構造を同一の光学面上に形成可能である。これにより、回折構造や位相構造が形成される光学面が少なくなるので、形状誤差による回折効率低下や透過率低下の影響を受けにくくすることができる。

[0042] 好ましい第16の態様は、第15の態様の対物光学系において、 m を整数としたとき、前記第一回折構造により前記第1光束に対して付加される光路差 d_a と、前記第1回折構造において、前記第1光束に対する回折効率が最大となる回折次数 p と、前記位相構造により前記第1光束に対して付加される光路差 d_1 と、前記位相構造において、前記第1光束に対する回折効率が最大となる回折次数 s が以下の(7)式を満たすことを特徴とする。

$$\left| (d_a/p) / (d_1/s) \right| = m \quad (7)$$

(7)式の値が整数となるように第一回折構造と位相構造を設計すると、位相構造の1つの輪帯内に、第一回折構造の所定個数の輪帯を形成することが可能となる。

[0043] 好ましい第17の態様は、第13の態様乃至第16の態様の何れかの対物光学系において、前記位相構造は、光軸を含む断面形状が階段状であることを特徴とする。位相構造を、光軸を含む断面形状が階段状である構造とすると、金型加工が容易になり、位相構造の形状精度を向上できる。

[0044] 好ましい第18の態様は、光ピックアップ装置において、第1の態様乃至第17の態様の何れかの対物光学系を搭載したことを特徴とする。第18の態様によれば、第1の態様乃至第17の態様の何れかと同様の効果を有する光ピックアップ装置を得ることができる。

[0045] 好ましい第19の態様は、光情報記録再生装置において、第1の態様乃至第17の態様の何れかの対物光学系を搭載したことを特徴とする。第19の態様によれば、第1の態様乃至第17の態様の何れかと同様の効果を有する光情報記録再生装置を得ることができる。

[0046] 好ましい第20の態様を以下に記載する。厚さ t_1 の保護層を有する第1光情報記録媒体に対して、第1光源から出射される第1波長 λ_1 の第1光束を用いて情報の再生

及び／又は記録を行い、厚さ t_2 ($t_1 \leq t_2$) の保護層を有する第2光情報記録媒体に対して、第2光源から出射される第2波長 λ_2 ($1.5 \times \lambda_1 < \lambda_2 < 1.7 \times \lambda_1$) の第2光束を用いて情報の再生及び／又は記録を行い、厚さ t_3 ($t_2 < t_3$) の保護層を有する第3光情報記録媒体に対して、第3光源から出射される第3波長 λ_3 ($1.9 \times \lambda_1 < \lambda_3 < 2.1 \times \lambda_1$) の第3光束を用いて情報の再生及び／又は記録を行う光ピックアップ装置に用いられる対物光学系において、前記対物光学系は、第一回折構造と第二回折構造を有し、前記第一回折構造は、第1光束の p 次 (p は0以外の整数) の回折光量を他のいかなる次数の回折光量よりも大きくし、第2光束の p 次の回折光量を他のいかなる次数の回折光量よりも大きくし、第3光束の p 次の回折光量を他のいかなる次数の回折光量よりも大きくし、前記第二回折構造は、第1光束の0次の回折光の光量を他のいかなる次数の回折光の光量よりも大きくし、第2光束の q 次 (q は p と同じ又は異なる0以外の整数) の回折光の光量を他のいかなる次数の回折光の光量よりも大きくし、第3光束の0次の回折光の光量を他のいかなる次数の回折光の光量よりも大きくすることを特徴とする対物光学系。なお、 p が1であることが好ましい。また、 q が1であることが好ましい。

第一回折構造および第二回折構造は、光軸を含む断面形状が階段状であることが好ましいが、ブレード型構造(鋸歯型構造)であってもよい。また、第一回折構造は、光軸を含む断面形状が階段状とされたパターンを同心円状に配列し、所定のレベル面数毎に、そのレベル面数に対応した段数分の高さだけ段をシフトさせた構造としてもよい。

[0047] また、第一回折構造と第二回折構造は、対物光学系の異なる光学面に設けられていてもよいし、同一の光学面に設けられていてもよい。第一回折構造と第二回折構造とは、同一の光学面上で重畳していてもよいし、同一の光学面に設けられているが重畳していなくてもよい。

なお、第一回折構造と第二回折構造が、対物光学系に含まれる同一の光学素子の対向する異なる光学面に設けられていてもよい。さらに、対物光学系を光軸方向に眺めた際に、第一回折構造が設けられている領域と第二回折構造が設けられている領域が少なくとも一部(又は全部)重なっていてもよい。対物光学系を光軸方向に眺め

た際に、第一回折構造が設けられている領域と第二回折構造が設けられている領域が全く重なっていなくてもよい。

[0048] また、対物光学系は、複数の光学素子を有していてもよい。複数の光学素子のうち少なくとも一つが第一回折構造及び／又は第二回折構造を含む平板光学素子であってもよい。複数の光学素子の少なくとも一つが凸レンズであっても凹レンズであってもよいが、凸レンズが好ましい。また、平板光学素子が第一回折構造及び第二回折構造を有することが好ましい。さらに、平板光学素子が第三回折構造及び／又は位相構造を有することが好ましい。

好ましい第21の態様を以下に記載する。第1の態様又は第20の態様において、NA2が、第二光束で第二光情報記録媒体の記録再生を行う場合に必要な像側の対物光学系の開口数であり、NA3が、第三光束で第三光情報記録媒体の記録再生を行う場合に必要な像側の対物光学系の開口数である場合、NA2がNA3より大きく、第一回折構造は、NA3内に相当する領域に形成されており、第二回折構造は、NA2内に相当する領域に形成されていることを特徴とする。第二回折構造は、NA2内であって且つNA3内である領域に形成されていてもよい。この場合、第一回折構造をNA3内に相当する領域に形成することにより、対物光学系を光軸方向から眺めた際に、第一回折構造が設けられている領域と第二回折構造が設けられている領域が重なることになる。また、第二回折構造が、NA2内であってNA3外である領域に形成されていてもよい。その場合、第一回折構造をNA3内に相当する領域に形成することにより、対物光学系を光軸方向から眺めた際に、第一回折構造が設けられている領域と第二回折構造が設けられている領域とが重ならなくなる。また、第二回折構造はNA2内に相当する領域の全面に形成されていてもよい。第二回折構造がNA2内に相当する領域の全面に形成されている場合、第二回折構造の回折パワーが正であることが好ましい。

好ましい第22の態様としては、第1の態様又は第20の態様において、第二回折構造は、光軸を含む断面形状が階段状とされたパターンを同心円状に配列し、所定のレベル面数毎に、そのレベル面数に対応した段数分の高さだけ段をシフトさせた構造であって、以下の式(8)を満たすことを特徴とする。

$$y \times 0.95 \times \lambda_1 \leq d_b \leq y \times 1.05 \times \lambda_1 \quad (8)$$

式(8)において、 y は任意の偶数を表し、 d_b は階段状のパターン内の隣り合うレベル面の間の段差により第一光束に対して付加される光路差を表す。レベル面数は4, 5, 6のいずれかであることが好ましい。また、 y は2であることが好ましい。より好ましくは、以下の式(8)'を満たすことである。

$$d_b = y \times \lambda_1 \quad (8)'$$

好ましい第23の態様としては、第1の態様又は第20の態様において、対物光学系が第三回折構造を有することを特徴とする。なお、第三回折構造は、第1光束の0次の回折光の光量を他のいかなる次数の回折光の光量よりも大きくし、第2光束の0次の回折光の光量を他のいかなる次数の回折光の光量よりも大きくし、第3光束の r 次(r は、 p と同一の又は異なる0以外の整数)の回折光の光量を他のいかなる次数の回折光の光量よりも大きくすることを特徴とする。また、 r は1であることが好ましい。

[0049] また、第一回折構造と第三回折構造が対物光学系の同一の光学面に設けられていてもよい。その場合、第一回折構造と第三回折構造が同一の光学面上で重畳するように設けられていてもよい。一方、第二回折構造と第三回折構造が同一の光学面に設けられていてもよい。その場合、第二回折構造と第三回折構造が同一の光学面上で重畳するように設けられていてもよい。また、第三回折構造は、第一回折構造及び第二回折構造と異なる光学面に設けられていてもよい。

好ましい第24の態様を以下に記載する。第23の態様において、 NA_1 を、第1光束で第1光情報記録媒体の記録再生を行う場合に必要な像側の対物光学系の開口数とし、 NA_3 を、第3光束で第3光情報記録媒体の記録再生を行う場合に必要な像側の対物光学系の開口数としたとき、 NA_1 が NA_3 より大きく、第一回折構造が、 NA_3 内に相当する領域に形成されており、第三回折構造が、 NA_3 外に相当する領域に形成されていることを特徴とする。

好ましい第25の態様を以下に記載する。第23の態様において、第三回折構造は2値のバイナリ構造であって、バイナリ構造の一つの段差により第一光束に対して付加される光路差 d_c が以下の式(9)を満たすことを特徴とする。

$$4.8 \times \lambda_1 \leq d_c \leq 5.2 \times \lambda_1 \quad (9)$$

好ましい第26の態様を以下に記載する。第1の態様又は第20の態様において、対物光学系が位相構造を有し、以下の式(10)、(11)、(12)、(13)、(14)を満たすことを特徴とする。

$$a \times 0.95 \times \lambda_1 \leq d_1 \leq a \times 1.05 \times \lambda_1 \quad (10)$$

$$b \times 0.95 \times \lambda_2 \leq d_2 \leq b \times 1.05 \times \lambda_2 \quad (11)$$

$$c \times 0.95 \times \lambda_3 \leq d_3 \leq c \times 1.05 \times \lambda_3 \quad (12)$$

$$0.9 \times d_1 \leq d_2 \leq 1.1 \times d_1 \quad (13)$$

$$0.9 \times d_1 \leq d_3 \leq 1.1 \times d_1 \quad (14)$$

aは任意の正の整数を表し、bはaよりも小さい任意の正の整数を表し、cはbよりも小さい任意の正の整数を表す。 d_1 は位相構造の一つの段差によって生じる第1光束の光路差を表し、 d_2 は位相構造の一つの段差によって生じる第2光束の光路差を表し、 d_3 は位相構造の一つの段差によって生じる第3光束の光路差を表す。なお、 λ_1 が350nm以上、440nm以下であって、 λ_2 が570nm以上、670nm以下であって、 λ_3 が750nm以上、880nm以下である場合、(より好ましくは、 λ_1 が390nm以上、415nm以下であって、 λ_2 が630nm以上、670nm以下であって、 λ_3 が750nm以上、820nm以下である場合)、aが10、bが6、cが5であることが好ましい。または、位相構造の一つの段差の光軸方向の深さを、3800nm以上、4200nm以下にすることが好ましい。また、位相構造の一つの段差の光軸方向の深さが、 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 の最小公倍数の整数倍又はほぼ整数倍であることが好ましい。

また、式(13)、(14)において、より好ましくは以下の式(13)'(14)'を満たすことである。

$$0.95 \times d_1 \leq d_2 \leq 1.05 \times d_1 \quad (13)'$$

$$0.95 \times d_1 \leq d_3 \leq 1.05 \times d_1 \quad (14)'$$

また、位相構造は、光軸を含む断面形状が階段状であることが好ましいが、ブレード型構造(鋸歯状構造)であってもよい。なお、第一回折構造と位相構造とを同一の光学面上で、重畳させるようにしてもよいし、第二回折構造と位相構造とを同一の光学面上で重畳させるようにしてもよい。また、第三回折構造と位相構造を同一の光学面上で重畳させるようにしてもよい。

また、位相構造が、第1光束のs次(sは0以外の整数)の回折光量を他のいかなる次数の回折光量よりも大きくし、第2光束のt次(tは0以外の整数であって、sとは異なる)の回折光量を他のいかなる次数の回折光量よりも大きくし、第3光束のu次(uは0以外の整数であって、s、tとは異なる)の回折光量を他のいかなる次数の回折光量よりも大きくする場合、以下の式(15)を満たすことが好ましい。

$$\left| \left(d_a / p \right) \right| / \left| \left(d_1 / s \right) \right| = m \quad (15)$$

mは正の整数を表し、 d_a は第一回折構造により第1光束に対して付加される光路差を表し、 d_1 は位相構造により第1光束に対して付加される光路差を表す。

好ましい第27の態様を以下に記載する。第26の態様において、第一回折構造と位相構造が対物光学系の同一の光学面に設けられており、位相構造の一つの輪帯内に、第一回折構造の所定個数の輪帯が形成されていることを特徴とする。つまり、この態様においては、位相構造も第一回折構造も複数の輪帯を有するが、位相構造の一つの輪帯の幅が、第一回折構造の一つの輪帯の幅より大きく、位相構造の一つの輪帯の中に第一回折構造の輪帯が複数含まれることになる。

好ましい第28の態様を以下に記載する。対物光学系が、光軸を含む断面形状が階段状とされたパターンを同心円状に配列した形状と、前記階段状のパターンの一つの段において、光軸を含む断面形状が小階段状とされたパターンを同心円状に配列した形状とを重ね合わせた構造を含むことを特徴とする。さらに、図13に示されるように、複数のより大きな段(a larger step)からなる大きな階段状のパターンは、光軸と直行する方向で光軸に向かうに従い、光軸方向で対物光学系内部に向かう方向に下がっていく構造であり、複数のより小さな段(a smaller step)からなる小さな階段状のパターンは、一つのより大きな段の範囲において、光軸と直行する方向で光軸に向かうに従い、光軸方向で対物光学系外部へ向かう方向へ上っていく構造としてもよい。大きな階段状のパターンも、小さな階段状のパターンも、段の個数は任意である。また、大きな階段状のパターンも、小さな階段状のパターンも周期的であってもよいし、非周期的であってもよい。

さらに、図13に示すような、大きな階段状のパターンと小さな階段状のパターンが重なっている場合、以下の式(16)、(17)を満たすことが好ましい。

$$0.9 < dp \times (n-1) / \lambda_1 < 1.5 \quad (16)$$

$$9.8 < DP \times (n-1) / \lambda_1 < 10.2 \quad (17)$$

dp は図13に示すような小さな階段状のパターンの段差の光軸方向の深さを表す。

DP は図13に示すような大きな階段状のパターンの段差の光軸方向の深さを表す。 n は階段状のパターンが設けられている対物光学系の光学材料の第1光束における屈折率を表す。

さらに、第二回折構造が以下の式(18)を満たすことが好ましい。

$$1.9 < dp_2 \times (n_x - 1) / \lambda_1 < 2.1 \quad (18)$$

dp_2 は第二回折構造の一つの段差の光軸方向の深さを表す。 n_x は第二回折構造が設けられている光学材料の第一光束における屈折率を表す。

好ましい第29の態様は、光ピックアップ装置において、厚さ t_1 の保護層を有する第1光情報記録媒体の記録及び／又は再生を行うための波長 λ_1 の第1光束を出射する第1光源と、厚さ t_2 ($t_1 \leq t_2$)の保護層を有する第2光情報記録媒体の記録及び／又は再生を行うための波長 λ_2 ($1.5 \times \lambda_1 < \lambda_2 < 1.7 \times \lambda_1$)の第2光束を出射する第2光源と、厚さ t_3 ($t_2 < t_3$)の保護層を有する第3光情報記録媒体の記録及び／又は再生を行うための波長 λ_3 ($1.9 \times \lambda_1 < \lambda_3 < 2.1 \times \lambda_1$)の第3光束を出射する第3光源とを有し、さらに、第20の態様乃至第28の態様の何れかの対物光学系を搭載したことを特徴とする。

[0050] 好ましい第30の態様は、光情報記録再生装置において、第29の態様の光ピックアップ装置を搭載したことを特徴とする。

発明の効果

[0051] 本発明によれば、球面収差の波長依存性やトラッキング特性などの諸特性を犠牲にすることなく、高密度光ディスク、DVD及びCD間の互換達成するために必要な球面収差補正を良好に行うことができる対物光学系、この対物光学系を使用した光ピックアップ装置及びこの光ピックアップ装置を搭載した光情報記録再生装置とすることができる。

図面の簡単な説明

[0052] [図1]第3波長 λ_3 の縦球面収差図である。

[図2]第3光情報記録媒体の情報記録面上でのスポットダイアグラムである。

[図3]第3波長 λ_3 の縦球面収差図である。

[図4]第3光情報記録媒体の情報記録面上でのスポットダイアグラムである。

[図5]第2波長 λ_2 の縦球面収差図である。

[図6]第2波長 λ_2 の縦球面収差図である。

[図7]光ピックアップ装置の構成を示す要部平面図である。

[図8]対物光学系の構造を示す図面である。

[図9]光ピックアップ装置の構成を示す要部平面図である。

[図10]対物光学系の構造を示す図面である。

[図11]赤色レーザ光束の縦球面収差図である。

[図12]赤外レーザ光束の縦球面収差図である。

[図13]対物光学系の構造の一部を示す図である。

符号の説明

[0053] PU, PU2 光ピックアップ装置

OL, OL2 対物光学系

CL コリメート光学系

BE エキスパンダー光学系

BE1 第1レンズ

SE センサー光学系

PD 光検出器

AC1 2軸アクチュエータ

AC2 1軸アクチュエータ

P1 第1プリズム

P2 第2プリズム

P3 第3プリズム

ML 立上げミラー

L1 収差補正素子

L2 集光素子

HL 鏡筒(保持部材)

STO 絞り

DOE1 第1回折構造

DOE2 第2回折構造

DOE3 第3回折構造

DOE4 位相構造

LD1 青紫色半導体レーザ(第1光源)

LD2 赤色半導体レーザ(第2光源)

LD3 赤外半導体レーザ(第3光源)

BD 第1光情報記録媒体(高密度光情報記録媒体、高密度光ディスク)

DVD 第2光情報記録媒体

CD 第3光情報記録媒体

PL1, PL2, PL3 保護層

RL1, RL2, RL3 情報記録面

発明を実施するための最良の形態

[0054] [第1の実施の形態]

以下、本発明の第1の実施の形態について図面を用いて説明する。まず、図7を用いて本発明の一例の対物光学系を用いた光ピックアップ装置について説明する。

[0055] 図7は、高密度光情報記録媒体BD(第1光情報記録媒体)とDVD(第2光情報記録媒体)とCD(第3光情報記録媒体)との何れに対しても適切に情報の記録・再生を行える光ピックアップ装置PUの構成を概略的に示す図である。BDの仕様は、第1波長 $\lambda_1=405\text{nm}$ 、保護層PL1の厚さ $t_1=0.1\text{mm}$ 、開口数 $\text{NA}_1=0.85$ であり、DVDの仕様は、第2波長 $\lambda_2=655\text{nm}$ 、保護層PL2の厚さ $t_2=0.6\text{mm}$ 、開口数 $\text{NA}_2=0.65$ であり、CDの仕様は、第3波長 $\lambda_3=785\text{nm}$ 、保護層PL3の厚さ $t_3=1.2\text{mm}$ 、開口数 $\text{NA}_3=0.51$ である。但し、波長、保護層の厚さ、及び開口数の組合せはこれに限られない。

[0056] 光ピックアップ装置PUは、BD用の青紫色半導体レーザLD1(第1光源)、DVD用の赤色半導体レーザLD2(第2光源)、CD用の赤外半導体レーザLD3(第3光源)、

BD/DVD/CD共用の光検出器PD、対物光学系OL、コリメート光学系CL、2軸アクチュエータAC1、1軸アクチュエータAC2、第1プリズムP1、第2プリズムP2、第3プリズムP3、立上げミラーML、各光情報記録媒体の情報記録面からの反射光束に対して非点収差を付加するためのセンサー光学系SEとから構成されている。尚、BD用の光源として、青紫色SHGレーザを使用しても良い。

[0057] 光ピックアップ装置PUにおいて、BDに対して情報の記録／再生を行う場合には、コリメート光学系CLから青紫色レーザ光束が平行光束の状態で射出されるように、1軸アクチュエータAC2によりコリメート光学系CLの位置を光軸方向に調整した後、青紫色半導体レーザLD1を発光させる。青紫色半導体レーザLD1から射出された発散光束は、図7において実線でその光線経路を描いたように、第1プリズムP1により反射された後、第2プリズムP2、及び第3プリズムP3を順に透過し、コリメート光学系CLにより平行光束に変換される。その後、立上げミラーMLにより反射された後、絞りSTOにより光束径が規制され、対物光学系OLによってBDの保護層PL1を介して情報記録面RL1上に形成されるスポットとなる。対物光学系OLは、その周辺に配置された2軸アクチュエータAC1によってフォーカシングやトラッキングを行う。なお、対物光学系OLについての詳しい説明は後述する。

[0058] 情報記録面RL1で情報ピットにより変調された反射光束は、再び対物光学系OLを透過した後、立上げミラーMLにより反射され、コリメート光学系CLを通過する際に収斂光束となる。その後、第3プリズムP3、第2プリズムP2及び第1プリズムP1を順に透過した後、センサー光学系SEにより非点収差が付加され、光検出器PDの受光面上に収束する。光検出器PDの出力信号を用いてBDに記録された情報を読み取ることができる。

[0059] また、光ピックアップ装置PUにおいて、DVDに対して情報の記録／再生を行う場合には、コリメート光学系CLから赤色レーザ光束が平行光束の状態で射出されるように、1軸アクチュエータAC2によりコリメート光学系CLの位置を光軸方向に調整した後、赤色半導体レーザLD2を発光させる。赤色半導体レーザLD2から射出された発散光束は、図7において破線でその光線経路を描いたように、第2プリズムP2により反射された後、第3プリズムP3を透過し、コリメート光学系CLにより平行光束に変換

される。その後、立上げミラーMLにより反射された後、対物光学系OLによってDVDの保護層

PL2を介して情報記録面RL2上に形成されるスポットとなる。対物光学系OLは、その周辺に配置された2軸アクチュエータAC1によってフォーカシングやトラッキングを行う。

[0060] 情報記録面RL2で情報ピットにより変調された反射光束は、再び対物光学系OLを透過した後、立上げミラーMLにより反射され、コリメート光学系CLを通過する際に収斂光束となる。その後、第3プリズムP3、第2プリズムP2及び第1プリズムP1を順に透過した後、センサー光学系SEにより非点収差が付加され、光検出器PDの受光面上に収束する。光検出器PDの出力信号を用いてDVDに記録された情報を読み取ることができる。

[0061] また、光ピックアップ装置PUにおいて、CDに対して情報の記録／再生を行う場合には、コリメート光学系CLから赤外レーザ光束が平行光束の状態で射出されるように、1軸アクチュエータAC2によりコリメート光学系CLの位置を光軸方向に調整した後、赤外半導体レーザLD3を発光させる。赤外半導体レーザLD3から射出された発散光束は、図7において一点鎖線でその光線経路を描いたように、第3プリズムP3により反射された後、コリメート光学系CLにより平行光束に変換される。その後、立上げミラーMLにより反射された後、対物光学系OLによってCDの保護層PL3を介して情報記録面RL3上に形成されるスポットとなる。対物光学系OLは、その周辺に配置された2軸アクチュエータAC1によってフォーカシングやトラッキングを行う。

[0062] 情報記録面RL2で情報ピットにより変調された反射光束は、再び対物光学系OLを透過した後、立上げミラーMLにより反射され、コリメート光学系CLを通過する際に収斂光束となる。その後、第3プリズムP3、第2プリズムP2及び第1プリズムP1を順に透過した後、センサー光学系SEにより非点収差が付加され、光検出器PDの受光面上に収束する。光検出器PDの出力信号を用いてCDに記録された情報を読み取ることができる。

[0063] 光ピックアップ装置PUでは、コリメート光学系CLを1軸アクチュエータAC2により光軸方向に駆動させることで、BD使用時の球面収差を補正できる。かかる球面収差補

正機構により、青紫色半導体レーザLD1の製造誤差による波長ばらつき、温度変化に伴う対物光学系の屈折率変化や屈折率分布、多層ディスクの情報記録層間のフォーカスジャンプ、保護層PL1の製造誤差による厚さばらつきや厚み分布等に起因する球面収差を補正可能である。尚、この球面収差補正機構により、DVD使用時やCD使用時の球面収差を補正しても良い。

[0064] 次に、対物光学系OLの構成について説明する。図8に、本発明による対物光学系OLの構成を概略的に示す。対物光学系OLは、レーザ光源側から順に配置された収差補正素子L1と集光素子L2が、鏡筒(保持部材)HLを介して光軸Xを中心とした同軸となるように保持された構成を有する。

[0065] 収差補正素子L1は平板状光学素子に階段状の回折構造および位相構造が設けられたプラスチックレンズであって、光情報記録媒体側の光学面は、開口数NA3内に相当する中央領域C1と、開口数NA3以上であって開口数NA1内に相当する周辺領域C2とに分割されており、レーザ光源側の光学面は、開口数NA2内に相当する中央領域C3と、開口数NA2以上であって開口数NA1内に相当する周辺領域C4とに分割されている。

[0066] 光情報記録媒体側の光学面の中央領域C1には、保護層PL1と保護層PL3の厚さの違いに起因する球面収差を補正するための第一回折構造DOE1が形成されており、周辺領域C2の一部には、第一回折構造DOE1による第3光束の集光スポットと、開口数NA3から外側の領域を通過した第3光束のフレア成分を情報記録面RL3上で分離するための第三回折構造DOE3が形成されている。また、光情報記録媒体側の光学面全面には、BD使用時に青紫色レーザ光源が瞬間的に波長変化を起こした際に発生するデフォーカス誤差を抑制するための位相構造DOE4が形成されている。従って、本実施例では、位相構造と第一回折構造が重畳した構造となっており、且つ、位相構造と第三回折構造が重畳した構造となっている。

[0067] また、レーザ光源側の光学面の中央領域C3には、保護層PL1と保護層PL2の厚さの違いに起因する球面収差を補正するための第二回折構造DOE2が形成されており、周辺領域C4は、回折構造や位相構造などの微細構造が形成されない平面となっている。従って、本実施例では、光軸方向から対物光学系を見た場合に、第一

回折構造と第二回折構造とが重なった構造となっている。

[0068] 第一回折構造DOE1の光軸を含む断面形状は階段形状とされており、階段の光軸方向の深さ d は、 $1.096\mu\text{m}$ とされている。尚、第一回折構造DOE1のブレース化波長 λ_B は550nmである。この第一回折構造DOE1は、回折効率が最大となる回折次数が、何れの光束に対しても1次であり、各光束に対する1次回折光の回折効率は、青紫色レーザー光束に対しては58.2%、赤色レーザー光束に対しては91.0%、赤外レーザー光束に対しては72.0%となる。第一回折構造DOE1の輪帯ピッチは、保護層PL1と保護層PL3の厚さの違いに起因する球面収差が良好に補正されるように最適化されている。

[0069] また、第二回折構造DOE2は、光軸を含む断面形状が階段状とされたパターンを同心円状に配列し、5つのレベル面毎に、4段分の高さだけ段をシフトさせた構造であって、パターン内の1つの段差は、光路差換算で第1波長 λ_1 の2倍となるように設定されており、光軸方向の深さ d は、 $1.571\mu\text{m}$ とされている。この第二回折構造DOE2は、第2光束のみを1次回折光として回折させる波長選択型の回折構造であり、青紫色レーザー光束の透過率(0次回折光の回折効率)は100%、赤色レーザー光束の1次回折光の回折効率は87.2%、赤外レーザー光束の透過率は99.0%となる。第二回折構造DOE2の輪帯ピッチは、保護層PL1と保護層PL2の厚さの違いに起因する球面収差が良好に補正されるように最適化されている。また、第二回折構造DOE2の回折パワーは正に設定されており、その絶対値は、情報記録面RL2上において、第一回折構造DOE1及び第二回折構造DOE2を通過した赤色レーザー光束が、開口数NA2から外側の領域を通過したフレア成分の集光位置から十分離れた位置に集光するように決定されているので(図6参照)、対物光学系OLに入射した赤色レーザー光束に対して開口数NA2に応じた開口制限が、自動的に行われる。

[0070] ここで、第二回折構造DOE2による回折原理を説明する。パターン内の1つの段差の光軸方向の深さ d は $1.571\mu\text{m}$ とされているので、この段差により青紫色レーザー光束に対して付加される光路差は第1波長 λ_1 の2倍、赤外レーザー光束に対して付加される光路差は第3波長 λ_3 の1倍となり、青紫色レーザー光束と赤外レーザー光束は何れも回折作用を受けずに透過する。一方、この段差により赤色レーザー光束に対して付

加される光路差は第2波長 λ_2 の約1.2倍となる。等位相である1波長分の光路差を差し引いた実質的な光路差は第2波長 λ_2 の約0.2倍であるので、隣接しあうレベル面を通過した赤色レーザ光束の波面は約0.2波長分ずれることになる。5つのレベル面から構成されているパターン全体での光路差は、第2波長 λ_2 の約1倍となるため(0.2×5)となるため、隣接しあうパターンを通過した波面は1波長分ずれて重なり合い、1次方向に回折する回折光となる。

[0071] 第三回折構造DOE3は、2値のバイナリ構造であり、1つの段差の光軸方向の深さdは、 $3.928 \mu\text{m}$ とされている。この深さdは光路差換算で第1波長 λ_1 の5倍相当する深さであり、同時に第2波長 λ_2 の3倍に相当する深さでもある。従って、青紫色レーザ光束と赤色レーザ光束は、何れも回折作用を受けずに透過する。一方、この段差により赤外レーザ光束に対して付加される光路差は第3波長 λ_3 の2.5倍であるので、入射した第3光束は ± 1 次回折光として回折する。第3回折構造の輪帯ピッチは、第1回折構造DOE1による赤外レーザ光束の集光スポットと、周辺領域C2及び周辺領域C4を通過した第3光束のフレア成分が情報記録面RL3上で良好に分離するように決定されているので(図3及び図4参照)、対物光学系OLに入射した赤外レーザ光束に対して開口数NA3に応じた開口制限が、自動的に行われる。

[0072] 位相構造DOE4の光軸を含む断面形状は階段形状とされており、階段の光軸方向の深さdは、 $7.857 \mu\text{m}$ とされている。尚、位相構造DOE4のブレース化波長 λ_B は405nmである。この位相構造DOE4は、回折効率が最大になる回折次数が、青紫色レーザ光束に対しては10次、赤色レーザ光束に対しては6次、赤外レーザ光束に対しては5次である回折構造である。位相構造DOE4は、何れの光束に対しても略同量の位相差を付加させるので、回折効率は何れの光束に対してもほぼ100%となる。位相構造DOE4は、対物光学系OLの色収差を抑制するための構造であり、青紫色レーザ光源LD1

がモードホッピングを起こした場合でも、情報記録面RL1上のデフォーカス誤差が小さく抑えられるので、BDに対して常に安定した記録・再生特性が得られる。

[0073] 尚、レーザ側の光学面全面に対する中央領域C1の面積割合は、 $\{(0.51/0.85)^2\} \times 100 = 36\%$ である。従って、レーザ側の光学面における、青紫色レーザ光束

の回折効率を求めると、 $\{0.582 \times 0.36 + 1 \times (1 - 0.36)\} \times 100 = 85.0\%$ となる。このように、第1回折構造DOE1の回折効率を赤外レーザ光束重視とした場合でも、青紫色レーザ光束の有効径に対する中央領域C1の面積割合が十分小さいため、青紫色レーザ光束の有効径内での回折効率平均値を十分高く確保することが可能である。

〔第2の実施の形態〕

以下、本発明の第2の実施の形態について図面を用いて説明する。まず、図9を用いて本発明の別の例である対物光学系を用いた光ピックアップ装置について説明する。

[0074] 図9に概略的に示した光ピックアップ装置PU2は、対物光学系OL2に対して赤外レーザ光束が発散光束の状態で入射する点と、レーザ光源側の第1レンズBE1を1軸アクチュエータAC2により光軸方向に駆動する構成を有するエキスパンダー光学系BEを球面収差補正機構として使用している点と、CDに対して情報の記録／再生を行う際に、弱発散光束が対物光学系OL2に入射する点に特徴を有する。

[0075] 光ピックアップ装置PU2は、BD用の青紫色半導体レーザLD1（第1光源）、DVD用の赤色半導体レーザLD2（第2光源）、CD用の赤外半導体レーザLD3（第3光源）、BD／DVD／CD共用の光検出器PD、対物光学系OL2、コリメート光学系CL、エキスパンダー光学系BE、2軸アクチュエータAC1、1軸アクチュエータAC2、第1プリズムP1、第2プリズムP2、第3プリズムP3、立上げミラーML、各光情報記録媒体の情報記録面からの反射光束に対して非点収差を付加するためのセンサー光学系SEとから構成されている。尚、BD用の光源として、青紫色SHGレーザを使用しても良い。

[0076] 光ピックアップ装置PU2において、BDに対して情報の記録／再生を行う場合には、エキスパンダー光学系BEから青紫色レーザ光束が平行光束の状態で射出されるように、1軸アクチュエータAC2により第1レンズBE1の位置を光軸方向に調整した後、青紫色半導体レーザLD1を発光させる。青紫色半導体レーザLD1から射出された発散光束は、図9において実線でその光線経路を描いたように、第1プリズムP1により反射された後、第2プリズムP2及び第3プリズムP3を順に透過し、コリメート光

学系CLにより平行光束に変換される。その後、エキスパンダー光学系BEにより拡径した平行光束とされ、立上げミラーMLにより反射された後、絞りSTOにより光束径が規制され、対物光学系OL2によってBDの保護層PL1を介して情報記録面RL1上に形成されるスポットとなる。対物光学系OL2は、その周辺に配置された2軸アクチュエータAC1によってフォーカシングやトラッキングを行う。なお、対物光学系OL2についての詳しい説明は後述する。

[0077] 情報記録面RL1で情報ピットにより変調された反射光束は、再び対物光学系OL2を透過した後、立上げミラーMLにより反射され、エキスパンダー光学系BEにより縮径され、コリメート光学系CLを通過する際に収斂光束となる。その後、第3プリズムP3、第2プリズムP2及び第1プリズムP1を順に透過した後、センサー光学系SEにより非点収差が付加され、光検出器PDの受光面上に収束する。光検出器PDの出力信号を用いてBDに記録された情報を読み取ることができる。

[0078] また、光ピックアップ装置PU2において、DVDに対して情報の記録／再生を行う場合には、エキスパンダー光学系BEから赤色レーザ光束が平行光束の状態で射出されるように、1軸アクチュエータAC2により第1レンズBE1の位置を光軸方向に調整した後、赤色半導体レーザLD2を発光させる。赤色半導体レーザLD2から射出された発散光束は、図9において破線でその光線経路を描いたように、第2プリズムP2により反射された後、第3プリズムP3を透過し、コリメート光学系CLにより略平行光束に変換される。その後、エキスパンダー光学系BEにより拡径されるとともに平行光束に変換され、立上げミラーMLにより反射された後、対物光学系OL2によってDVDの保護層PL2を介して情報記録面RL2上に形成されるスポットとなる。対物光学系OL2は、その周辺に配置された2軸アクチュエータAC1によってフォーカシングやトラッキングを行う。

[0079] 情報記録面RL2で情報ピットにより変調された反射光束は、再び対物光学系OL2を透過した後、立上げミラーMLにより反射され、エキスパンダー光学系BEにより縮径され、コリメート光学系CLを通過する際に収斂光束となる。その後、第3プリズムP3、第2プリズムP2及び第1プリズムP1を順に透過した後、センサー光学系SEにより非点収差が付加され、光検出器PDの受光面上に収束する。光検出器PDの出力信号

を用いてDVDに記録された情報を読み取ることができる。

- [0080] また、光ピックアップ装置PU2において、CDに対して情報の記録／再生を行う場合には、エキスパンダー光学系BEから赤外レーザ光束が弱発散光束の状態で射出されるように、1軸アクチュエータAC2により第1レンズBE1の位置を光軸方向に調整した後、赤外半導体レーザLD3を発光させる。赤外半導体レーザLD3から射出された発散光束は、図9において一点鎖線でその光線経路を描いたように、第3プリズムP3により反射された後、コリメート光学系CLにより略平行光束に変換される。その後、エキスパンダー光学系BEにより拡径されるとともに弱発散光束に変換され、立上げミラーMLにより反射された後、対物光学系OL2によってCDの保護層PL3を介して情報記録面RL3上に形成されるスポットとなる。対物光学系OL2は、その周辺に配置された2軸アクチュエータAC1によってフォーカシングやトラッキングを行う。
- [0081] 情報記録面RL2で情報ピットにより変調された反射光束は、再び対物光学系OL2を透過した後、立上げミラーMLにより反射され、エキスパンダー光学系BEにより縮径され、コリメート光学系CLを通過する際に収斂光束となる。その後、第3プリズムP3、第2プリズムP2及び第1プリズムP1を順に透過した後、センサー光学系SEにより非点収差が付加され、光検出器PDの受光面上に収束する。光検出器PDの出力信号を用いてCDに記録された情報を読み取ることができる。
- [0082] 光ピックアップ装置PU2では、エキスパンダー光学系BEの第1レンズBE1を1軸アクチュエータAC2により光軸方向に駆動させることで、BD使用時の球面収差を補正できる。かかる球面収差補正機構により、青紫色半導体レーザLD1の製造誤差による波長ばらつき、温度変化に伴う対物光学系の屈折率変化や屈折率分布、多層ディスクの情報記録層間のフォーカスジャンプ、保護層PL1の製造誤差による厚さばらつきや厚み分布、等に起因する球面収差を補正可能である。尚、この球面収差補正機構により、DVD使用時やCD使用時の球面収差を補正しても良い。
- [0083] 次に、対物光学系OL2の構成について説明する。図10に概略的に示した対物光学系OL2は、第二回折構造DOE2を、光情報記録媒体側の光学面に、開口数NA3以上であって開口数NA2内に相当する領域にのみ形成した点に特徴を有する。
- [0084] 平板状光学素子である収差補正素子L1のレーザ光源側の光学面は、開口数NA

3内に相当する中央領域C5と、開口数NA3以上であって開口数NA1内に相当する周辺領域C6とに分割されており、光情報記録媒体側の光学面は、開口数NA3内に相当する中央領域C7と、開口数NA3以上であって開口数NA2内に相当する周辺領域C8と、開口数NA2以上であって開口数NA1内に相当する周辺領域C9とに分割されている。

[0085] レーザ光源側の光学面の中央領域C5には、保護層PL1と保護層PL2と保護層PL3の厚さの違いに起因する球面収差を補正するための第一回折構造DOE1が形成されており、レーザ光源側の光学面全面には、BD使用時に青紫色レーザ光源が瞬間的に波長変化を起こした際に発生するデフォーカス誤差を抑制するための位相構造DOE4が形成されている。また、光情報記録媒体側の光学面の周辺領域C8には、保護層PL1と保護層PL2の厚さの違いに起因する球面収差を補正するための第二回折構造DOE2が形成されている。

[0086] 第一回折構造DOE1の輪帯ピッチは、保護層PL1と保護層PL2の厚さの違いに起因する球面収差が良好に補正されるように最適化されている。このように、第一回折構造DOE1は、保護層PL1と保護層PL2の厚さの違いに起因する球面収差が補正されるように最適化されているため、第一回折構造DOE1に対して赤外レーザ光束が平行光束の状態で入射した場合、赤外レーザ光束の球面収差は補正不足となり、情報記録面RL3上では、保護層PL1と保護層PL3の厚さの違いに起因する球面収差が残留することになる。そこで、CDに対して情報の記録・再生を行う際には、対物光学系OL2に対して赤外レーザ光束を弱発散光束の状態で入射させることにより、保護層PL1と保護層PL3の厚さの違いに起因する球面収差を完全に補正する。

[0087] また、第二回折構造DOE2の輪帯ピッチは、保護層PL1と保護層PL2の厚さの違いに起因する球面収差が、レーザ光源側の光学面の周辺領域C8を通過する赤色レーザ光束に対して補正されるように最適化されている。

[0088] 位相構造DOE4については、第1の実施の形態における対物光学系OLの位相構造DOE4と機能や構成が同じであるので、ここでは詳細な説明は省略する。

[0089] 尚、第一回折構造DOE1の回折パワーは負とされているが、この絶対値をあまり大きくすると、図1や図5の縦球面収差図に示したように、赤色レーザ光束や赤外レー

ザ光束の有効径より外側の領域を通過したフレア成分が、集光スポットに重なってしまい、良好な記録・再生特性が得られない虞がある。そこで、本対物光学系OL2では、集光スポットと有効径より外側の領域を通過したフレア成分とが重ならないように回折パワーの絶対値を決定した(図11及び図12参照)。これにより、対物光学系OL2に入射した赤色レーザ光束や赤外レーザ光束に対して、それぞれの開口数に応じた開口制限が自動的に行われる。

- [0090] 尚、上述した第1の実施の形態及び第2の実施の形態では、3つのレーザ光源をそれぞれ独立に配置する構成としたが、3つのレーザ光源を1つの管体内に納めたレーザ光源や、3つのレーザ発光点を同一のチップ上に形成したレーザ光源を用いても良い。また、前記光ピックアップ装置PU、PU2では、レーザ光源と光検出器PDとをそれぞれ独立に配置する構成としたが、レーザ光源と光検出器とを一体化した素子を用いても良い。また、光ピックアップ装置PU、PU2では、液晶を利用した位相制御素子を、球面収差補正機構として用いても良い。かかる位相制御素子により球面収差を補正する方法は公知であるので、ここでは詳細な説明は割愛する。
- [0091] 以上の実施の形態においては、高密度光情報記録媒体BD、DVD及びCDの3種類の光ディスクに対して記録／再生可能な対物光学系及び光ピックアップ装置を例に挙げて説明したが、高密度光情報記録媒体BD及びDVDの2種類の光ディスク、或いは高密度光情報記録媒体BD及びCDの2種類の光ディスクに対して記録／再生可能な対物光学系、光ピックアップ装置及び光情報記録再生装置に、本発明を適用できることは容易に理解されるところである。
- [0092] 例えば、それら2種類の光ディスクの記録／再生に必要な光学系要素を残しつつ、その他の光学系要素を削除して構成することができ、それにより、更に、小型化、軽量化、低コスト化、構成の簡素化された光ピックアップ光学系、及び光ピックアップ装置を実現することができる。
- [0093] また、BDに代わってHDや他の高密度光ディスクを適用しても良い。
- なお、本発明は、明細書に記載の実施例に限定されるものではなく、他の実施例・変形例を含むことは、明細書に記載された実施例や思想から本分野の当業者にとって

明らかである。明細書の記載及び実施例は、あくまでも例証を目的としており、本発明の範囲は請求の範囲によって示されている。

請求の範囲

- [1] 厚さ t_1 の保護層を有する第1光情報記録媒体に対して、第1光源から出射される第1波長 λ_1 の第1光束を用いて情報の再生及び／又は記録を行い、厚さ t_2 ($t_1 \leq t_2$)の保護層を有する第2光情報記録媒体に対して、第2光源から出射される第2波長 λ_2 ($1.5 \times \lambda_1 < \lambda_2 < 1.7 \times \lambda_1$)の第2光束を用いて情報の再生及び／又は記録を行い、厚さ t_3 ($t_2 < t_3$)の保護層を有する第3光情報記録媒体に対して、第3光源から出射される第3波長 λ_3 ($1.9 \times \lambda_1 < \lambda_3 < 2.1 \times \lambda_1$)の第3光束を用いて情報の再生及び／又は記録を行う光ピックアップ装置に用いられる対物光学系において、

前記対物光学系は、第一回折構造と第二回折構造を有し、
 前記第一回折構造は、前記第1光束の p 次 (p は0以外の整数)の回折光量を他のいかなる次数の回折光量よりも大きくし、前記第2光束の p 次の回折光量を他のいかなる次数の回折光量よりも大きくし、前記第3光束の p 次の回折光量を他のいかなる次数の回折光量よりも大きくし、
 前記第二回折構造は、前記第1光束の0次の回折光の光量を他のいかなる次数の回折光の光量よりも大きくし、前記第2光束の q 次 (q は p と同じ又は異なる0以外の整数)の回折光の光量を他のいかなる次数の回折光の光量よりも大きくし、前記第3光束の0次の回折光の光量を他のいかなる次数の回折光の光量よりも大きくすることを特徴とする対物光学系。

- [2] 前記 p は1であることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の対物光学系。
 [3] 前記 q は1であることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の対物光学系。
 [4] 前記第一回折構造のブレイズ化波長を λ_B が、以下の式を満たすことを特徴とする請求の範囲第2項に記載の対物光学系。

$$\lambda_1 < \lambda_B < \lambda_3$$

- [5] 前記第1光情報記録媒体に対して情報の再生及び／又は記録を行う際の、前記対物光学系の開口数を NA_1 とし、前記第3光情報記録媒体に対して情報の再生及び／又は記録を行う際の、前記対物光学系の開口数を NA_3 としたとき、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求の範囲第4項に記載の対物光学系。 $1.25 \times \lambda_1 < \lambda$

$$B < 0.95 \times \lambda_2$$

$$NA1 > NA3$$

$$NA3/NA1 < 0.7$$

- [6] 前記第一回折構造の回折パワーが負であることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の対物光学系。
- [7] 前記第一回折構造の光軸を含む断面形状が階段状であることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の対物光学系。
- [8] 前記第二回折構造は、光軸を含む断面形状が階段状とされたパターンを同心円状に配列し、所定のレベル面数毎に、そのレベル面数に対応した段数分の高さだけ段をシフトさせた構造であって、 y を任意の偶数とし、 d_b を一つの前記パターン内の隣合う前記レベル面の間の段差により前記第一光束に対して付加される光路差とするとき、以下の式を満たすことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の対物光学系。
- $$y \times 0.95 \times \lambda_1 \leq d_b \leq y \times 1.05 \times \lambda_1$$
- [9] 前記レベル面数が4, 5, 6のいずれかであり、 y が2であることを特徴とする請求の範囲第8項に記載の対物光学系。
- [10] 前記第1光束の0次の回折光の光量を他のいかなる次数の回折光の光量よりも大きくし、前記第2光束の0次の回折光の光量を他のいかなる次数の回折光の光量よりも大きくし、前記第3光束の r 次(r は p と同一又は異なる0以外の整数)の回折光の光量を他のいかなる次数の回折光の光量よりも大きくする第三回折構造を有することを特徴とする請求の範囲第1項に記載の対物光学系。
- [11] 前記第1光情報記録媒体に対して情報の再生及び／又は記録を行う際の、前記対物光学系の開口数を $NA1$ とし、前記第3光情報記録媒体に対して情報の再生及び／又は記録を行う際の、前記対物光学系の開口数を $NA3$ としたとき、 $NA1$ が $NA3$ よりも大きく、前記第一回折構造が $NA3$ 内に相当する領域に形成されており、前記第三回折構造が $NA3$ 外に相当する領域に形成されていることを特徴とする請求の範囲第10項に記載の対物光学系。
- [12] 前記第三回折構造が2値のバイナリ構造であって、 d_c を前記バイナリ構造の一つの段差により前記第一光束に対して付加される光路差としたとき、以下の式を満たすこ

とを特徴とする請求の範囲第10項に記載の対物光学系。

$$4.8 \times \lambda_1 \leq d_c \leq 5.2 \times \lambda_1$$

- [13] 前記第2光情報記録媒体に対して情報の再生及び／又は記録を行う際の、前記対物光学系の開口数をNA2とし、前記第3光情報記録媒体に対して情報の再生及び／又は記録を行う際の、前記対物光学系の開口数をNA3としたとき、NA2がNA3よりも大きく、前記第一回折構造がNA3内に相当する領域に形成されており、前記第二回折構造がNA2内に相当する領域に形成されていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の対物光学系。

- [14] 前記第二回折構造が、NA3外に相当する領域に形成されていることを特徴とする請求の範囲第13項に記載の対物光学系。

- [15] 前記第2光情報記録媒体に対して情報の再生及び／又は記録を行う際の、前記対物光学系の開口数をNA2としたとき、前記第二回折構造がNA2内に相当する領域の全面に形成されており、前記第二回折構造の回折パワーが正であることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の対物光学系。

- [16] 前記対物光学系は位相構造を有し、aを任意の正の整数とし、bをaよりも小さい任意の正の整数とし、cをbよりも小さい任意の正の整数とし、 d_1 を前記位相構造の一つの段差によって生じる前記第一光束の光路差とし、 d_2 を前記位相構造の一つの段差によって生じる前記第二光束の光路差とし、 d_3 を前記位相構造の一つの段差によって生じる前記第三光束の光路差としたとき、以下の式を満たすことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の対物光学系。

$$ax0.95 \times \lambda_1 \leq d_1 \leq ax1.05 \times \lambda_1$$

$$bx0.95 \times \lambda_2 \leq d_2 \leq bx1.05 \times \lambda_2$$

$$cx0.95 \times \lambda_3 \leq d_3 \leq cx1.05 \times \lambda_3$$

$$0.9 \times d_1 \leq d_2 \leq 1.1 \times d_1$$

$$0.9 \times d_1 \leq d_3 \leq 1.1 \times d_1$$

- [17] 以下の式を満たすことを特徴とする請求の範囲第16項に記載の対物光学系。

$$a=10$$

$$b=6$$

$$c=5$$

$$350[\text{nm}] \leq \lambda_1 \leq 440[\text{nm}]$$

$$570[\text{nm}] \leq \lambda_2 \leq 670[\text{nm}]$$

$$750[\text{nm}] \leq \lambda_3 \leq 880[\text{nm}]$$

- [18] 前記第一回折構造と前記位相構造が、対物光学系の同一の光学面に設けられており、前記位相構造の一つの輪帯内に第一回折構造の所定個数の輪帯が形成されていることを特徴とする請求の範囲第16項に記載の対物光学系。
- [19] 前記位相構造は、前記第1光束のs次(sは0以外の整数)の回折光量を他のいかなる次数の回折光量よりも大きくし、前記第2光束のt次(tは0以外の整数であって、sとは異なる)の回折光量を他のいかなる次数の回折光量よりも大きくし、前記第3光束のu次(uは0以外の整数であって、s、tとは異なる)の回折光量を他のいかなる次数の回折光量よりも大きくし、mを正の整数とし、 d_a を前記第一回折構造により前記第1光束に対して付加される光路差としたとき、以下の式を満たすことを特徴とする請求の範囲第18項に記載の対物光学系。
- $$\left| \left(d_a / p \right) \right| / \left| \left(d_1 / s \right) \right| = m$$
- [20] 前記位相構造の光軸を含む断面形状が階段状であることを特徴とする請求の範囲第16項に記載の対物光学系。
- [21] 前記第一回折構造と前記第三回折構造が前記対物光学系の同一の光学面に設けられていることを特徴とする請求の範囲第10項に記載の対物光学系。
- [22] 前記第一回折構造と前記第三回折構造が重畳していることを特徴とする請求の範囲第21項に記載の対物光学系。
- [23] 前記第二回折構造と前記第三回折構造が前記対物光学系の同一の光学面に設けられていることを特徴とする請求の範囲第10項に記載の対物光学系。
- [24] 前記第二回折構造と前記第三回折構造が重畳していることを特徴とする請求の範囲第23項に記載の対物光学系。
- [25] 前記第一回折構造と前記第二回折構造が、前記対物光学系の異なる光学面に設けられていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の対物光学系。
- [26] 前記対物光学系を光軸方向から眺めた場合、前記第一回折構造と前記第二回折構

造が重なっていることを特徴とする請求の範囲第25項に記載の対物光学系。

- [27] 前記対物光学系を光軸方向から眺めた場合、前記第一回折構造と前記第二回折構造が重なっていないことを特徴とする請求の範囲第25項に記載の対物光学系。
- [28] 前記対物光学系は、レンズと平板光学素子を有し、前記平板光学素子が前記第一回折構造と前記第二回折構造を有することを特徴とする請求の範囲第1項に記載の対物光学系。
- [29] 前記対物光学系はレンズと平板光学素子を有し、前記平板光学素子が前記第一回折構造、前記第二回折構造及び前記第三回折構造を有することを特徴とする請求の範囲第10項に記載の対物光学系。
- [30] 前記対物光学系はレンズと平板光学素子を有し、前記平板光学素子が前記第一回折構造、前記第二回折構造及び前記位相構造を有することを特徴とする請求の範囲第16項に記載の対物光学系。
- [31] 光軸を含む断面形状が階段状とされたパターンを同心円上に配列した形状と、前記階段状のパターンの一つの段において、光軸を含む断面形状が小階段状とされたパターンを同心円上に配列した形状とを重ね合わせた構造を有することを特徴とする請求の範囲第1項に記載の対物光学系。
- [32] 前記階段状のパターンは、光軸と直行する方向で光軸に向かっていくに従い、光軸方向で前記対物光学系内部に向かう方向に下がっていく構造であり、前記小階段状のパターンは、光軸と直行する方向で光軸に向かっていくに従い、光軸方向で前記対物光学系外部へ向かう方向に上っていく構造であることを特徴とする請求の範囲第31項に記載の対物光学系。
- [33] d_p を前記小階段状のパターンの段差とし、 DP を前記階段状のパターンの段差とし、 n を前記階段状及び前記小階段状のパターンが設けられている前記対物光学系の光学材料の第1光束における屈折率とすると、以下の式を満たすことを特徴とする請求の範囲第31項に記載の対物光学系。
- $$0.9 < d_p \times (n-1) / \lambda_1 < 1.5$$
- $$9.8 < DP \times (n-1) / \lambda_1 < 10.2$$
- [34] d_{p_2} を前記第二回折構造の段差とし、 n_x を前記第二回折構造が設けられている前

記対物光学系の光学材料の第一光束における屈折率としたとき、以下の式を満たすことを特徴とする請求の範囲第33項に記載の対物光学系。

$$1. \ 9 < dp_2 \times (n_x - 1) / \lambda_1 < 2. \ 1$$

- [35] 光情報記録媒体の記録及び／又は再生を行う光ピックアップ装置であって、厚さ t_1 の保護層を有する第1光情報記録媒体の記録及び／又は再生を行うための第1波長 λ_1 の第1光束を出射する第一光源と、厚さ t_2 ($t_1 \leq t_2$)の保護層を有する第2光情報記録媒体の記録及び／又は再生を行うための第2波長 λ_2 ($1.5 \times \lambda_1 < \lambda_2 < 1.7 \times \lambda_1$)の第2光束を出射する第二光源と、厚さ t_3 ($t_2 < t_3$)の保護層を有する第3光情報記録媒体の記録及び／又は再生を行うための第3波長 λ_3 ($1.9 \times \lambda_1 < \lambda_3 < 2.1 \times \lambda_1$)の第3光束を出射する第三光源と、対物光学系とを有し、

前記対物光学系は、第一回折構造と第二回折構造を有し、

前記第一回折構造は、前記第1光束の p 次 (p は0以外の整数)の回折光量を他のいかなる次数の回折光量よりも大きくし、前記第2光束の p 次の回折光量を他のいかなる次数の回折光量よりも大きくし、前記第3光束の p 次の回折光量を他のいかなる次数の回折光量よりも大きくし、

前記第二回折構造は、前記第1光束の0次の回折光の光量を他のいかなる次数の回折光の光量よりも大きくし、前記第2光束の q 次 (q は p と同じ又は異なる0以外の整数)の回折光の光量を他のいかなる次数の回折光の光量よりも大きくし、前記第3光束の0次の回折光の光量を他のいかなる次数の回折光の光量よりも大きくすることを特徴とする光ピックアップ装置。

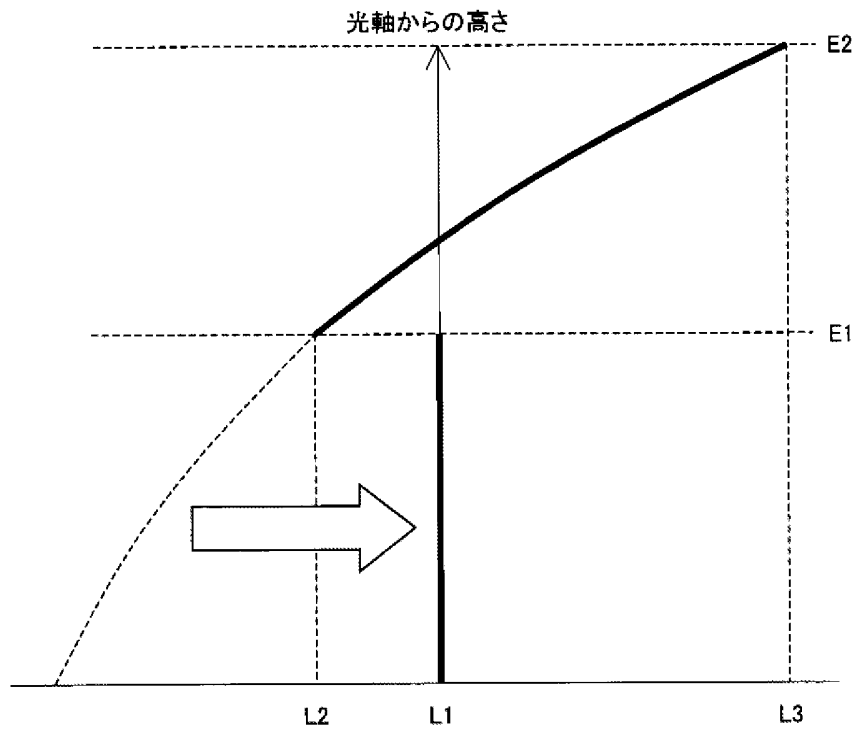
- [36] 光情報記録再生装置であって、厚さ t_1 の保護層を有する第1光情報記録媒体の記録及び／又は再生を行うための第1波長 λ_1 の第1光束を出射する第一光源と、厚さ t_2 ($t_1 \leq t_2$)の保護層を有する第2光情報記録媒体の記録及び／又は再生を行うための第2波長 λ_2 ($1.5 \times \lambda_1 < \lambda_2 < 1.7 \times \lambda_1$)の第2光束を出射する第二光源と、厚さ t_3 ($t_2 < t_3$)の保護層を有する第3光情報記録媒体の記録及び／又は再生を行うための第3波長 λ_3 ($1.9 \times \lambda_1 < \lambda_3 < 2.1 \times \lambda_1$)の第3光束を出射する第三光源と、対物光学系とを有する光ピックアップを有し、

前記対物光学系は、第一回折構造と第二回折構造を有し、

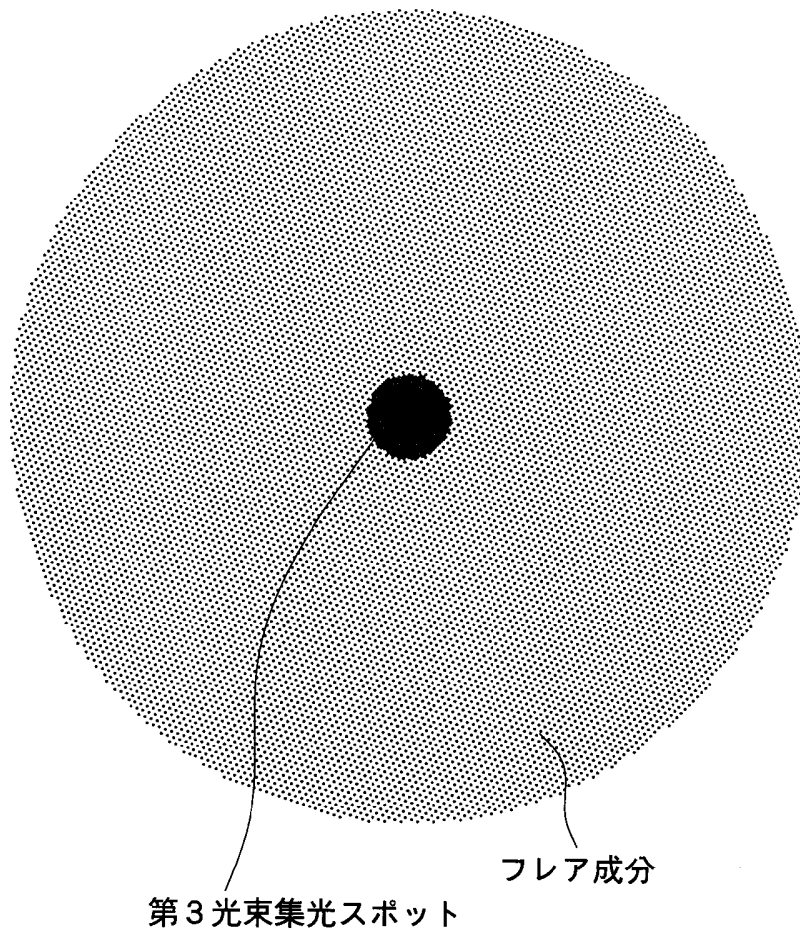
前記第一回折構造は、前記第1光束の p 次(p は0以外の整数)の回折光量を他のいかなる次数の回折光量よりも大きくし、前記第2光束の p 次の回折光量を他のいかなる次数の回折光量よりも大きくし、前記第3光束の p 次の回折光量を他のいかなる次数の回折光量よりも大きくし、

前記第二回折構造は、前記第1光束の0次の回折光の光量を他のいかなる次数の回折光の光量よりも大きくし、前記第2光束の q 次(q は p と同じ又は異なる0以外の整数)の回折光の光量を他のいかなる次数の回折光の光量よりも大きくし、前記第3光束の0次の回折光の光量を他のいかなる次数の回折光の光量よりも大きくすることを特徴とする光情報記録再生装置。

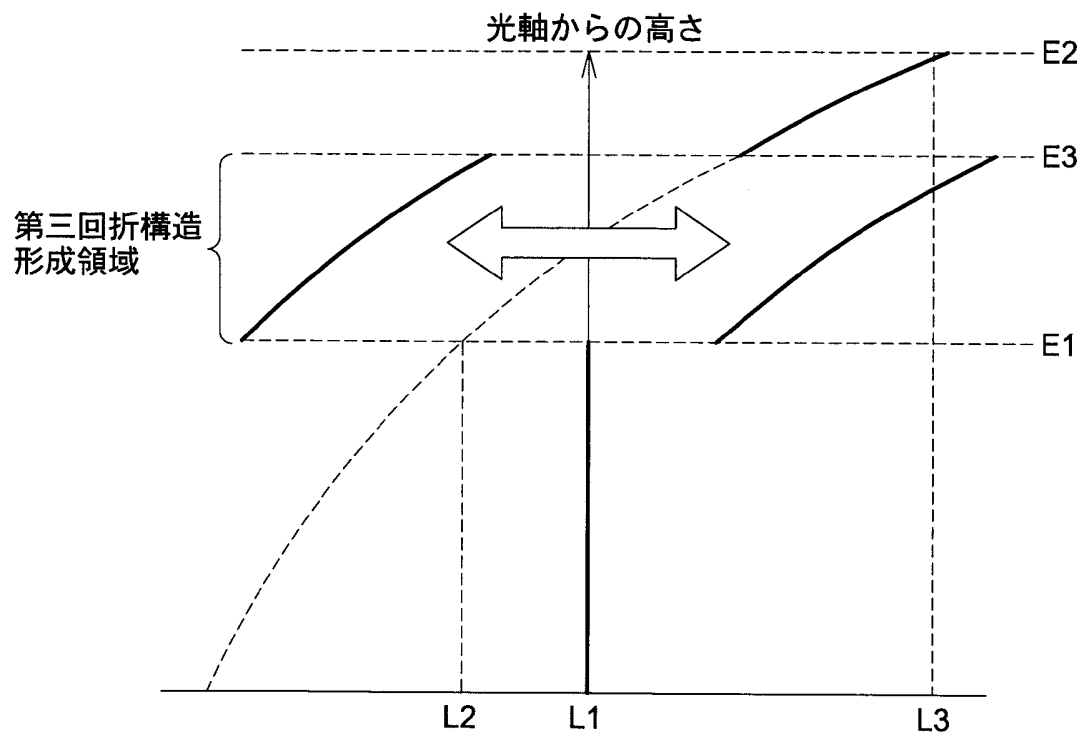
[図1]



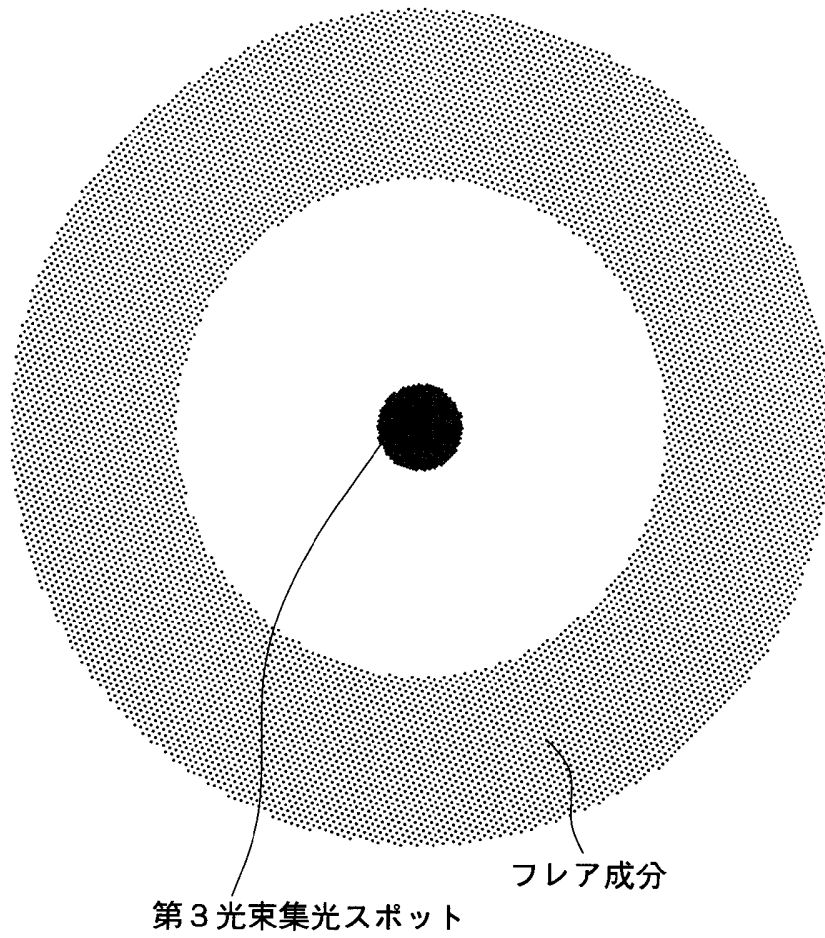
[図2]



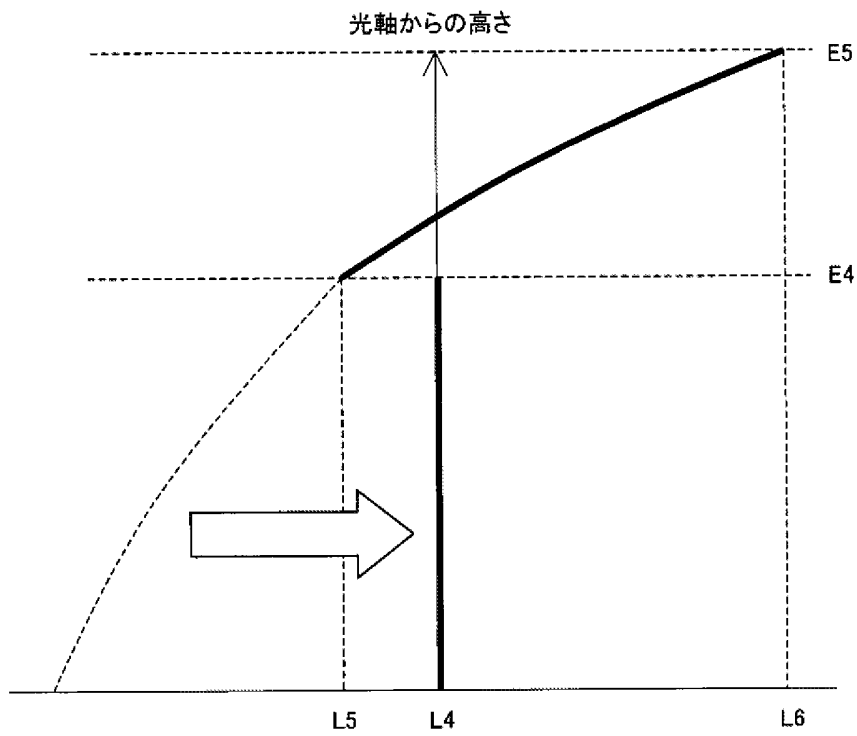
[図3]



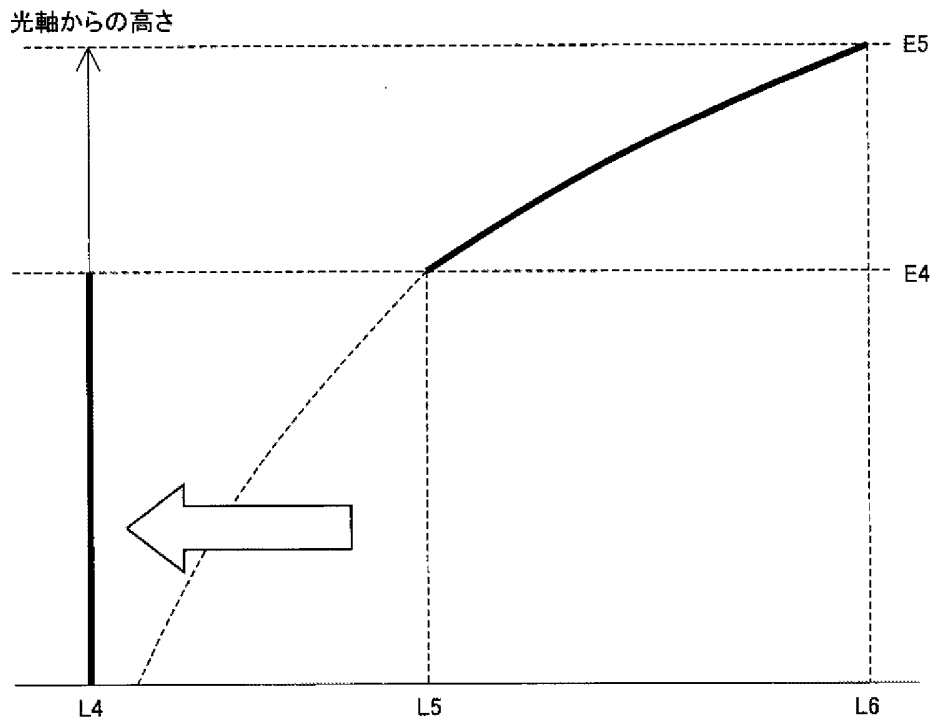
[図4]



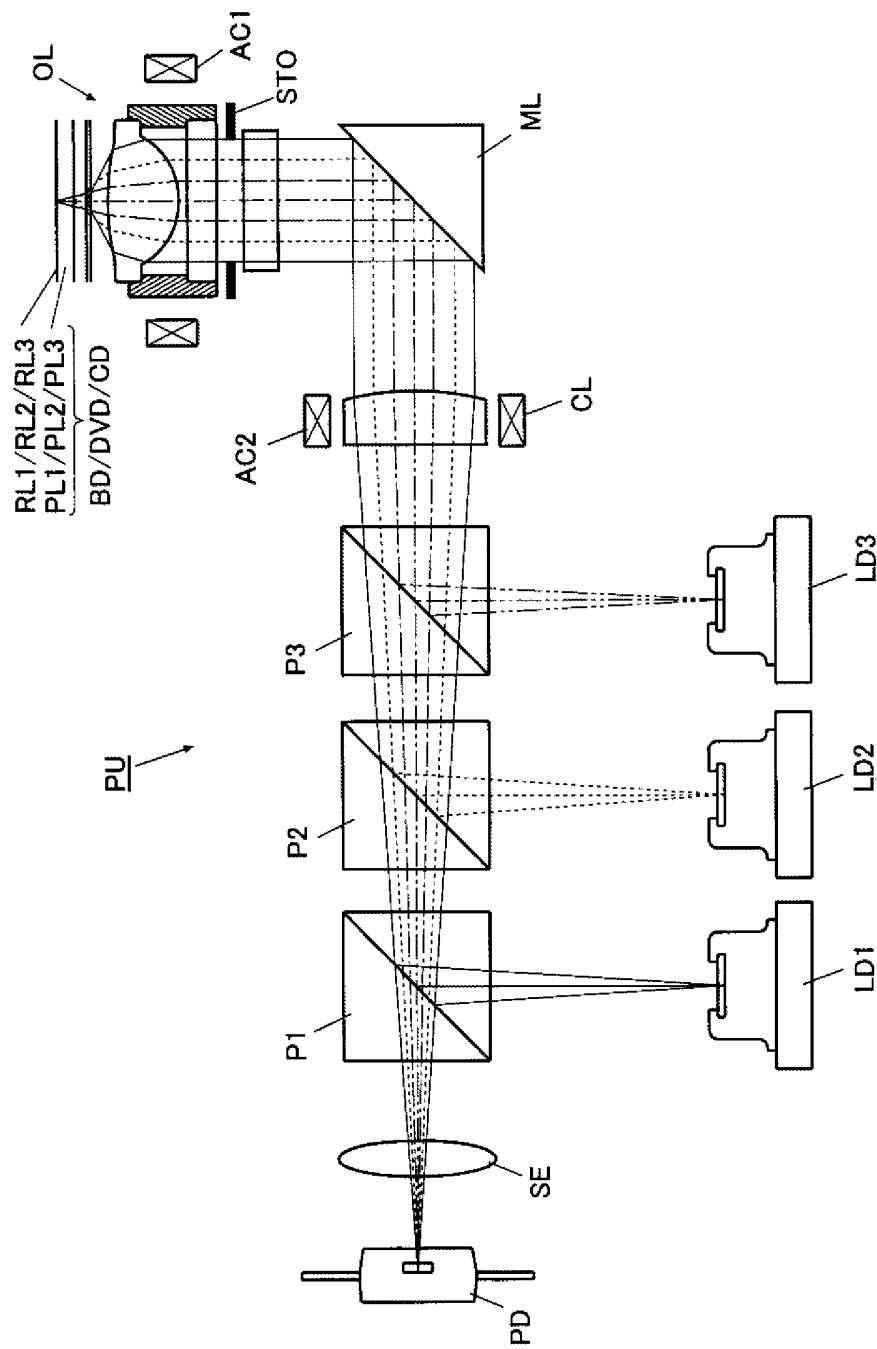
[図5]



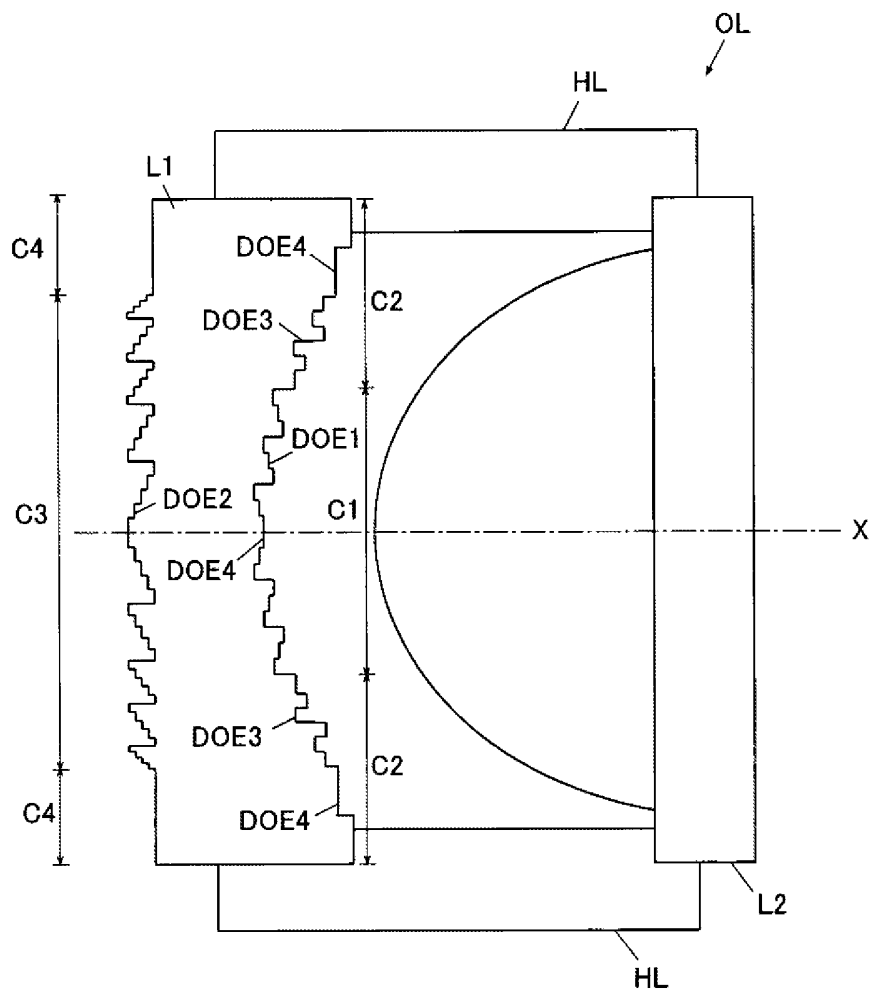
[図6]



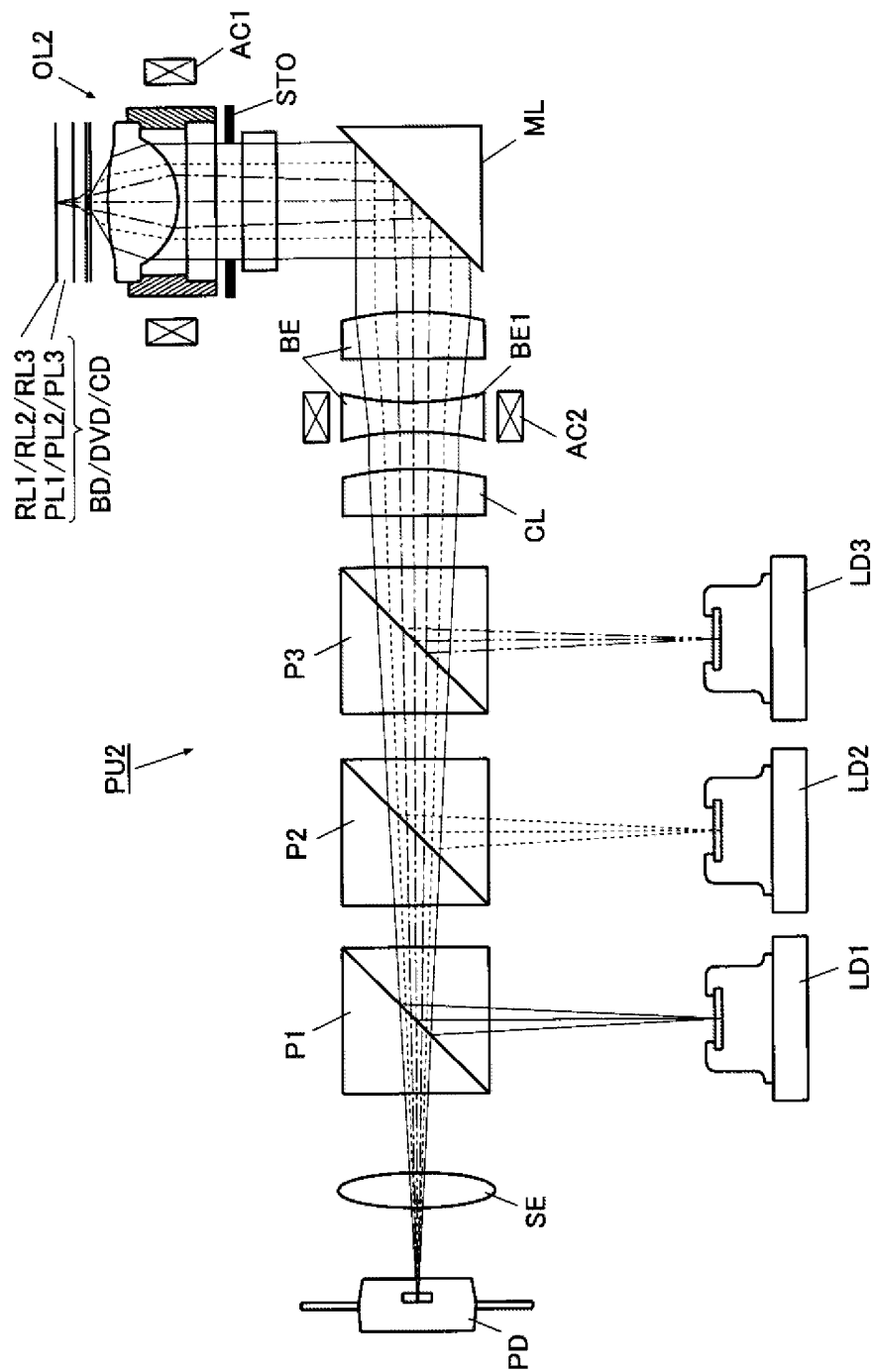
[図7]



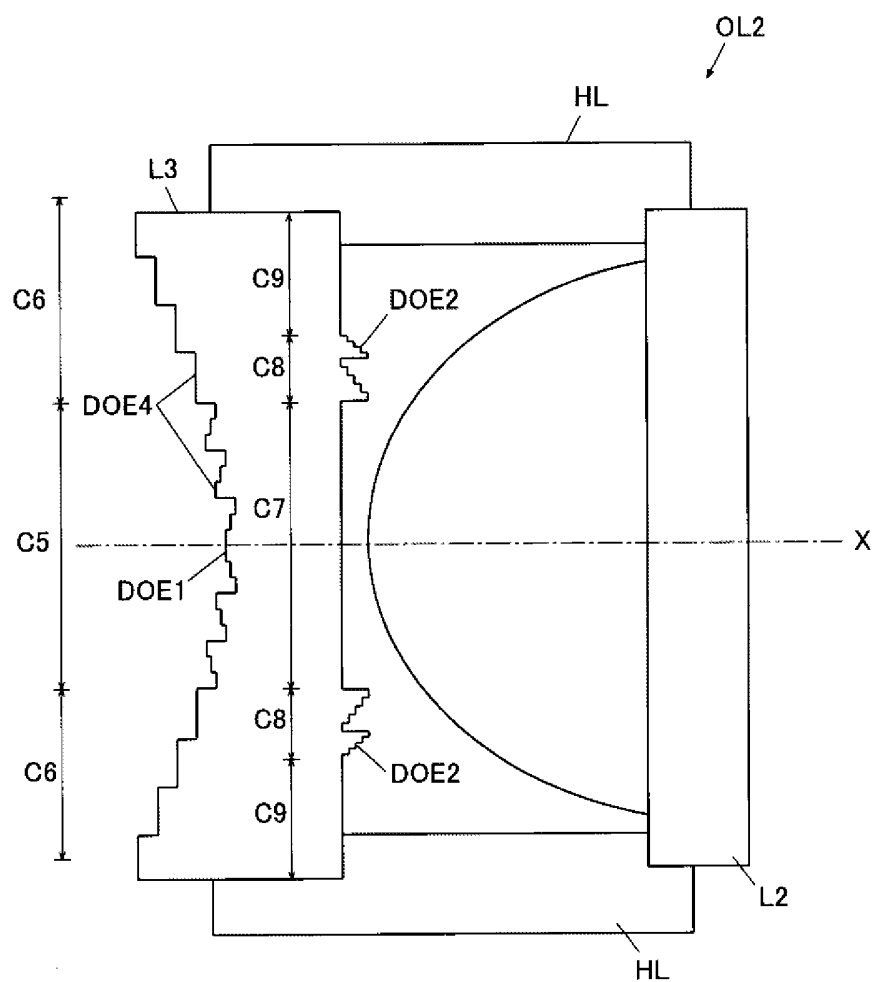
[図8]



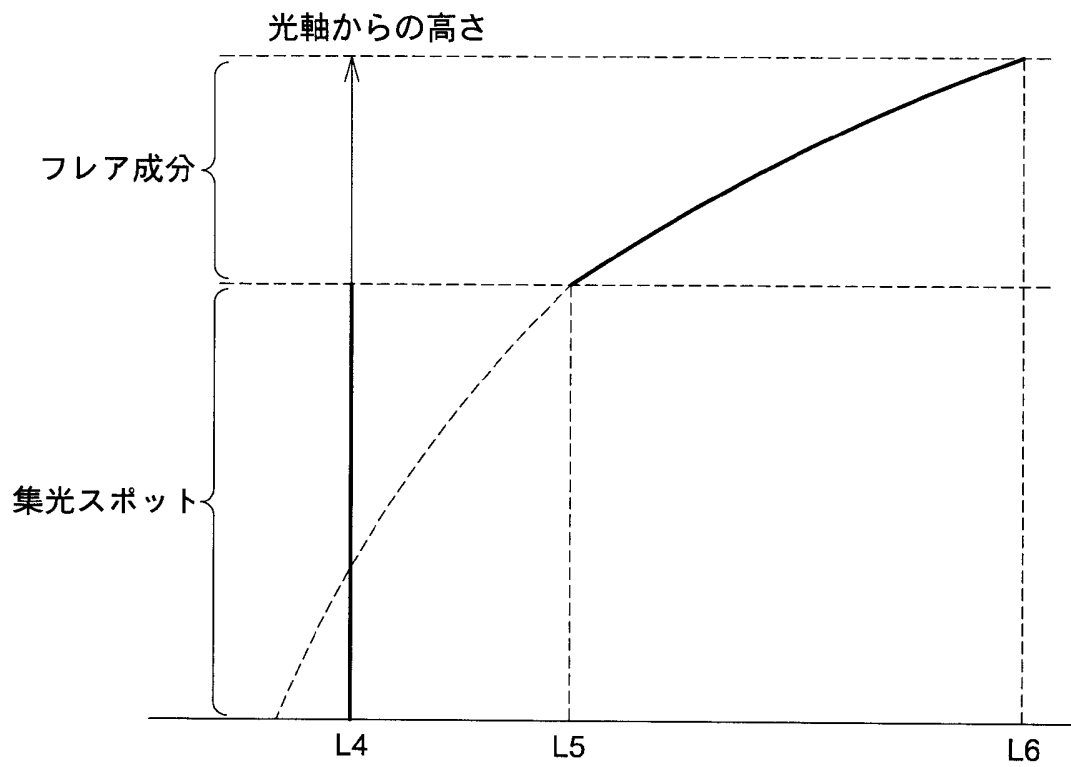
[図9]



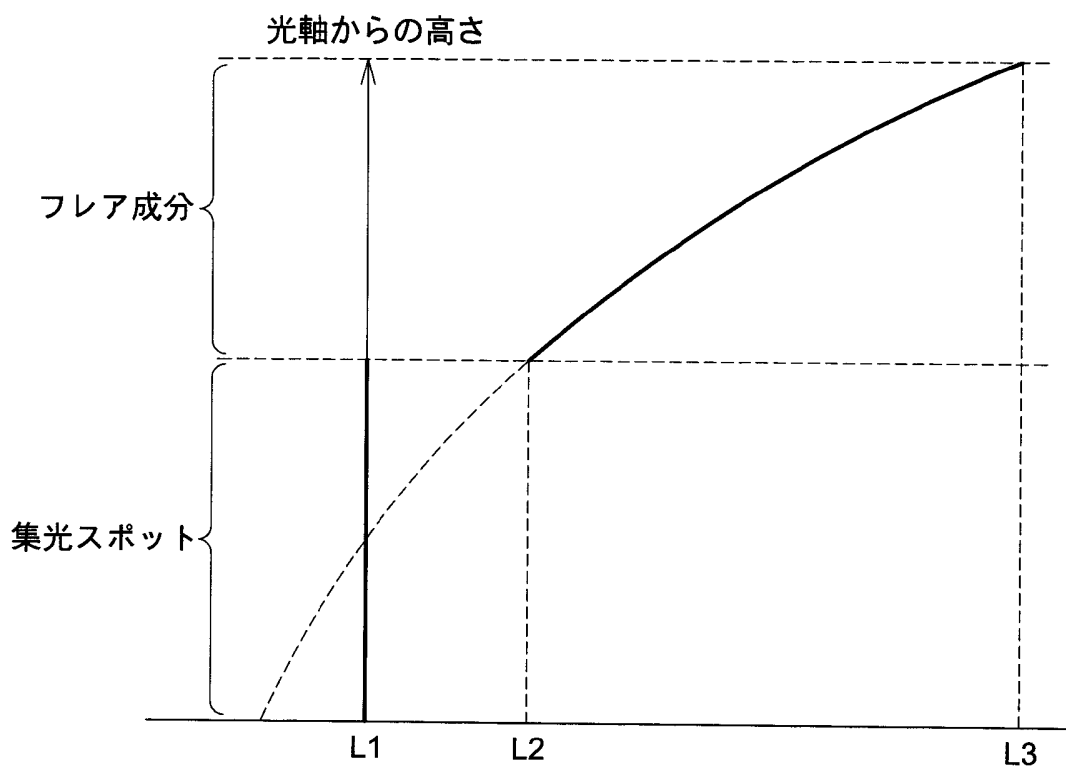
[図10]



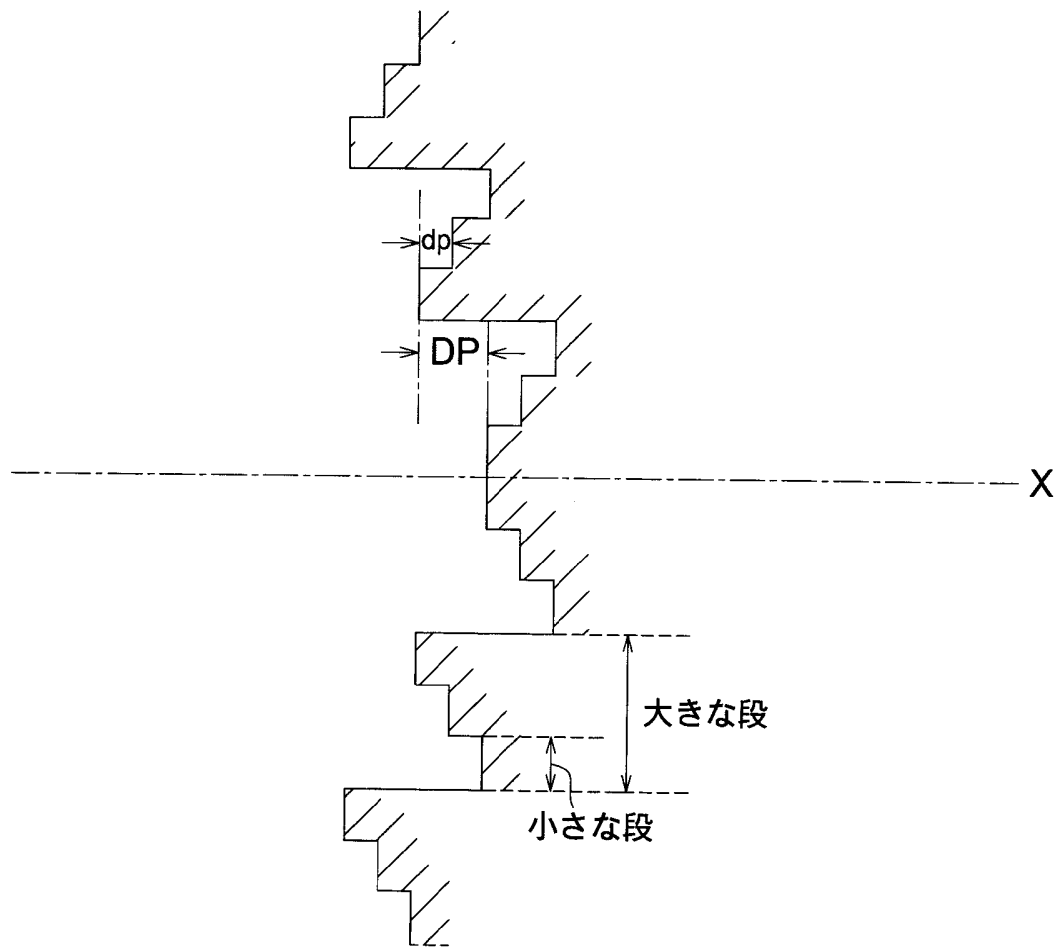
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/301328

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G11B7/135 (2006.01) , G02B5/18 (2006.01) , G02B13/00 (2006.01) According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G11B7/12-7/22, G02B5/18, G02B5/30-5/32, G02B9/00-17/08, G02B21/02-21/04, G02B25/00-25/04 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2006 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2006 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2006 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	JP 2005-317123 A (Sony Corp.), 10 November, 2005 (10.11.05), Par. Nos. [0025] to [0035]; Fig. 2 (Family: none)	1-3, 6, 15, 25-26, 28, 35-36
A	WO 2001/026103 A1 (Sony Corp.), 12 April, 2001 (12.04.01), Page 12, lines 9 to 27 & US 6674059 B1 & CN 1339157 A	1-36
A	JP 2004-362626 A (Pentax Kabushiki Kaisha), 24 December, 2004 (24.12.04), Par. No. [0034]; Fig. 3 (Family: none)	1-36
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 10 February, 2006 (10.02.06)		Date of mailing of the international search report 21 February, 2006 (21.02.06)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/301328

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-195769 A (Konica Corp.), 19 July, 2001 (19.07.01), Par. No. [0255] & JP 2002-197717 A & JP 2003-303439 A & JP 2004-006004 A & JP 2004-006005 A & JP 2004-006006 A & US 2001/0008513 A1 & US 2004/0027969 A1 & US 2004/0095875 A1 & US 2004/0136309 A1 & US 2004/0095874 A1 & US 2004/0257959 A & US 6870805 B & WO 2000/043997 A2 & EP 1022731 A2 & EP 1100078 A2 & EP 1118986 A2 & EP 1182653 A1 & EP 1369855 A2 & EP 1369856 A2 & EP 1381035 A2 & EP 1381037 A2 & DE 60000114 D & DE 60000114 T & DE 60018735 D & CN 1263339 A & AU 2129400 A & AT 216119 T & CA 2359309 A & TW 477901 B & AU 760001 B & ID 29992 A & AT 291269 T	1-36
A	JP 2004-247025 A (Konica Minolta Holdings Kabushiki Kaisha), 02 September, 2004 (02.09.04), Par. No. [0135]; Fig. 3 & US 2004/0047269 A1	1-36
A	JP 2005-011466 A (Victor Company Of Japan, Ltd.), 13 January, 2005 (13.01.05), Figs. 4 to 6 (Family: none)	1-36
A	WO 2003/091764 A1 (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 06 November, 2003 (06.11.03), Page 52, line 15 to page 53, line 4; Fig. 1 & EP 1500956 A1	1-36

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G11B7/135(2006.01), G02B5/18(2006.01), G02B13/00(2006.01)			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G11B7/12-7/22, G02B5/18, G02B5/30-5/32, G02B9/00-17/08, G02B21/02-21/04, G02B25/00-25/04			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2006年 日本国実用新案登録公報 1996-2006年 日本国登録実用新案公報 1994-2006年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
P, X	JP 2005-317123 A (ソニー株式会社) 2005.11.10, 段落【0025】 - 【0035】、図2 (ファミリーなし)	1-3, 6, 15, 25-26, 28, 35-36	
A	WO 2001/026103 A1 (ソニー株式会社) 2001.04.12, 第12頁第9-27行 & US 6674059 B1 & CN 1339157 A	1-36	
A	JP 2004-362626 A (ペンタックス株式会社) 2004.12.24, 段落【0034】、図3 (ファミリーなし)	1-36	
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 10.02.2006		国際調査報告の発送日 21.02.2006	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 鈴木 肇	5D 9847
		電話番号 03-3581-1101 内線 3551	

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2001-195769 A (コニカ株式会社) 2001. 07. 19, 段落【0255】 & JP 2002-197717 A & JP 2003-303439 A & JP 2004-006004 A & JP 2004-006005 A & JP 2004-006006 A & US 2001/0008513 A1 & US 2004/0027969 A1 & US 2004/0095875 A1 & US 2004/0136309 A1 & US 2004/0095874 A1 & US 2004/0257959 A & US 6870805 B & WO 2000/043997 A2 & EP 1022731 A2 & EP 1100078 A2 & EP 1118986 A2 & EP 1182653 A1 & EP 1369855 A2 & EP 1369856 A2 & EP 1381035 A2 & EP 1381037 A2 & DE 60000114 D & DE 60000114 T & DE 60018735 D & CN 1263339 A & AU 2129400 A & AT 216119 T & CA 2359309 A & TW 477901 B & AU 760001 B & ID 29992 A & AT 291269 T	1-36
A	JP 2004-247025 A (コニカミノルタホールディングス株式会社) 2004. 09. 02, 段落【0135】、図3 & US 2004/0047269 A1	1-36
A	JP 2005-011466 A (日本ビクター株式会社) 2005. 01. 13, 図4-6 (ファミリーなし)	1-36
A	WO 2003/091764 A1 (松下電器産業株式会社) 2003. 11. 06, 第52頁 第15行-第53頁第4行、図1 & EP 1500956 A1	1-36