(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2007 年9 月13 日 (13.09.2007)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2007/102318 A1

(51) 国際特許分類:
G11B 7/135 (2006.01) *G02B 13/18* (2006.01)
G02B 5/18 (2006.01) *G11B 7/09* (2006.01)
G02B 13/00 (2006.01) *G11B 7/125* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2007/053170

(22) 国際出願日: 2007 年2 月21 日 (21.02.2007)

(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2006-060968 2006 年3 月7 日 (07.03.2006) JP
特願2006-070701 2006 年3 月15 日 (15.03.2006) JP
特願2006-123471 2006 年4 月27 日 (27.04.2006) JP
特願2006-166148 2006 年6 月15 日 (15.06.2006) 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

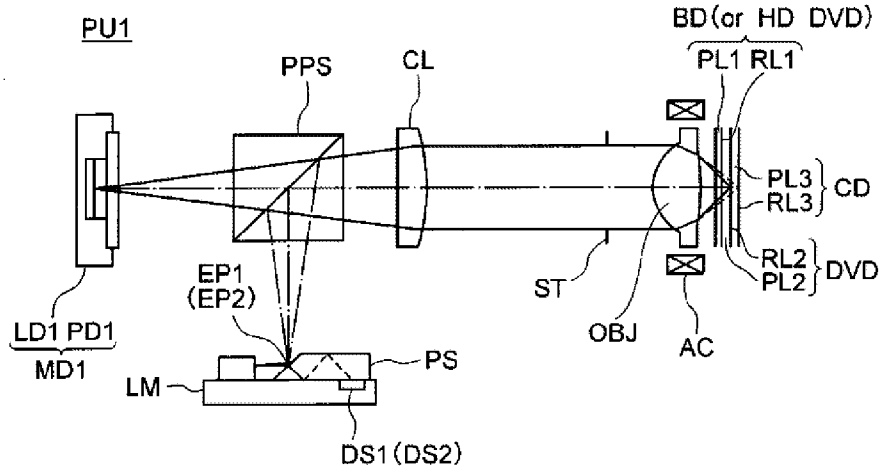
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中村 健太郎 (NAKAMURA, Kentarou) [JP/JP]; 〒1928505 東京都八王子市石川町２９７０番地コニカミノルタオプト株式会社内 Tokyo (JP). 野村 英司 (NOMURA, Eiji) [JP/JP]; 〒1928505 東京都八王子市石川町２９７０番地コニカミノルタオプト株式会社内 Tokyo (JP). 森 伸芳 (MORI, Nobuyoshi) [JP/JP]; 〒1928505 東京都八王子市石川町２９７０番地コニカミノルタオプト株式会社内 Tokyo (JP). 大田 耕平 (OTA, Kohei) [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,

[続葉有]

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

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



(57) Abstract: Provided are an optical pickup device, an objective optical element, and an optical information recording/reproducing device capable of recording and/or reproducing information to/from optical discs of different types in a compatible manner. The optical pickup device includes a first light source for emitting a first light flux, a second light source for emitting a second light flux, a third light source for emitting a third light flux, and an objective optical element. The objective optical element has an optical surface having at least two areas, i.e., a central area and a peripheral area around the central area. The central area has a first optical path difference giving structure and the peripheral area has a second optical path difference giving structure. The objective optical element gathers the light fluxes passing through the central area and the peripheral area of the objective optical element so as to respectively record and/or reproduce information onto/from an information recording surface of a predetermined optical disc. Furthermore, a focal distance of the objective optical element with respect to the third light flux satisfies a predetermined condition.

(57) 要約: 本発明は、異なる種類の光ディスクに対して互換可能に情報の記録及び／又は再生を行える光ピックアップ装置、対物光学素子及び光情報記録再生装置に

[続葉有]

WO 2007/102318 A1

DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, 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).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

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。

関する。本発明に係る光ピックアップ装置は、第一光束を射出する第一光源と、第二光束を射出する第二光源と、第三光束を射出する第三光源と、対物光学素子と、を有する。前記対物光学素子の光学面は、中央領域と前記中央領域の周りの周辺領域の少なくとも二つの領域を有し、前記中央領域は第一光路差付与構造を有し、前記周辺領域は第二光路差付与構造を有する。前記対物光学素子は、前記対物光学素子の前記中央領域および前記周辺領域を通過する光束を、それぞれ、所定の光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光する。さらに、前記対物光学素子の前記第三光束に対する焦点距離が所定の条件を満たす。

明 細 書

光ピックアップ装置、対物光学素子及び光情報記録再生装置

技術分野

[0001] 本発明は、異なる種類の光ディスクに対して互換可能に情報の記録及び／又は再生を行
える光ピックアップ装置、対物光学素子及び光情報記録再生装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、光ピックアップ装置において、光ディスクに記録された情報の再生や、光ディスクへの情報の記録のための光源として使用されるレーザ光源の短波長化が進み、例えば、青紫色半導体レーザや、第2高調波を利用して赤外半導体レーザの波長変換を行う青色SHGレーザ等、波長400～420nmのレーザ光源が実用化されつつある。これら青紫色レーザ光源を使用すると、DVD(デジタルバーサタイルディスク)と同じ開口数(NA)の対物光学素子を使用する場合で、直径12cmの光ディスクに対して、15～20GBの情報の記録が可能となり、対物光学素子のNAを0．85にまで高めた場合には、直径12cmの光ディスクに対して、23～25GBの情報の記録が可能となる。以下、本明細書では、青紫色レーザ光源を使用する光ディスク及び光磁気ディスクを総称して「高密度光ディスク」という。

[0003] 尚、NA0．85の対物光学素子を使用する高密度光ディスクでは、光ディスクの傾き(スキュー)に起因して発生するコマ収差が増大するため、DVDにおける場合よりも保護層を薄く設計し(DVDの0．6mmに対して、0．1mm)、スキューによるコマ収差量を低減しているものがある。ところで、かかるタイプの高密度光ディスクに対して適切に情報の記録／再生ができると言うだけでは、光ディスクプレーヤ／レコーダ(光情報記録再生装置)の製品としての価値は十分なものとはいえない。現在において、多種多様な情報を記録したDVDやCD(コンパクトディスク)が販売されている現実をふまえると、高密度光ディスクに対して情報の記録／再生ができるだけでは足らず、例えばユーザが所有しているDVDやCDに対しても同様に適切に情報の記録／再生ができるようにすることが、高密度光ディスク用の光ディスクプレーヤ／レコーダとし

ての商品価値を高めることに通じるのである。このような背景から、高密度光ディスク用の光ディスクプレーヤ／レコーダに搭載される光ピックアップ装置は、高密度光ディスクとDVD、更にはCDとの何れに対しても互換性を維持しながら適切に情報を記録／再生できる性能を有することが望まれる。

[0004] 高密度光ディスクとDVD、更にはCDとの何れに対しても互換性を維持しながら適切に情報を記録／再生できるようにする方法として、高密度光ディスク用の光学系とDVDやCD用の光学系とを情報を記録／再生する光ディスクの記録密度に応じて選択的に切り替える方法が考えられるが、複数の光学系が必要となるので、小型化に不利であり、またコストが増大する。

[0005] 従って、光ピックアップ装置の構成を簡素化し、低コスト化を図るためには、互換性を有する光ピックアップ装置においても、高密度光ディスク用の光学系とDVDやCD用の光学系とを共通化して、光ピックアップ装置を構成する光学部品点数を極力減らすのが好ましい。そして、光ディスクに対向して配置される対物光学素子を共通化することが光ピックアップ装置の構成の簡素化、低コスト化に最も有利となる。尚、記録／再生波長が互いに異なる複数種類の光ディスクに対して共通な対物光学素子を得るためには、球面収差の波長依存性を有する光路差付与構造を対物光学系に形成する必要がある。

[0006] 特許文献1には、光路差付与構造としての回折構造を有し、高密度光ディスクと従来のDVD及びCDに対して共通に使用可能な対物光学系、及びこの対物光学系を搭載した光ピックアップ装置が記載されている。

[0007] 然るに、上記の特許文献1に記載された、3つの異なる光ディスクに対して互換可能に情報の記録及び／又は再生を行う光ピックアップ装置に使用している対物光学素子は、光ピックアップ装置の設計仕様によっては、記録及び／又は再生に用いられる光量が不足する恐れがあるか、又は、CDのトラッキングを行う際にトラッキング用のセンサに不要光が悪影響を及ぼし、CDのトラッキングを正確に行うことが困難になる場合があるという問題がある。特に、3つの異なる光ディスクの全てにおいて、無限系の光学系を用いる場合、即ち、対物光学素子に平行光束を入射させる場合、上述の問題が顕著であった。

特許文献1:ヨーロッパ公開特許第1304689号

発明の開示

[0008] 本発明は、上述の問題を考慮したものであり、少なくとも以下の目的の一つを達成するものである。まず、対物光学素子として単玉のレンズを用いたとしても、高密度光ディスクとDVDとCD等の、記録密度が異なる3種類のディスクに対して情報の記録及び／又は再生を適切に行うことができる光ピックアップ装置、対物光学素子及び光情報記録再生装置であって、その構成の簡素化、低コスト化を実現可能な光ピックアップ装置、対物光学素子及び光情報記録再生装置を提供することを目的とする。加えて、3つの異なる光ディスクの全てに対して、無限系の光学系を用いる場合であっても、トラッキングの正確性を保つことができる光ピックアップ装置、対物光学素子及び光情報記録再生装置を提供することを目的とする。さらに、対物光学素子として、プラスチックレンズを用いたとしても、温度特性を良好にし、3種類のディスクに対して情報の記録及び／又は再生を適切に行うことができる光ピックアップ装置、対物光学素子及び光情報記録再生装置を提供することを目的とする。加えて、所望の光学性能を得る事を可能にしながらも、非常に細かい構造を用いることなく製造しやすい光ピックアップ装置、対物光学素子及び光情報記録再生装置を提供する事を目的とする。

[0009] 本発明に係る光ピックアップ装置は、第一光束を射出する第一光源と、第二光束を射出する第二光源と、第三光束を射出する第三光源と、対物光学素子と、を有する。前記対物光学素子の光学面は、中央領域と前記中央領域の周りの周辺領域の少なくとも二つの領域を有し、前記中央領域は第一光路差付与構造を有し、前記周辺領域は第二光路差付与構造を有する。前記対物光学素子は、前記対物光学素子の前記中央領域を通過する前記第一光束を、前記第1光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光し、前記中央領域を通過する前記第二光束を、前記第2光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光し、前記中央領域を通過する前記第三光束を、前記第3光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光する。また、前記対物光学素子は、前記対物光学素子の前記周辺領域を通過する前記第一光束を、前記第

1光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光し、前記周辺領域を通過する前記第二光束を、前記第2光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光する。さらに、前記対物光学素子の前記第三光束に対する焦点距離が所定の条件を満たす。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明に係る対物光学素子OBJの一例を、光軸方向から見た図である。

[図2]本発明に係る対物光学素子OBJに設けられる光路差付与構造の幾つかの例(a)～(d)を模式的に示す断面図である。

[図3]本発明に係る光ピックアップ装置の構成を概略的に示す図である。

[図4]本発明に係る対物光学素子OBJの一例を模式的に示す断面図である。

[図5]本発明に係る実施例1のBD, DVD, CDに関する縦球面収差図(a)～(c)である。

[図6]本発明に係る実施例2のBD, DVD, CDに関する縦球面収差図(a)～(c)である。

[図7]本発明に係る実施例3のBD, DVD, CDに関する縦球面収差図(a)～(c)である。

[図8]本発明に係る実施例4の対物光学素子の光路差付与構造を模式的に示す断面図である。

[図9]本発明に係る実施例4のBD、DVD, CDに関する縦球面収差図(a)～(c)である。

[図10]本発明に係るスポットの形状を示した図である。

[図11]本発明に係る実施例5のBD、DVD, CDに関する縦球面収差図(a)～(c)である。

[図12]光路差付与構造の一例の段差量を示す図である。

[図13]ピッチ幅の一例を示す図である。

[図14]本発明に係る光路差付与構造の設計方法を説明するための図(a)～(d)である。

[図15]成形された対物光学素子OBJの斜視図である。

[図16]光ピックアップ装置の製造方法の一例を示すフローチャート図である。

発明を実施するための最良の形態

[0011] 以下、本発明の好ましい形態を説明する。

[0012] (項1) 第一波長λ1の第一光束を射出する第一光源と、

第二波長λ2(λ2>λ1)の第二光束を射出する第二光源と、

第三波長λ3(λ3>λ2)の第三光束を射出する第三光源と、

前記第一光束を厚さがt1の保護基板を有する第1光ディスクの情報記録面上に集光させ、前記第二光束を厚さがt2(t1≦t2)の保護基板を有する第2光ディスクの情報記録面上に集光させ、前記第三光束を厚さがt3(t2<t3)の保護基板を有する第3光ディスクの情報記録面上に集光させるための対物光学素子と、を有する光ピックアップ装置であって、

前記光ピックアップ装置は、前記第一光束を前記第1光ディスクの情報記録面上に集光させ、前記第二光束を前記第2光ディスクの情報記録面上に集光させ、前記第三光束を前記第3光ディスクの情報記録面上に集光させることによって情報の記録及び/又は再生を行い、

前記対物光学素子の光学面は、中央領域と前記中央領域の周りの周辺領域の少なくとも二つの領域を有し、前記中央領域は第一光路差付与構造を有し、前記周辺領域は第二光路差付与構造を有し、

前記対物光学素子は、前記対物光学素子の前記中央領域を通過する前記第一光束を、前記第1光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び/又は再生ができるように集光し、前記中央領域を通過する前記第二光束を、前記第2光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び/又は再生ができるように集光し、前記中央領域を通過する前記第三光束を、前記第3光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び/又は再生ができるように集光し、

前記対物光学素子は、前記対物光学素子の前記周辺領域を通過する前記第一光束を、前記第1光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び/又は再生ができるように集光し、前記周辺領域を通過する前記第二光束を、前記第2光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び/又は再生ができるように集光し、

前記対物光学素子の前記第一光路差付与構造を通過した前記第三光束によって、前記第三光束が形成するスポットのスポット径が最も小さくなる第一ベストフォーカスと、前記第三光束が形成するスポットのスポット径が前記第一ベストフォーカスの次に小さくなる第二ベストフォーカスとが形成され、

前記第一ベストフォーカスと前記第二ベストフォーカスは、下記の式(1)を満たすことを特徴とする光ピックアップ装置。

[0013] $0.05 \leqq L/f \leqq 0.35$ (1)

但し、f[mm]は前記第一光路差付与構造を通過し、前記第一ベストフォーカスを形成する前記第三光束の焦点距離を指し、L[mm]は前記第一ベストフォーカスと前記第二ベストフォーカスの間の距離を指す。

(項2) 前記対物光学素子を通過した前記第三光束が前記第3光ディスクの情報記録面上で形成するスポットにおいて、光軸方向から見た際に、スポットの中心から外側へ向かう順番で、光量密度が高いスポット中心部、光量密度が前記スポット中心部より低いスポット中間部、光量密度が前記スポット中間部よりも高く前記スポット中心部よりも低いスポット周辺部とが形成され、

前記スポット中心部が前記第3光ディスクの情報の記録及び／又は再生に用いられ、前記スポット中間部及び前記スポット周辺部は前記第3光ディスクの情報の記録及び／又は再生に用いられず、

前記対物光学素子の前記第二光路差付与構造を通過した前記第三光束によって、前記第3光ディスクの情報記録面上で前記スポット周辺部が形成されることを特徴とする項1に記載の光ピックアップ装置。

(項3) 前記第一ベストフォーカスにおいて前記第三光束が形成する前記スポットが、前記第3光ディスクの記録及び／又は再生に用いられ、前記第二ベストフォーカスにおいて前記第三光束が形成する前記スポットは、前記第3光ディスクの記録及び／又は再生に用いられないことを特徴とする項1又は項2に記載の光ピックアップ装置。

(項4) 前記対物光学素子の光学面は、前記周辺領域の周りに屈折面である最周辺領域を有し、三つの領域を有することを特徴とする項1乃至項3のいずれか1項に

記載の光ピックアップ装置。

（項5） 前記対物光学素子の光学面は、前記周辺領域の周りに、第三光路差付与構造を有する最周辺領域を有し、三つの領域を有することを特徴とする項1乃至項3のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

（項6） 前記対物光学素子は、前記対物光学素子の前記最周辺領域を通過する前記第一光束を、前記第1光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光することを特徴とする項5に記載の光ピックアップ装置。

（項7） 前記第一光路差付与構造は、前記第一光路差付与構造を通過する前記第一光束及び前記第二光束に対して、前記第1光ディスクの保護基板の厚さt1と前記第2光ディスクの保護基板の厚さt2の違いにより発生する球面収差を補正することを特徴とする項1乃至項6のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

（項8） 前記第一光路差付与構造は、前記第一光路差付与構造を通過する前記第一光束及び前記第三光束に対して、前記第1光ディスクの保護基板の厚さt1と前記第3光ディスクの保護基板の厚さt3の違いにより発生する球面収差を補正することを特徴とする項1乃至項7のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

（項9） 前記第二光路差付与構造は、前記第二光路差付与構造を通過する前記第一光束及び前記第二光束に対して、前記第1光ディスクの保護基板の厚さt1と前記第2光ディスクの保護基板の厚さt2の違いにより発生する球面収差を補正することを特徴とする項1乃至項8のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

[0014] （項10） 前記第二光路差付与構造は、前記第二光路差付与構造を通過する前記第一光束および前記第二光束に対して、前記第一光源又は前記第二光源の波長の僅かな変動によって発生するスフェロクロマティズム（色球面収差）を補正することを特徴とする項1乃至項9のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

（項11） 前記第一光束及び前記第二光束が前記対物光学素子へ入射する時の前記対物光学素子の倍率m1、m2が、下記の式（2）、（3）を満たすことを特徴とする項1乃至項10のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

[0015] $-0.02 < m1 < 0.02$ （2）

$-0.02 < m2 < 0.02$ （3）

（項12） 前記第三光束が前記対物光学素子へ入射する時の前記対物光学素子の倍率m3が、下記の式(4)を満たすことを特徴とする項11に記載の光ピックアップ装置。

[0016] －0．02＜m3＜0．02 (4)

（項13） 前記第三光束が前記対物光学素子へ入射する時の前記対物光学素子の倍率m3が、下記の式(5)を満たすことを特徴とする項11に記載の光ピックアップ装置。

[0017] －0．10＜m3＜0．00 (5)

（項14） 前記対物光学素子は、単玉レンズであることを特徴とする項1乃至項13のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

（項15） 前記対物光学素子は、プラスチックレンズであることを特徴とする項14に記載の光ピックアップ装置。

（項16） 前記対物光学素子の同一の光学面が、前記第一光路差付与構造及び前記第二光路差付与構造を有することを特徴とする項1乃至項15のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

（項17） 前記対物光学素子の同一の光学面が、前記第一光路差付与構造、前記第二光路差付与構造及び屈折面である前記最周辺領域を有することを特徴とする項4乃至項16のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

（項18） 前記対物光学素子の同一の光学面が、前記第一光路差付与構造、前記第二光路差付与構造及び前記第三光路差付与構造を有する前記最周辺領域を有することを特徴とする項5乃至項16のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

（項19） 第一波長λ1の第一光束を射出する第一光源と、

第二波長λ2(λ2＞λ1)の第二光束を射出する第二光源と、

第三波長λ3(λ3＞λ2)の第三光束を射出する第三光源とを有し、前記第一光束を用いて厚さがt1の保護基板を有する第1光ディスクの情報の記録及び／又は再生を行い、前記第二光束を用いて厚さがt2(t1≦t2)の保護基板を有する第2光ディスクの情報の記録及び／又は再生を行い、前記第三光束を用いて厚さがt3(t2＜t3)の保護基板を有する第3光ディスクの情報の記録及び／又は再生を行う光ピックア

ップ装置において用いられる対物光学素子であって、

前記対物光学素子の光学面は、中央領域と前記中央領域の周りの周辺領域の少なくとも二つの領域を有し、前記中央領域は第一光路差付与構造を有し、前記周辺領域は第二光路差付与構造を有し、

前記対物光学素子は、前記対物光学素子の前記中央領域を通過する前記第一光束を、前記第1光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光し、前記中央領域を通過する前記第二光束を、前記第2光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光し、前記中央領域を通過する前記第三光束を、前記第3光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光し、

前記対物光学素子は、前記対物光学素子の前記周辺領域を通過する前記第一光束を、前記第1光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光し、前記周辺領域を通過する前記第二光束を、前記第2光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光し、

前記対物光学素子の前記第一光路差付与構造を通過した前記第三光束によって、前記第三光束が形成するスポットのスポット径が最も小さくなる第一ベストフォーカスと、前記第三光束が形成するスポットのスポット径が前記第一ベストフォーカスの次に小さくなる第二ベストフォーカスとが形成され、

前記第一ベストフォーカスと前記第二ベストフォーカスは、下記の式(1)を満たすことを特徴とする対物光学素子。

[0018] $0.05 \leqq L/f \leqq 0.35$ (1)

但し、f[mm]は前記第一光路差付与構造を通過し、前記第一ベストフォーカスを形成する前記第三光束の焦点距離を指し、L[mm]は前記第一ベストフォーカスと前記第二ベストフォーカスの間の距離を指す。

(項20) 前記第一ベストフォーカスを形成する位置において前記対物光学素子を通過した前記第三光束によって形成されるスポットにおいて、光軸方向から見た際に、スポットの中心から外側へ向かう順番で、光量密度が高いスポット中心部、光量密度が前記スポット中心部より低いスポット中間部、光量密度が前記スポット中間部より

も高く前記スポット中心部よりも低いスポット周辺部とが形成され、

前記対物光学素子の前記第二光路差付与構造を通過した前記第三光束によって前記スポット周辺部が形成されることを特徴とする項19に記載の対物光学素子。

(項21) 前記対物光学素子は、前記周辺領域の周りに屈折面である最周辺領域を有することを特徴とする項19又は項20に記載の対物光学素子。

(項22) 前記対物光学素子は、前記周辺領域の周りに、第三光路差付与構造を有する最周辺領域を有することを特徴とする項19又は項20に記載の対物光学素子。

(項23) 前記対物光学素子は、前記対物光学素子の前記最周辺領域を通過する前記第一光束を、前記第1光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光することを特徴とする項21に記載の対物光学素子。

(項24) 前記第一光路差付与構造は、前記第一光路差付与構造を通過する前記第一光束及び前記第二光束に対して、前記第1光ディスクの保護基板の厚さt1と前記第2光ディスクの保護基板の厚さt2の違いにより発生する球面収差を補正することを特徴とする項19乃至項23のいずれか1項に記載の対物光学素子。

(項25) 前記第一光路差付与構造は、前記第一光路差付与構造を通過する前記第一光束及び前記第三光束に対して、前記第1光ディスクの保護基板の厚さt1と前記第3光ディスクの保護基板の厚さt3の違いにより発生する球面収差を補正することを特徴とする項19乃至項24のいずれか1項に記載の対物光学素子。

(項26) 前記第二光路差付与構造は、前記第二光路差付与構造を通過する前記第一光束及び前記第二光束に対して、前記第1光ディスクの保護基板の厚さt1と前記第2光ディスクの保護基板の厚さt2の違いにより発生する球面収差を補正することを特徴とする項19乃至項25のいずれか1項に記載の対物光学素子。

(項27) 前記第二光路差付与構造は、前記第二光路差付与構造を通過する前記第一光束および前記第二光束に対して、前記第一光源又は前記第二光源の波長の僅かな変動によって発生するスフェロクロマティズム(色球面収差)を補正することを特徴とする項19項乃至項26のいずれか1項に記載の対物光学素子。

(項28) 前記対物光学素子は、単玉レンズであることを特徴とする項19乃至項27のいずれか1項に記載の対物光学素子。

（項29） 前記対物光学素子は、プラスチックレンズであることを特徴とする項28に記載の対物光学素子。

（項30） 前記対物光学素子の同一の光学面が、前記第一光路差付与構造及び前記第二光路差付与構造を有することを特徴とする項19乃至項29のいずれか1項に記載の対物光学素子。

（項31） 前記対物光学素子の同一の光学面が、前記第一光路差付与構造、前記第二光路差付与構造及び屈折面である前記最周辺領域を有することを特徴とする項21乃至項30のいずれか1項に記載の対物光学素子。

（項32） 前記対物光学素子の同一の光学面が、前記第一光路差付与構造、前記第二光路差付与構造及び前記第三光路差付与構造を有する前記最周辺領域を有することを特徴とする項22乃至項30のいずれか1項に記載の対物光学素子。

（項33） 第一波長λ1の第一光束を射出する第一光源と、第二波長λ2（λ2＞λ1）の第二光束を射出する第二光源と、第三波長λ3（λ3＞λ2）の第三光束を射出する第三光源と、前記第一光束を厚さがt1の保護基板を有する第1光ディスクの情報記録面上に集光させ、前記第二光束を厚さがt2（t1≦t2）の保護基板を有する第2光ディスクの情報記録面上に集光させ、前記第三光束を厚さがt3（t2＜t3）の保護基板を有する第3光ディスクの情報記録面上に集光させるための対物光学素子と、を有し、前記第一光束を前記第1光ディスクの情報記録面上に集光させ、前記第二光束を前記第2光ディスクの情報記録面上に集光させ、前記第三光束を前記第3光ディスクの情報記録面上に集光させることによって情報の記録及び／又は再生を行う光ピックアップ装置を有する光情報記録再生装置であって、

前記対物光学素子の光学面は、中央領域と前記中央領域の周りの周辺領域の少なくとも二つの領域を有し、前記中央領域に第一光路差付与構造を有し、前記周辺領域に第二光路差付与構造を有し、

前記対物光学素子は、前記対物光学素子の前記中央領域を通過する前記第一光束を、前記第1光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光し、前記中央領域を通過する前記第二光束を、前記第2光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光し、前記中央領域を通

過する前記第三光束を、前記第3光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光し、

前記対物光学素子は、前記対物光学素子の前記周辺領域を通過する前記第一光束を、前記第1光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光し、前記周辺領域を通過する前記第二光束を、前記第2光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光し、

前記対物光学素子の前記第一光路差付与構造を通過した前記第三光束によって、前記第三光束が形成するスポットのスポット径が最も小さくなる第一ベストフォーカスと、前記第三光束が形成するスポットのスポット径が前記第一ベストフォーカスの次に小さくなる第二ベストフォーカスとが形成され、

前記第一ベストフォーカスと前記第二ベストフォーカスは、下記の式(1)を満たすことを特徴とする光情報記録再生装置。

[0019] $0.05 \leqq L/f \leqq 0.35$ (1)

但し、f[mm]は前記第一光路差付与構造を通過し、前記第一ベストフォーカスを形成する前記第三光束の焦点距離を指し、L[mm]は前記第一ベストフォーカスと前記第二ベストフォーカスの間の距離を指す。

(項34) 前記対物光学素子を通過した前記第三光束が前記第3光ディスクの情報記録面上で形成するスポットにおいて、光軸方向から見た際に、スポットの中心から外側へ向かう順番で、光量密度が高いスポット中心部、光量密度が前記スポット中心部より低いスポット中間部、光量密度が前記スポット中間部よりも高く前記スポット中心部よりも低いスポット周辺部とが形成され、

前記スポット中心部が前記第3光ディスクの情報の記録及び／又は再生に用いられ、前記スポット中間部及び前記スポット周辺部は前記第3光ディスクの情報の記録及び／又は再生に用いられず、

前記対物光学素子の前記第二光路差付与構造を通過した前記第三光束によって、前記第3光ディスクの情報記録面上で前記スポット周辺部が形成されることを特徴とする項33に記載の光情報記録再生装置。

[0020] 本発明に係る光ピックアップ装置は、第一光源、第二光源、第三光源の少なくとも3

つの光源を有する。さらに、本発明の光ピックアップ装置は、第一光束を第1光ディスクの情報記録面上に集光させ、第二光束を第2光ディスクの情報記録面上に集光させ、第三光束を第3光ディスクの情報記録面上に集光させるための集光光学系を有する。また、本発明の光ピックアップ装置は、第1光ディスク、第2光ディスク又は第3光ディスクの情報記録面からの反射光束を受光する受光素子を有する。

[0021] 第1光ディスクは、厚さがt1の保護基板と情報記録面とを有する。第2光ディスクは厚さがt2(t1≦t2)の保護基板と情報記録面とを有する。第3光ディスクは、厚さがt3(t2<t3)の保護基板と情報記録面とを有する。第1光ディスクが高密度光ディスクであり、第2光ディスクが、DVDであり、第3光ディスクがCDであることが好ましいが、これに限られるものではない。また、t1<t2である場合は、t1=t2である場合に比して、単玉の対物光学素子によって3つの異なる光ディスクの記録及び/又は再生を行いつつ、第3光ディスクの記録再生時のトラッキング特性を良好にすることはより困難であるが、本発明の形態はそれを可能とする。なお、第1光ディスク、第2光ディスク又は第3光ディスクは、複数の情報記録面を有する複数層の光ディスクでもよい。

[0022] 本明細書においては、高密度光ディスクの例としては、NA0.85の対物光学素子により情報の記録/再生が行われ、保護基板の厚さが0.1mm程度である規格の光ディスク(例えば、BD:ブルーレイディスク(Blu-ray Disc))が挙げられる。また、他の高密度光ディスクの例としては、NA0.65乃至0.67の対物光学素子により情報の記録/再生が行われ、保護基板の厚さが0.6mm程度である規格の光ディスク(例えば、HD DVD:単にHDともいう)が挙げられる。また、高密度光ディスクには、情報記録面上に数～数十nm程度の厚さの保護膜(本明細書では、保護基板は保護膜も含むものとする)を有する光ディスクや、保護基板の厚さが0の光ディスクも含まれる。また、高密度光ディスクには、情報の記録/再生用の光源として、青紫色半導体レーザや青紫色SHGレーザが用いられる光磁気ディスクも含まれるものとする。更に、本明細書においては、DVDとは、NA0.60～0.67程度の対物光学素子により情報の記録/再生が行われ、保護基板の厚さが0.6mm程度であるDVD系列光ディスクの総称であり、DVD-ROM、DVD-Video、DVD-Audio、DVD-RAM、DVD-R、DVD-RW、DVD+R、DVD+RW等を含む。また、本明細書に

おいては、CDとは、NA0．45～0．51程度の対物光学素子により情報の記録／再生が行われ、保護基板の厚さが1．2mm程度であるCD系列光ディスクの総称であり、CD－ROM、CD－Audio、CD－Video、CD－R、CD－RW等を含む。尚、記録密度については、高密度光ディスクの記録密度が最も高く、次いでDVD、CDの順に低くなる。

[0023] なお、保護基板の厚さt1、t2、t3に関しては、以下の条件式(6)、(7)、(8)を満たすことが好ましいが、これに限られない。

[0024] 0．0750mm≦t1≦0．125mm 又は 0．5mm≦t1≦0．7mm (6)

0．5mm≦t2≦0．7mm (7)

1．0mm≦t3≦1．3mm (8)

本明細書において、第一光源、第二光源、第三光源は、好ましくはレーザ光源である。レーザ光源としては、好ましくは半導体レーザ、シリコンレーザ等を用いることが出来る。第一光源から出射される第一光束の第一波長λ1、第二光源から出射される第二光束の第二波長λ2(λ2＞λ1)、第三光源から出射される第三光束の第三波長λ3(λ3＞λ2)は以下の条件式(9)、(10)を満たすことが好ましい。

[0025] 1．5×λ1＜λ2＜1．7×λ1 (9)

1．9×λ1＜λ3＜2．1×λ1 (10)

また、第1光ディスク、第2光ディスク、第3光ディスクとして、それぞれ、BDまたはHD、DVD及びCDが用いられる場合、第一光源の第一波長λ1は好ましくは、350nm以上、440nm以下、より好ましくは、380nm以上、415nm以下であって、第二光源の第二波長λ2は好ましくは570nm以上、680nm以下、より好ましくは630nm以上、670nm以下であって、第三光源の第三波長λ3は好ましくは、750nm以上、880nm以下、より好ましくは、760nm以上、820nm以下で
ある。

[0026] また、第一光源、第二光源、第三光源のうち少なくとも2つの光源をユニット化してもよい。ユニット化とは、例えば第一光源と第二光源とが1パッケージに固定収納されているようなものをいうが、これに限られず、2つの光源が収差補正不能なように固定されている状態を広く含むものである。また、光源に加えて、後述する受光素子を1パッ

ケージ化してもよい。

[0027] 受光素子としては、フォトダイオードなどの光検出器が好ましく用いられる。光ディスクの情報記録面上で反射した光が受光素子へ入射し、その出力信号を用いて、各光ディスクに記録された情報の読み取り信号が得られる。さらに、受光素子上のスポットの形状変化、位置変化による光量変化を検出して、合焦検出やトラック検出を行い、この検出に基づいて、合焦、トラッキングのために対物光学素子を移動させることが出来る。受光素子は、複数の光検出器からなっていてもよい。受光素子は、メインの光検出器とサブの光検出器を有していてもよい。例えば、情報の記録再生に用いられるメイン光を受光する光検出器の両脇に2つのサブの光検出器を設け、当該2つのサブの光検出器によってトラッキング調整用のサブ光を受光するような受光素子としてもよい。また、受光素子は各光源に対応した複数の受光素子を有していてもよい。

[0028] 集光光学系は、対物光学素子を有する。集光光学系は、対物光学素子のみを有していても良いが、集光光学系は、対物光学素子の他にコリメータレンズ等のカップリングレンズを有していてもよい。カップリングレンズとは、対物光学素子と光源の間に配置され、光束の発散角を変える単レンズ又はレンズ群のことをいう。コリメータレンズは、カップリングレンズの一種で、コリメータレンズに入射した光を平行光にして出射するレンズである。更に集光光学系は、光源から射出された光束を、情報の記録再生に用いられるメイン光束と、トラッキング等に用いられる二つのサブ光束とに分割する回折光学素子などの光学素子を有していてもよい。本明細書において、対物光学素子とは、光ピックアップ装置において光ディスク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ディスクの情報記録面上に集光する機能を有する光学系を指す。好ましくは、対物光学素子とは、光ピックアップ装置において光ディスク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ディスク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、更に、アクチュエータにより少なくとも光軸方向に一体的に変異可能とされた光学系を指す。対物光学素子は、二つ以上の複数のレンズ及び光学素子から構成されていてもよいし、単玉の対物レンズのみでもよいが、好ましくは単玉の対物レンズである。また、対物光学素子は、ガラスレンズであって

もプラスチックレンズであっても、又は、ガラスレンズの上に光硬化性樹脂などで光路差付与構造などを設けたハイブリッドレンズであってもよい。対物光学素子が複数のレンズを有する場合は、ガラスレンズとプラスチックレンズを混合して用いてもよい。対物光学素子が複数のレンズを有する場合、光路差付与構造を有する平板光学素子と非球面レンズ(光路差付与構造を有していてもいなくてもよい)の組み合わせであってもよい。また、対物光学素子は、屈折面が非球面であることが好ましい。また、対物光学素子は、光路差付与構造が設けられるベース面が非球面であることが好ましい。

[0029] また、対物光学素子をガラスレンズとする場合は、ガラス転移点Tgが400℃以下であるガラス材料を使用することが好ましい。ガラス転移点Tgが400℃以下であるガラス材料を使用することにより、比較的低温での成形が可能となるので、金型の寿命を延ばすことが出来る。このようなガラス転移点Tgが低いガラス材料としては、例えば(株)住田光学ガラス製のK－PG325や、K－PG375(共に製品名)がある。

[0030] ところで、ガラスレンズは一般的に樹脂レンズよりも比重が大きいため、対物光学素子をガラスレンズとすると、重量が大きくなり対物光学素子を駆動するアクチュエータに負担がかかる。そのため、対物光学素子をガラスレンズとする場合には、比重が小さいガラス材料を使用するのが好ましい。具体的には、比重が3．0以下であるのが好ましく、2．8以下であるのがより好ましい。

[0031] また、対物光学素子をプラスチックレンズとする場合は、環状オレフィン系の樹脂材料を使用するのが好ましく、環状オレフィン系の中でも、波長405nmに対する温度25℃での屈折率が1．54乃至1．60の範囲内であって、－5℃から70℃の温度範囲内での温度変化に伴う波長405nmに対する屈折率変化率dN／dT(℃$^{-1}$)が－20×10^{-5}乃至－5×10^{-5}(より好ましくは、－10×10^{-5}乃至－8×10^{-5})の範囲内である樹脂材料を使用するのがより好ましい。また、対物光学素子をプラスチックレンズとする場合、カップリングレンズもプラスチックレンズとすることが好ましい。

[0032] 或いは、本発明の対物光学素子に適した樹脂材料として、上記環状オレフィン系以外にも「アサーマル樹脂」がある。アサーマル樹脂とは、母材となる樹脂に、直径が30nm以下の粒子を分散させた樹脂材料である。ここで、前記粒子は、母材となる樹

脂の温度変化に伴う屈折率変化率と逆符号の屈折率変化率を有する。一般に、透明な樹脂材料に微粉末を混合させると、光の散乱が生じ、透過率が低下するため、光学材料として使用することは困難であったが、微粉末を透過光束の波長より小さい大きさにすることにより、散乱が事実上発生しないようにできることがわかってきた。

[0033] 樹脂材料は、温度が上昇することにより、屈折率が低下してしまうが、無機粒子は温度が上昇すると屈折率が上昇する。そこでこれらの性質をあわせて打ち消しあうように作用させることにより、屈折率変化が生じないようにすることも知られている。本発明に係る対物光学素子の材料として、母材となる樹脂に30ナノメートル以下、好ましくは20ナノメートル以下、さらに好ましくは10～15ナノメートルの無機粒子を分散させた材料を利用することで、屈折率の温度依存性が無いか、あるいはきわめて低い対物光学素子を提供できる。

[0034] たとえば、アクリル樹脂に、酸化ニオブ(Nb_2O_5)の微粒子を分散させている。母材となる樹脂は、体積比で80、酸化ニオブは20程度の割合であり、これらを均一に混合する。微粒子は凝集しやすいという問題があるが、粒子表面に電荷を与えて分散させる等の技術により、必要な分散状態を生じさせることが出来る。

[0035] 後述するように、母材となる樹脂と粒子との混合・分散は、対物光学素子の射出成形時にインラインで行うことが好ましい。いいかえると、混合・分散した後は、対物光学素子に成形される迄、冷却・固化されないことが好ましい。

[0036] なお、この体積比率は、屈折率の温度に対する変化の割合をコントロールするために、適宜増減できるし、複数種類のナノサイズ無機粒子をブレンドして分散させることも可能である。

[0037] 比率では、上記の例では80:20、すなわち4:1であるが、90:10(9:1)から60:40(3:2)までの間で適宜調整可能である。9:1よりも少ないと温度変化抑制の効果が小さくなり、逆に3:2を越えると樹脂の成形性に問題が生じるために好ましくない。

[0038] 微粒子は無機物であることが好ましく、さらに酸化物であることが好ましい。そして酸化状態が飽和していて、それ以上酸化しない酸化物であることが好ましい。

[0039] 無機物であることは、高分子有機化合物である母材となる樹脂との反応を低く抑えられるために好ましく、また酸化物であることによって、使用に伴う劣化を防ぐことが出

来る。特に高温化や、レーザ光を照射されるという過酷な条件において、酸化が促進されやすくなるが、このような無機酸化物の微粒子であれば、酸化による劣化を防ぐことが出来る。

[0040] また、その他の要因による樹脂の酸化を防止するために、酸化防止剤を添加することも勿論可能である。

[0041] ちなみに、母材となる樹脂としては、日本公開特許公報の特開2004－144951号、特開2004－144954号、及び特開2004－144953号等に記載されているような樹脂が適宜好ましく用いられる。

[0042] 熱可塑性樹脂中に分散される無機微粒子としては特に限定はなく、得られる熱可塑性樹脂組成物の温度による屈折率の変化率(以後、｜dn／dT｜とする)が小さいという本発明の目的の達成を可能とする無機微粒子の中から任意に選択することができる。具体的には酸化物微粒子、金属塩微粒子、半導体微粒子などが好ましく用いられ、この中から、光学素子として使用する波長領域において吸収、発光、蛍光等が生じないものを適宜選択して使用することが好ましい。

[0043] 本発明において用いられる酸化物微粒子としては、金属酸化物を構成する金属が、Li、Na、Mg、Al、Si、K、Ca、Sc、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Rb、Sr、Y、Nb、Zr、Mo、Ag、Cd、In、Sn、Sb、Cs、Ba、La、Ta、Hf、W、Ir、Tl、Pb、Bi及び希土類金属からなる群より選ばれる1種または2種以上の金属である金属酸化物を用いることができ、具体的には、例えば、酸化珪素、酸化チタン、酸化亜鉛、酸化アルミニウム、酸化ジルコニウム、酸化ハフニウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化マグネシウム、酸化カルシウム、酸化ストロンチウム、酸化バリウム、酸化インジウム、酸化錫、酸化鉛、これら酸化物より構成される複酸化物であるニオブ酸リチウム、ニオブ酸カリウム、タンタル酸リチウム、アルミニウム・マグネシウム酸化物($MgAl_2O_4$)等が挙げられる。また、本発明において用いられる酸化物微粒子として希土類酸化物を用いることもでき、具体的には酸化スカンジウム、酸化イットリウム、酸化ランタン、酸化セリウム、酸化プラセオジム、酸化ネオジム、酸化サマリウム、酸化ユウロピウム、酸化ガドリニウム、酸化テルビウム、酸化ジスプロシウム、酸化ホルミウム、酸化エルビウム、酸化ツリウム、酸化イッテルビウム、酸化ルテチウム等も挙げられる。金属塩微

粒子としては、炭酸塩、リン酸塩、硫酸塩などが挙げられ、具体的には炭酸カルシウム、リン酸アルミニウム等が挙げられる。

[0044] また、本発明における半導体微粒子とは、半導体結晶組成の微粒子を意味し、該半導体結晶組成の具体的な組成例としては、炭素、ケイ素、ゲルマニウム、錫等の周期表第14族元素の単体、リン(黒リン)等の周期表第15族元素の単体、セレン、テルル等の周期表第16族元素の単体、炭化ケイ素(SiC)等の複数の周期表第14族元素からなる化合物、酸化錫(IV)(SnO_2)、硫化錫(II, IV)(Sn(II)Sn(IV)S_3)、硫化錫(IV)(SnS_2)、硫化錫(II)(SnS)、セレン化錫(II)(SnSe)、テルル化錫(II)(SnTe)、硫化鉛(II)(PbS)、セレン化鉛(II)(PbSe)、テルル化鉛(II)(PbTe)等の周期表第14族元素と周期表第16族元素との化合物、窒化ホウ素(BN)、リン化ホウ素(BP)、砒化ホウ素(BAs)、窒化アルミニウム(AlN)、リン化アルミニウム(AlP)、砒化アルミニウム(AlAs)、アンチモン化アルミニウム(AlSb)、窒化ガリウム(GaN)、リン化ガリウム(GaP)、砒化ガリウム(GaAs)、アンチモン化ガリウム(GaSb)、窒化インジウム(InN)、リン化インジウム(InP)、砒化インジウム(InAs)、アンチモン化インジウム(InSb)等の周期表第13族元素と周期表第15族元素との化合物(あるいはIII－V族化合物半導体)、硫化アルミニウム(Al_2S_3)、セレン化アルミニウム(Al_2Se_3)、硫化ガリウム(Ga_2S_3)、セレン化ガリウム(Ga_2Se_3)、テルル化ガリウム(Ga_2Te_3)、酸化インジウム(In_2O_3)、硫化インジウム(In_2S_3)、セレン化インジウム(In_2Se_3)、テルル化インジウム(In_2Te_3)等の周期表第13族元素と周期表第16族元素との化合物、塩化タリウム(I)(TlCl)、臭化タリウム(I)(TlBr)、ヨウ化タリウム(I)(TlI)等の周期表第13族元素と周期表第17族元素との化合物、酸化亜鉛(ZnO)、硫化亜鉛(ZnS)、セレン化亜鉛(ZnSe)、テルル化亜鉛(ZnTe)、酸化カドミウム(CdO)、硫化カドミウム(CdS)、セレン化カドミウム(CdSe)、テルル化カドミウム(CdTe)、硫化水銀(HgS)、セレン化水銀(HgSe)、テルル化水銀(HgTe)等の周期表第12族元素と周期表第16族元素との化合物(あるいはII－VI族化合物半導体)、硫化砒素(III)(As_2S_3)、セレン化砒素(III)(As_2Se_3)、テルル化砒素(III)(As_2Te_3)、硫化アンチモン(III)(Sb_2S_3)、セレン化アンチモン(III)(Sb_2Se_3)、テルル化アンチモン(III)(Sb_2Te_3)、硫化ビスマス(III)(Bi_2S_3)、セレン化ビスマス(III)(Bi_2Se_3)、テルル化ビスマス(III)(Bi_2

Te_3)等の周期表第15族元素と周期表第16族元素との化合物、酸化銅(I)(Cu_2O)、セレン化銅(I)(Cu_2Se)等の周期表第11族元素と周期表第16族元素との化合物、塩化銅(I)(CuCl)、臭化銅(I)(CuBr)、ヨウ化銅(I)(CuI)、塩化銀(AgCl)、臭化銀(AgBr)等の周期表第11族元素と周期表第17族元素との化合物、酸化ニッケル(II)(NiO)等の周期表第10族元素と周期表第16族元素との化合物、酸化コバルト(II)(CoO)、硫化コバルト(II)(CoS)等の周期表第9族元素と周期表第16族元素との化合物、四酸化三鉄(Fe_3O_4)、硫化鉄(II)(FeS)等の周期表第8族元素と周期表第16族元素との化合物、酸化マンガン(II)(MnO)等の周期表第7族元素と周期表第16族元素との化合物、硫化モリブデン(IV)(MoS_2)、酸化タングステン(IV)(WO_2)等の周期表第6族元素と周期表第16族元素との化合物、酸化バナジウム(II)(VO)、酸化バナジウム(IV)(VO_2)、酸化タンタル(V)(Ta_2O_5)等の周期表第5族元素と周期表第16族元素との化合物、酸化チタン(TiO_2、Ti_2O_5、Ti_2O_3、Ti_5O_9等)等の周期表第4族元素と周期表第16族元素との化合物、硫化マグネシウム(MgS)、セレン化マグネシウム(MgSe)等の周期表第2族元素と周期表第16族元素との化合物、酸化カドミウム(II)クロム(III)($CdCr_2O_4$)、セレン化カドミウム(II)クロム(III)($CdCr_2Se_4$)、硫化銅(II)クロム(III)($CuCr_2S_4$)、セレン化水銀(II)クロム(III)($HgCr_2Se_4$)等のカルコゲンスピネル類、バリウムチタネート($BaTiO_3$)等が挙げられる。なお、G. Schmidら;Adv. Mater., 4巻, 494頁(1991)に報告されている$(BN)_{75}(BF_2)_{15}F_{15}$や、D. Fenskeら;Angew. Chem. Int. Ed. Engl., 29巻, 1452頁(1990)に報告されている$Cu_{146}Se_{73}$(トリエチルホスフィン)$_{22}$のように構造の確定されている半導体クラスターも同様に例示される。

[0045] 一般的に熱可塑性樹脂のdn／dTは負の値を持つ。即ち温度の上昇に伴い屈折率が小さくなる。従って、熱可塑性樹脂組成物の｜dn／dT｜を効率的に小さくする為には、dn／dTが大きい微粒子を分散させることが好ましい。熱可塑性樹脂のdn／dTと同符号の値を持つ微粒子を用いる場合には、微粒子のdn／dTの絶対値が、母材となる熱可塑性樹脂のdn／dTよりも小さいことが好ましい。更に、母材となる熱可塑性樹脂のdn／dTと逆符号のdn／dTを有する微粒子、即ち、正の値のdn／dTを有する微粒子が好ましく用いられる。このような微粒子を熱可塑性樹脂に分散させ

ることで、少ない量で効果的に熱可塑性樹脂組成物の｜dn／dT｜を小さくすることができる。分散される微粒子のdn／dTは、母材となる熱可塑性樹脂のdn／dTの値により適宜選択することができるが、一般的に光学素子に好ましく用いられる熱可塑性樹脂に微粒子を分散させる場合は、微粒子のdn／dTが－20×10－6よりも大きいことが好ましく、－10×10－6よりも大きいことが更に好ましい。dn／dTが大きい微粒子として、好ましくは、例えば、窒化ガリウム、硫化亜鉛、酸化亜鉛、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウムなどが用いられる。

[0046] 一方、熱可塑性樹脂に微粒子を分散させる際には、母材となる熱可塑性樹脂と微粒子の屈折率の差が小さいことが望ましい。発明者らの検討の結果、熱可塑性樹脂と分散される微粒子の屈折率の差が小さいと、光を透過させた場合に散乱を起こし難いということがわかった。熱可塑性樹脂に微粒子を分散させる際、粒子が大きい程、光を透過させた時の散乱を起こしやすくなるが、熱可塑性樹脂と分散される微粒子の屈折率の差が小さいと、比較的大きな微粒子を用いても光の散乱が発生する度合いが小さいことを発見した。熱可塑性樹脂と分散される微粒子の屈折率の差は、0～0．3の範囲であることが好ましく、更に0～0．15の範囲であることが好ましい。

[0047] 光学材料として好ましく用いられる熱可塑性樹脂の屈折率は、1．4～1．6程度である場合が多く、これらの熱可塑性樹脂に分散させる材料としては、例えばシリカ（酸化ケイ素）、炭酸カルシウム、リン酸アルミニウム、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、アルミニウム・マグネシウム酸化物などが好ましく用いられる。

[0048] また、比較的屈折率の低い微粒子を分散させることで、熱可塑性樹脂組成物のdn／dTを効果的に小さくすることができることがわかった。屈折率が低い微粒子を分散した熱可塑性樹脂組成物の｜dn／dT｜が小さくなる理由について、詳細はわかっていないものの、樹脂組成物における無機微粒子の体積分率の温度変化が、微粒子の屈折率が低いほど、樹脂組成物の｜dn／dT｜を小さくする方向に働くのではないかと考えられる。比較的屈折率が低い微粒子としては、例えばシリカ（酸化ケイ素）、炭酸カルシウム、リン酸アルミニウムが好ましく用いられる。

[0049] 熱可塑性樹脂組成物のdn／dTの低減効果、光透過性、所望の屈折率等を全て同時に向上させることは困難であり、熱可塑性樹脂に分散させる微粒子は、熱可塑

性樹脂組成物に求める特性に応じて、微粒子自体のdn／dTの大きさ、微粒子のdn／dTと母材となる熱可塑性樹脂のdn／dTとの差、及び微粒子の屈折率等を考慮して適宜選択することができる。更に、母材となる熱可塑性樹脂との相性、即ち、熱可塑性樹脂に対する分散性、散乱を引き起こし難い微粒子を適宜選択して用いることは、光透過性を維持する上で好ましい。

[0050] 例えば、光学素子に好ましく用いられる環状オレフィンポリマーを母材として用いる場合、光透過性を維持しながら｜dn／dT｜を小さくする微粒子としては、シリカが好ましく用いられる。

[0051] 上記の微粒子は、1種類の無機微粒子を用いてもよく、また複数種類の無機微粒子を併用してもよい。異なる性質を有する複数種類の微粒子を用いることで、必要とされる特性を更に効率よく向上させることもできる。

[0052] また、本発明に係る無機微粒子は、平均粒子径が1nm以上、30nm以下が好ましく、1nm以上、20nm以下がより好ましく、さらに好ましくは1nm以上、10nm以下である。平均粒子径が1nm未満の場合、無機微粒子の分散が困難になり所望の性能が得られない恐れがあることから、平均粒子径は1nm以上であることが好ましく、また平均粒子径が30nmを超えると、得られる熱可塑性材料組成物が濁るなどして透明性が低下し、光線透過率が70％未満となる恐れがあることから、平均粒子径は30nm以下であることが好ましい。ここでいう平均粒子径は各粒子を同体積の球に換算した時の直径（球換算粒径）の体積平均値を言う。

[0053] さらに、無機微粒子の形状は、特に限定されるものではないが、球状の微粒子が好適に用いられる。具体的には、粒子の最小径（微粒子の外周に接する2本の接線を引く場合における当該接線間の距離の最小値）／最大径（微粒子の外周に接する2本の接線を引く場合における当該接線間の距離の最大値）が0．5～1．0であることが好ましく、0．7～1．0であることが更に好ましい。

[0054] また、粒子径の分布に関しても特に制限されるものではないが、効果をより効率よく発現させるためには、広範な分布を有するものよりも、比較的狭い分布を持つものが好適に用いられる。

[0055] 対物光学素子について、以下に記載する。対物光学素子の少なくとも一つの光学

面が、中央領域と、中央領域の周りの周辺領域とを有する。更に好ましくは、対物光学素子の少なくとも一つの光学面が、周辺領域の周りに最周辺領域を有する。最周辺領域を設けることにより、高NAの光ディスクに対する記録及び／又は再生をより適切に行うことが可能となる。中央領域は、対物光学素子の光軸を含む領域であることが好ましいが、含まない領域であってもよい。中央領域、周辺領域、及び最周辺領域は同一の光学面上に設けられていることが好ましい。図1に示されるように、中央領域CN、周辺領域MD、最周辺領域OTは、同一の光学面上に、光軸を中心とする同心円状に設けられていることが好ましい。また、対物光学素子の中央領域には第一光路差付与構造が設けられ、周辺領域には第二光路差付与構造が設けられている。最周辺領域を有する場合、最周辺領域は屈折面であってもよいし、最周辺領域に第三光路差付与構造が設けられていてもよい。中央領域、周辺領域、最周辺領域はそれぞれ隣接していることが好ましいが、間に僅かに隙間があっても良い。

[0056] 第一光路差付与構造は、対物光学素子の中央領域の面積の70%以上の領域に設けられていることが好ましく、90%以上がより好ましい。より好ましくは、第一光路差付与構造が、中央領域の全面に設けられていることである。第二光路差付与構造は、対物光学素子の周辺領域の面積の70%以上の領域に設けられていることが好ましく、90%以上がより好ましい。より好ましくは、第二光路差付与構造が、周辺領域の全面に設けられていることである。第三光路差付与構造は、対物光学素子の最周辺領域の面積の70%以上の領域に設けられていることが好ましく、90%以上がより好ましい。より好ましくは、第三光路差付与構造が、最周辺領域の全面に設けられていることである。

[0057] なお、本明細書でいう光路差付与構造とは、入射光束に対して光路差を付加する構造の総称である。光路差付与構造には、位相差を付与する位相差付与構造も含まれる。また、位相差付与構造には回折構造が含まれる。光路差付与構造は、段差を有し、好ましくは段差を複数有する。この段差により入射光束に光路差及び／又は位相差が付加される。光路差付与構造により付加される光路差は、入射光束の波長の整数倍であっても良いし、入射光束の波長の非整数倍であっても良い。段差は、光軸垂直方向に周期的な間隔をもって配置されていてもよいし、光軸垂直方向に非

周期的な間隔をもって配置されていてもよい。

[0058] 光路差付与構造は、光軸を中心とする同心円状の複数の輪帯を有することが好ましい。また、光路差付与構造は、様々な断面形状(光軸を含む面での断面形状)をとり得る。最も一般的な光路差付与構造の断面形状としては、図2(a)に記載されるような、光路差付与構造の光軸を含む断面形状が鋸歯状である場合である。平面の光学素子に光路差付与構造を設けた場合に断面が階段状に見えるものも、非球面レンズ面等に同様の光路差付与構造を設けた場合は、図2(a)のような鋸歯状の断面形状と捉えることができる。従って、本明細書でいう鋸歯状の断面形状には、階段状の断面形状も含まれるものとする。また、段差の向きの異なる鋸歯状の光路差付与構造を重畳することによって、図2(b)に示すようなバイナリ構造の光路差付与構造を得ることも可能である。本明細書の第一光路差付与構造及び第二光路差付与構造は、その断面形状を異なる鋸歯状の光路差付与構造を重畳した構造としてもよいし、鋸歯状の光路差付与構造を重畳してできるバイナリ構造の光路差付与構造に、さらに鋸歯状の光路差付与構造を重畳した構造としてもよい。例えば、図2(c)は鋸歯状の構造とバイナリ構造を重畳した構造であり、図2(d)は細かい鋸歯状の構造と荒い鋸歯状の構造を重畳した構造である。

[0059] また、対物光学素子の中央領域に設けられる第一光路差付与構造と、対物光学素子の周辺領域に設けられる第二光路差付与構造は、対物光学素子の異なる光学面に設けられていてもよいが、同一の光学面に設けられることが好ましい。同一の光学面に設けられることにより、製造時の偏芯誤差を少なくすることが可能となるため好ましい。また、第一光路差付与構造及び第二光路差付与構造は、対物光学素子の光ディスク側の面よりも、対物光学素子の光源側の面に設けられることが好ましい。

[0060] 対物光学素子は、対物光学素子の第一光路差付与構造が設けられた中央領域を通過する第一光束、第二光束及び第三光束を、それぞれ集光スポットを形成するように集光する。好ましくは、対物光学素子は、対物光学素子の第一光路差付与構造が設けられた中央領域を通過する第一光束を、第1光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び/又は再生ができるように集光する。また、対物光学素子は、対物光学素子の第一光路差付与構造が設けられた中央領域を通過する第二光束を、第2光

ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光する。さらに、対物光学素子は、対物光学素子の第一光路差付与構造が設けられた中央領域を通過する第三光束を、第3光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光する。また、第1光ディスクの保護基板の厚さt1と第2光ディスクの保護基板の厚さt2が異なる場合、第一光路差付与構造は、第一光路差付与構造を通過する第一光束及び第二光束に対して、第1光ディスクの保護基板の厚さt1と第2光ディスクの保護基板の厚さt2の違いにより発生する球面収差及び／又は第一光束と第二光束の波長の違いにより発生する球面収差を補正することが好ましい。さらに、第一光路差付与構造は、第一光路差付与構造を通過した第一光束及び第三光束に対して、第1光ディスクの保護基板の厚さt1と第3光ディスクの保護基板の厚さt3との違いにより発生する球面収差及び／又は第一光束と第三光束の波長の違いにより発生する球面収差を補正することが好ましい。

[0061] また、対物光学素子の第一光路差付与構造を通過した第三光束によって、第三光束が形成するスポットのスポット径が最も小さくなる第一ベストフォーカスと、第三光束が形成するスポットのスポット径が第一ベストフォーカスの次に小さくなる第二ベストフォーカスとが形成される。なお、ここでいうベストフォーカスとは、ビームウェストが、あるデフォーカスの範囲で極小となる点を指すものとする。つまり、第三光束によって、第一ベストフォーカス及び第二ベストフォーカスが形成されるということは、第三光束において、或るデフォーカスの範囲でビームウェストが極小となる点が、少なくとも2点存在するということである。なお、第一光路差付与構造を通過した第三光束において、光量が最大となる回折光が第一ベストフォーカスを形成し、光量が次に大きな回折光が第二ベストフォーカスを形成することが好ましい。また、第一ベストフォーカスを形成する回折光の回折効率と、第二ベストフォーカスを形成する回折光の回折効率の差が20%以下である場合に、本発明の効果がより顕著となる。

[0062] 尚、第一ベストフォーカスにおいて第三光束が形成するスポットが、第3光ディスクの記録及び／又は再生に用いられ、第二ベストフォーカスにおいて第三光束が形成するスポットは、第3光ディスクの記録及び／又は再生に用いられないことが好ましいが、第一ベストフォーカスにおいて第三光束が形成するスポットが、第3光ディスクの

記録及び／又は再生に用いられず、第二ベストフォーカスにおいて第三光束が形成するスポットが、第3光ディスクの記録及び／又は再生に用いられるような態様を否定するものではない。なお、第一光路差付与構造が、対物光学素子の光源側の面に設けられている場合、第二ベストフォーカスの方が、第一ベストフォーカスに比して対物光学素子に近い方が好ましい。

[0063] さらに、第一ベストフォーカスと第二ベストフォーカスは、下記の式(1)を満たす。

[0064] 0．05≦L／f≦0．35 (1)

但し、f[mm]は第一光路差付与構造を通過し、第一ベストフォーカスを形成する第三光束の焦点距離を指し、L[mm]は第一ベストフォーカスと第二ベストフォーカスの間の距離を指す。

[0065] なお、下記の式(1')を満たすことがより好ましい。

[0066] 0．10≦L／f≦0．25 (1')

更に好ましくは、下記の式(1'')を満たすことである。

[0067] 0．11≦L／f≦0．24 (1'')

また、Lは、0．18mm以上、0．63mm以下であることが好ましい。さらに、fは、1．8mm以上、3．0mm以下であることが好ましい。

[0068] 上記構成により、第3光ディスクの記録及び／又は再生時に、第三光束のうち第3光ディスクの記録及び／又は再生時に用いられない不要光がトラッキング用の受光素子に悪影響を及ぼすことを防ぐことが可能となり、第3光ディスクの記録及び／又は再生時に良好なトラッキング性能を維持することが可能となる。

[0069] また、対物光学素子は、対物光学素子の第二光路差付与構造が設けられた周辺領域を通過する第一光束及び第二光束を、それぞれ集光スポットを形成するように集光する。好ましくは、対物光学素子は、対物光学素子の第二光路差付与構造が設けられた周辺領域を通過する第一光束を、第1光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光する。また、対物光学素子は、対物光学素子の第二光路差付与構造が設けられた周辺領域を通過する第二光束を、第2光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光する。また、第1光ディスクの保護基板の厚さt1と第2光ディスクの保護基板の厚さt2が異なる場

合、第二光路差付与構造は、第二光路差付与構造を通過する第一光束及び第二光束に対して、第1光ディスクの保護基板の厚さt1と第2光ディスクの保護基板の厚さt2の違いにより発生する球面収差及び／又は第一光束と第二光束の波長の違いにより発生する球面収差を補正することが好ましい。

[0070] また、好ましい態様として、周辺領域を通過した第三光束は、第3光ディスクの記録及び／又は再生に用いられない態様が挙げられる。周辺領域を通過した第三光束が、第3光ディスクの情報記録面上で集光スポットの形成に寄与しないようにすることが好ましい。つまり、対物光学素子の第二光路差付与構造が設けられた周辺領域を通過する第三光束は、第3光ディスクの情報記録面上でフレアを形成することが好ましい。図10に示すように、対物光学素子を通過した第三光束が第3光ディスクの情報記録面上で形成するスポットにおいて、光軸側（又はスポット中心部）から外側へ向かう順番で、光量密度が高いスポット中心部SCN、光量密度がスポット中心部より低いスポット中間部SMD、光量密度がスポット中間部よりも高くスポット中心部よりも低いスポット周辺部SOTを有する。スポット中心部が、光ディスクの情報の記録及び／又は再生に用いられ、スポット中間部及びスポット周辺部は、光ディスクの情報の記録及び／又は再生には用いられない。上記において、このスポット周辺部をフレアと言っている。つまり、対物光学素子の周辺領域に設けられた第二光路差付与構造を通過した第三光束は、第3光ディスクの情報記録面上でスポット周辺部を形成する。なお、ここでいう第三光束の集光スポット又はスポットは、第一ベストフォーカスにおけるスポットであることが好ましい。また、対物光学素子を通過した第二光束においても、第2光ディスクの情報記録面上で形成するスポットが、スポット中心部、スポット中間部、スポット周辺部を有することが好ましい。

[0071] また、第二光路差付与構造は、第二光路差付与構造を通過した第一光束及び第二光束に対して、第一光源又は第二光源の波長の僅かな変動によって発生するスフェロクロマティズム（色球面収差）を補正することが好ましい。波長の僅かな変動とは、±10nm以内の変動を指す。例えば、第一光束が波長λ1より±5nm変化した際に、第二光路差付与構造によって、周辺領域を通過した第一光束の球面収差の変動を補償し、第1光ディスクの情報記録面上での波面収差の変化量が0．010λ1rms

以上、0．095λ1rms以下となるようにすることが好ましい。また、第二光束が波長λ2より±5nm変化した際に、第二光路差付与構造によって、周辺領域を通過した第二光束の球面収差の変動を補償し、第2光ディスクの情報記録面上での波面収差の変化量が0．002λ2rms以上、0．03λ2rms以下となるようにすることが好ましい。これにより、光源であるレーザの波長の製造誤差や個体差による波長のバラつきに起因する収差を補正することができる。

[0072] 対物光学素子が最周辺領域を有する場合、対物光学素子は、対物光学素子の最周辺領域を通過する第一光束を、第1光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光する。また、最周辺領域を通過した第一光束において、第1光ディスクの記録及び／又は再生時にその球面収差が補正されていることが好ましい。

[0073] また、好ましい態様として、最周辺領域を通過した第二光束は、第2光ディスクの記録及び／又は再生に用いられず、最周辺領域を通過した第三光束は、第3光ディスクの記録及び／又は再生に用いられない態様が挙げられる。最周辺領域を通過した第二光束及び第三光束が、それぞれ第2光ディスク及び第3光ディスクの情報記録面上での集光スポットの形成に寄与しないようにすることが好ましい。つまり、対物光学素子が最周辺領域を有する場合、対物光学素子の最周辺領域を通過する第三光束は、第3光ディスクの情報記録面上でフレアを形成することが好ましい。言い換えると、対物光学素子の最周辺領域を通過した第三光束は、第3光ディスクの情報記録面上でスポット周辺部を形成することが好ましい。また、対物光学素子が最周辺領域を有する場合、対物光学素子の最周辺領域を通過する第二光束は、第2光ディスクの情報記録面上でフレアを形成することが好ましい。言い換えると、対物光学素子の最周辺領域を通過した第二光束は、第2光ディスクの情報記録面上でスポット周辺部を形成することが好ましい。

[0074] 最周辺領域が第三光路差付与構造を有する場合、第三光路差付与構造が、第三光路差付与構造を通過した第一光束に対して、第一光源の波長の僅かな変動によって発生するスフェロクロマティズム（色球面収差）を補正するようにしてもよい。波長の僅かな変動とは、±10nm以内の変動を指す。例えば、第一光束が波長λ1より±

5nm変化した際に、第三光路差付与構造によって、最周辺領域を通過した第一光束の球面収差の変動を補償し、第1光ディスクの情報記録面上での波面収差の変化量が0．010λ1rms以上、0．095λ1rms以下となるようにすることが好ましい。

[0075] なお、第一光路差付与構造は、鋸歯状の回折構造とバイナリ構造を重畳してなる構成であってもよい。また、第二光路差付与構造は、鋸歯状の回折構造と、より荒い（ピッチの大きい）鋸歯状の回折構造を重畳してなる構成であってもよい。第一光路差付与構造又は第二光路差付与構造が当該重畳構造の場合、当該鋸歯状の回折構造（第二光路差付与構造の場合、荒くない（ピッチの小さい）方の回折構造）については、第一光束の第一波長λ1の偶数倍相当の光路差を第一光束に付与するようにし、それにより第一光束は波面の位相に変化を生じないようにしてもよい。更に、第三光束の第三波長λ3が、第一光束の第一波長のほぼ偶数倍の波長であるときは、整数倍の光路差を第三光束に付与されることになり、同様に第三光束の波面の位相に変化を生じないことになる。この様な構成により、第一光束と第三光束は、当該回折構造によって集光に影響を及ぼされることがないという利点がある。なお、偶数倍相当とは、nを自然数とした場合、（2n－0．1）×λ1以上、（2n＋0．1）×λ1以下の範囲を言う。

[0076] なお、第一光路差付与構造は、少なくとも第一基礎構造と第二基礎構造とを重ね合わせた構造としてもよい。

[0077] 第一基礎構造は、第一基礎構造を通過した第一光束の2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、第二光束の1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、第三光束の1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する光路差付与構造である。第一基礎構造は、第一基礎構造を通過した第一光束及び第三光束を、波面が略そろった状態で射出し、第一基礎構造を通過した第二光束を、波面がそろわない状態で射出する光路差付与構造であることが好ましい。また、第一基礎構造は、第一基礎構造を通過した第二光束の回折角を、第一光束及び第三光束の回折角と異ならせる光路差付与構造であることが好ましい。また、第一基礎構造の光軸方向の段差量は、第1光束に対して第1波長の略2波長分の光路差を与え、第2光束に対して第2波長の略1．2波長分の光路差を与え

、第3光束に対して第3波長の略1波長分の光路差を与えるような段差量である事が好ましい。

[0078] また、第二基礎構造は、第二基礎構造を通過した第一光束の0次(透過光)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、第二光束の0次(透過光)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、第三光束の±1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する光路差付与構造である。第二基礎構造は、第二基礎構造を通過した第一光束及び第二光束を、波面が略そろった状態で射出し、第ニ基礎構造を通過した第三光束を、波面がそろわない状態で射出する光路差付与構造であることが好ましい。また、第二基礎構造は、第二基礎構造を通過した第三光束の回折角を、第一光束及び第二光束の回折角と異ならせる光路差付与構造であることが好ましい。また、第二基礎構造の光軸方向の段差量は、第1光束に対して第1波長の略5波長分の光路差を与え、第2光束に対して第2波長の略3波長分の光路差を与え、第3光束に対して第3波長の略2.5波長分の光路差を与えるような段差量である事が好ましい。さらに、第二基礎構造の形状は、例えば図2(b)に示すようなバイナリ状の形状である事が好ましい。

[0079] また、第二光路差付与構造は、少なくとも第一基礎構造、第五基礎構造又は第六基礎構造のいずれか一つを有する構造であることが好ましい。なお、第二光路差付与構造は、第一基礎構造、第五基礎構造及び第六基礎構造のうち2つ以上を重畳させる構成ではないことが好ましい。第二光路差付与構造が、少なくとも第一基礎構造を有する場合、第一光路差付与構造と同一の基礎構造を有するので、設計を行いやすくなるため、好ましい。

[0080] 第五基礎構造は、第五基礎構造を通過した第一光束の1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、第二光束の1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、第三光束の1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する光路差付与構造である。また、第五基礎構造の光軸方向の段差量は、第1光束に対して第1波長の略1波長分の光路差を与え、第2光束に対して第2波長の略0.6波長分の光路差を与え、第3光束に対して第3波長の略0.5波長分の光路差を与えるような段差量である事が好ましい。

[0081] 第六基礎構造は、第六基礎構造を通過した第一光束の3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、第二光束の2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、第三光束の2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する光路差付与構造である。また、第六基礎構造の光軸方向の段差量は、第1光束に対して第1波長の略3波長分の光路差を与え、第2光束に対して第2波長の略1．9波長分の光路差を与え、第3光束に対して第3波長の略1．6波長分の光路差を与えるような段差量である事が好ましい。

[0082] 対物光学素子が、プラスチックレンズである場合、第一光路差付与構造は、三種類の基礎構造を重ね合わせた三重の重畳構造とすることが好ましい。より具体的には、第一基礎構造と第二基礎構造とに加えて、第三基礎構造、第四基礎構造、又は第七基礎構造を重ね合わせた、三重の重畳構造とすることが好ましい。更に好ましくは、第一基礎構造と第二基礎構造に加えて、第三基礎構造を重ね合わせた構造である。

[0083] なお、第三基礎構造は、第三基礎構造を通過した第一光束の10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、第二光束の6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、第三光束の5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する光路差付与構造である。第三基礎構造の光軸方向の段差量は、第1光束に対して第1波長の略10波長分の光路差を与え、第2光束に対して第2波長の略6波長分の光路差を与え、第3光束に対して第3波長の略5波長分の光路差を与えるような段差量である事が好ましい。また、第四基礎構造は、第四基礎構造を通過した第一光束の5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、第二光束の3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、第三光束の3次及び2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する光路差付与構造である。なお、第三光束において3次の回折光量の方が、2次の回折光量よりも若干大きいことが好ましい。第四基礎構造の光軸方向の段差量は、第1光束に対して第1波長の略5波長分の光路差を与え、第2光束に対して第2波長の略3波長分の光路差を与え、第3光束に対して第3波長の略2．5波長分の光路差を与えるような段差量である事が好ましい。第七基礎構造は、第七基礎構造を通過した第

一光束の2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、第二光束の1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、第三光束の1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する光路差付与構造である。第七基礎構造の光軸方向の段差量は、第1光束に対して第1波長の略2波長分の光路差を与え、第2光束に対して第2波長の略1．2波長分の光路差を与え、第3光束に対して第3波長の略1波長分の光路差を与えるような段差量である事が好ましい。また、第三基礎構造、第四基礎構造及び第七基礎構造は、温度が上昇し、第一光源、第二光源及び第三光源の波長が伸びた際に、球面収差をアンダーにする機能を有しており、これによって、温度上昇時のプラスチックの屈折率低下に伴う、球面収差のオーバーを補償することが出来、良好な球面収差を得ることが可能となる。なお、第三基礎構造に比べて、第四基礎構造や第七基礎構造の方が、段差の深さを浅くすることが出来る。また、第三基礎構造、第四基礎構造及び第七基礎構造は、第一基礎構造、第二基礎構造、第五基礎構造及び第六基礎構造と異なる母非球面（ベース面）に設けられていることが好ましい。第三基礎構造、第四基礎構造及び第七基礎構造は、入射した光束に対して上述した光路差を与えつつ、第三基礎構造、第四基礎構造及び第七基礎構造が、できるだけ入射した光束の向きに影響を与えないように設定された母非球面（ベース面）に設けられている事が好ましい。更には、第三基礎構造、第四基礎構造及び第七基礎構造は、光軸と直交する方向に光軸から離れるにつれて、光学素子の内側に入り込んでいき、あるところを境に、光軸から離れるにつれて、光学素子の外側へと向かうような構造である事が好ましい。（つまり、段々深くなっていき、あるところを境に浅くなる構造である事が好ましい。）

また、対物光学素子が、プラスチックレンズである場合、第二光路差付与構造は、第一基礎構造、第五基礎構造又は第六基礎構造のいずれか一つに加えて、第三基礎構造、第四基礎構造又は第七基礎構造のいずれか一つを重畳させた構造とすることが好ましい。好ましくは、第一基礎構造と第四基礎構造を重ね合わせた構造とすることである。

[0084] さらに、対物光学素子がプラスチックレンズである場合、第三光路差付与構造を有する最周辺領域を有することが好ましい。この場合、第三光路差付与構造は、少なく

とも第三基礎構造、第四基礎構造又は第七基礎構造のいずれか一つを有する構造であることが好ましい。好ましくは、第四基礎構造を有する構造である。

[0085] 従って、対物光学素子がプラスチックレンズである場合、第一光路差付与構造は、三種類の基礎構造を重ね合わせた三重の重畳構造とし、第二光路差付与構造は、二種類の基礎構造を重ね合わせた二重の重畳構造とし、第三光路差付与構造は、一種の基礎構造のみを有する態様が、好ましい態様の一つである。

[0086] 次に、対物光学素子が、ガラスレンズやアサーマル樹脂からなるレンズである場合、第一光路差付与構造は、第一基礎構造と第二基礎構造のみを重ね合わせた構造であることが好ましい。

[0087] また、対物光学素子が、ガラスレンズやアサーマル樹脂からなるレンズである場合、第二光路差付与構造は、第一基礎構造、第五基礎構造又は第六基礎構造のいずれか一つに加えて、第三基礎構造又は第四基礎構造のいずれか一つを重畳させた構造とすることが好ましい。好ましくは、第一基礎構造と第四基礎構造を重ね合わせた構造とすることである。

[0088] さらに、対物光学素子がガラスレンズやアサーマル樹脂からなるレンズである場合、屈折面である最周辺領域を有することが好ましい。

[0089] また、対物光学素子がプラスチックレンズである場合、第一光路差付与構造は段差を有する同心円状の輪帯構造であり、第一光路差付与構造の段差量は、以下のdA, dB, dC, dDのうち、少なくとも2種類の段差量を有することが好ましい。

[0090] $0.9\cdot\{15\lambda B/(n-1)-2\lambda B'/(n'-1)\}<dA(\mu m)<1.5\cdot\{15\lambda B/(n-1)-2\lambda B'/(n'-1)\}$ (17)

$0.9\cdot\{5\lambda B/(n-1)+2\lambda B'/(n'-1)\}<dB(\mu m)<1.5\cdot\{5\lambda B/(n-1)+2\lambda B'/(n'-1)\}$ (18)

$0.9\cdot5\lambda B/(n-1)<dC(\mu m)<1.5\cdot5\lambda B/(n-1)$ (19)

$0.9\cdot\{5\lambda B/(n-1)-2\lambda B'/(n'-1)\}<dD(\mu m)<1.5\cdot\{5\lambda B/(n-1)-2\lambda B'/(n'-1)\}$ (20)

尚、上記式(17)は、下の式(17)'であることが好ましい。

[0091] $0.95\cdot\{15\lambda B/(n-1)-2\lambda B'/(n'-1)\}<dA(\mu m)<1.4\cdot\{15\lambda B/(n$

－1)―2λB'／(n'－1)}　　(17')

また、上記式(17)は、下の式(17)''であることがさらに好ましい。

[0092] 1.0・{15λB／(n－1)―2λB'／(n'－1)}≦dA(μm)＜1.3・{15λB／(n－1)―2λB'／(n'－1)}　　(17'')

尚、上記式(18)は、下の式(18')であることが好ましい。

[0093] 0.95・{5λB／(n－1)＋2λB'／(n'－1)}＜dB(μm)＜1.4・{5λB／(n－1)＋2λB'／(n'－1)}　　(18')

また、上記式(18)は、下の式(18'')であることがさらに好ましい。

[0094] 1.0・{5λB／(n－1)＋2λB'／(n'－1)}≦dB(μm)＜1.4・{5λB／(n－1)＋2λB'／(n'－1)}　　(18'')

尚、上記式(19)は、下の式(19)'であることが好ましい。

[0095] 0.95・5λB／(n－1)＜dC(μm)＜1.4・5λB／(n－1)　(19')

また、上記式(19)は、下の式(19)''であることがさらに好ましい。

[0096] 1.0・5λB／(n－1)≦dC(μm)＜1.3・5λB／(n－1)　(19'')

尚、上記式(20)は、下の式(20')であることが好ましい。

[0097] 0.95・{5λB／(n－1)―2λB'／(n'－1)}＜dD(μm)＜1.4・{5λB／(n－1)―2λB'／(n'－1)}　　(20')

また、上記式(20)は、下の式(20)''であることがさらに好ましい。

[0098] 1.0・{5λB／(n－1)―2λB'／(n'－1)}≦dD(μm)＜1.3・{5λB／(n－1)―2λB'／(n'－1)}　　(20'')

但し、λBは第一光束の設計波長(μm)を表す。λB'は0.390(μm)以上、0.410(μm)以下の任意の値を表す。nは波長λBにおける光学素子の屈折率を表す。n'は波長λB'における光学素子の屈折率を表す。

[0099] なお、便宜上、λBは、設計波長がわからない場合、光ピックアップ装置に搭載されている第一光源の波長(μm)、即ち、使用波長と同一であるとみなしてもよい。また、λB'は0.390(μm)以上、0.405(μm)以下の任意の値であることが好ましい。更に好ましくは、λB'は0.390(μm)以上、0.400(μm)以下の任意の値である。

[0100] 尚、段差量とは、光路差付与構造の段差の光軸方向の長さをいう。例えば光路差

付与構造が図12で示すような構造である場合、段差量とは、d1、d2、d3、d4のそれぞれの長さをいう。「第一光路差付与構造の段差量は、以下のdA, dB, dC, dDのうち、少なくとも2種類の段差量を有する」とは、第一光路差付与構造の全ての段差の中の少なくとも1つの段差xの段差量がdA、dB、dC、dDのいずれか1つを満たし、少なくとも他の一つの段差yの段差量がdA、dB、dC、dDのいずれかであって、段差xとは異なるものを満たしていることをいう。

[0101] 第一光路差付与構造の全ての段差において、dA、dB、dC、dD以外の段差量は有さないことが好ましい。また、金型の製造を容易にしたり、金型の転写性を良好にする観点から、段差の段差量は大きすぎない方が好ましい。従って、第一光路差付与構造の全ての段差において、dCとdD以外の段差量は有さないことが更に好ましい。

[0102] また、本発明に係る光学素子を設計する場合、以下のような方法で設計する事が考えられる。まず輪帯状の構造を有する光路差付与構造である基礎構造を設計する。次に、当該基礎構造とは、或る光束に対して回折光率が最大となる回折次数が異なる輪帯状の構造を有する別の基礎構造を設計する。そして、これらの2つ(3つ以上であってもよい)の基礎構造を重ねあわせ、第一光路差付与構造又は第二光路差付与構造を設計する方法である。この様な方法で設計する場合、ピッチ幅が小さな輪帯が発生する可能性がある。例えば、図14(a)に示すような基礎構造と図14(b)に示すような基礎構造とを重ね合わせると、図14(c)のような光路差付与構造が得られる。しかしながら、図14(c)でWaとして示されているようにピッチ幅が小さい輪帯が発生してしまうことになる。尚、ピッチ幅とは、輪帯構造の、光学素子の光軸と直交方向の幅をいう。例えば、光路差付与構造が図12で示すような構造である場合、ピッチ幅とは、w1、w2、w3、w4のそれぞれの長さをいう。また、光路差付与構造が図13で示すような構造である場合、ピッチ幅とは、w5、w6、w7、w8、w9のそれぞれの長さをいう。

[0103] 本発明者は、鋭意研究の結果、このWaが5μm以下の輪帯であれば、この輪帯を削ったり、埋めてしまっても、光学性能に大きな影響を及ぼさないことを見出した。つまり、図14(c)において、Waが5μm以下である場合、図14(d)に示すように、この

小さなピッチ幅の輪帯を削っても、光学性能に大きな影響を及ぼすことはない。

[0104] また、金型の製造を容易にしたり、金型の転写性を良好にする観点からは、段差のピッチ幅は小さすぎない方が好ましい。従って、複数の基礎構造を重ねあわせて基礎となる光路差付与構造を設計した際に、ピッチ幅が5μm以下の輪帯が発生する場合、そのようなピッチ幅が5μm以下の輪帯を除去して、最終的な光路差付与構造を得る事が好ましい。ピッチ幅が5μm以下の輪帯が凸状である場合は、輪帯を削る事により除去すればよく、ピッチ幅が5μm以下の輪帯が凹状である場合は、輪帯を埋める事により除去すればよい。

[0105] 従って、少なくとも第一光路差付与構造のピッチ幅は全て5μmより大きい事が好ましい。好ましくは、第一光路差付与構造、第二光路差付与構造及び第三光路差付与構造の全てのピッチ幅が5μmより大きい事である。

[0106] また、前述したように、段差量は大きすぎない方が好ましい。本発明者は、鋭意研究の結果、以下の事を発見した。基礎構造を複数重ね合わせて得た基礎となる光路差付与構造のある輪帯の段差量が基準の値より高い場合、輪帯の段差量を10・λB／(n－1)(μm)だけ低くすることにより、光学性能に影響を及ぼすことなく、大きすぎる段差量を減らすことが可能となる。なお、基準の値としては、任意の値を設定する事ができるが、10・λB／(n－1)(μm)を基準値とする事が好ましい。

[0107] また、細長い輪帯が少ない方が製造上好ましいという観点から、第一光路差付与構造の全ての輪帯において、(段差量／ピッチ幅)の値が、1以下である事が好ましく、更に好ましくは0．8以下である事である。更に好ましくは、全ての光路差付与構造の全ての輪帯において、(段差量／ピッチ幅)の値が、1以下である事が好ましく、更に好ましくは0．8以下である事である。

[0108] 第1光ディスクに対して情報を再生及び／又は記録するために必要な対物光学素子の像側開口数をNA1とし、第2光ディスクに対して情報を再生及び／又は記録するために必要な対物光学素子の像側開口数をNA2(NA1≧NA2)とし、第3光ディスクに対して情報を再生及び／又は記録するために必要な対物光学素子の像側開口数をNA3(NA2＞NA3)とする。NA1は、0．8以上、0．9以下であることか、又は、0．55以上、0．7以下であることが好ましい。特にNA1は0．85であることが好まし

い。NA2は、0．55以上、0．7以下であることが好ましい。特にNA2は0．60であることが好ましい。また、NA3は、0．4以上、0．55以下であることが好ましい。特にNA3は0．45又は0．53であることが好ましい。

[0109] 対物光学素子の中央領域と周辺領域の境界は、第三光束の使用時において、0．9・NA3以上、1．2・NA3以下（より好ましくは、0．95・NA3以上、1．15・NA3以下）の範囲に相当する部分に形成されていることが好ましい。より好ましくは、対物光学素子の中央領域と周辺領域の境界が、NA3に相当する部分に形成されていることである。また、対物光学素子の周辺領域と最周辺領域の境界は、第二光束の使用時において、0．9・NA2以上、1．2・NA2以下（より好ましくは、0．95・NA2以上、1．15・NA2以下）の範囲に相当する部分に形成されていることが好ましい。より好ましくは、対物光学素子の周辺領域と最周辺領域の境界が、NA2に相当する部分に形成されていることである。対物光学素子の最外周の外側の境界は、第一光束の使用時において、0．9・NA1以上、1．2NA1以下（より好ましくは、0．95・NA1以上、1．15・NA1以下）の範囲に相当する部分に形成されていることが好ましい。より好ましくは、対物光学素子の最外周の外側の境界が、NA1に相当する部分に形成されていることである。

[0110] 対物光学素子を通過した第三光束を第3光ディスクの情報記録面上に集光する場合に、球面収差が少なくとも1箇所の不連続部を有することが好ましい。その場合、不連続部は、第三光束の使用時において、0．9・NA3以上、1．2・NA3以下（より好ましくは、0．95・NA3以上、1．15・NA3以下）の範囲に存在することが好ましい。また、対物光学素子を通過した第二光束を第2光ディスクの情報記録面上に集光する場合にも、球面収差が少なくとも一箇所の不連続部を有することが好ましい。その場合、不連続部は、第二光束の使用時において、0．9・NA2以上、1．2・NA2以下（より好ましくは、0．95・NA2以上、1．1・NA2以下）の範囲に存在することが好ましい。

[0111] また、球面収差が連続していて、不連続部を有さない場合であって、対物光学素子を通過した第三光束を第3光ディスクの情報記録面上に集光する場合に、NA2では、縦球面収差の絶対値が0．03μm以上であって、NA3では縦球面収差の絶対値が0．02μm以下であることが好ましい。より好ましくは、NA2では、縦球面収差の絶

対値が0．08μm以上であって、NA3では縦球面収差の絶対値が0．01μm以下である。また、対物光学素子を通過した第二光束を第2光ディスクの情報記録面上に集光する場合に、NA1では、縦球面収差の絶対値が0．03μm以上であって、NA2では縦球面収差の絶対値が0．005μm以下であることが好ましい。

[0112] また、回折効率は回折構造の輪帯深さに依存するので、光ピックアップ装置の用途に応じて、中央領域の各波長に対する回折効率を適宜設定可能である。例えば、第1光ディスクに対して記録及び再生を行い、第二、第三光ディスクに対して再生のみ行う光ピックアップ装置の場合には、中央領域及び／又は周辺領域の回折効率を第一光束を重視して設定するのが好ましい。一方、第1光ディスクに対して再生のみを行い、第二、第三光ディスクに対して記録及び再生を行う光ピックアップ装置の場合には、中央領域の回折効率を、第二、第三光束を重視して設定し、周辺領域の回折効率を第二光束を重視して設定するのが好ましい。

[0113] 何れの場合でも、下記条件式(11)を満たすようにすることで、各領域の面積加重平均により計算される第一光束の回折効率を高く確保することが可能となる。

[0114] $\eta 11 \leqq \eta 21$ (11)

但し、η11は中央領域における第一光束の回折効率を表し、η21は周辺領域における第一光束の回折効率を表す。なお、中央領域の回折効率を第二、第三波長の光束重視とした場合には、中央領域の第一光束の回折効率は低くなるが、第1光ディスクの開口数が第3光ディスクの開口数に比べて大きい場合は、第一光束の有効径全体で考えると中央領域の回折効率低下はそれほど大きな影響を与えない。

[0115] なお、本明細書における回折効率は、以下のように定義することができる。

[0116] (1)同一の焦点距離、レンズ厚さ、開口数を有し、同一の材料で形成され、第一及び第二光路差付与構造が形成されない対物光学素子の透過率を、中央領域、周辺領域に分けて測定する。この際、中央領域の透過率は、周辺領域に入射する光束を遮断して測定し、周辺領域の透過率は中央領域に入射する光束を遮断して測定する。

[0117] (2)第一及び第二光路差付与構造を有する対物光学素子の透過率を、中央領域と周辺領域に分けて測定する。

[0118] (3)上記(2)の結果を(1)の結果で割った値を各領域の回折効率とする。

[0119] また、第一光束乃至第三光束の何れか二つの光束の光利用効率が80%以上であって、残りの一つの光束の光利用効率を30%以上、80%以下にするようにしてもよい。残りの一つの光束の光利用効率を40%以上、70%以下にするようにしてもよい。この場合、光利用効率を30%以上、80%以下(または40%以上、70%以下)とする光束は、第三光束であることが好ましい。

[0120] なお、ここでいう光利用効率とは、第一光路差付与構造及び第二光路差付与構造が形成された対物光学素子(第三光路差付与構造が形成されていてもよい)により光ディスクの情報記録面上に形成された集光スポットのエアリーディスク内の光量をAとし、同一の材料から形成され、且つ、同一の焦点距離、軸上厚さ、開口数、波面収差を有し、第一光路差付与構造、第二光路差付与構造及び第三光路差付与構造が形成されない対物光学素子により、光情報記録媒体の情報記録面上に形成された集光スポットのエアリーディスク内の光量をBとしたとき、A／Bにより算出するものとする。なお、ここでいうエアリーディスクとは、集光スポットの光軸を中心とする半径r'の円をいう。r'＝0．61・λ／NAで表される。

[0121] また、第一光路差付与構造を通過した第三光束において、最大の光量となる回折次数の回折光の光量と、次に大きな光量となる回折次数の回折光の光量の差、即ち、第一ベストフォーカスを形成する回折光の光量と、第二ベストフォーカスを形成する回折光の光量の差が、0%以上、20%以下である場合、特に第3光ディスクにおけるトラッキング特性を良好に保つことが困難であるが、本発明に係る形態は、そのような状況においても、トラッキング特性を良好にすることを可能とする。

[0122] 第一光束、第二光束及び第三光束は、平行光として対物光学素子に入射してもよいし、発散光若しくは収束光として対物光学素子に入射してもよい。好ましくは、第一光束が対物光学素子に入射する時の、対物光学素子の倍率m1が、下記の式(2)を満たすことである。

[0123] －0．02＜m1＜0．02 (2)

一方で、第一光束を発散光として対物光学素子に入射する場合、第1光束が対物光学素子へ入射する時の、対物光学素子の倍率m1が、下記の式(2')を満たすこと

が好ましい。

[0124] －0．10＜m1＜0．00 (2')

また、第二光束を平行光又は略平行光として対物光学素子に入射させる場合、第二光束

が対物光学素子へ入射する時の、対物光学素子の倍率m2が、下記の式(3)を満たすことが好ましい。

[0125] －0．02＜m2＜0．02 (3)

一方で、第二光束を発散光として対物光学素子に入射させる場合、第二光束が対物光学素子へ入射するときの対物光学素子の倍率m2が、下記の式(3')を満たすことが好ましい。

[0126] －0．10＜m2＜0．00 (3')

また、第三光束を平行光又は略平行光として対物光学素子に入射させる場合、第三光束の対物光学素子への入射光束の倍率m3が、下記の式(4)を満たすことが好ましい。第三光束が平行光である場合、トラッキングにおいて問題が発生しやすくなるが、本発明は第三光束が平行光であっても、良好なトラッキング特性を得ることを可能とし、3つの異なる光ディスクに対して記録及び／又は再生を適切に行う事を可能とする。

[0127] －0．02＜m3＜0．02 (4)

一方で、第三光束を発散光として対物光学素子に入射させる場合、第三光束が対物光学素子へ入射する時の対物光学素子の倍率m3が、下記の式(5)を満たすことが好ましい。

[0128] －0．10＜m3＜0．00 (5)

また、対物光学素子を単玉のプラスチックレンズとする場合、波長特性を多少犠牲にしても、温度特性を良好にすることが好ましい。特に、波長特性と温度特性で良好なバランスを保つことが好ましい。さらに好ましくは、第1光ディスクの記録及び／又は再生を行う際の温度特性を良好にすることである。この様な特性を満たすために、下記の条件式(12)及び(13)を満たすことが好ましい。

[0129] ＋0．00045≦δSAT1／f(WFEλrms／(℃・mm))≦＋0．0027 (12)

$-0.045 \leqq \delta SA\lambda / f(WFE\lambda rms/(nm \cdot mm)) \leqq -0.0045$ (13)

但し、δSAT1は、使用波長(この場合、温度変化に伴う波長変動がないとする)における第1光ディスクの記録及び／又は再生を行う際の対物光学素子のδSA3／δTを表す。使用波長とは、対物光学素子を有する光ピックアップ装置で用いられている光源の波長をいう。好ましくは、使用波長は、400nm以上、415nm以下の範囲の波長であって、対物光学素子を介して、第1光ディスクの記録及び／又は再生を行うことができる波長である。使用波長を上述のように設定できない場合は、405nmを使用波長として、対物光学素子のδSAT1及び後述するδSAT2、δSAT3を求めてもよい。即ち、δSAT1は、使用波長(波長変動なし)における第1光ディスクの記録及び／又は再生を行う際の対物光学素子の3次球面収差の温度変化率(温度特性)を指す。なお、WFEは、3次球面収差が波面収差で表現されていることを示している。また、δSAλは、環境温度一定の状況下で、使用波長における第1光ディスクの記録及び／又は再生を行う際のδSA3／δλを表す。即ち、δSAλは、環境温度一定の状況下で、使用波長における第1光ディスクの記録及び／又は再生を行う際の対物光学素子の3次球面収差の波長変化率(波長特性)を指す。尚、環境温度は室温である事が好ましい。室温とは、10℃以上、40℃以下であり、好ましくは、25℃である。fは、第一光束の使用波長(好ましくは405nm)における対物光学素子の焦点距離を指す。

[0130] より好ましくは、下記の条件式(12')を満たすことである。

[0131] $+0.00091 \leqq \delta SAT1/f(WFE\lambda rms/(℃ \cdot mm)) \leqq +0.0018$ (12')

さらに好ましくは、下記の条件式(12'')を満たすことである。

[0132] $+0.0013 \leqq \delta SAT1/f(WFE\lambda rms/(℃ \cdot mm)) \leqq +0.0016$ (12'')

好ましくは、下記の条件式(12''')を満たすことである。

[0133] $|\delta SAT1|(WFE\lambda rms/℃) \leqq 0.002$ (12''')

また、好ましくは、下記の条件式(13')を満たすことであり、更に好ましくは下記の条件式(13'')を満たすことである。

[0134] −0．032 ≦δSAλ／f(WFEλrms／(nm・mm))≦ −0．0091 (13’)

−0．015 ≦δSAλ／f(WFEλrms／(nm・mm))≦ −0．011 (13’’)

また、好ましくは、下記の条件式(13’’’)を満たすことであり、更に好ましくは下記の条件式(13’’’’)を満たすことである。

[0135] 0．01≦｜δSAλ｜(WFEλrms／nm)＜0．1 (13’’’)

0．02≦｜δSAλ｜(WFEλrms／nm)＜0．1 (13’’’’)

更に言えば、対物光学素子の温度変化に伴う屈折率変化による球面収差の変化を、温度変化に伴う第一波長の波長変化により補正するような球面収差の波長依存性を対物光学素子が有することが好ましい。好ましくは、以下の条件式(14)を満たすことである。

[0136] 0≦δSAT2／f(WFEλrms／(℃・mm))≦＋0．00136 (14)

但し、δSAT2は、使用波長(温度変化に伴う波長変動が0．05nm／℃)(好ましくは405nm)における第1光ディスクの記録及び／又は再生を行う際の前記対物光学素子のδSA3／δTを表す。即ち、δSAT2は、使用波長(温度変化に伴う波長変動が0．05nm／℃)における第1光ディスクの記録及び／又は再生を行う際の対物光学素子の3次球面収差の温度変化率(温度特性)を指す。

[0137] より好ましくは、下記の条件式(14’)を満たすことである。

[0138] 0≦δSAT2／f(WFEλrms／(℃・mm))≦＋0．00093 (14’)

さらに好ましくは、下記の条件式(14’’)を満たすことである。

＋0．0007≦δSAT2／f(WFEλrms／(℃・mm))≦＋0．0009 (14’’)

また、光ピックアップ装置の集光光学系がコリメータレンズ等のカップリングレンズを有し、そのカップリングレンズがプラスチックレンズである場合、以下の条件式(15)を満たすことが好ましい。

[0139] 0≦δSAT3／f(WFEλrms／(℃・mm))≦＋0．00091 (15)

但し、δSAT3は、使用波長(温度変化に伴う波長変動が0．05nm／℃)(好ましく

は405nm)における第1光ディスクの記録及び／又は再生を行う際のカップリングレンズと対物光学素子を含んだ光学系全体のδSA3／δTを表す。即ち、δSAT3は、使用波長(温度変化に伴う波長変動が0．05nm／℃)における第1光ディスクの記録及び／又は再生を行う際の光学系全体の3次球面収差の温度変化率(温度特性)を指す。

[0140] より好ましくは、下記の条件式(15')を満たすことである。

[0141] 0≦δSAT3／f(WFEλrms／(℃・mm))≦＋0．00045 (15')

より好ましくは、下記の条件式(15'')を満たすことである。

[0142] ＋0．00005≦δSAT3／f(WFEλrms／(℃・mm))≦＋0．0003 (15'')

上述に記載したように、波長特性をそれ程良好にしないことにより、温度特性に優れている対物光学素子を得ることができる。波長特性に関しては、光源の発振波長のバラツキを鑑みて、発振波長が対物光学素子に適した光源を選定する、即ち、発振波長が基準波長に近い光源を選定することで、ある程度波長のバラツキの悪影響を抑えることが出来る。そこで、上述のような対物光学素子を、発振特性が厳選された光源と組み合わせることで、低コスト且つシンプルな光ピックアップ装置を提供することが出来る。また、設計波長の互いに異なる上述の対物光学素子を予め複数種類用意することもできるので、光源の発振波長のバラツキに対応させて、その光源と、適切な設計波長の対物光学素子を組み合わせれば、低コスト且つシンプルな光ピックアップ装置を提供することが出来るようになる。

[0143] より具体的には、光ピックアップ装置の製造方法が、上述のような温度特性に優れている対物光学素子を、光路差付与構造の仕様に応じて複数のグループに分けるステップと、使用しようとする光源の発振特性に応じて、いずれかのグループの対物光学素子を選定するステップと、光源と、選定された対物光学素子とを組み合わせるステップを有する事が好ましい。

[0144] 例えば、発振波長が基準波長に対しプラス側にずれた光源に好適な光路差付与構造を有する対物光学素子のグループ、発振波長が基準波長に近い光源に好適な光路差付与構造を有する対物光学素子のグループ、発振波長が基準波長に対しマ

イナス側にずれた光源に好適な光路差付与構造を有する対物光学素子のグループなど、光路差付与構造の仕様を変えた対物光学素子を複数グループに分けて用意し、使用する光源の発振波長を測定して、それに最適なグループから対物光学素子レンズを選定し組み合わせる事で、温度変化が生じても適切に情報の記録及び／又は再生を行える光ピックアップ装置を提供することが出来る。また、これらのグループごとに、対物光学素子に異なる識別マークが施されていることが好ましい。尚、「光路差付与構造の仕様が異なる」とは、例えば回折構造の設計波長を異ならせることを言うが、それに限られない。又、「発振特性」とは発振波長の実測値やバラツキを含む。

[0145] また、上述のような光ピックアップ装置の製造方法を適用する場合、製造された光ピックアップ装置の出荷ロットを検査したときに、下記の条件式(16)を満たすことが好ましい。

[0146] $$\sigma SA3 \leqq \sigma\lambda \cdot \delta SA3\lambda_{all} \qquad (16)$$

但し、σSA3(λrms)は、光ピックアップ装置の出荷ロットにおいて、それぞれの光ピックアップ装置で光源が基準温度、基準出力で発振したときの波長における光ピックアップ装置の対物光学素子を含む集光光学系(光源から情報記録面まで)の3次球面収差SA3の標準偏差を表す。また、σλ(nm)は、光ピックアップ装置の出荷ロットに含まれる、光源の基準温度、基準出力での発振波長の標準偏差を表す。また、$\delta SA3\lambda_{all}$(λrms／nm)は、光ピックアップ装置の出荷ロットに含まれる、対物光学素子を含む集光光学系(光源から情報記録面まで)の3次球面収差の波長依存性を表す。

[0147] ここで、対物光学素子の説明に話を戻す。対物光学素子が、温度特性補正構造を有することにより、上記の条件式(12)乃至(15)を満たすようにすることが好ましい。例えば、第一光路差付与構造が、少なくとも第三基礎構造、第四基礎構造又は第七基礎構造を有する構造である場合、上記の条件式(12)乃至(15)を満たすことが、複雑な光学素子の設計を行なうことなく実現することができるため好ましい。また、第二光路差付与構造が、少なくとも第三基礎構造、第四基礎構造又は第七基礎構造のいずれか一つを有する構造である場合も、上記の条件式(12)、(12')、(13)、(13')、(13'')、(14)、(14')、(15)、(15')を満たすことが、複雑な光学素子の設計

を行うことなく実現することができるため好ましい。また、対物光学素子が、周辺領域の周りに、第三光路差付与構造を有する最周辺領域を有し、第三光路差付与構造が、少なくとも第三基礎構造、第四基礎構造又は第七基礎構造のいずれか一つを有する構造である場合も、上記の条件式(12)、(12')、(13)、(13')、(13'')、(14)、(14')、(15)、(15')を満たすことが、複雑な光学素子の設計を行うことなく実現することができるため好ましい。

[0148] また、第一光束に対する対物光学素子の像側開口数(NA)が0.8以上、0.9以下である場合に、上記条件式(12)、(12')、(13)、(13')、(13'')、(14)、(14')、(15)、(15')を満たした際の効果がより顕著となる。

[0149] また、第3光ディスクを用いる際の対物光学素子のワーキングディスタンス(WD)は、0.20mm以上、1.5mm以下であることが好ましい。好ましくは、0.3mm以上、1.00mm以下である。次に、第2光ディスクを用いる際の対物光学素子のWDは、0.4mm以上、0.7mm以下であることが好ましい。さらに、第1光ディスクを用いる際の対物光学素子のWDは、0.4mm以上、0.9mm以下(t1<t2である場合は、0.6mm以上、0.9mm以下が好ましい)であることが好ましい。

[0150] 対物光学素子の入射瞳径は、第1光ディスクを用いる際に、φ2.8mm以上、φ4.5mm以下であることが好ましい。

[0151] 本発明に係る光情報記録再生装置は、上述の光ピックアップ装置を有する光ディスクドライブ装置を有する。

[0152] ここで、光情報記録再生装置に装備される光ディスクドライブ装置に関して説明すると、光ディスクドライブ装置には、光ピックアップ装置等を収納している光情報記録再生装置本体から光ディスクを搭載した状態で保持可能なトレイのみが外部に取り出される方式と、光ピックアップ装置等が収納されている光ディスクドライブ装置本体ごと、外部に取り出される方式とがある。

[0153] 上述した各方式を用いる光情報記録再生装置には、概ね、次の構成部材が装備されているがこれに限られるものではない。ハウジング等に収納された光ピックアップ装置、光ピックアップ装置をハウジングごと光ディスクの内周あるいは外周に向けて移動させるシークモータ等の光ピックアップ装置の駆動源、光ピックアップ装置のハウジン

グを光ディスクの内周あるいは外周に向けてガイドするガイドレールなどを有した光ピックアップ装置の移送手段及び、光ディスクの回転駆動を行うスピンドルモータ等である。

[0154] 前者の方式には、これら各構成部材の他に、光ディスクを搭載した状態で保持可能なトレイおよびトレイを摺動させるためのローディング機構等が設けられ、後者の方式にはトレイおよびローディング機構がなく、各構成部材が外部に引き出し可能なシャーシに相当するドロワーに設けられていることが好ましい。

[0155] 本発明によれば、簡単且つ低コストの構成で、異なる3種の光ディスク(例えば、青紫色レーザ光源を使用する高密度光ディスクとDVDとCDの3つの光ディスク)に対して、一つの対物光学素子で情報の記録及び／又は再生を適切に行うことができる。加えて、3つの異なる光ディスクの全てにおいて、無限系の光学系を用いる場合であっても、トラッキング、特に第3光ディスクの記録及び／又は再生を行う際のトラッキングの正確性を保つことができる光ピックアップ装置、対物光学素子および光情報記録再生装置を提供することが可能となる。さらに、単玉の対物光学素子で、異なる3種の光ディスクに対して、情報の記録及び／又は再生を適切に行うことができる光ピックアップ装置、対物光学素子および光情報記録再生装置を提供することが可能になる。さらに、対物光学素子として、プラスチックレンズを用いたとしても、温度特性を良好にし、3種類のディスクに対して情報の記録及び／又は再生を適切に行うことができる光ピックアップ装置、対物光学素子及び光情報記録再生装置を提供することが可能になる。

実施例

[0156] 以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。図3は、異なる光ディスクであるBDとDVDとCDに対して適切に情報の記録及び／又は再生を行うことができる本実施の形態の光ピックアップ装置PU1の構成を概略的に示す図である。かかる光ピックアップ装置PU1は、光情報記録再生装置に搭載できる。ここでは、第1光ディスクをBDとし、第2光ディスクをDVDとし、第3光ディスクをCDとする。なお、本発明は、本実施の形態に限られるものではない。

[0157] 光ピックアップ装置PU1は、対物光学素子OBJ、絞りST、コリメートレンズCL偏光

ダイクロイックプリズムPPS、BDに対して情報の記録／再生を行う場合に発光され波長405nmのレーザ光束（第一光束）を射出する第一半導体レーザLD1（第一光源）と、BDの情報記録面RL1からの反射光束を受光する第一の受光素子PD1と、レーザモジュールLM等を有する。

[0158] また、レーザモジュールLMは、DVDに対して情報の記録／再生を行う場合に発光され波長658nmのレーザ光束（第二光束）を射出する第二半導体レーザEP1（第二光源）と、CDに対して情報の記録／再生を行う場合に発光され785nmのレーザ光束（第三光束）を射出する第三半導体レーザEP2（第三光源）と、DVDの情報記録面RL2からの反射光束を受光する第二の受光素子DS1と、CDの情報記録面RL3からの反射光束を受光する第三の受光素子DS2と、プリズムPSと、を有している。

[0159] 図1及び図4に示されるように、本実施の形態の対物光学素子OBJにおいて、光源側の非球面光学面に光軸を含む中央領域CNと、その周囲に配置された周辺領域MDと、更にその周囲に配置された最周辺領域OTとが、光軸を中心とする同心円状に形成されている。なお、図1及び図4の中央領域、周辺領域、最周辺領域の面積などの比率は正確には表されていない。

[0160] 青紫色半導体レーザLD1から射出された第一光束（λ1＝405nm）の発散光束は、偏光ダイクロイックプリズムPPSを透過し、コリメートレンズCLにより平行光束とされた後、図示しない1／4波長板により直線偏光から円偏光に変換され、絞りSTによりその光束径が規制され、対物光学素子OBJによって厚さ0．0875mmの保護基板PL1を介して、BDの情報記録面RL1上に形成されるスポットとなる。

[0161] 情報記録面RL1上で情報ピットにより変調された反射光束は、再び対物光学素子OBJ、絞りSTを透過した後、図示しない1／4波長板により円偏光から直線偏光に変換され、コリメートレンズCLにより収斂光束とされ、偏光ダイクロイックプリズムPPSを透過した後、第一の受光素子PD1の受光面上に収束する。そして、第一の受光素子PD1の出力信号を用いて、2軸アクチュエータACにより対物光学素子OBJをフォーカシングやトラッキングさせることで、BDに記録された情報を読み取ることができる。

[0162] 赤色半導体レーザEP1から射出された第二光束（λ2＝658nm）の発散光束は、

プリズムPSで反射された後、偏光ダイクロイックプリズムPPSにより反射され、コリメートレンズCLにより平行光束とされた後、図示しない1／4波長板により直線偏光から円偏光に変換され、対物光学素子OBJに入射する。ここで、対物光学素子OBJの中央領域と周辺領域により集光された（最周辺領域を通過した光束はフレア化され、スポット周辺部を形成する）光束は、厚さ0．6mmの保護基板PL2を介して、DVDの情報記録面RL2に形成されるスポットとなり、スポット中心部を形成する。

[0163] 情報記録面RL2上で情報ピットにより変調された反射光束は、再び対物光学素子OBJ、絞りSTを透過した後、図示しない1／4波長板により円偏光から直線偏光に変換され、コリメートレンズCLにより収斂光束とされ、偏光ダイクロイックプリズムPPSにより反射された後、その後、プリズム内で2回反射された後、第二の受光素子DS1に収束する。そして、第二の受光素子DS1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。

[0164] 赤外半導体レーザEP2から射出された第三光束（λ3＝785nm）の発散光束は、プリズムPSで反射された後、偏光ダイクロイックプリズムPPSにより反射され、コリメートレンズCLにより平行光束とされた後、図示しない1／4波長板により直線偏光から円偏光に変換され、対物光学素子OJTに入射する。ここで、対物光学素子OBJの中央領域により集光された（周辺領域及び最周辺領域を通過した光束はフレア化され、スポット周辺部を形成する）光束は、厚さ1．2mmの保護基板PL3を介して、CDの情報記録面RL3上に形成されるスポットとなる。

[0165] 情報記録面RL3上で情報ピットにより変調された反射光束は、再び対物光学素子OBJ、絞りSTを透過した後、図示しない1／4波長板により円偏光から直線偏光に変換され、コリメートレンズCLにより収斂光束とされ、偏光ダイクロイックプリズムPPSにより反射された後、その後、プリズム内で2回反射された後、第三の受光素子DS2に収束する。そして、第三の受光素子DS2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。

[0166] 青紫色半導体レーザLD1から出射された第一光束が平行光束で対物光学素子OBJに入射したときに、中央領域の第一光路差付与構造、周辺領域の第二光路差付与構造及び最周辺領域は、第一光束の球面収差を適正に補正し、保護基板の厚さt

1のBDに対して適切に情報の記録及び／又は再生を行うことができる。又、赤色半導体レーザEP1から出射された第二光束が平行光束で対物光学素子OBJに入射したときに、中央領域の第一光路差付与構造、周辺領域の第二光路差付与構造は、BDとDVDの保護基板の厚さの差異及び第一光束と第二光束の波長の差異に起因して発生する第二光束の球面収差を適正に補正し、最周辺領域は第二光束をDVDの情報記録面上でフレアとするため、保護基板の厚さt2のDVDに対して適切に情報の記録及び／又は再生を行うことができる。又、赤外半導体レーザEP2から出射された第三光束が平行光束で対物光学素子OBJに入射したときに、中央領域の第一光路差付与構造は、BDとCDの保護基板の厚さの差異及び第一光束と第三光束の波長の差異に起因して発生する第三光束の球面収差を適正に補正し、周辺領域の第二光路差付与構造及び最周辺領域は第三光束をCDの情報記録面上でフレアとするため、保護基板の厚さt3のCDに対して適切に情報の記録及び／又は再生を行うことができる。また、中央領域の第一光路差付与構造は、記録再生に用いられる第三光束の必要光の集光スポットと、第三光束の不要光の集光スポットとを適正な距離だけ離し、それにより、CDを用いた際のトラッキング特性も良好にする。加えて、周辺領域の第二光路差付与構造は、第一光束及び第二光束に対して、レーザの製造誤差等の理由によって波長が基準波長からずれた際に、スフェロクロマティズム（色球面収差）を補正することができる。

[0167] ＜実施例1～3＞

次に、上述の実施の形態に用いることができる実施例について説明する。以下の実施例1～3において、対物光学素子は、単玉のガラスレンズである。対物光学素子の光学面の中央領域CNの全面には、第一光路差付与構造が形成されている。光学面の周辺領域MDの全面には、第二光路差付与構造が形成されている。光学面の最周辺領域OTは、非球面の屈折面である。

[0168] また、実施例1～3において、第一光路差付与構造は、第一基礎構造と第二基礎構造とが重畳された構造となっており、鋸歯状の回折構造とバイナリ構造とが重畳された形状となっている。断面形状は、図2（c）で示されているような形状である。鋸歯状の回折構造である第一基礎構造は、第1光束の2次の回折光の光量を他のいかな

る次数(0次即ち透過光も含む)の回折光の光量よりも大きくし、第2光束の1次の回折光の光量を他のいかなる次数(0次即ち透過光も含む)の回折光の光量よりも大きくし、第3光束の1次の回折光の光量を他のいかなる次数(0次即ち透過光も含む)の回折光量よりも大きくするように設計されている。また、バイナリ構造である第二基礎構造は、所謂、波長選択回折構造であり、第1光束の0次の回折光(透過光)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(透過光)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±1次の回折光の光量を他のいかなる次数(0次即ち透過光も含む)の回折光量よりも大きくするように設計されている。

[0169] また、実施例1～3において、第一光路差付与構造は、図2(c)に示すように、中央領域の光軸側の領域においては、段差が光軸側を向いている鋸歯状の構造とバイナリ構造が重畳されており、中央領域の周辺領域側の領域においては、段差が光軸側とは逆を向いている鋸歯状の構造とバイナリ構造が重畳されており、その間には、鋸歯状の構造の段差の向きを切り替えるために必要な遷移領域が設けられている。この遷移領域は、回折構造により透過波面に付加される光路差を光路差関数で表現した時、光路差関数の極値となる点に相当する領域である。なお、光路差関数が極値となる点を持つと、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、回折構造の形状誤差による透過率低下を抑制できる。

[0170] 実施例1～3において、第二光路差付与構造は、第一基礎構造と第四基礎構造を重畳した構造となっており、鋸歯状の回折構造とより荒い鋸歯状の回折構造とが重畳された形状となっている。なお、細かい方の鋸歯状の回折構造では段差が光軸側とは反対を向いており、荒い方の鋸歯状の回折構造では段差が光軸側を向いている。断面形状は、図2(d)で示されているような形状である。鋸歯状の回折構造である第一基礎構造は、第1光束の2次の回折光の光量を他のいかなる次数(0次即ち透過光も含む)の回折光の光量よりも大きくし、第2光束の1次の回折光の光量を他のいかなる次数(0次即ち透過光も含む)の回折光の光量よりも大きくし、第3光束の1次の回折光の光量を他のいかなる次数(0次即ち透過光も含む)の回折光量よりも大きくするように設計されている。また、荒い鋸歯状の回折構造である第四基礎構造は

、第1光束の5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3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3次及び2次の回折光の光量を他のいかなる次数の回折光量よりも大きくするように設計されている。なお、図2(c)及び図2(d)では、理解しやすいように断面の形状が誇張して描かれている。

[0171] 表1～表3にレンズデータを示す。なお、これ以降において、10のべき乗数(例えば、2．5×10－3)を、E(例えば、2．5E－3)を用いて表すものとする。

[0172] 対物光学素子の光学面は、それぞれ数1式に、表に示す係数を代入した数式で規定される、光軸の周りに軸対称な非球面に形成されている。

[0173] [数1]

$$X(h)=\frac{(h^2/r)}{1+\sqrt{1-(1+\kappa)(h/r)^2}}+\sum_{i=0}^{10}A_{2i}h^{2i}$$

[0174] ここで、X(h)は光軸方向の軸(光の進行方向を正とする)、κは円錐係数、A2iは非球面係数、hは光軸からの高さである。

[0175] また、回折構造により各波長の光束に対して与えられる光路長は、数2式の光路差関数に、表に示す係数を代入した数式で規定される。

[0176] [数2]

$$\Phi(h)=\lambda/\lambda_B\times dor\times\sum_{i=0}^{6}C_{2i}h^{2i}$$

[0177] 尚、λは入射光束の波長、λBは設計波長(ブレーズ化波長)、dorは回折次数、C2iは光路差関数の係数である。

＜実施例1＞

以下の表1～3に、実施例1のレンズデータを示す。また、図5(a)、5(b)及び5(c)において、実施例1の縦球面収差図を示す。縦球面収差図の縦軸の1．0は、BDにおいては、NA0．85またはΦ3．74mmを表し、DVDにおいては、NA0．60より僅

かに大きな値、または、Φ２．６８ｍｍより僅かに大きな値を表し、ＣＤにおいては、ＮＡ０．４５より僅かに大きな値、または、Φ２．１８ｍｍより僅かに大きな値を表す。なお、実施例１において、Ｌ＝０．２８ｍｍである。したがって、Ｌ／ｆ＝０．２８／２．４２＝０．１１６である。

[0178] [表1]

単玉回折レンズ実施例　レンズデータ

対物レンズの焦点距離　f_1=2.20mm　f_2=2.28mm　f_3=2.42mm

開口数　NA1：0.85　NA2：0.60　NA3：0.45

倍率　m1：0　m2：0　m3：0

第i面	ri	di(405nm)	ni(405nm)	di(658nm)	ni(658nm)	di(785nm)	ni(785nm)
0		∞		∞		∞	
1(絞り径)		0.0(φ3.74mm)		0.0(φ2.68mm)		0.0(φ2.18mm)	
2	1.5795	2.430	1.605	2.430	1.586	2.430	1.582
2－1	1.5799						
2－2	1.5804						
2－3	1.5810						
2－4	1.5793						
2－5	1.5816						
2－6	1.5374						
3	−4.7732	0.79		0.54		0.32	
4	∞	0.0875	1.620	0.600	1.577	1.200	1.571
5	∞						

[0179] [表2]

面no.		2	2－1	2－2	2－3
領域		h≦1.117	1.117≦h≦1.178	1.178≦h≦1.224	1.224≦h≦1.262
非球面係数	κ	−5.1483E−01	−5.1735E−01	−5.1984E−01	−5.2196E−01
	A0	0.0000E+00	−3.4971E−03	−6.9971E−03	−1.0502E−02
	A4	1.2950E−02	1.2950E−02	1.2950E−02	1.2952E−02
	A6	2.6726E−03	2.6726E−03	2.6726E−03	2.6726E−03
	A8	3.8605E−03	3.8605E−03	3.8605E−03	3.8605E−03
	A10	−3.5626E−03	−3.5626E−03	−3.5626E−03	−3.5626E−03
	A12	1.3965E−03	1.3965E−03	1.3965E−03	1.3965E−03
	A14	8.5125E−05	8.5125E−05	8.5125E−05	8.5125E−05
	A16	−1.6888E−04	−1.6888E−04	−1.6888E−04	−1.6888E−04
	A18	4.5316E−05	4.5316E−05	4.5316E−05	4.5316E−05
	A20	−4.4456E−06	−4.4456E−06	−4.4456E−06	−4.4456E−06
光路差関数	回折次数	2／1／1	2／1／1	2／1／1	2／1／1
	設計波長	395nm	395nm	395nm	395nm
	C2	−5.4912E−03	−5.4912E−03	−5.4912E−03	−5.4912E−03
	C4	2.3942E−03	2.3942E−03	2.3942E−03	2.3942E−03
	C6	1.7081E−03	1.7081E−03	1.7081E−03	1.7081E−03
	C8	−8.9650E−04	−8.9650E−04	−8.9650E−04	−8.9650E−04
	C10	2.6700E−04	2.6700E−04	2.6700E−04	2.6700E−04
光路差関数	回折次数	0／0／1			
	設計波長	785nm			
	C2	1.5968E−02			
	C4	−7.3725E−04			
	C6	−1.0009E−03			
	C8	8.1423E−04			
	C10	−2.4796E−04			

[0180] [表3]

面no.		2－4	2－5	2－6	3
領域		1.262≦h≦1.307	1.307≦h≦1.355	1.355≦h	
非球面係数	κ	−5.2821E−01	−5.2092E−01	−6.5466E−01	−1.4057E+01
	A0	−1.4453E−02	−1.7566E−02	3.2124E−04	0.0000E+00
	A4	1.2948E−02	1.2639E−02	1.2109E−02	1.4339E−01
	A6	2.6726E−03	2.6726E−03	6.8203E−04	−1.3569E−01
	A8	3.8605E−03	3.8605E−03	1.8368E−03	8.5457E−02
	A10	−3.5626E−03	−3.5626E−03	−1.3166E−03	−3.5414E−02
	A12	1.3965E−03	1.3965E−03	3.0609E−04	8.3196E−03
	A14	8.5125E−05	8.5125E−05	2.2270E−04	−8.3492E−04
	A16	−1.6888E−04	−1.6888E−04	−1.6894E−04	0.0000E+00
	A18	4.5316E−05	4.5316E−05	4.4386E−05	0.0000E+00
	A20	−4.4456E−06	−4.4456E−06	−4.3121E−06	0.0000E+00
光路差関数	回折次数	2／1／1	2／1／1		
	設計波長	395nm	395nm		
	C2	−5.4912E−03	−5.4912E−03		
	C4	2.3942E−03	2.3942E−03		
	C6	1.7081E−03	1.7081E−03		
	C8	−8.9650E−04	−8.9650E−04		
	C10	2.6700E−04	2.6700E−04		
光路差関数	回折次数				
	設計波長				
	C2				
	C4				
	C6				
	C8				
	C10				

[0181] ＜実施例2＞

以下の表4～6に、実施例2のレンズデータを示す。また、図6(a)、6(b)及び6(c)において、実施例2の縦球面収差図を示す。縦球面収差図の縦軸の1．0は、BDに

おいては、NA0．85またはΦ3．74mmを表し、DVDにおいては、NA0．60より僅かに大きな値、または、Φ2．68mmより僅かに大きな値を表し、CDにおいては、NA0．45より僅かに大きな値、または、Φ2．12mmより僅かに大きな値を表す。なお、実施例2において、L＝0．16mmである。したがって、L／f＝0．16／2．36＝0．068である。

[0182] [表4]

[0183] [表5]

単玉回折レンズ実施例　レンズデータ

対物レンズの焦点距離　f_1=2.20mm　f_2=2.28mm　f_3=2.36mm

開口数　NA1：0.85　NA2：0.60　NA3：0.45

倍率　m1：0　m2：0　m3：0

第i面	ri	di(405nm)	ni(405nm)	di(658nm)	ni(658nm)	di(785nm)	ni(785nm)
0		∞		∞		∞	
1(絞り径)		0.0(φ3.74mm)		0.0(φ2.68mm)		0.0(φ2.12mm)	
2	1.5810	2.430	1.605	2.430	1.586	2.430	1.582
2－1	1.5825						
2－2	1.5820						
2－3	1.5809						
2－4	1.5808						
2－5	1.5811						
2－6	1.5316						
3	−4.7543	0.79		0.54		0.26	
4	∞	0.0875	1.620	0.600	1.577	1.200	1.571
5	∞						

面no.		2	2－1	2－2	2－3
領域		h≦1.116	1.116≦h≦1.197	1.197≦h≦1.239	1.239≦h≦1.272
非球面係数	κ	−5.0687E−01	−5.0696E−01	−5.1166E−01	−5.1724E−01
	A0	0.0000E+00	−3.3441E−03	−7.0033E−03	−1.0810E−02
	A4	1.3630E−02	1.3630E−02	1.3630E−02	1.3630E−02
	A6	2.1948E−03	2.1948E−03	2.1948E−03	2.1948E−03
	A8	3.9803E−03	3.9803E−03	3.9803E−03	3.9803E−03
	A10	−3.7498E−03	−3.7498E−03	−3.7498E−03	−3.7498E−03
	A12	1.4932E−03	1.4932E−03	1.4932E−03	1.4932E−03
	A14	7.7535E−05	7.7535E−05	7.7535E−05	7.7535E−05
	A16	−1.6888E−04	−1.6888E−04	−1.6888E−04	−1.6888E−04
	A18	4.5316E−05	4.5316E−05	4.5316E−05	4.5316E−05
	A20	−4.4456E−06	−4.4456E−06	−4.4456E−06	−4.4456E−06
光路差関数	回折次数	2／1／1	2／1／1	2／1／1	2／1／1
	設計波長	395nm	395nm	395nm	395nm
	C2	−5.5507E−03	−5.5507E−03	−5.5507E−03	−5.5507E−03
	C4	2.6083E−03	2.6083E−03	2.6083E−03	2.6083E−03
	C6	1.6957E−03	1.6957E−03	1.6957E−03	1.6957E−03
	C8	−1.0148E−03	−1.0148E−03	−1.0148E−03	−1.0148E−03
	C10	3.1382E−04	3.1382E−04	3.1382E−04	3.1382E−04
光路差関数	回折次数	0／0／1			
	設計波長	785nm			
	C2	1.0109E−02			
	C4	−5.6774E−04			
	C6	−1.8990E−03			
	C8	1.5121E−03			
	C10	−4.9017E−04			

[0184] [表6]

面no.		2－4	2－5	2－6	3
領域		1.273≦h≦1.316	1.316≦h≦1.351	1.351≦h	
非球面係数	κ	−5.2032E−01	−5.2211E−01	−6.5466E−01	−1.4567E+01
	A0	−1.4468E−02	−1.8188E−02	2.0102E−03	0.0000E+00
	A4	1.3630E−02	1.3629E−02	1.2109E−02	1.4319E−01
	A6	2.1948E−03	2.1948E−03	6.8203E−04	−1.3589E−01
	A8	3.9803E−03	3.9803E−03	1.8368E−03	8.5430E−02
	A10	−3.7498E−03	−3.7498E−03	−1.3166E−03	−3.5356E−02
	A12	1.4932E−03	1.4932E−03	3.0609E−04	8.2999E−03
	A14	7.7535E−05	7.7535E−05	2.2270E−04	−8.3293E−04
	A16	−1.6888E−04	−1.6888E−04	−1.6894E−04	0.0000E+00
	A18	4.5316E−05	4.5316E−05	4.4386E−05	0.0000E+00
	A20	−4.4456E−06	−4.4456E−06	−4.3121E−06	0.0000E+00
光路差関数	回折次数	2／1／1	2／1／1		
	設計波長	395nm	395nm		
	C2	−5.5507E−03	−5.5507E−03		
	C4	2.6083E−03	2.6083E−03		
	C6	1.6957E−03	1.6957E−03		
	C8	−1.0148E−03	−1.0148E−03		
	C10	3.1382E−04	3.1382E−04		
光路差関数	回折次数				
	設計波長				
	C2				
	C4				
	C6				
	C8				
	C10				

[0185] ＜実施例3＞

以下の表7～9に、実施例3のレンズデータを示す。また、図7(a)、7(b)及び7(c)において、実施例2の縦球面収差図を示す。縦球面収差図の縦軸の1．0は、BDに

おいては、NA0．85またはΦ3．74mmを表し、DVDにおいては、NA0．60より僅かに大きな値、または、Φ2．68mmより僅かに大きな値を表し、CDにおいては、NA0．45より僅かに大きな値、または、Φ2．17mmより僅かに大きな値を表す。なお、実施例3において、L＝0．28mmである。したがって、L／f＝0．28／2．43＝0．115である。

[0186] [表7]

単玉回折レンズ実施例　レンズデータ

対物レンズの焦点距離　f_1=2.20mm　f_2=2.28mm　f_3=2.43mm
開口数　NA1：0.85　NA2：0.60　NA3：0.45
倍率　m1：0　m2：0　m3：0

第i面	ri	di(405nm)	ni(405nm)	di(658nm)	ni(658nm)	di(785nm)	ni(785nm)
0		∞		∞		∞	
1(絞り径)		0.0(φ3.74mm)		0.0(φ2.68mm)		0.0(φ2.17mm)	
2	1.5559	2.370	1.605	2.370	1.586	2.370	1.582
2－1	1.5627						
2－2	1.5653						
2－3	1.5643						
2－4	1.5658						
2－5	1.5648						
3	−5.1533	0.82		0.57		0.36	
4	∞	0.0875	1.620	0.600	1.577	1.200	1.571
5	∞						

[0187] [表8]

面no.		2	2－1	2－2	2－3
領域		h≦1.110	1.110≦h≦1.179	1.179≦h≦1.218	1.218≦h≦1.278
非球面係数	κ	−5.3140E−01	−5.2257E−01	−5.2131E−01	−5.2861E−01
	A0	0.0000E+00	−6.0616E−03	−9.0884E−03	−1.2687E−02
	A4	1.2538E−02	1.2538E−02	1.2538E−02	1.2538E−02
	A6	1.5730E−03	1.5730E−03	1.5730E−03	1.5730E−03
	A8	7.8213E−03	7.8213E−03	7.8213E−03	7.8213E−03
	A10	−6.6801E−03	−6.6801E−03	−6.6801E−03	−6.6801E−03
	A12	2.5319E−03	2.5319E−03	2.5319E−03	2.5319E−03
	A14	−7.3283E−05	−7.3283E−05	−7.3283E−05	−7.3283E−05
	A16	−1.6888E−04	−1.6888E−04	−1.6888E−04	−1.6888E−04
	A18	4.5316E−05	4.5316E−05	4.5316E−05	4.5316E−05
	A20	−4.4456E−06	−4.4456E−06	−4.4456E−06	−4.4456E−06
光路差関数	回折次数	2／1／1	2／1／1	2／1／1	2／1／1
	設計波長	395nm	395nm	395nm	395nm
	C2	−4.2889E−03	−4.2889E−03	−4.2889E−03	−4.2889E−03
	C4	1.6784E−03	1.6784E−03	1.6784E−03	1.6784E−03
	C6	2.4623E−03	2.4623E−03	2.4623E−03	2.4623E−03
	C8	−1.1484E−03	−1.1484E−03	−1.1484E−03	−1.1484E−03
	C10	3.0281E−04	3.0281E−04	3.0281E−04	3.0281E−04
光路差関数	回折次数	0／0／1			
	設計波長	785nm			
	C2	1.6209E−02			
	C4	−4.2084E−04			
	C6	−1.8779E−03			
	C8	1.5357E−03			
	C10	−4.6042E−04			

[0188] [表9]

面no.		2－4	2－5	3
領域		1.278≦h≦1.346	1.346≦h	
非球面係数	κ	－5.3306E－01	－6.5475E－01	－9.8372E＋00
	A0	－1.9455E－02	8.6537E－03	0.0000E＋00
	A4	1.2538E－02	1.5782E－02	1.4197E－01
	A6	1.5730E－03	9.9623E－04	－1.3547E－01
	A8	7.8213E－03	1.7248E－03	8.6460E－02
	A10	－6.6801E－03	－1.3501E－03	－3.5392E－02
	A12	2.5319E－03	3.0344E－04	8.0551E－03
	A14	－7.3283E－05	2.2480E－04	－7.7385E－04
	A16	－1.6888E－04	－1.6807E－04	0.0000E＋00
	A18	4.5316E－05	4.4386E－05	0.0000E＋00
	A20	－4.4456E－06	－4.3584E－06	0.0000E＋00
光路差関数	回折次数	2／1／1		
	設計波長	395nm		
	C2	－4.2889E－03		
	C4	1.6784E－03		
	C6	2.4623E－03		
	C8	－1.1484E－03		
	C10	3.0281E－04		
光路差関数	回折次数			
	設計波長			
	C2			
	C4			
	C6			
	C8			
	C10			

[0189] ＜実施例4＞

以下の実施例4においては、対物光学素子は、単玉のポリオレフィン系のプラスチックレンズである。対物光学素子の光学面の中央領域CNの全面には、第一光路差付与構造が形成されている。光学面の周辺領域MDの全面には、第二光路差付与構造が形成されている。光学面の最周辺領域OTの全面には、第三光路差付与構造が設けられている。

[0190] また、実施例4において、第一光路差付与構造は、第一基礎構造、第二基礎構造に加えて、第三基礎構造が重畳された構造となっており、二種類の鋸歯状の回折構

造とバイナリ構造とが重畳された形状となっている。断面形状は、図8においてCNと示されている部分として示されている。鋸歯状の回折構造である第三基礎構造は、第1光束の10次の回折光の光量を他のいかなる次数(0次即ち透過光も含む)の回折光の光量よりも大きくし、第2光束の6次の回折光の光量を他のいかなる次数(0次即ち透過光も含む)の回折光の光量よりも大きくし、第3光束の5次の回折光の光量を他のいかなる次数(0次即ち透過光も含む)の回折光量よりも大きくするように設計されている。第一基礎構造の光軸方向の段差量は、第1光束に対して第1波長の略2波長分の光路差を与え、第2光束に対して第2波長の略1．2波長分の光路差を与え、第3光束に対して第3波長の略1波長分の光路差を与えるような段差量である。第二基礎構造の光軸方向の段差量は、第1光束に対して第1波長の略5波長分の光路差を与え、第2光束に対して第2波長の略3波長分の光路差を与え、第3光束に対して第3波長の略2．5波長分の光路差を与えるような段差量である。第三基礎構造の光軸方向の段差量は、第1光束に対して第1波長の略10波長分の光路差を与え、第2光束に対して第2波長の略6波長分の光路差を与え、第3光束に対して第3波長の略5波長分の光路差を与えるような段差量である。尚、第三基礎構造は、第一基礎構造及び第二基礎構造とは基準となる母非球面が異なる。

[0191] 実施例4において、第二光路差付与構造は、図8のMDとして示されているように、第一基礎構造と第四基礎構造を重畳した構造となっており、二種類の鋸歯状の回折構造が重畳された形状となっている。第四基礎構造の光軸方向の段差量は、第1光束に対して第1波長の略5波長分の光路差を与え、第2光束に対して第2波長の略3波長分の光路差を与え、第3光束に対して第3波長の略2．5波長分の光路差を与えるような段差量である。尚、第四基礎構造は、第一基礎構造とは基準となる母非球面が異なる。また、第一光路差付与構造における第三基礎構造と第二光路差付与構造における第四基礎構造は連続して設けられている。第一光路差付与構造における第三基礎構造は、光軸から離れるに従ってその深さが深くなっていき、第一光路差付与構造と第二光路差付与構造との境から、今度は、第二光路差付与構造における第四基礎構造は、光軸から離れるに従って、その深さが浅くなっていく構造となっている。

[0192] 実施例4において、第三光路差付与構造は、図8のOTとして示されているように、第四基礎構造のみを有する構造となっており、一種類の鋸歯状の回折構造のみを有する形状となっている。第三光路差付与構造における第四基礎構造は、光軸と直交する方向に光軸から離れるにつれて、光学素子の内側に入り込んでいき、あるところを境に、光軸から離れるにつれて、光学素子の外側へと向かうような構造ではない。

[0193] 以下の表10～13に、実施例4のレンズデータを示す。また、図9(a)、9(b)、9(c)において、実施例4の縦球面収差図を示す。縦球面収差図の縦軸の1．0は、BDにおいては、NA0．85またはΦ3．74mmを表し、DVDにおいては、NA0．6より僅かに大きな値、または、2．70mmより僅かに大きな値を表し、CDにおいては、NA0．45より僅かに大きな値または、Φ2．37mmより僅かに大きな値を表す。なお、実施例4において、L＝0．60mmである。したがって、L／f＝0．60／2．53＝0．237である。

[0194] 実施例4の第一光路差付与構造における全ての輪帯は、段差量が3．62μm～4．23μmのグループと、段差量が2．22μm～2．56μmのグループに分けられる。尚、λBは405nmである。λB'は390nm～400nmの任意の値とする。従って、実施例4の第一光路差付与構造における全ての輪帯の段差量が、dCとdDのいずれかを満たすことになる。また、第一光路差付与構造における全ての輪帯のピッチ幅は、5．3μm～110μmの範囲に含まれる。また、第一光路差付与構造における全ての輪帯の(段差量／ピッチ幅)の値は、0．8以下である。

[0195] [表10]

[0196] [表11]

単玉回折レンズ実施例　レンズデータ

対物レンズの焦点距離　f_1=2.20mm　f_2=2.28mm　f_3=2.53mm

開口数　NA１：0.85　NA２：0.60　NA３：0.45

倍率　ｍ１：0　ｍ２：0　ｍ３：0

第ｉ面	ri	di(405nm)	ni(405nm)	di(658nm)	ni(658nm)	di(785nm)	ni(785nm)
0		∞		∞		∞	
1(絞り径)		0.0(φ3.74mm)		0.0(φ2.70mm)		0.0(φ2.37mm)	
2	1.5656	2.680	1.561	2.680	1.540	2.680	1.536
2－1	1.5626						
2－2	1.5595						
2－3	1.5570						
2－4	1.5661						
2－5	1.5633						
2－6	1.5643						
2－7	1.5657						
2－8	1.5656						
2－9	1.53232						
3	−2.8740	0.67		0.43		0.41	
4	∞	0.0875	1.620	0.600	1.577	1.200	1.571
5	∞						

面no.		2	2－1	2－2	2－3
領域		h≦0.3982	0.3982≦h≦0.6392	0.6392≦h≦0.9173	0.9173≦h≦1.2020
非球面係数	κ	−0.545763E+00	−0.541149E+00	−0.543545E+00	−0.540372E+00
	A0	0.000000E+00	0.723148E−02	0.144639E−01	−0.217471E−01
	A4	0.173456E−01	0.173456E−01	0.173456E−01	0.173456E−01
	A6	0.161268E−02	0.161268E−02	0.161268E−02	0.161268E−02
	A8	0.227272E−02	0.227272E−02	0.227272E−02	0.227272E−02
	A10	−0.176212E−02	−0.176212E−02	−0.176212E−02	−0.176212E−02
	A12	0.832672E−03	0.832672E−03	0.832672E−03	0.832672E−03
	A14	0.306247E−03	0.306247E−03	0.306247E−03	0.306247E−03
	A16	−0.312510E−03	−0.312510E−03	−0.312510E−03	−0.312510E−03
	A18	0.779196E−04	0.779196E−04	0.779196E−04	0.779196E−04
	A20	−0.382183E−05	−0.382183E−05	−0.382183E−05	−0.382183E−05
光路差関数	回折次数	2／1／1	2／1／1	2／1／1	2／1／1
	設計波長	395nm	395nm	395nm	395nm
	C2	−7.9481E−03	−7.9481E−03	−7.9481E−03	−7.9481E−03
	C4	3.1618E−03	3.1618E−03	3.1618E−03	3.1618E−03
	C6	2.6104E−04	2.6104E−04	2.6104E−04	2.6104E−04
	C8	−1.5449E−04	−1.5449E−04	−1.5449E−04	−1.5449E−04
	C10	1.3011E−04	1.3011E−04	1.3011E−04	1.3011E−04
光路差関数	回折次数	0／0／1	0／0／1	0／0／1	0／0／1
	設計波長	785nm	785nm	785nm	785nm
	C2	3.2600E−02	3.2600E−02	3.2600E−02	3.2600E−02
	C4	−3.0280E−03	−3.0280E−03	−3.0280E−03	−3.0280E−03
	C6	2.4526E−03	2.4526E−03	2.4526E−03	2.4526E−03
	C8	−1.0989E−03	−1.0989E−03	−1.0989E−03	−1.0989E−03
	C10	2.4093E−04	2.4093E−04	2.4093E−04	2.4093E−04

[0197] [表12]

面no.		2－4	2－5	2－6	2－7
領域		1.2020≦h≦1.2390	1.2390≦h≦1.2677	1.2677≦h≦1.3121	1.3121≦h≦1.3466
非球面係数	κ	−0.523735E+00	−0.534676E+00	−0.540742E+00	−0.536630E+00
	A 0	0.193505E−01	0.150921E−01	0.113044E−01	0.782945E−02
	A 4	0.173456E−01	0.173485E−01	0.175724E−01	0.172773E−01
	A 6	0.161268E−02	0.161268E−02	0.161268E−02	0.161268E−02
	A 8	0.227272E−02	0.227272E−02	0.227272E−02	0.227272E−02
	A10	−0.176212E−02	−0.176212E−02	−0.176212E−02	−0.176212E−02
	A12	0.832672E−03	0.832672E−03	0.832672E−03	0.832672E−03
	A14	0.306247E−03	0.306247E−03	0.306247E−03	0.306247E−03
	A16	−0.312510E−03	−0.312510E−03	−0.312510E−03	−0.312510E−03
	A18	0.779196E−04	0.779196E−04	0.779196E−04	0.779196E−04
	A20	−0.382183E−05	−0.382183E−05	−0.382183E−05	−0.382183E−05
光路差関数	回折次数	2／1／1	2／1／1	2／1／1	2／1／1
	設計波長	395nm	395nm	395nm	395nm
	C 2	−7.9481E−03	−7.9481E−03	−7.9481E−03	−7.9481E−03
	C 4	3.1618E−03	3.1618E−03	3.1618E−03	3.1618E−03
	C 6	2.6104E−04	2.6104E−04	2.6104E−04	2.6104E−04
	C 8	−1.5449E−04	−1.5449E−04	−1.5449E−04	−1.5449E−04
	C10	1.3011E−04	1.3011E−04	1.3011E−04	1.3011E−04
光路差関数	回折次数				
	設計波長				
	C 2				
	C 4				
	C 6				
	C 8				
	C10				

[0198] [表13]

面no.		2－8	2－9	3
領域		1.3466≦h≦1.3751	1.3751≦h	
非球面係数	κ	−0.545757E+00	−0.616167E+00	−5.4022E+01
	A 0	0.150988E−04	0.341800E−01	0.0000E+00
	A 4	0.173456E−01	0.132229E−01	1.0541E−01
	A 6	0.161240E−02	0.544502E−04	−1.0213E−01
	A 8	0.227272E−02	0.262231E−02	7.4675E−02
	A10	−0.176212E−02	−0.156680E−02	−4.3240E−02
	A12	0.832672E−03	0.226928E−03	1.4629E−02
	A14	0.306247E−03	0.239248E−03	−2.0762E−03
	A16	−0.312510E−03	−0.165881E−03	0.0000E+00
	A18	0.779196E−04	0.451501E−04	0.0000E+00
	A20	−0.382183E−05	−0.472873E−05	0.0000E+00
光路差関数	回折次数	2／1／1	5／3／2	
	設計波長	395nm	405nm	
	C 2	−7.9481E−03	−1.0012E−03	
	C 4	3.1618E−03	−1.0849E−04	
	C 6	2.6104E−04	1.2384E−05	
	C 8	−1.5449E−04	−5.9681E−06	
	C10	1.3011E−04	−8.9463E−06	
光路差関数	回折次数			
	設計波長			
	C 2			
	C 4			
	C 6			
	C 8			
	C10			

[0199] また、実施例4の対物光学素子の温度特性については、δSAT1は、＋0．0033WFEλrms／℃であり、δSAT2は、＋0．0019WFEλrms／℃である。また、第一波長における対物光学素子のfが2．2mmであるので、δSAT1／fは、＋0．0015WFEλrms／(℃・mm)である。δSAT2／fは、＋0．0009WFEλrms／(℃・mm)である。また、実施例4の対物光学素子の波長特性については、δSAλが、−0．03λrms／nmであり、δSAλ／fが、−0．0136λrms／(nm・mm)である。尚、使用波長は405nmであり、波長特性における環境温度25℃である。

[0200] さらに、コリメータレンズCLとして、対物光学素子と同じ材料(ポリオレフィン系のプ

ラスチック)で作られた単玉のコリメータレンズCLを用いて、実施例4の対物光学素子を組み合わせて用いた場合、δSAT3は、＋0．0004WFEλrms／℃であり、δSAT3／fは、＋0．0002WFEλrms／(℃・mm)である。コリメータレンズのレンズデータを以下の表14に示す。

[0201] [表14]

PLASTIC ノーマルコリメータ実施例 レンズデータ
コリメータ焦点距離 f = 17.5mm@BD、18.1mm@DVD、18.2mm@CD

第i面	ri	di(405nm)	ni (405nm)	di(658nm)	ni(658nm)	di(785nm)	ni(785nm)
0	∞	∞		∞		∞	
1(絞り径)	∞	0.0(φ4.2mm)		0.0(φ4.2mm)		0.0(φ4.2mm)	
2	10.9657	1.900	1.545	1.900	1.527	1.900	1.524
3	-68.6939	5.000		5.000		5.000	
4	∞	8.000	1.530	8.000	1.514	8.000	1.511
5	∞	6.145		6.661		6.764	
6	∞						

面no.	2	3
非球面係数 κ	-6.3761E-01	-3.8132E+01

[0202] ＜実施例5＞

以下の実施例5においては、対物光学素子は、単玉のポリオレフィン系のプラスチックレンズである。対物光学素子の光学面の中央領域CNの全面には、第一光路差付与構造が形成されている。光学面の周辺領域MDの全面には、第二光路差付与

構造が形成されている。光学面の最周辺領域OTの全面には、第三光路差付与構造が設けられている。断面形状は、図8に近い形状となる。

[0203] また、実施例5において、第一光路差付与構造は、第一基礎構造、第二基礎構造に加えて、第三基礎構造が重畳された構造となっており、二種類の鋸歯状の回折構造とバイナリ構造とが重畳された形状となっている。

[0204] 実施例5において、第二光路差付与構造は、第一基礎構造と第四基礎構造を重畳した構造となっており、二種類の鋸歯状の回折構造が重畳された形状となっている。

[0205] 実施例5において、第三光路差付与構造は、第四基礎構造のみを有する構造となっており、一種類の鋸歯状の回折構造のみを有する形状となっている。

[0206] 以下の表15～18に、実施例5のレンズデータを示す。また、図11(a)、11(b)、11(c)において、実施例5の縦球面収差図を示す。縦球面収差図の縦軸の1．0は、BDにおいては、NA0．85またはΦ3．74mmを表し、DVDにおいては、NA0．6より僅かに大きな値、または、Φ2．71mmより僅かに大きな値を表し、CDにおいては、NA0．45より僅かに大きな値、または、Φ2．24mmより僅かに大きな値を表す。なお、実施例5において、L＝0．38mmである。したがって、L／f＝0．38／2．45＝0．155である。

[0207] [表15]

[0208] [表16]

単玉回折レンズ実施例　レンズデータ

対物レンズの焦点距離　f_1=2.20mm　f_2=2.29mm　f_3=2.45mm

開口数　NA1：0.85　NA2：0.60　NA3：0.45

倍率　m1：0　m2：0　m3：0

第i面	ri	di(405nm)	ni(405nm)	di(658nm)	ni(658nm)	di(785nm)	ni(785nm)
0	∞	∞		∞		∞	
1(絞り径)	∞	0.0(φ3.74mm)		0.0(φ2.71mm)		0.0(φ2.24mm)	
2	1.5827	2.530	1.560	2.530	1.541	2.530	1.537
2－1	1.5799						
2－2	1.5769						
2－3	1.5741						
2－4	1.5816						
2－5	1.5816						
2－6	1.5827						
2－7	1.5824						
2－8	1.5126						
2－9	1.5126						
2－10	1.5126						
3	－3.3232	0.74		0.51		0.34	
4	∞	0.0875	1.620	0.600	1.577	1.200	1.571
5	∞						

面no.		2	2－1	2－2	2－3
領域		h ≦0.357	0.357≦ h ≦0.563	0.563≦ h ≦0.779	0.779≦ h ≦1.229
非球面係数	κ	−5.1901E−01	−5.1920E−01	−5.1610E−01	−5.1369E−01
	A 0	0.0000E+00	7.2386E−03	1.4474E−02	2.1741E−02
	A 4	1.6812E−02	1.6812E−02	1.6812E−02	1.6812E−02
	A 6	7.2184E−04	7.2184E−04	7.2184E−04	7.2184E−04
	A 8	3.6921E−03	3.6921E−03	3.6921E−03	3.6921E−03
	A10	−2.3832E−03	−2.3832E−03	−2.3832E−03	−2.3832E−03
	A12	7.3118E−04	7.3118E−04	7.3118E−04	7.3118E−04
	A14	4.3460E−04	4.3460E−04	4.3460E−04	4.3460E−04
	A16	−3.3859E−04	−3.3859E−04	−3.3859E−04	−3.3859E−04
	A18	7.7905E−05	7.7905E−05	7.7905E−05	7.7905E−05
	A20	−3.8236E−06	−3.8236E−06	−3.8236E−06	−3.8236E−06
光路差関数	回折次数	2／1／1	2／1／1	2／1／1	2／1／1
	設計波長	395nm	395nm	395nm	395nm
	C 2	−9.6690E−03	−9.6690E−03	−9.6690E−03	−9.6690E−03
	C 4	2.8071E−03	2.8071E−03	2.8071E−03	2.8071E−03
	C 6	4.5147E−04	4.5147E−04	4.5147E−04	4.5147E−04
	C 8	−1.8776E−04	−1.8776E−04	−1.8776E−04	−1.8776E−04
	C10	1.1487E−04	1.1487E−04	1.1487E−04	1.1487E−04
光路差関数	回折次数	0／0／1	0／0／1	0／0／1	0／0／1
	設計波長	785nm	785nm	785nm	785nm
	C 2	2.1432E−02	2.1432E−02	2.1432E−02	2.1432E−02
	C 4	−1.7579E−03	−1.7579E−03	−1.7579E−03	−1.7579E−03
	C 6	6.1798E−04	6.1798E−04	6.1798E−04	6.1798E−04
	C 8	−1.7907E−04	−1.7907E−04	−1.7907E−04	−1.7907E−04
	C10	5.5149E−06	5.5149E−06	5.5149E−06	5.5149E−06

[0209] [表17]

面no.		2－4	2－5	2－6	2－7
領域		1.229≦h≦1.279	1.279≦h≦1.313	1.313≦h≦1.338	1.338≦h≦1.360
非球面係数	κ	−5.0865E−01	−5.1138E−01	−5.0846E−01	−5.1704E−01
	A0	1.9053E−02	1.5184E−02	1.1708E−02	7.7827E−03
	A4	1.7171E−02	1.7096E−02	1.6812E−02	1.6882E−02
	A6	7.2184E−04	7.2184E−04	7.2184E−04	7.8583E−04
	A8	3.6921E−03	3.6921E−03	3.6921E−03	3.6921E−03
	A10	−2.3832E−03	−2.3832E−03	−2.3832E−03	−2.3832E−03
	A12	7.3118E−04	7.3118E−04	7.3118E−04	7.3118E−04
	A14	4.3460E−04	4.3460E−04	4.3460E−04	4.3460E−04
	A16	−3.3859E−04	−3.3859E−04	−3.3859E−04	−3.3859E−04
	A18	7.7905E−05	7.7905E−05	7.7905E−05	7.7905E−05
	A20	−3.8236E−06	−3.8236E−06	−3.8236E−06	−3.8236E−06
光路差関数	回折次数	2／1／1	2／1／1	2／1／1	2／1／1
	設計波長	395nm	395nm	395nm	395nm
	C2	−9.6690E−03	−9.6690E−03	−9.6690E−03	−9.6690E−03
	C4	2.8071E−03	2.8071E−03	2.8071E−03	2.8071E−03
	C6	4.5147E−04	4.5147E−04	4.5147E−04	4.5147E−04
	C8	−1.8776E−04	−1.8776E−04	−1.8776E−04	−1.8776E−04
	C10	1.1487E−04	1.1487E−04	1.1487E−04	1.1487E−04
光路差関数	回折次数				
	設計波長				
	C2				
	C4				
	C6				
	C8				
	C10				

[0210] [表18]

面no.		2－8	2－9	2－10	3
領域		1.360≦h≦1.693	1.693≦h≦1.795	h≧1.795	
非球面係数	κ	−6.3971E−01	−6.3971E−01	−6.3971E−01	−6.4455E+01
	A0	3.3772E−02	3.3772E−02	3.3772E−02	0.0000E+00
	A4	6.7776E−03	6.7776E−03	6.7776E−03	1.0127E−01
	A6	9.8447E−04	9.8447E−04	9.8447E−04	−1.0483E−01
	A8	3.0474E−03	3.0474E−03	3.0474E−03	8.1714E−02
	A10	−1.6077E−03	−1.6077E−03	−1.6077E−03	−4.5164E−02
	A12	1.9240E−04	1.9240E−04	1.9240E−04	1.3855E−02
	A14	2.3762E−04	2.3762E−04	2.3762E−04	−1.7611E−03
	A16	−1.6317E−04	−1.6317E−04	−1.6317E−04	0.0000E+00
	A18	4.5602E−05	4.5602E−05	4.5602E−05	0.0000E+00
	A20	−4.8919E−06	−4.8919E−06	−4.8919E−06	0.0000E+00
光路差関数	回折次数	5／3／2	2／1／1	5／3／2	
	設計波長	405nm	405nm	405nm	
	C2	−2.9493E−03	−7.3734E−03	−2.9493E−03	
	C4	2.1334E−04	5.3335E−04	2.1334E−04	
	C6	−3.0344E−05	−7.5859E−05	−3.0344E−05	
	C8	−2.1699E−05	−5.4247E−05	−2.1699E−05	
	C10	−4.3323E−06	−1.0831E−05	−4.3323E−06	
光路差関数	回折次数				
	設計波長				
	C2				
	C4				
	C6				
	C8				
	C10				

[0211] また、実施例5の対物光学素子の温度特性については、δSAT1は、＋0．00308WFEλrms／℃であり、δSAT2は、＋0．00176WFEλrms／℃である。また、第一波長における対物光学素子のfが2．20mmであるので、δSAT1／fは、＋0．0014WFEλrms／(℃・mm)である。δSAT2／fは、＋0．0008WFEλrms／(℃・

mm)である。また、実施例5の対物光学素子の波長特性については、δSAλが、−0.02618λrms/nmであり、δSAλ/fが、−0.0119λrms/(nm・mm)である。尚、使用波長は405nmであり、波長特性における環境温度は25℃である。

[0212] さらに、コリメータレンズCLとして、実施例4で用いたものと同じ単玉のコリメータレンズCLを用いて、実施例5の対物光学素子を組み合わせて用いた場合、δSAT3は、+0.000198WFEλrms/℃であり、δSAT3/fは、+0.00009WFEλrms/(℃・mm)である。

[0213] 次に、実施例4や5及びそれに類似の対物光学素子を用いて、光ピックアップ装置を製造する方法の一例を以下に説明する。ここでは、最も発振波長のバラツキが大きい青紫色半導体レーザLD1について対物光学素子の最適化を考える。まず、青紫色半導体レーザLD1の基準波長が405nmであるとしたときに、設計波長を402nmとした場合に球面収差が最適となる光路差付与構造を有する対物光学素子を設計し、それに応じた第1の金型を作成して、第1の金型により成形した対物光学素子を第1グループとする。設計波長を403nmとした場合に球面収差が最適となる光路差付与構造を有する対物光学素子を設計し、それに応じた第2の金型を作成して、第2の金型により成形した対物光学素子を第2グループとする。設計波長を404nmとした場合に球面収差が最適となる光路差付与構造を有する対物光学素子を設計し、それに応じた第3の金型を作成して、第3の金型により成形した対物光学素子を第3グループとする。設計波長を405nmとした場合に球面収差が最適となる光路差付与構造を有する対物光学素子を設計し、それに応じた第4の金型を作成して、第4の金型により成形した対物光学素子を第4グループとする。設計波長を406nmとした場合に球面収差が最適となる光路差付与構造を有する対物光学素子を設計し、それに応じた第5の金型を作成して、第5の金型により成形した対物光学素子を第5グループとする。設計波長を407nmとした場合に球面収差が最適となる光路差付与構造を有する対物光学素子を設計し、それに応じた第6の金型を作成して、第6の金型により成形した対物光学素子を第6グループとする。設計波長を408nmとした場合に球面収差が最適となる光路差付与構造を有する対物光学素子を設計し、それに応じた第7の金型を作成して、第7の金型により成形した対物光学素子を第7グルー

プとする。尚、本実施の形態では、光路差付与構造の仕様に応じて対物光学素子を7グループに分けたが、これに限らず例えば3、5グループなどに分けても良い。

[0214] 図15は、成形された対物レンズOBJの斜視図である。図15に示すように、対物光学素子OBJにおける光学面OPの周囲に配置された環状のフランジFには、凸部又は凹部状の識別マークMが形成されている。これは、金型(不図示)のフランジ転写面に、対応する凹部又は凸部を形成しておくことで、対物光学素子OBJの成形時に同時に転写形成できる。本実施の形態では、識別マークMの数が1つの場合、第1グループに属する対物レンズであることを示し、識別マークMの数が2つの場合、第2グループに属する対物レンズであることを示し、識別マークMの数が3つの場合、第3グループに属する対物レンズであることを示し、以下同様とする。尚、グループの分け方としては、以上に限らず、例えばグループ分けされた対物レンズのトレイ、カートリッジ、或いはそれを梱包する箱などに、異なる識別マークを付与しても良い。

[0215] 図16は、本実施の形態にかかる光ピックアップ装置の製造方法を示すフローチャート図である。まず、図16のステップS101で、任意の青紫色半導体レーザの発振波長λ1を測定する。次に、ステップS102で、測定した発振波長λ1が401．5nm以上402．5nm未満ならn＝1とし、測定した発振波長λ1が402．5nm以上403．5nm未満ならn＝2とし、測定した発振波長λ1が403．5nm以上404．5nm未満ならn＝3とし、測定した発振波長λ1が404．5nm以上405．5nm未満ならn＝4とし、測定した発振波長λ1が405．5nm以上406．5nm未満ならn＝5とし、測定した発振波長λ1が406．5nm以上407．5nm未満ならn＝6とし、測定した発振波長λ1が407．5nm以上408．5nm未満ならn＝7とする。尚、青紫色半導体レーザの発振波長λ1が、401．5nm未満或いは408．5nm以上であった場合、許容公差範囲外の製品として別のものと置換すればよい。

[0216] 続くステップS103で、第nグループ内の対物光学素子を選択する。更に、ステップS104で、測定した青紫色半導体レーザと、選択した対物光学素子を含む部品を組み立てることで、光ピックアップ装置が完成する。

[0217] 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、本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、本発明の範囲は後述するクレームによって示されている。

請求の範囲

[1] 第一波長λ1の第一光束を射出する第一光源と、

第二波長λ2(λ2>λ1)の第二光束を射出する第二光源と、

第三波長λ3(λ3>λ2)の第三光束を射出する第三光源と、

前記第一光束を厚さがt1の保護基板を有する第1光ディスクの情報記録面上に集光させ、前記第二光束を厚さがt2(t1≦t2)の保護基板を有する第2光ディスクの情報記録面上に集光させ、前記第三光束を厚さがt3(t2<t3)の保護基板を有する第3光ディスクの情報記録面上に集光させるための対物光学素子と、を有する光ピックアップ装置であって、

前記光ピックアップ装置は、前記第一光束を前記第1光ディスクの情報記録面上に集光させ、前記第二光束を前記第2光ディスクの情報記録面上に集光させ、前記第三光束を前記第3光ディスクの情報記録面上に集光させることによって情報の記録及び／又は再生を行い、

前記対物光学素子の光学面は、中央領域と前記中央領域の周りの周辺領域の少なくとも二つの領域を有し、前記中央領域は第一光路差付与構造を有し、前記周辺領域は第二光路差付与構造を有し、

前記対物光学素子は、前記対物光学素子の前記中央領域を通過する前記第一光束を、前記第1光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光し、前記中央領域を通過する前記第二光束を、前記第2光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光し、前記中央領域を通過する前記第三光束を、前記第3光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光し、

前記対物光学素子は、前記対物光学素子の前記周辺領域を通過する前記第一光束を、前記第1光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光し、前記周辺領域を通過する前記第二光束を、前記第2光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光し、

前記対物光学素子の前記第一光路差付与構造を通過した前記第三光束によって、前記第三光束が形成するスポットのスポット径が最も小さくなる第一ベストフォーカ

スと、前記第三光束が形成するスポットのスポット径が前記第一ベストフォーカスの次に小さくなる第二ベストフォーカスとが形成され、

前記第一ベストフォーカスと前記第二ベストフォーカスは、下記の式(1)を満たすことを特徴とする光ピックアップ装置。

$0.05 \leqq L/f \leqq 0.35$ (1)

但し、f[mm]は前記第一光路差付与構造を通過し、前記第一ベストフォーカスを形成する前記第三光束の焦点距離を指し、L[mm]は前記第一ベストフォーカスと前記第二ベストフォーカスの間の距離を指す。

[2] 前記対物光学素子を通過した前記第三光束が前記第3光ディスクの情報記録面上で形成するスポットにおいて、光軸方向から見た際に、スポットの中心から外側へ向かう順番で、光量密度が高いスポット中心部、光量密度が前記スポット中心部より低いスポット中間部、光量密度が前記スポット中間部よりも高く前記スポット中心部よりも低いスポット周辺部とが形成され、

前記スポット中心部が前記第3光ディスクの情報の記録及び／又は再生に用いられ、前記スポット中間部及び前記スポット周辺部は前記第3光ディスクの情報の記録及び／又は再生に用いられず、

前記対物光学素子の前記第二光路差付与構造を通過した前記第三光束によって、前記第3光ディスクの情報記録面上で前記スポット周辺部が形成されることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の光ピックアップ装置。

[3] 前記第一ベストフォーカスにおいて前記第三光束が形成する前記スポットが、前記第3光ディスクの記録及び／又は再生に用いられ、前記第二ベストフォーカスにおいて前記第三光束が形成する前記スポットは、前記第3光ディスクの記録及び／又は再生に用いられないことを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項に記載の光ピックアップ装置。

[4] 前記対物光学素子の光学面は、前記周辺領域の周りに屈折面である最周辺領域を有し、三つの領域を有することを特徴とする請求の範囲第1項乃至第3項のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

[5] 前記対物光学素子の光学面は、前記周辺領域の周りに、第三光路差付与構造を

有する最周辺領域を有し、三つの領域を有することを特徴とする請求の範囲第1項乃至第3項のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

[6] 前記対物光学素子は、前記対物光学素子の前記最周辺領域を通過する前記第一光束を、前記第1光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光することを特徴とする請求の範囲第5項に記載の光ピックアップ装置。

[7] 前記第一光路差付与構造は、前記第一光路差付与構造を通過する前記第一光束及び前記第二光束に対して、前記第1光ディスクの保護基板の厚さt1と前記第2光ディスクの保護基板の厚さt2の違いにより発生する球面収差を補正することを特徴とする請求の範囲第1項乃至第6項のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

[8] 前記第一光路差付与構造は、前記第一光路差付与構造を通過する前記第一光束及び前記第三光束に対して、前記第1光ディスクの保護基板の厚さt1と前記第3光ディスクの保護基板の厚さt3の違いにより発生する球面収差を補正することを特徴とする請求の範囲第1項乃至第7項のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

[9] 前記第二光路差付与構造は、前記第二光路差付与構造を通過する前記第一光束及び前記第二光束に対して、前記第1光ディスクの保護基板の厚さt1と前記第2光ディスクの保護基板の厚さt2の違いにより発生する球面収差を補正することを特徴とする請求の範囲第1項乃至第8項のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

[10] 前記第二光路差付与構造は、前記第二光路差付与構造を通過する前記第一光束および前記第二光束に対して、前記第一光源又は前記第二光源の波長の僅かな変動によって発生するスフェロクロマティズム（色球面収差）を補正することを特徴とする請求の範囲第1項乃至第9項のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

[11] 前記第一光束及び前記第二光束が前記対物光学素子へ入射する時の前記対物光学素子の倍率m1、m2が、下記の式（2）、（3）を満たすことを特徴とする請求の範囲第1項乃至第10項のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$-0.02 < m1 < 0.02 \qquad (2)$$

$$-0.02 < m2 < 0.02 \qquad (3)$$

[12] 前記第三光束が前記対物光学素子へ入射する時の前記対物光学素子の倍率m3が、下記の式（4）を満たすことを特徴とする請求の範囲第11項に記載の光ピックアッ

プ装置。

$-0.02 < m3 < 0.02$ (4)

[13] 前記第三光束が前記対物光学素子へ入射する時の前記対物光学素子の倍率m3が、下記の式(5)を満たすことを特徴とする請求の範囲第11項に記載の光ピックアップ装置。

$-0.10 < m3 < 0.00$ (5)

[14] 前記対物光学素子は、単玉レンズであることを特徴とする請求の範囲第1項乃至第13項のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

[15] 前記対物光学素子は、プラスチックレンズであることを特徴とする請求の範囲第14項に記載の光ピックアップ装置。

[16] 前記対物光学素子の同一の光学面が、前記第一光路差付与構造及び前記第二光路差付与構造を有することを特徴とする請求の範囲第1項乃至第15項のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

[17] 前記対物光学素子の同一の光学面が、前記第一光路差付与構造、前記第二光路差付与構造及び屈折面である前記最周辺領域を有することを特徴とする請求の範囲第4項乃至第16項のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

[18] 前記対物光学素子の同一の光学面が、前記第一光路差付与構造、前記第二光路差付与構造及び前記第三光路差付与構造を有する前記最周辺領域を有することを特徴とする請求の範囲第5項乃至第16項のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

[19] 第一波長λ1の第一光束を射出する第一光源と、

第二波長λ2(λ2>λ1)の第二光束を射出する第二光源と、

第三波長λ3(λ3>λ2)の第三光束を射出する第三光源とを有し、前記第一光束を用いて厚さがt1の保護基板を有する第1光ディスクの情報の記録及び／又は再生を行い、前記第二光束を用いて厚さがt2(t1≦t2)の保護基板を有する第2光ディスクの情報の記録及び／又は再生を行い、前記第三光束を用いて厚さがt3(t2<t3)の保護基板を有する第3光ディスクの情報の記録及び／又は再生を行う光ピックアップ装置において用いられる対物光学素子であって、

前記対物光学素子の光学面は、中央領域と前記中央領域の周りの周辺領域の少なくとも二つの領域を有し、前記中央領域は第一光路差付与構造を有し、前記周辺領域は第二光路差付与構造を有し、

前記対物光学素子は、前記対物光学素子の前記中央領域を通過する前記第一光束を、前記第1光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光し、前記中央領域を通過する前記第二光束を、前記第2光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光し、前記中央領域を通過する前記第三光束を、前記第3光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光し、

前記対物光学素子は、前記対物光学素子の前記周辺領域を通過する前記第一光束を、前記第1光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光し、前記周辺領域を通過する前記第二光束を、前記第2光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光し、

前記対物光学素子の前記第一光路差付与構造を通過した前記第三光束によって、前記第三光束が形成するスポットのスポット径が最も小さくなる第一ベストフォーカスと、前記第三光束が形成するスポットのスポット径が前記第一ベストフォーカスの次に小さくなる第二ベストフォーカスとが形成され、

前記第一ベストフォーカスと前記第二ベストフォーカスは、下記の式(1)を満たすことを特徴とする対物光学素子。

$0.05 \leqq L/f \leqq 0.35$ (1)

但し、f[mm]は前記第一光路差付与構造を通過し、前記第一ベストフォーカスを形成する前記第三光束の焦点距離を指し、L[mm]は前記第一ベストフォーカスと前記第二ベストフォーカスの間の距離を指す。

[20] 前記第一ベストフォーカスを形成する位置において前記対物光学素子を通過した前記第三光束によって形成されるスポットにおいて、光軸方向から見た際に、スポットの中心から外側へ向かう順番で、光量密度が高いスポット中心部、光量密度が前記スポット中心部より低いスポット中間部、光量密度が前記スポット中間部よりも高く前記スポット中心部よりも低いスポット周辺部とが形成され、

前記対物光学素子の前記第二光路差付与構造を通過した前記第三光束によって前記スポット周辺部が形成されることを特徴とする請求の範囲第19項に記載の対物光学素子。

[21] 前記対物光学素子は、前記周辺領域の周りに屈折面である最周辺領域を有することを特徴とする請求の範囲第19項又は第20項に記載の対物光学素子。

[22] 前記対物光学素子は、前記周辺領域の周りに、第三光路差付与構造を有する最周辺領域を有することを特徴とする請求の範囲第19項又は第20項に記載の対物光学素子。

[23] 前記対物光学素子は、前記対物光学素子の前記最周辺領域を通過する前記第一光束を、前記第1光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光することを特徴とする請求の範囲第22項に記載の対物光学素子。

[24] 前記第一光路差付与構造は、前記第一光路差付与構造を通過する前記第一光束及び前記第二光束に対して、前記第1光ディスクの保護基板の厚さt1と前記第2光ディスクの保護基板の厚さt2の違いにより発生する球面収差を補正することを特徴とする請求の範囲第19項乃至第23項のいずれか1項に記載の対物光学素子。

[25] 前記第一光路差付与構造は、前記第一光路差付与構造を通過する前記第一光束及び前記第三光束に対して、前記第1光ディスクの保護基板の厚さt1と前記第3光ディスクの保護基板の厚さt3の違いにより発生する球面収差を補正することを特徴とする請求の範囲第19項乃至第24項のいずれか1項に記載の対物光学素子。

[26] 前記第二光路差付与構造は、前記第二光路差付与構造を通過する前記第一光束及び前記第二光束に対して、前記第1光ディスクの保護基板の厚さt1と前記第2光ディスクの保護基板の厚さt2の違いにより発生する球面収差を補正することを特徴とする請求の範囲第19項乃至第25項のいずれか1項に記載の対物光学素子。

[27] 前記第二光路差付与構造は、前記第二光路差付与構造を通過する前記第一光束および前記第二光束に対して、前記第一光源又は前記第二光源の波長の僅かな変動によって発生するスフェロクロマティズム（色球面収差）を補正することを特徴とする請求の範囲第19項乃至第26項のいずれか1項に記載の対物光学素子。

[28] 前記対物光学素子は、単玉レンズであることを特徴とする請求の範囲第19項乃至

第27項のいずれか1項に記載の対物光学素子。

[29] 前記対物光学素子は、プラスチックレンズであることを特徴とする請求の範囲第28項に記載の対物光学素子。

[30] 前記対物光学素子の同一の光学面が、前記第一光路差付与構造及び前記第二光路差付与構造を有することを特徴とする請求の範囲第19項乃至第29項のいずれか1項に記載の対物光学素子。

[31] 前記対物光学素子の同一の光学面が、前記第一光路差付与構造、前記第二光路差付与構造及び屈折面である前記最周辺領域を有することを特徴とする請求の範囲第21項乃至第30項のいずれか1項に記載の対物光学素子。

[32] 前記対物光学素子の同一の光学面が、前記第一光路差付与構造、前記第二光路差付与構造及び前記第三光路差付与構造を有する前記最周辺領域を有することを特徴とする請求の範囲第22項乃至第30項のいずれか1項に記載の対物光学素子。

[33] 第一波長λ1の第一光束を射出する第一光源と、第二波長λ2(λ2>λ1)の第二光束を射出する第二光源と、第三波長λ3(λ3>λ2)の第三光束を射出する第三光源と、前記第一光束を厚さがt1の保護基板を有する第1光ディスクの情報記録面上に集光させ、前記第二光束を厚さがt2(t1≦t2)の保護基板を有する第2光ディスクの情報記録面上に集光させ、前記第三光束を厚さがt3(t2<t3)の保護基板を有する第3光ディスクの情報記録面上に集光させるための対物光学素子と、を有し、前記第一光束を前記第1光ディスクの情報記録面上に集光させ、前記第二光束を前記第2光ディスクの情報記録面上に集光させ、前記第三光束を前記第3光ディスクの情報記録面上に集光させることによって情報の記録及び／又は再生を行う光ピックアップ装置を有する光情報記録再生装置であって、

前記対物光学素子の光学面は、中央領域と前記中央領域の周りの周辺領域の少なくとも二つの領域を有し、前記中央領域に第一光路差付与構造を有し、前記周辺領域に第二光路差付与構造を有し、

前記対物光学素子は、前記対物光学素子の前記中央領域を通過する前記第一光束を、前記第1光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光し、前記中央領域を通過する前記第二光束を、前記第2光ディスクの情報

記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光し、前記中央領域を通過する前記第三光束を、前記第3光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光し、

前記対物光学素子は、前記対物光学素子の前記周辺領域を通過する前記第一光束を、前記第1光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光し、前記周辺領域を通過する前記第二光束を、前記第2光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光し、

前記対物光学素子の前記第一光路差付与構造を通過した前記第三光束によって、前記第三光束が形成するスポットのスポット径が最も小さくなる第一ベストフォーカスと、前記第三光束が形成するスポットのスポット径が前記第一ベストフォーカスの次に小さくなる第二ベストフォーカスとが形成され、

前記第一ベストフォーカスと前記第二ベストフォーカスは、下記の式(1)を満たすことを特徴とする光情報記録再生装置。

$0.05 \leqq L/f \leqq 0.35$ (1)

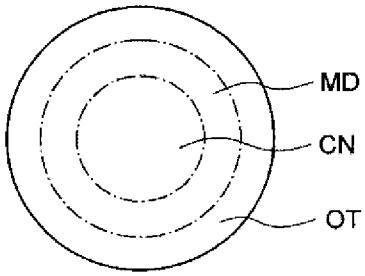
但し、f[mm]は前記第一光路差付与構造を通過し、前記第一ベストフォーカスを形成する前記第三光束の焦点距離を指し、L[mm]は前記第一ベストフォーカスと前記第二ベストフォーカスの間の距離を指す。

[34] 前記対物光学素子を通過した前記第三光束が前記第3光ディスクの情報記録面上で形成するスポットにおいて、光軸方向から見た際に、スポットの中心から外側へ向かう順番で、光量密度が高いスポット中心部、光量密度が前記スポット中心部より低いスポット中間部、光量密度が前記スポット中間部よりも高く前記スポット中心部よりも低いスポット周辺部とが形成され、

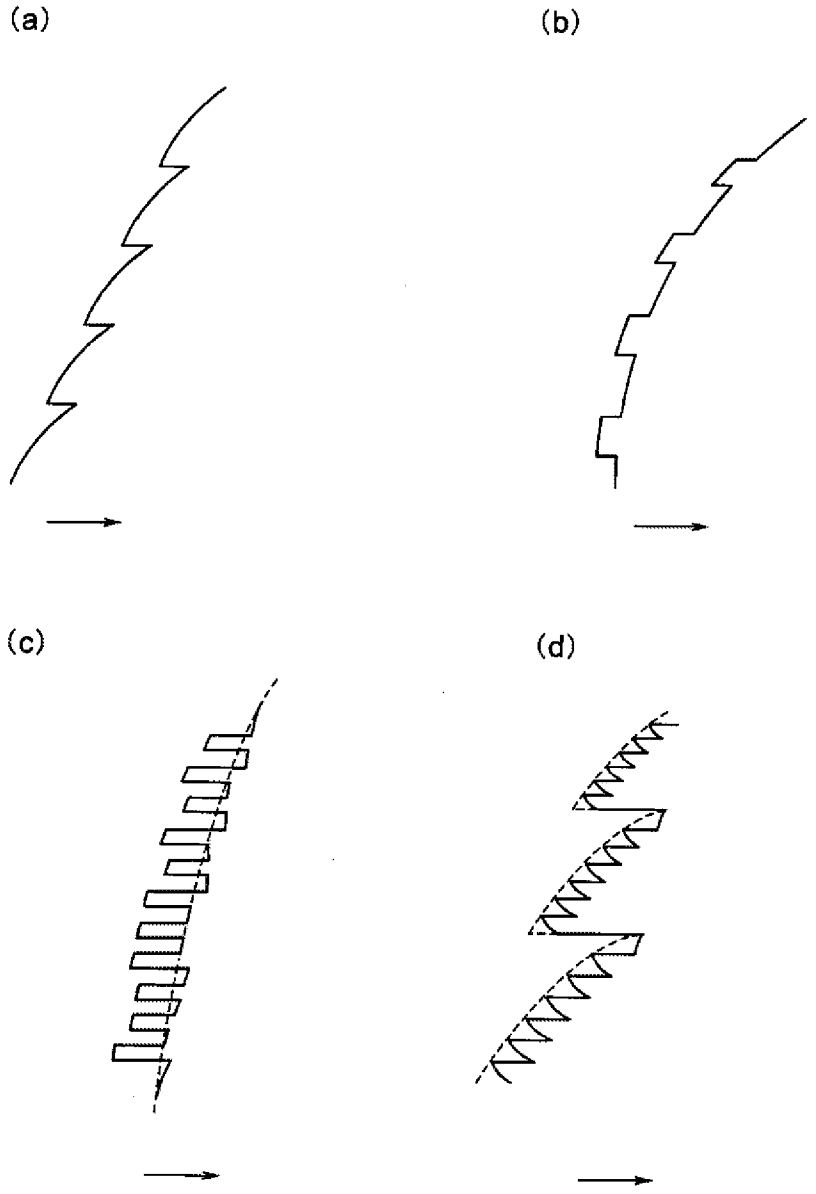
前記スポット中心部が前記第3光ディスクの情報の記録及び／又は再生に用いられ、前記スポット中間部及び前記スポット周辺部は前記第3光ディスクの情報の記録及び／又は再生に用いられず、

前記対物光学素子の前記第二光路差付与構造を通過した前記第三光束によって、前記第3光ディスクの情報記録面上で前記スポット周辺部が形成されることを特徴とする請求の範囲第33項に記載の光情報記録再生装置。

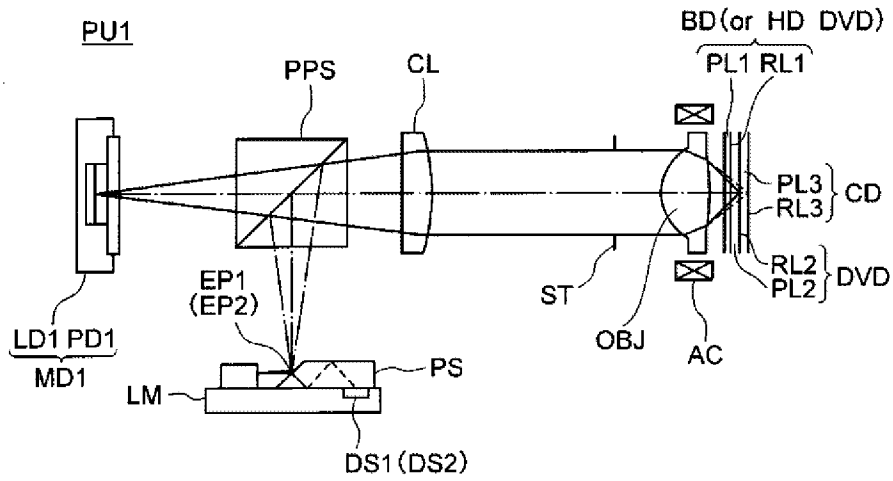
[図1]



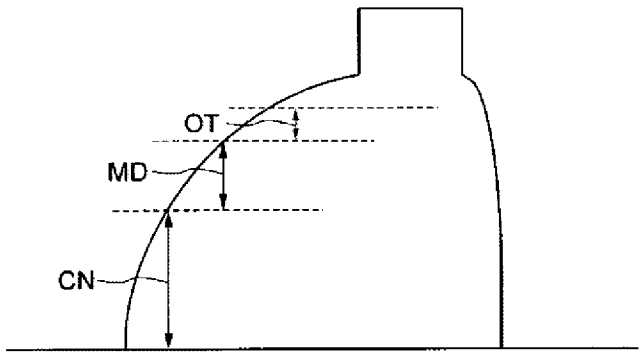
[図2]



[図3]

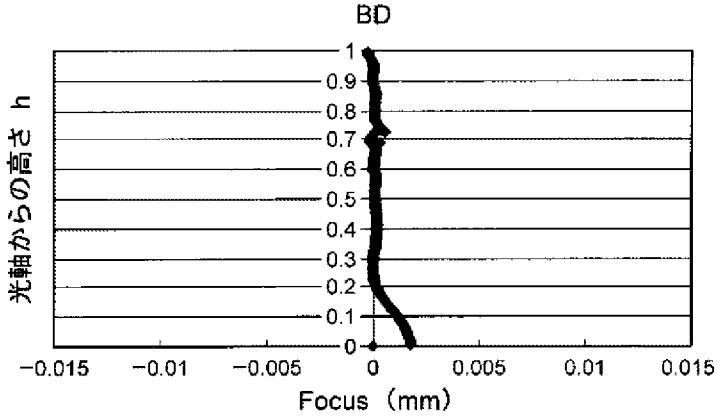

PU1
PPS
CL
BD(or HD DVD)
PL1 RL1
PL3
RL3
CD
RL2
PL2
DVD
EP1
(EP2)
ST
OBJ
AC
LD1 PD1
MD1
LM
PS
DS1(DS2)

[図4]

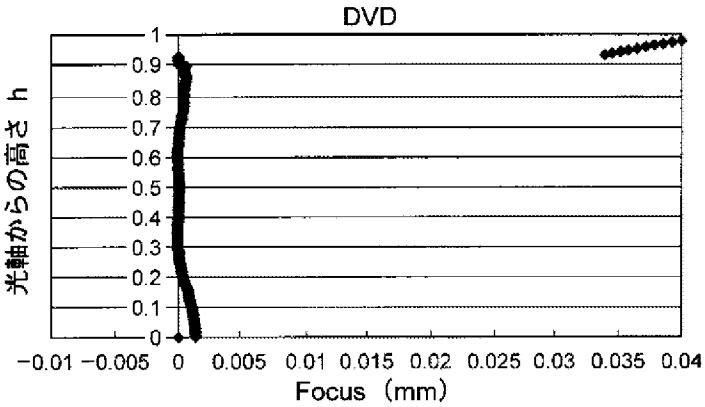

OT
MD
CN

[図5]

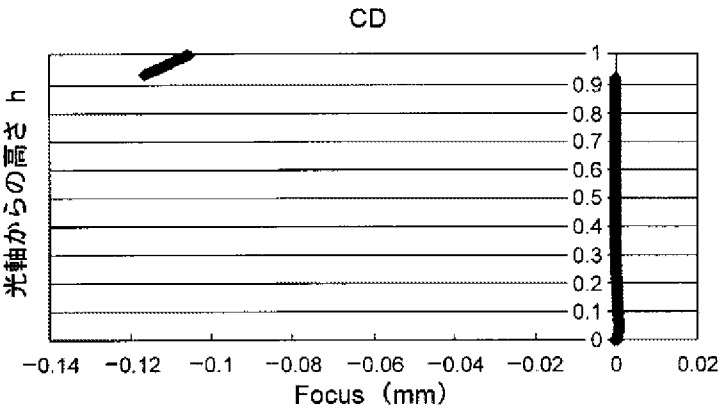
(a)


BD
光軸からの高さ h
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
−0.015 −0.01 −0.005 0 0.005 0.01 0.015
Focus (mm)

(b)

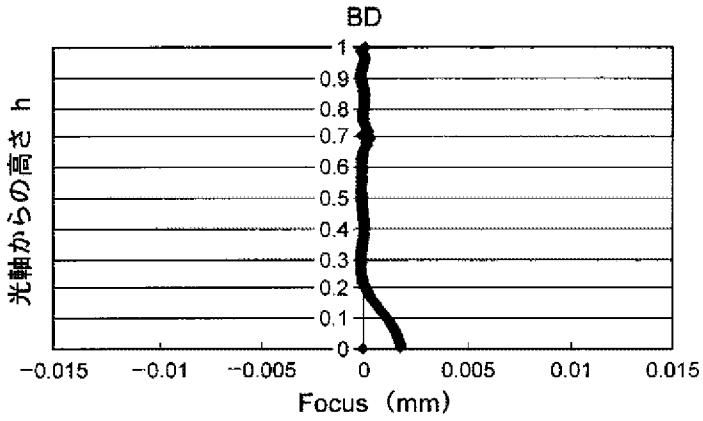

DVD
光軸からの高さ h
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
−0.01 −0.005 0 0.005 0.01 0.015 0.02 0.025 0.03 0.035 0.04
Focus (mm)

(c)

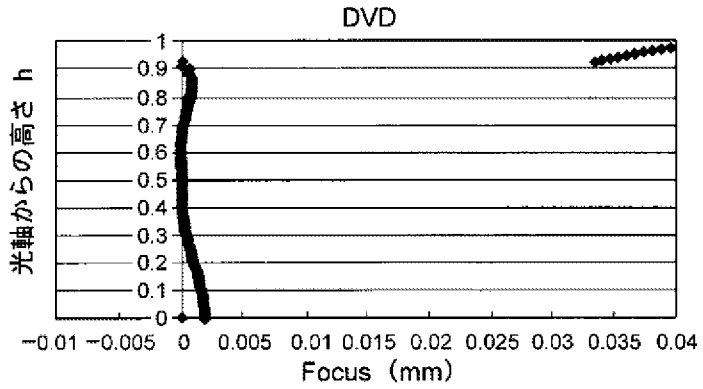

CD
光軸からの高さ h
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
−0.14 −0.12 −0.1 −0.08 −0.06 −0.04 −0.02 0 0.02
Focus (mm)

[図6]

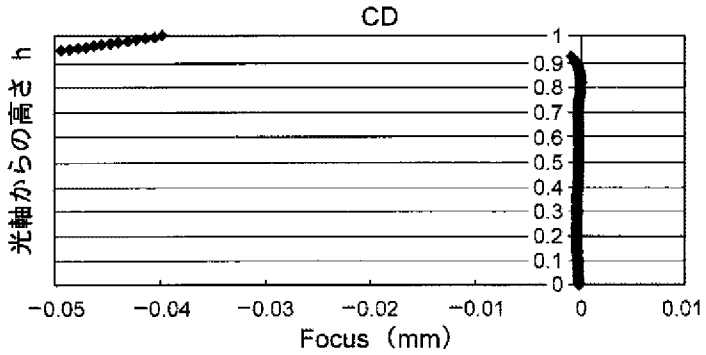
(a)


BD
光軸からの高さ h
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
−0.015 −0.01 −0.005 0 0.005 0.01 0.015
Focus (mm)

(b)

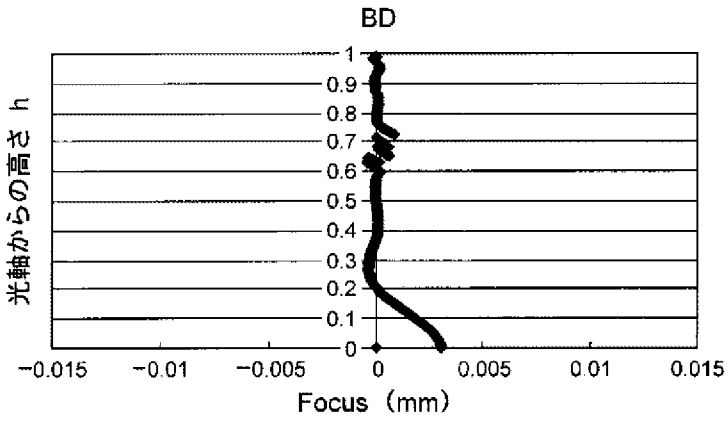

DVD
光軸からの高さ h
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
−0.01 −0.005 0 0.005 0.01 0.015 0.02 0.025 0.03 0.035 0.04
Focus (mm)

(c)

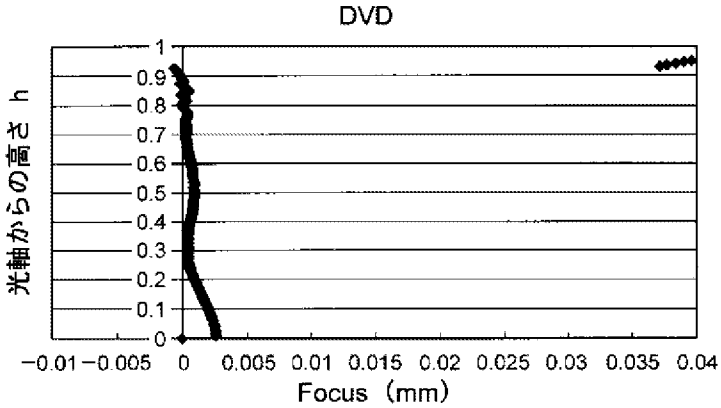

CD
光軸からの高さ h
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
−0.05 −0.04 −0.03 −0.02 −0.01 0 0.01
Focus (mm)

[図7]

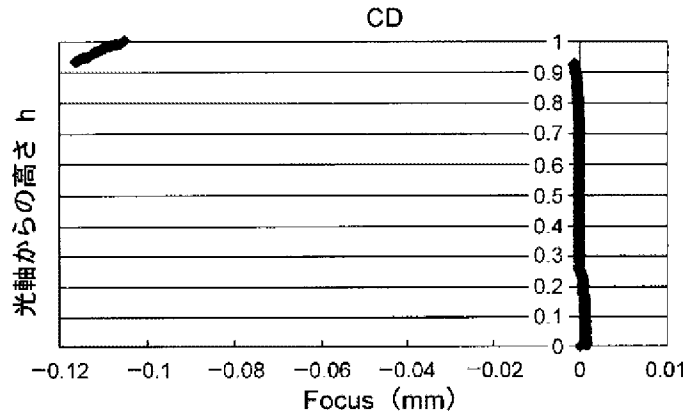
(a)


BD
光軸からの高さ h
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
−0.015
−0.01
−0.005
0
0.005
0.01
0.015
Focus (mm)

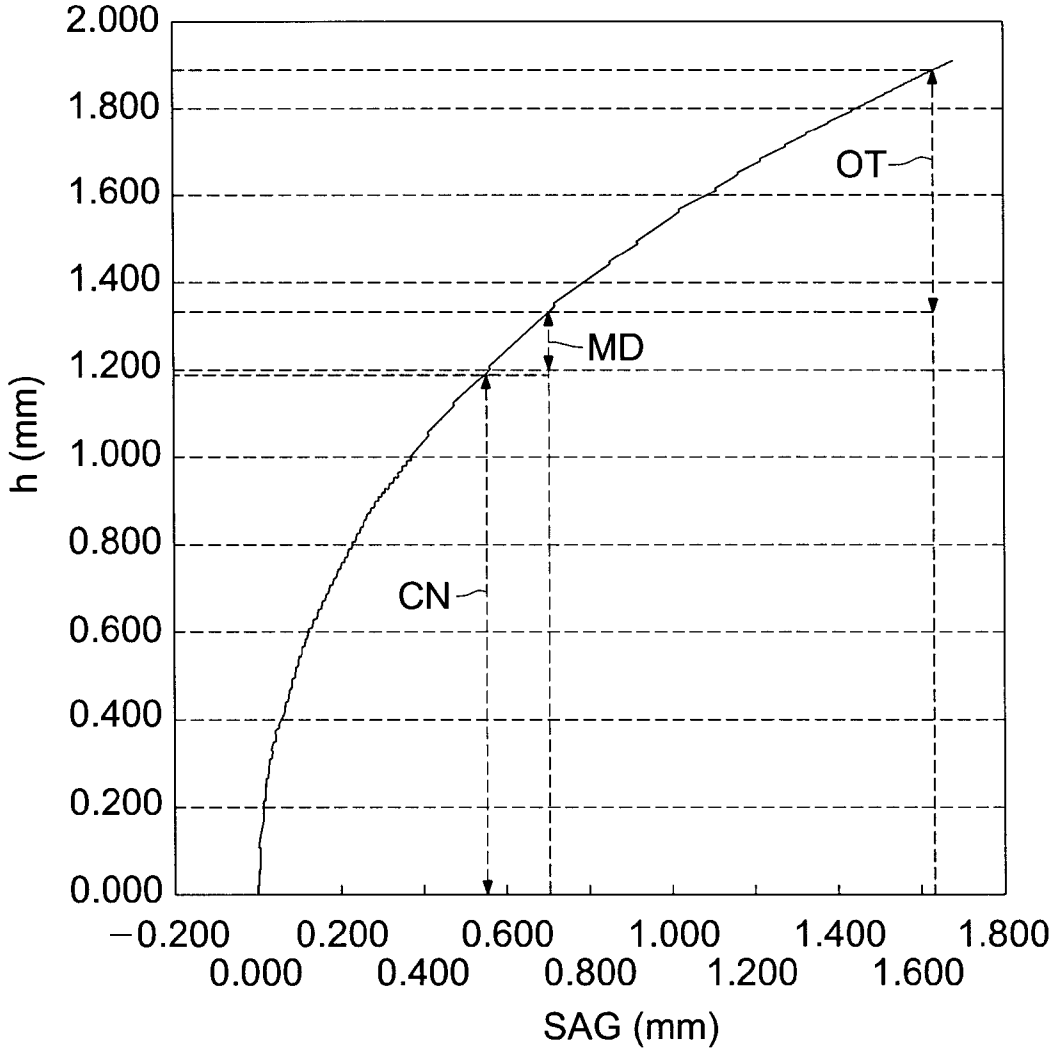
(b)


DVD
光軸からの高さ h
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
−0.01
−0.005
0
0.005
0.01
0.015
0.02
0.025
0.03
0.035
0.04
Focus (mm)

(c)

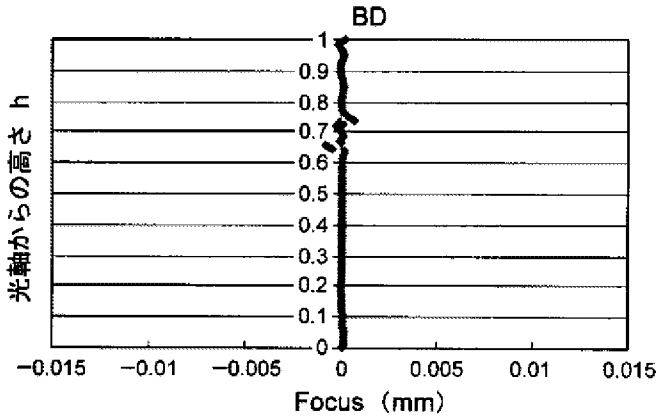

CD
光軸からの高さ h
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
−0.12
−0.1
−0.08
−0.06
−0.04
−0.02
0
0.01
Focus (mm)

[図8]

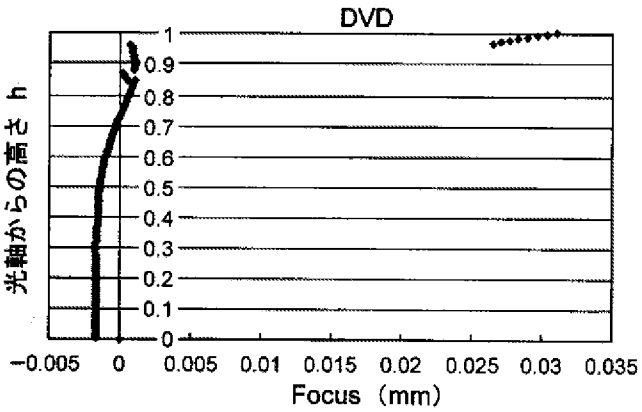

2.000
1.800
1.600
1.400
1.200
1.000
0.800
0.600
0.400
0.200
0.000
h (mm)
OT
MD
CN
−0.200
0.000
0.200
0.400
0.600
0.800
1.000
1.200
1.400
1.600
1.800
SAG (mm)

[図9]

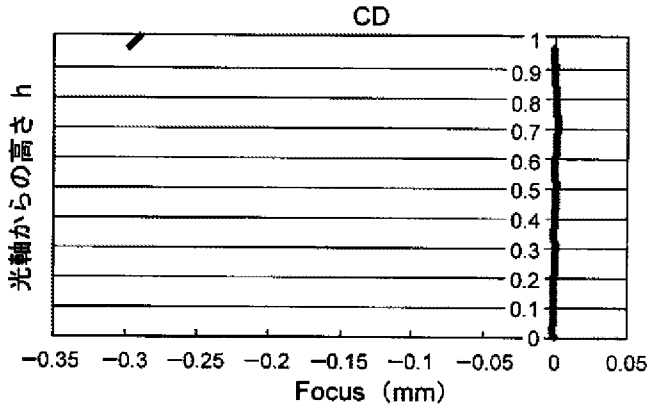
(a)


BD
光軸からの高さ h
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
−0.015
−0.01
−0.005
0
0.005
0.01
0.015
Focus (mm)

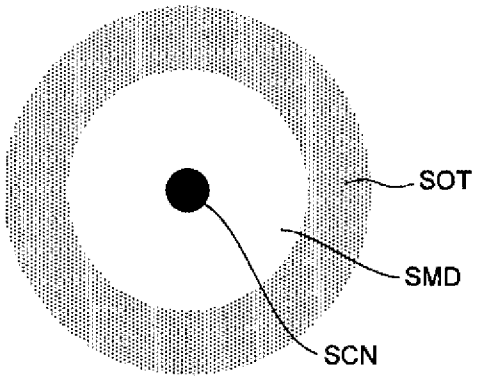
(b)


DVD
光軸からの高さ h
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
−0.005
0
0.005
0.01
0.015
0.02
0.025
0.03
0.035
Focus (mm)

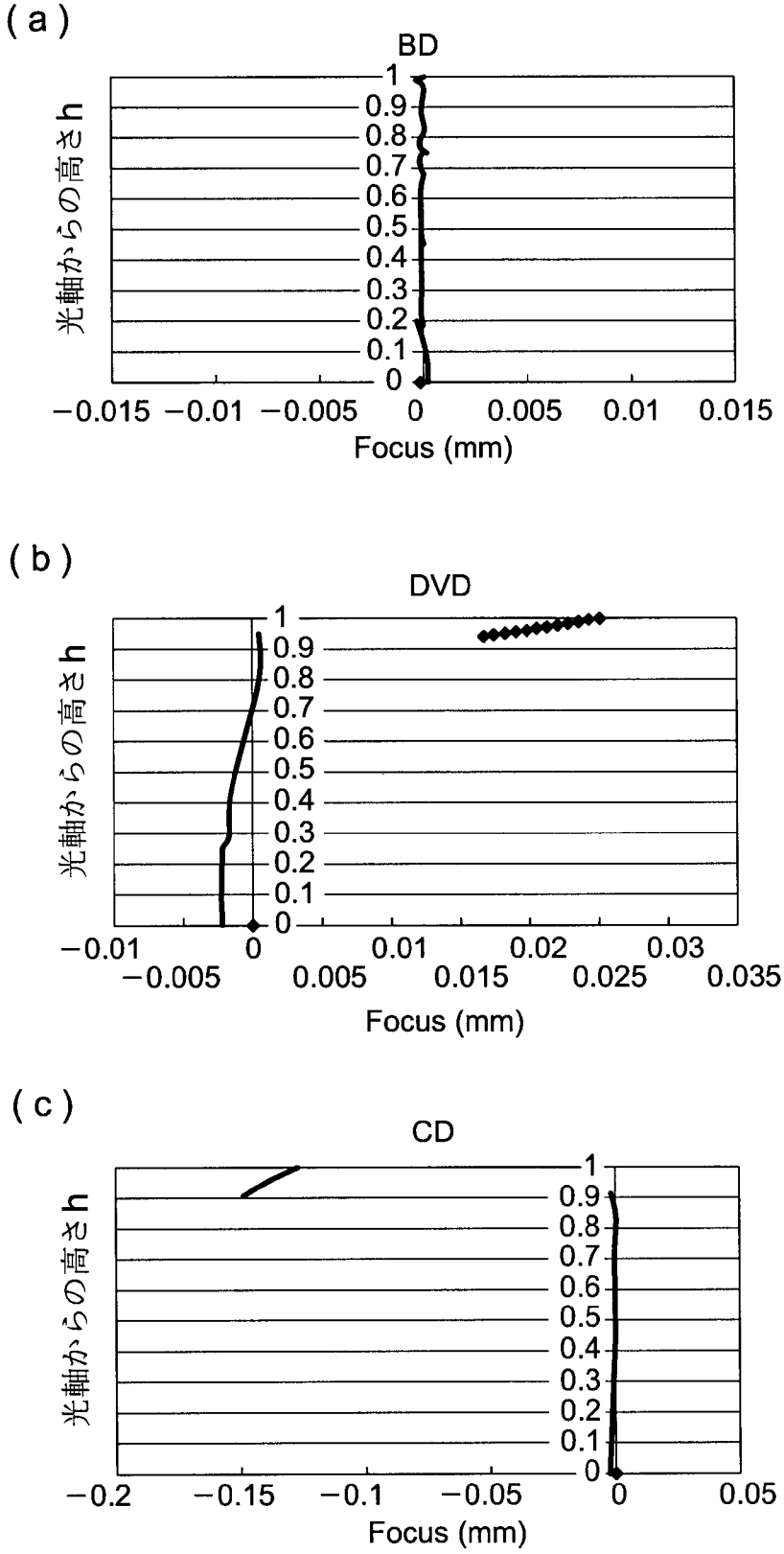
(c)


CD
光軸からの高さ h
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
−0.35
−0.3
−0.25
−0.2
−0.15
−0.1
−0.05
0
0.05
Focus (mm)

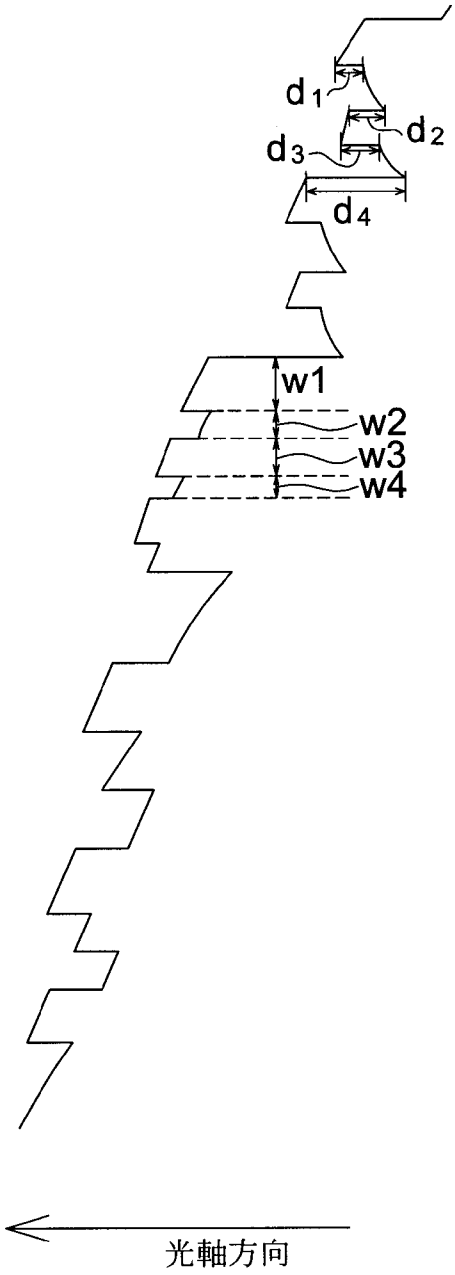
[図10]



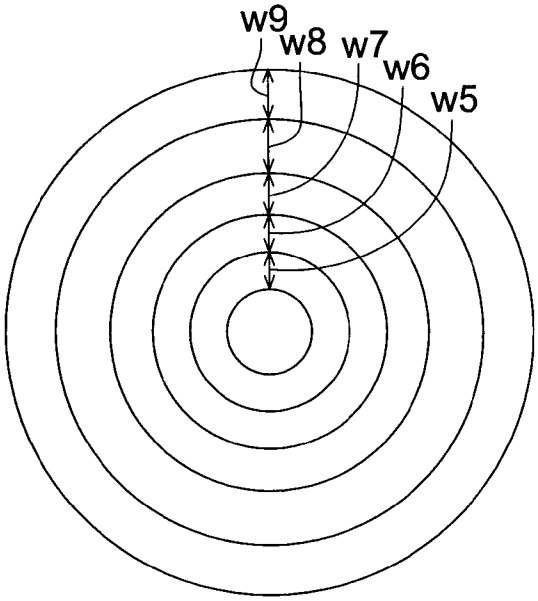
[図11]


(a)
BD
光軸からの高さh
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
−0.015 −0.01 −0.005 0 0.005 0.01 0.015
Focus (mm)
(b)
DVD
光軸からの高さh
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
−0.01 0 0.01 0.02 0.03
−0.005 0.005 0.015 0.025 0.035
Focus (mm)
(c)
CD
光軸からの高さh
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
−0.2 −0.15 −0.1 −0.05 0 0.05
Focus (mm)

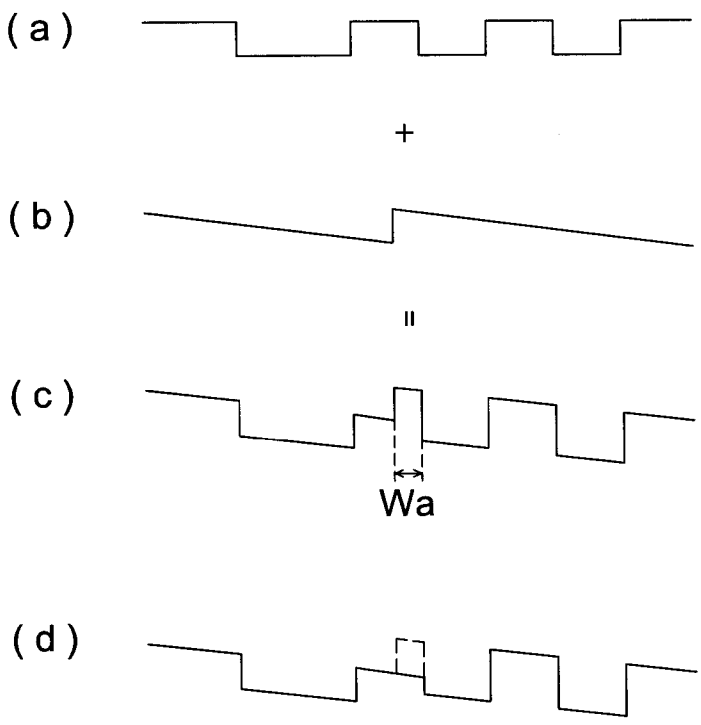
[図12]



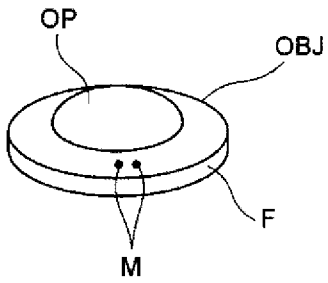
[図13]



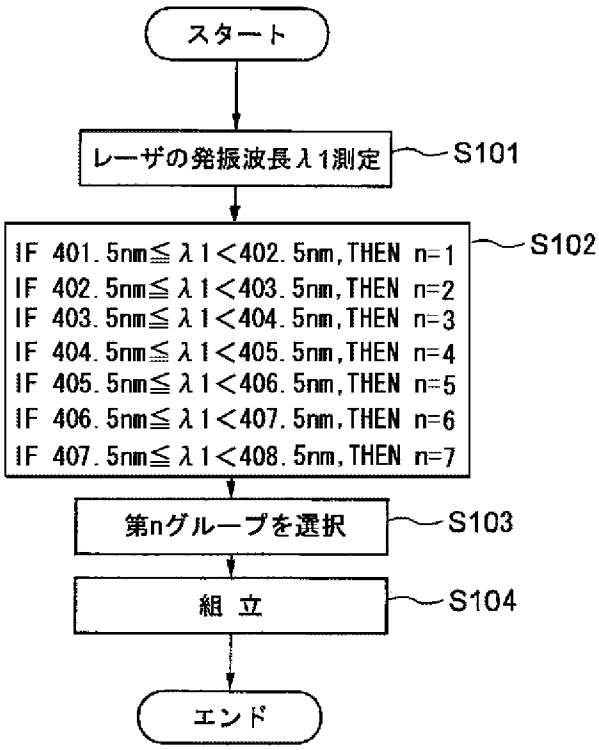
[図14]



[図15]


OP
OBJ
F
M

[図16]


スタート
レーザの発振波長λ1測定
S101
IF 401.5nm≦λ1<402.5nm,THEN n=1
IF 402.5nm≦λ1<403.5nm,THEN n=2
IF 403.5nm≦λ1<404.5nm,THEN n=3
IF 404.5nm≦λ1<405.5nm,THEN n=4
IF 405.5nm≦λ1<406.5nm,THEN n=5
IF 406.5nm≦λ1<407.5nm,THEN n=6
IF 407.5nm≦λ1<408.5nm,THEN n=7
S102
第nグループを選択
S103
組 立
S104
エンド

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2007/053170

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G11B7/135(2006.01)i, *G02B5/18*(2006.01)i, *G02B13/00*(2006.01)i, *G02B13/18*(2006.01)i, *G11B7/09*(2006.01)i, *G11B7/125*(2006.01)i

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)
G11B7/09-7/22, 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	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

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.
A	JP 2004-247025 A (Konica Minolta Holdings, Inc.), 02 September, 2004 (02.09.04), Par. Nos. [0156] to [0162]; Fig. 11 & US 2004/0047269 A1	1-34
A	JP 2005-353261 A (Konica Minolta Opto, Inc.), 22 December, 2005 (22.12.05), Par. Nos. [0039] to [0040], [0240], [0250], [0274], [0284]; Fig. 8 & US 2005/0249097 A1 & EP 1596383 A2	1-34

☒ 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 26 March, 2007 (26.03.07)	Date of mailing of the international search report 03 April, 2007 (03.04.07)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2007/053170

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. Nos. [0039], [0424] to [0429] & JP 2002-197717 A & JP 2003-303439 A & JP 2004-006004 A & JP 2004-006005 A & JP 2004-006006 A & JP 2006-092741 A & JP 2006-107734 A & US 2001/0008513 A1 & US 2004/0027969 A1 & US 2004/0095875 A1 & US 2004/0136309 A1 & US 2004/0095874 A1 & US 2004/0257959 A1 & US 6870805 B1 & US 2005/0254397 A1 & US 2006/0007837 A1 & 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 & DE 60018735 T & CN 1263339 A & AU 2129400 A & AT 216119 T & CA 2359309 A & TW 477901 B & AU 760001 B & ID 29992 A & AT 291269 T & HK 1026977 A	1-34
A	JP 7-098431 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 11 April, 1995 (11.04.95), Par. No. [0028] & JP 8-062493 A & US 5446565 A1 & US 5815293 A1 & US 38943 E & EP 836178 A1 & EP 610055 A3 & EP 992988 A3 & EP 1049084 A2 & EP 1376558 A2 & EP 1381034 A2 & EP 1381038 A2 & EP 1381039 A2 & EP 1577887 A2 & EP 610055 A2 & DE 69427714 D & DE 69429371 D & DE 69427714 T & DE 69429371 T & DE 69434045 D & DE 69434045 T & DE 69434502 D & DE 69434660 D & DE 69434710 D & DE 69434502 T & DE 69434660 T & CN 1098508 A & CN 1516140 A & CN 1516141 A & CN 1516142 A	1-34

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００７／０５３１７０

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)i, G02B5/18(2006.01)i, G02B13/00(2006.01)i, G02B13/18(2006.01)i, G11B7/09(2006.01)i, G11B7/125(2006.01)i

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.　G11B7/09-7/22, 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	１９７１－２００７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００７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
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【0156】-【0162】、図11 & US 2004/0047269 A1	1-34
A	JP 2005-353261 A (コニカミノルタオプト株式会社) 2005.12.22, 段落【0039】-【0040】、【0240】、【0250】、【0274】、【0284】、図８ & US 2005/0249097 A1 & EP 1596383 A2	1-34

☑ 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の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	国際調査報告の発送日
２６．０３．２００７	０３．０４．２００７

国際調査機関の名称及びあて先	特許庁審査官（権限のある職員）	
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	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【0039】、【0424】-【0429】 & JP 2002-197717 A & JP 2003-303439 A & JP 2004-006004 A & JP 2004-006005 A & JP 2004-006006 A & JP 2006-092741 A & JP 2006-107734 A & US 2001/0008513 A1 & US 2004/0027969 A1 & US 2004/0095875 A1 & US 2004/0136309 A1 & US 2004/0095874 A1 & US 2004/0257959 A1 & US 6870805 B1 & US 2005/0254397 A1 & US 2006/0007837 A1 & 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 & DE 60018735 T & CN 1263339 A & AU 2129400 A & AT 216119 T & CA 2359309 A & TW 477901 B & AU 760001 B & ID 29992 A & AT 291269 T & HK 1026977 A	1-34
A	JP 7-098431 A（松下電器産業株式会社）1995.04.11, 段落【0028】 & JP 8-062493 A & US 5446565 A1 & US 5815293 A1 & US 38943 E & EP 836178 A1 & EP 610055 A3 & EP 992988 A3 & EP 1049084 A2 & EP 1376558 A2 & EP 1381034 A2 & EP 1381038 A2 & EP 1381039 A2 & EP 1577887 A2 & EP 610055 A2 & DE 69427714 D & DE 69429371 D & DE 69427714 T & DE 69429371 T & DE 69434045 D & DE 69434045 T & DE 69434502 D & DE 69434660 D & DE 69434710 D & DE 69434502 T & DE 69434660 T & CN 1098508 A & CN 1516140 A & CN 1516141 A & CN 1516142 A	1-34