

(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
2012 年 10 月 4 日(04.10.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/133364 A1

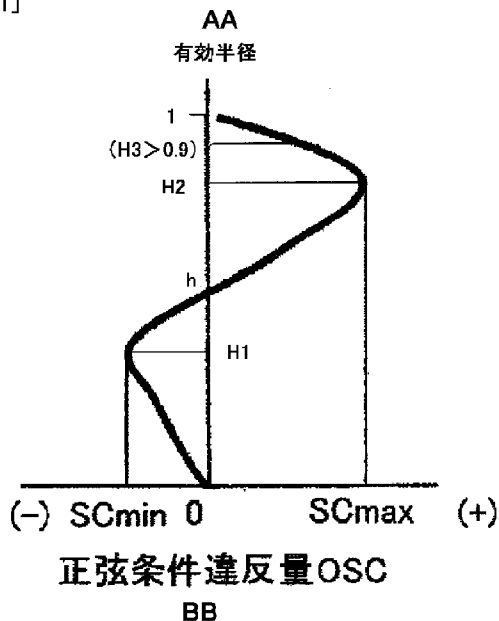
- (51) 国際特許分類:
G11B 7/135 (2012.01) *G02B 13/00* (2006.01)
G02B 5/18 (2006.01) *G02B 13/18* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/057854
- (22) 国際出願日: 2012 年 3 月 27 日(27.03.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-074511 2011 年 3 月 30 日(30.03.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): コニカミノルタアドバンスレイヤー株式会社(Konica Minolta Advanced Layers, Inc.) [JP/JP]; 〒1928505 東京都八王子市石川町 2 9 7 0 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): 立山清乃 (TATEYAMA Kiyono) [JP/JP]; 〒1928505 東京都八王子市石川町 2 9 7 0 番地 コニカミノルタオプト株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 田村敬二郎, 外(TAMURA Keijiro et al.); 〒1600023 東京都新宿区西新宿七丁目 4 番 3 号 升本ビル 8 階 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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, 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, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[続葉有]

(54) Title: OBJECTIVE LENS FOR OPTICAL PICKUP DEVICE, OPTICAL PICKUP DEVICE, AND OPTICAL INFORMATION RECORDER / PLAYER

(54) 発明の名称: 光ピックアップ装置用の対物レンズ、光ピックアップ装置及び光情報記録再生装置

[図1]



AA Effective radius
BB Offense against the sine condition OSC

(57) Abstract: Provided are an optical pickup device with objective lens, an optical information recorder / player, and an objective lens optimal for use therein which, while simultaneously achieving both BD skew adjustment and off-axis characteristics suitable for CDs, keep away unnecessary diffracted light prone to result in error signals, and, while further having excellent off-axis characteristics with all BDs and CDs, are capable of achieving compatibility with at least two types of optical discs, BDs and CDs, with a common objective lens. When the paraxial power is adjusted giving priority to BDs, the CD sine condition may become inadequate and coma aberration occurring during incidence of off-axis light may increase. Then, using the fact that BDs and CDs have different effective diameters, in the CD effective diameter range, a design is used which gives priority to the CD sine condition, and outside of the CD effective diameter range, a design is used which gives priority to the BD sine condition. Specifically, in the CD effective diameter range, the offense against the sine condition of BDs is adjusted so as to have a maximum value SCmin on the negative side, and outside of the CD effective diameters, the offense against the sine condition of BDs is adjusted so as to have a maximum value SCmax on the positive side.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2012/133364 A1



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 (条約第 21 条(3))

BDのスキュー調整とCDにおける軸外特性を両立しつつ、エラー信号を招く不要な回折光を遠ざけ、更にはBD/CDの全てで軸外特性を良好としながら、BD/CDの少なくとも2種類の光ディスクの互換を共通の対物レンズで行うことを可能とする対物レンズを備えた光ピックアップ装置並びに光情報記録再生装置及びそれに好適な対物レンズを提供する。BD優先で近軸パワーを調整すると、CDの正弦条件が不適切となる恐れがあり、軸外光入射時に発生するコマ収差が増大する恐れがある。そこで、BDとCDの有効径が異なることを利用し、CDの有効径の範囲内では、CDの正弦条件を優先した設計とし、CDの有効径外では、BDの正弦条件を優先した設計とする。具体的には、CDの有効径の範囲内では、BDの正弦条件違反量が負側において極大値 S_{Cmin} を持つよう調整し、CDの有効径外では、BDの正弦条件違反量が正側において極大値 S_{Cmax} を持つように調整した。

明 細 書

発明の名称：

光ピックアップ装置用の対物レンズ、光ピックアップ装置及び光情報記録再生装置

技術分野

[0001] 本発明は、厚さ方向に3つ以上の情報記録面を有する光ディスクに対して情報の記録及び／又は再生を行える光ピックアップ装置用の対物レンズ及び光ピックアップ装置並びに光情報記録再生装置に関する。

背景技術

[0002] 波長400nm程度の青紫色半導体レーザを用いて、情報の記録及び／又は再生（以下、「記録及び／又は再生」を「記録／再生」と記載する）を行える高密度光ディスクシステムが知られており、その一例であるNA0.85、光源波長405nmの仕様で情報記録／再生を行う光ディスク、いわゆるBlu-ray Disc（以下、BDという）では、DVD（NA0.6、光源波長650nm、記憶容量4.7GB）と同じ大きさである直径12cmの光ディスクに対して、1層あたり25GBの情報の記録が可能である。

[0003] ところで、BDに対して適切に情報の記録／再生ができるというだけでは、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、BDに対して情報の記録／再生ができるだけでは不足、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、BD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、BD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、BDと、DVDやCD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] BDと、DVDやCD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、BD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では、BD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レンズ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レンズを得るためには、球面収差の波長依存性を有する回折構造等の光路差付与構造を対物レンズに形成する必要がある。

[0006] 更に、従来のBDは1層もしくは2層の情報記録面を有しているものが多いが、1枚のBDに、より大きなデータを保存したいという市場の要求から、3層以上の情報記録面を有するBDについても実用化を目指して研究が進んでいる。しかるに、情報の記録／再生を行う際の光束のNAが0.85と大きいと、3つ以上の情報記録面を有するBDでは、一の情報記録面に対して最小の球面収差を付与するようにすると、基板厚さが異なる他の情報記録面においては球面収差が増大し、適切に情報の記録／再生を行えなくなるという問題がある。かかる球面収差の問題は情報記録面の数が多くなるほど（すなわち、表面からの距離が最も小さい情報記録面と表面からの距離が最も大きい情報記録面との間隔が大きくなるほど）顕在化する。これに対し、光源と対物レンズとの間に配置されたカップリングレンズを光軸方向に移動させることにより、基板厚が異なることにより生ずる球面収差を補正することができる。しかしながら、このような方式の場合、対物レンズには収束光や発散光が入射することとなり、BDのスキュー調整をどのように行うかと

いう問題がある。尚、情報の記録／再生を行うべき情報記録面をある情報記録面から他の情報記録面へと変える動作を、本明細書では「フォーカスジャンプ」と呼ぶことがある。

- [0007] ここで、特許文献1には、3つ以上の情報記録面を有するBD、DVD、CDに使用可能な対物レンズ、及びこの対物レンズを搭載した光ピックアップ装置が記載されている。しかるに、BDのスキュー調整とCDにおける軸外特性の確保は、一般的にはトレードオフの関係となるところ、特許文献1の技術は、BDでスキュー調整を行うためのレンズティルト感度を課題として創成されたものであって、BD、DVD、CDの軸外特性は考慮されていない。

先行技術文献

特許文献

- [0008] 特許文献1：特開2010-170634号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0009] 本発明は、上述の課題を解決することを目的としたものであり、BDのスキュー調整とCDにおける軸外特性を両立しつつ、エラー信号を招く不要な回折光を遠ざけ、更にはBD／CDの全てで軸外特性を良好としながら、BD／CDの少なくとも2種類の光ディスクの互換を共通の対物レンズで行うことを可能とする対物レンズを備えた光ピックアップ装置並びに光情報記録再生装置及びそれに好適な対物レンズを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0010] 請求項1に記載の対物レンズは、波長 λ_1 ($390\text{ nm} < \lambda_1 < 415\text{ nm}$)の第1光束を出射する第1光源と、第3波長 λ_3 ($760\text{ nm} \leq \lambda_3 \leq 820\text{ nm}$)の第3光束を出射する第3光源と、対物レンズとを有し、光束入射面からの距離（透明基板厚とするが、最も厚い透明基板厚をTMAX (mm)とする）が互いに異なる情報記録面を厚さ方向に3つ以上有するBDにお

けるいずれかの情報記録面を選択して、前記第 1 光束を前記対物レンズにより前記選択された情報記録面に集光することによって、情報の記録及び／または再生を行うと共に、前記第 3 光束を前記対物レンズにより透明基板厚が t_3 (mm) ($t_1 < t_3$) の保護基板を有する CD の情報記録面に集光す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に使用される対物レンズであって、

前記第 1 光束と前記第 3 光束とが共通して入射する領域に第 1 光路差付与構造を有し、

常温 ($25 \pm 3^\circ\text{C}$)、かつ、(1) 式を満たすカバーガラス厚 T (mm) において、前記第 1 光束を入射した前記対物レンズにおいて 3 次球面収差が最小となるときの倍率 M が (2) 式を満たすとともに、倍率 M での正弦条件違反量が瞳半径 H_1 で第 1 極大値を、瞳半径 H_2 で第 2 極大値をそれぞれとり、瞳半径 H_3 を 0.9 以上としたときに (3) 式を満たし (但し、前記瞳半径 H_1 、 H_2 、 H_3 は前記対物レンズの有効半径を 1 としたときの相対値とする)、更に前記正弦条件違反量の導関数 $\phi(h)$ が (4) ~ (6) 式を満たし、

$$T_{MAX} \times 0.78 \leq T \leq T_{MAX} \times 1.1 \quad (1)$$

$$-0.003 \leq M \leq 0.003 \quad (2)$$

$$H_1 < H_2 < H_3 \quad (3)$$

$$\phi(h) < 0.0 \quad (h < H_1) \quad (4)$$

$$\phi(h) > 0.0 \quad (H_1 < h < H_2) \quad (5)$$

$$\phi(h) < 0.0 \quad (H_2 < h < H_3) \quad (6)$$

更に、以下の式を満たすことを特徴とする。

$$-0.01 \leq m_1 \leq 0.01 \quad (7)$$

$$-0.01 \leq m_3 \leq 0.01 \quad (8)$$

$$-0.05 \leq (f_{B3} - f_{B1}) / d \leq 0.10 \quad (9)$$

但し、

$$f_{B1} = WD_1 + t_1 \times (1 - 1/n_1)$$

$$f_{B3} = WD_3 + t_3 \times (1 - 1/n_3)$$

ν : 前記対物レンズの素材のアッベ数

m_1 : 前記第1波長 λ_1 の光束が前記対物レンズに入射する時の結像倍率

m_3 : 前記第3波長 λ_3 の光束が前記対物レンズに入射する時の結像倍率

d : 前記対物レンズの軸上厚 (mm)

WD_1 : 前記BD使用時のワーキングディスタンス (mm)

WD_3 : 前記CD使用時のワーキングディスタンス (mm)

n_1 : 前記第1波長 λ_1 の光束に対する前記BDの保護基板の屈折率

n_3 : 前記第3波長 λ_3 の光束に対する前記CDの保護基板の屈折率

[0011] 対物レンズの軸外特性を規定する正弦条件は、(a) 光ディスクの保護基板厚さと、(b) 倍率と、(c) 近軸回折パワーとで決定されるが、(a) については、各光ディスクの保護基板厚が異なるので、ある光ディスクで正弦条件を満たすと、他の光ディスクでは必ず正弦条件を満たさなくなることがある。かかる場合、正弦条件を満たさない光ディスクに軸外光束が入射すると、比較的大きなコマ収差を発生することになる。通常は、スポット規格が厳しいBD使用時の正弦条件を満足させることが多いので、かかる場合、CD使用時の正弦条件を満たさないままに使用を余儀なくされる恐れがある。特に、厚さ方向に3つ以上の情報記録面を有するBDの場合、最も基板厚が厚い情報記録面に対してスキュー調整を行うようにし、且つ倍率変化により厚さの差による低次の球面収差を補正した場合に高次球面収差の発生を抑制するためには、設計中心(倍率 $M=0$)の基板厚において正弦条件を正側にシフトさせる必要があるが、これによりCD使用時の正弦条件が大きく崩れることとなる。

[0012] これに対し、(b) 倍率を変えることで、各光ディスク毎に正弦条件を満足させることも可能である。しかしながら、倍率を変えることで異なる2つの波長の光束の光路を一致させることが困難となり、また光ピックアップ装置の構成も大型化し、更には対物レンズのトラッキング時にコマ収差が発生しやすくなるという問題もあるため、好ましくない。

[0013] そこで、本発明者は鋭意研究の結果、光学系倍率が（７）、（８）を満たす前提の下、（ｃ）近軸回折パワーを調整し、ＢＤの正弦条件の形を工夫することで、最適な正弦条件を確保できることを見出した。ここで、近軸回折パワーを用いない場合、レンズの屈折パワーにより（ $f_{B3} - f_{B1}$ ）がほぼ一意的に決定されるが、回折パワーを用いると各ディスクに異なる回折パワーを付与することが可能となるため、（ $f_{B3} - f_{B1}$ ）を任意に設定することが可能となる。概念図をもって説明すると、近軸回折パワーを用いない場合、各正弦条件は図１４に示すものとなるが、近軸回折パワーを一定の範囲内にすると図１５に示すものとなる。一方、近軸回折パワーを小さく抑えすぎるとＣＤの正弦条件は図１５の〔１〕のように０に近づくように変化し、ＣＤの軸外特性は良好となるが、第１光路差付与構造から発生する不要回折光（情報の記録／再生に用いられる使用回折光以外の回折光）が使用回折光に近づき、光検出器にて検出されてエラー信号を発生させる恐れや、ＣＤのワーキングディスタンスが短くなり、特にスリムタイプの光ピックアップ装置では、対物レンズがＣＤに衝突する恐れが顕著に高まる。これに対し近軸回折パワーを大きくすると、ＣＤ正弦条件は図１５の〔２〕のように正側へと変化し、ＣＤの軸外特性は悪化し、回折ピッチは小さくなるが、 $1/1$ 構造の不要光を遠ざけることが出来、メイン光と共に光検出器により検出されてしまう誤検出を抑制でき、更にはＣＤにおけるワーキングディスタンスが十分確保されることとなる。しかるに、近軸回折パワーの調整が有効であるとしても、ＢＤ優先で正弦条件を調整すると、ＣＤの正弦条件が不適切となる恐れがあり、軸外光入射時に発生するコマ収差が増大する恐れがある。そこで、ＢＤとＣＤの有効径が異なることを利用し、ＣＤの有効径の範囲内では、ＣＤの正弦条件とＷＤを優先した設計とし、ＣＤの有効径外では、ＢＤの正弦条件を優先した設計とする。具体的には、ＣＤの有効径の範囲内では、ＢＤの正弦条件違反量が負側において極小値 SC_{min} を持つよう調整し、ＣＤの有効径外では、ＢＤの正弦条件違反量が正側において極大値 SC_{max} を持つように調整した（図１参照）。

[0014] これにより、B D使用時の正弦条件違反量を横軸に、B Dの有効径を1とした瞳半径（光軸からの高さ）を縦軸にとってグラフにしたときに、前記正弦条件違反量が第1の極大値をとる瞳半径H1と、第2の極大値をとる瞳半径H2と、有効径の9割以上である瞳半径H3とが、上記（3）式を満たし、また光軸からの高さhを変数とする前記正弦条件違反量の導関数 $\phi(h)$ が（4）～（6）式を満たすようになる。即ち、正弦条件違反量が、図1に示すように逆S字カーブを描くこととなる。

[0015] 尚、近軸回折パワーを小さく抑えすぎると、第1光路差付与構造から発生する不要回折光（情報の記録／再生に用いられる使用回折光以外の回折光）が使用回折光に近づき、光検出器にて検出されてエラー信号を発生させる恐れや、C Dのワーキングディスタンスが短くなり対物レンズがC Dに衝突する恐れがある。そこで、近軸回折パワーの最適範囲として（9）式を定めている。より具体的には、（9）式の値が下限以上であれば、第1光路差付与構造から出射される不要光を遠ざけることが出来、且つ、C Dにおけるワーキングディスタンスが確保され、一方、（9）式の値が上限以下であれば、B D使用時とC D使用時の正弦条件の差が小さくなり、C D使用時の軸外特性を向上できる。

[0016] 次に、（4）～（6）式により3層以上のB D用対物レンズに適した特性として、以下の2つの効果が得られる。

（特性1）フォーカスジャンプ時の残留高次球面収差が小さいこと。

（特性2）フォーカスジャンプをする際のカップリングレンズの移動量が小さいこと。

本発明者は、鋭意検討の結果、上記（特性1）及び（特性2）を実用に耐えうるレベルで有する3層以上のB Dに適した対物レンズを見出した。以下に詳述する。

[0017] （特性1）について

本発明者は、対物レンズの設計において正弦条件を満たすべきとする従来技術常識から離れ、正弦条件をあえて崩すことによって従来技術の問題を

解消できないか検討した。しかしながら、特許文献2に示すように、設計倍率を負（発散光入射）とし、かつ、設計倍率における正弦条件を有効半径内の全領域において満足するようにコマ収差の補正状態を設定すると、倍率変化した際に発生する3次球面収差と5次球面収差の比が、カバーガラス厚が変化した際の3次球面収差と5次球面収差の比（約5：1）から大きくかけ離れるため、フォーカスジャンプ時に高次球面収差が残留してしまうことがわかった。かかる知見に基づき本発明者は、（1）式を満たす前記倍率Mにおいて、正弦条件違反量が正の極大値を持つようにすることで、フォーカスジャンプ時における高次球面収差を有効に抑制できることを見出したのである。

[0018] （特性2）について

フォーカスジャンプをする際のカップリングレンズの移動量を小さくするためには、倍率変化に対する3次球面収差変化量を大きくする必要がある。本発明者は、検討の結果、（1）式を満たす前記倍率Mにおいて、正弦条件違反量が正の極大値を持つようにすることで、倍率変化に対する3次球面収差変化量も増大させることが可能となることを見出した。

[0019] また、性能安定性が高く、製造しやすい対物レンズに要求される特性は、少なくとも以下の2つである。

（特性3）対向する光学面が製造誤差によって光軸直交方向にシフトしてずれた時（面シフトという）であっても、コマ収差が大きくなりすぎないこと。

（特性4）対向する光学面が製造誤差によって光軸方向にずれた時（レンズ厚誤差という）であっても、球面収差が大きくなりすぎないこと。

[0020] 本発明者の鋭意研究の結果、上記の3層以上のBDに適した（特性1）及び（特性2）の2つの特性を満たすだけでなく、（特性3）及び（特性4）について以下の条件を満たすことにより、3層以上のBDに適した対物レンズであって、しかも、性能安定性が高く製造しやすい対物レンズを提供することが可能となることを見出した。

（特性３）について

本発明によれば、第１の瞳半径 H_1 の位置で、正弦条件違反量が第１の極小値を持つようにすることで、第２の瞳半径 H_2 における第２の極大値が大きくなりすぎることを抑制できるため、面シフト時のコマ収差の発生量を抑えることができる。

[0021] （特性４）について

本発明によれば、第１の瞳半径 H_1 の位置で、正弦条件違反量が第１の極小値を持つようにすることで、第２の瞳半径 H_2 における第２の極大値が大きくなりすぎることを抑制できるため、レンズ厚誤差発生時の球面収差の発生量も抑えることが可能となるため、より製造しやすい対物レンズを提供することが可能となる。

[0022] 以上説明したように、請求項１に記載の対物レンズは、（特性１）フォーカスジャンプ時の残留高次球面収差が小さく、（特性２）フォーカスジャンプをする際のカップリングレンズの移動量が小さく、しかも、（特性３）面シフト時のコマ収差の発生量を抑えることができ、また、（特性４）レンズ厚誤差発生時の球面収差の発生量も抑えることが可能となるため、より製造しやすい対物レンズを提供することが可能となるので、本発明の対物レンズを使用することで、小型、低コスト、かつ、記録／再生特性に優れた、３つ以上の情報記録面を有する光ディスク用の光ピックアップ装置を提供することが可能となる。尚、本明細書において、「透明基板厚」は光ディスクの光束入射面から情報記録面までの距離のことであり、情報記録面を厚さ方向に複数有する光ディスクでは、それぞれの情報記録面の透明基板厚は互いに異なることになる。また、一般的に、光ピックアップ用の対物レンズは、所定の厚みのカバーガラスと組み合わせて球面収差が最小となるように球面収差の補正状態が決定される（かかるカバーガラスの厚みを設計カバーガラス厚ともいう）。設計カバーガラス厚は、光ディスクのいずれかの情報記録面の透明基板厚と同じである場合もあれば、異なる場合もある。カバーガラスの厚みが変わると対物レンズの特性も変わるので、光ピックアップ用の対物レ

レンズの特性を議論する際には、カバーガラス厚もセットで考える必要がある。そのため、本明細書では、対物レンズの特性に関して述べる際には、「カバーガラス」なる言葉を使用し、光ディスクの「透明基板（単に基板ともいう）」と区別することにする。（尚、「カバーガラス」という文言を使用しているが、カバーガラス厚は、ガラスに限定されるものではなく、樹脂であってもよい旨を付言する。）

[0023] 請求項 2 に記載の対物レンズは、請求項 1 に記載の発明において、式（10）を満たすことを特徴とする。

$$0.7 \leq H_2 \leq 0.9 \quad (10)$$

[0024] （10）式を満たすことにより、前記対物レンズの対向する 2 つの光学面が製造誤差により光軸直交方向にシフトしてしまう場合の収差の発生量を抑えることができ、また、光軸上のレンズ厚が製造誤差により光軸方向にずれてしまう場合の収差の発生量も抑えることが可能となるため、より製造しやすい対物レンズを提供することが可能となる。

[0025] 請求項 3 に記載の対物レンズは、請求項 1 又は 2 に記載の発明において、前記 BD の透明基板厚 T の情報記録面に倍率 M で入射した光束を集光する場合において、前記対物レンズだけが所定角チルトした場合に発生する 3 次コマ収差 $LTCM_3 (\lambda_{rms})$ と、前記対物レンズと同じ方向に前記 BD だけが前記所定角チルトした場合に発生する 3 次コマ収差 $DTCM_3 (\lambda_{rms})$ とが、以下の式を満たすことを特徴とする。

$$|LTCM_3| > |DTCM_3| \quad (11)$$

[0026] （11）式を満たすようにすれば、BD における基板厚が最も厚い情報記録面に対して発散光束を入射させる場合でも、スキュー調整を行うことが出来、光ピックアップ装置の組付けが容易になる。

[0027] 請求項 4 に記載の対物レンズは、請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の発明において、以下の式を満たすことを特徴とする。

$$-0.05 \leq (f_{B3} - f_{B1}) / d \leq 0.05 \quad (6')$$

[0028] （6'）式を満たすようにすれば、回折パワーにより CD の WD を伸ばす

ことが可能となるため、スリムタイプの対物レンズに有効である。

[0029] 請求項 5 に記載の対物レンズは、請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の発明において、前記光ピックアップ装置は、結像倍率 m_2 で第 2 波長 λ_2 ($630 \text{ nm} \leq \lambda_2 \leq 670 \text{ nm}$) の第 2 光束を出射する第 2 光源を有し、前記対物レンズは、前記第 2 光束を透明基板厚が t_2 (mm) ($t_1 < t_2 < t_3$) の保護基板を有する DVD の情報記録面に集光することによって情報の記録及び／又は再生を行うようになっている。これにより、BD、CDに加えて、DVDに対しても情報の記録及び／又は再生を行える。

[0030] 請求項 6 に記載の対物レンズは、請求項 4 又は 5 に記載の発明において、前記 BD 使用時の正弦条件が、負から正に転じる光軸からの高さ h は、以下の式を満たすことを特徴とする。

$$0.8 h_{\text{CDNA}} \leq h \leq h_{\text{DVDNA}} \quad (12)$$

但し、

h_{CDNA} : 前記 CD 使用時の開口数に相当する光軸方向高さを、前記対物レンズの BD 有効半径を 1 として表した相対値

h_{DVDNA} : 前記 DVD 使用時の開口数に相当する光軸方向高さを、前記対物レンズの BD 有効半径を 1 として表した相対値

[0031] (12) 式を満たすことで、CD 有効径内の BD 使用時における正弦条件違反量が負となるため、CD 使用時における正弦条件違反量を小さくすることができる。

[0032] 請求項 7 に記載の対物レンズは、請求項 5 又は 6 に記載の発明において、前記対物レンズの光学面は、中央領域と、前記中央領域の周りの中間領域と、前記中間領域の周りの周辺領域とを少なくとも有し、

前記中央領域は前記第 1 光路差付与構造を有し、

前記対物レンズは、前記中央領域を通過する前記第 1 光束を、前記 BD 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 2 光束を、前記 DVD 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 3 光束

を、前記ＣＤ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、

前記対物レンズは、前記中間領域を通過する前記第１光束を、前記ＢＤ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、前記中間領域を通過する前記第２光束を、前記ＤＶＤ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、前記中間領域を通過する前記第３光束を、前記ＣＤ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せず、

前記対物レンズは、前記周辺領域を通過する前記第１光束を、前記ＢＤ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２光束を、前記ＤＶＤ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せず、前記周辺領域を通過する前記第３光束を、前記ＣＤ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せず、

前記第１光路差付与構造は、少なくとも第１基礎構造と第２基礎構造とを重ね合わせた構造であり、

前記第１基礎構造は、前記第１基礎構造を通過した第１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、前記第１基礎構造を通過した第２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、前記第１基礎構造を通過した第３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、

前記第２基礎構造は、前記第２基礎構造を通過した第１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、前記第２基礎構造を通過した第２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、前記第２基礎構造を通過した第３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ことを特徴とする。

[0033] 本発明の対物レンズのように、前記第１光路差付与構造が、少なくとも第１基礎構造と第２基礎構造とを重ね合わせた構造であり、前記第１基礎構造

は、前記第 1 基礎構造を通過した第 1 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、前記第 1 基礎構造を通過した第 2 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、前記第 1 基礎構造を通過した第 3 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（1 / 1 / 1 構造と称することもある）、前記第 2 基礎構造が、前記第 2 基礎構造を通過した第 1 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、前記第 2 基礎構造を通過した第 2 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、前記第 2 基礎構造を通過した第 3 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（2 / 1 / 1 構造と称することもある）ことで、共通の対物レンズを用いながらも、BD / DVD / CD の 3 種類の何れの光ディスクに対しても高い光利用効率を維持しつつ、光利用効率のバランスが取れた対物レンズを提供することができる。

[0034] 請求項 8 に記載の対物レンズは、請求項 7 に記載の発明において、前記第 1 基礎構造及び前記第 2 基礎構造はブレード形状であり、前記第 2 基礎構造における前記光軸に最も近い 1 つの輪帯上に、前記第 1 基礎構造の輪帯が 2 ～ 6 個含まれていることを特徴とする。

[0035] 本発明によれば、前記第 2 基礎構造における前記光軸に最も近い 1 つの輪帯上に、前記第 1 基礎構造の輪帯を 2 ～ 6 個重畳することで、BD / DVD / CD の互換を取りながら、CD 使用時のワーキングディスタンスを確保できる。又、複数層を有する光ディスク使用時の不要光（他層で反射する光束）の問題を低減でき、DVD 使用時の温度特性及び波長特性を良好なものとできる。

[0036] 請求項 9 に記載の対物レンズは、請求項 8 に記載の発明において、少なくとも前記中央領域の光軸付近に設けられる前記第 1 基礎構造は、その段差が光軸とは逆の方向を向いており、

少なくとも前記中央領域の光軸付近に設けられる前記第 2 基礎構造は、その段差が光軸の方向を向いていることを特徴とする。

[0037] これによって、第 1 基礎構造と第 2 基礎構造とを重ね合わせた前記第 1 光路差付与構造において、光軸方向の段差量をさらに低減でき、それにより波長変動時の回折効率の低下をさらに抑制できる。

[0038] 請求項 10 に記載の対物レンズは、請求項 8 又は 9 に記載の発明において、前記中間領域は、少なくとも第 3 基礎構造と第 4 基礎構造とを重ね合わせた第 2 光路差付与構造を有し、

前記第 3 基礎構造は、前記第 3 基礎構造を通過した第 1 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、前記第 3 基礎構造を通過した第 2 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、

前記第 4 基礎構造は、前記第 4 基礎構造を通過した第 1 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、前記第 4 基礎構造を通過した第 2 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ことを特徴とする。

[0039] これにより、少なくとも前記第 3 基礎構造と前記第 4 基礎構造とを重ね合わせた前記第 2 光路差付与構造において、光軸方向の段差量を低減でき、それにより波長変動時の回折効率の低下を抑制できる。また、第 1 基礎構造と第 3 基礎構造における最も光強度が高い回折光の次数が一致し、且つ第 2 基礎構造と第 4 基礎構造における最も光強度が高い回折光の次数が一致しているため、中央領域と中間領域を通過する光束について、温度や波長変化時においても、球面収差を連続とでき、高次収差の発生を抑えることができる。又、中間領域と周辺領域とで、瞳透過率分布がフラットに近くなり、アボダイゼーション等による境界で光量が大きく変化した場合に生じるスポットの太りなどを効果的に抑えることができる。また、対物レンズの設計の自由度を確保することも可能となる。

[0040] 請求項 11 に記載の対物レンズは、請求項 10 に記載の発明において、前記第 3 基礎構造及び前記第 4 基礎構造はブレード形状であり、前記第 4 基礎構造における前記中央領域に最も近い 1 つの輪帯上に、前記第 3 基礎構造の

輪帯が1～3個含まれていることを特徴とする。

[0041] これにより、複数の情報記録層を有するBD使用時やDVD使用時ににおいて、中間領域を通過することにより発生した不要光の集光位置を、情報の記録／再生を行うとする情報記録層以外の情報記録装置から離すことができる。又、DVD使用時の波長特性を良好なものとできる。

[0042] 請求項12に記載の対物レンズは、請求項10又は11に記載の発明において、中央領域との境界付近に設けられる前記第3基礎構造は、その段差が光軸とは逆の方向を向いており、

中央領域との境界付近に設けられる前記第4基礎構造は、その段差が光軸の方向を向いていることを特徴とする。

[0043] これによって、第3基礎構造と第4基礎構造とを重ね合わせた前記第2光路差付与構造において、光軸方向の段差量をさらに低減でき、それにより波長変動時の回折効率の低下をさらに抑制できる。

[0044] 請求項13に記載の対物レンズは、請求項10～12のいずれかに記載の発明において、前記第4基礎構造における前記周辺領域に最も近い1つの輪帯に、前記第3基礎構造の輪帯が1～5個含まれていることを特徴とする。

[0045] 請求項14に記載の対物レンズは、請求項10～13のいずれかに記載の発明において、前記中間領域は、前記第3基礎構造と前記第4基礎構造のみが設けられており、他の基礎構造が設けられていないことを特徴とする。

[0046] 請求項15に記載の対物レンズは、請求項1～14のいずれかに記載の発明において、前記第2基礎構造における前記中間領域に最も近い1つの輪帯に、前記第1基礎構造の輪帯が1～5個含まれていることを特徴とする。

[0047] 請求項16に記載の対物レンズは、請求項1～15のいずれかに記載の発明において、以下の式を満たすことを特徴とする。

$$160 \text{ (mm)} \leq N \cdot f \leq 210 \text{ (mm)} \quad (13)$$

ここで、前記中央領域の総輪帯数をN、前記対物レンズの前記第1光束における焦点距離をf (mm) とする。

[0048] (13)式の値を下限以上とすることで、CDのワーキングディスタンスを

確保でき、光ディスクと干渉して傷をつける可能性を低減できる。一方、（13）式の値を上限以下とすることで、ピッチが小さくなりすぎることを防止できるため、加工性の低下を防ぎ、形状誤差を低減でき、結果として回折効率の低下を防止できる。

[0049] 請求項17に記載の光ピックアップ装置は、請求項1～16のいずれかに記載の対物レンズを有することを特徴とする。

[0050] 請求項18に記載の光情報記録再生装置は、請求項17に記載の光ピックアップ装置を有することを特徴とする。

[0051] 本発明に係る光ピックアップ装置は、第1光源、第3光源の少なくとも2つの光源を有し、更に第2光源を有すると好ましい。さらに、本発明の光ピックアップ装置は、第1光束をBDの情報記録面上に集光させ、第3光束をCDの情報記録面上に集光させるための集光光学系を有し、かかる集光光学系は第2光束をDVDの情報記録面上に集光させると好ましい。また、本発明の光ピックアップ装置は、BDとCDの情報記録面からの反射光束を受光する受光素子を有し、かかる受光素子はDVDの情報記録面からの反射光束を受光すると好ましい。

[0052] BDは、厚み方向に重ねて3つ以上の情報記録面を有するものである。即ち、BDは、光ディスクの光束入射面から情報記録面までの距離（これを、本明細書で「透明基板厚」という）が互いに異なる情報記録面を厚さ方向に3つ以上有する光ディスクである。当然、4つ以上の情報記録面を有していてもよい。BDで最も厚い保護基板の厚さを t_1 とする。DVDは厚さが t_2 （ $t_1 < t_2$ ）の保護基板と情報記録面とを有する。CDは、厚さが t_3 （ $t_2 < t_3$ ）の保護基板と情報記録面とを有する。なお、DVD又はCDも、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。

[0053] 本明細書において、BDとは、波長390～415nm程度の光束、NA0.8～0.9程度の対物レンズにより情報の記録／再生が行われ、保護基板の厚さが0.05～0.125mm程度であるBD系列光ディスクの総称であり、単一の情報記録層のみ有するBDや、2層又はそれ以上の情報記録

層を有するBD等を含むものである。更に、本明細書においては、DVDとは、NA0.60～0.67程度の対物レンズにより情報の記録／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程度の対物レンズにより情報の記録／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、BDの記録密度が最も高く、次いでDVD、CDの順に低くなる。

[0054] なお、保護基板の厚さ t_1 、 t_2 、 t_3 に関しては、以下の条件式(15)、(16)、(17)を満たすことが好ましいが、これに限られない。尚、ここで言う、保護基板の厚さとは、光ディスク表面に設けられた保護基板の厚さのことである。即ち、光ディスク表面から、表面に最も近い情報記録面までの保護基板の厚さのことをいう。

$$0.01\text{ mm} \leq t_1 \leq 0.125\text{ mm} \quad (15)$$

$$0.5\text{ mm} \leq t_2 \leq 0.7\text{ mm} \quad (16)$$

$$1.0\text{ mm} \leq t_3 \leq 1.3\text{ mm} \quad (17)$$

[0055] 本明細書において、第1光源、第2光源、第3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1光源から出射される第1光束の第1波長 λ_1 、第2光源から出射される第2光束の第2波長 λ_2 ($\lambda_2 > \lambda_1$)、第3光源から出射される第3光束の第3波長 λ_3 ($\lambda_3 > \lambda_2$)は以下の条件式(18)、(19)を満たすことが好ましい。

$$1.5 \cdot \lambda_1 < \lambda_2 < 1.7 \cdot \lambda_1 \quad (18)$$

$$1.8 \cdot \lambda_1 < \lambda_3 < 2.0 \cdot \lambda_1 \quad (19)$$

[0056] 第1光源の第1波長 λ_1 は好ましくは、350nm以上、440nm以下

、より好ましくは、390 nm以上、415 nm以下であって、第2光源の第2波長 λ_2 は好ましくは570 nm以上、680 nm以下、より好ましくは、630 nm以上、670 nm以下であって、第3光源の第3波長 λ_3 は好ましくは、750 nm以上、880 nm以下、より好ましくは、760 nm以上、820 nm以下である。

[0057] また、第1光源、第2光源、第3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1光源と第2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。もちろん、第1光源、第2光源及び第3光源を全て1パッケージに固定収納するようにしてもよい。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。

[0058] 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レンズ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。

[0059] 集光光学系は、対物レンズを有する。集光光学系は、対物レンズの他にコリメータ等のカップリングレンズを有していることが好ましい。カップリングレンズとは、対物レンズ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。コリメータは、カップリングレンズの一種で、コリメータに入射した光を平行光にして出射するレンズである。本明細書において、対物レンズとは、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。また、本発明の対物レンズは、単玉のプラスチックレンズであることが好ましいが、ガラスレンズでも良い。好ましくは、凸レンズである。また、対物レンズは、屈折面が非球面であることが好ましい。また、対物レンズは、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。

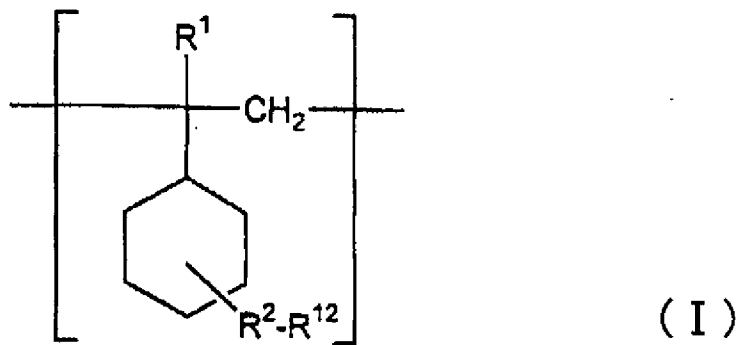
[0060] また、対物レンズを構成するプラスチック材料として、環状オレフィン系の樹脂材料等の脂環式炭化水素系重合体材料を使用するのが好ましい。また、当該樹脂材料は、波長405 nmに対する温度25℃での屈折率が1.54乃至1.60の範囲内であって、-5℃から70℃の温度範囲内での温度変化に伴う波長405 nmに対する屈折率変化率 dN/dT (°C⁻¹) が -2.0×10^{-5} 乃至 -5×10^{-5} (より好ましくは、 -1.0×10^{-5} 乃至 -8×10^{-5}) の範囲内である樹脂材料を使用するのがより好ましい。また、対物レンズがプラスチックレンズである場合、カップリ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。

[0061] 脂環式炭化水素系重合体の好ましい例を幾つか、以下に示す。

[0062] 第1の好ましい例は、下記式(I)で表される繰返し単位〔1〕を含有する重合体ブロック〔A〕と、下記式(1)で表される繰返し単位〔1〕並びに下記式(II)で表される繰返し単位〔2〕または／および下記式(III)で表される繰返し単位〔3〕を含有する重合体ブロック〔B〕とを有し、前記ブロック〔A〕中の繰返し単位〔1〕のモル分率a(モル%)と、前記ブロック〔B〕中の繰返し単位〔1〕のモル分率b(モル%)との関係が $a > b$ であるブロック共重合体からなる樹脂組成物である。

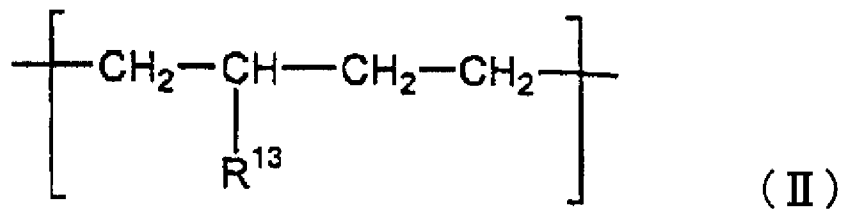
[0063]

[化1]



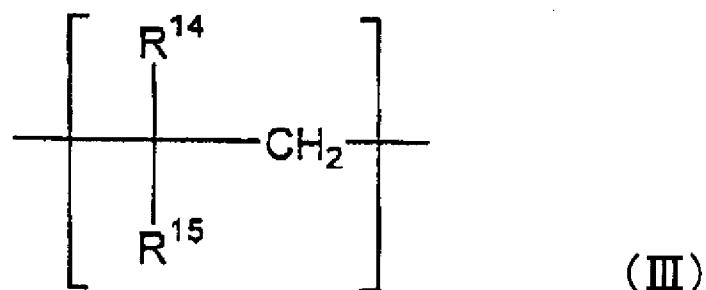
[0064] (式中、 R^1 は水素原子、または炭素数 1 ～ 20 のアルキル基を表し、 R^2 – R^{12} はそれぞれ独立に、水素原子、炭素数 1 ～ 20 のアルキル基、ヒドロキシ基、炭素数 1 ～ 20 のアルコキシ基、またはハロゲン基である。)

[0065] [化2]



[0066] (式中、 R^{13} は、水素原子、または炭素数 1 ～ 20 のアルキル基を表す。)

[0067] [化3]



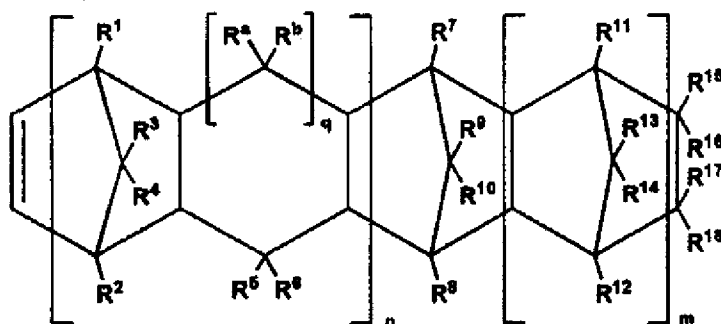
[0068] (式中、 R^{14} および R^{15} はそれぞれ独立に、水素原子、または炭素数 1 ～ 20 のアルキル基を表す。)

[0069] 次に、第 2 の好ましい例は、少なくとも炭素原子数 2 ～ 20 の α -オレフ

インと下記一般式（IV）で表される環状オレフィンからなる単量体組成物とを付加重合させることにより得られる重合体（A）と、炭素原子数2～20の α -オレフィンと下記一般式（V）で表される環状オレフィンからなる単量体組成物とを付加重合させることにより得られる重合体（B）とを含む樹脂組成物である。

[0070] [化4]

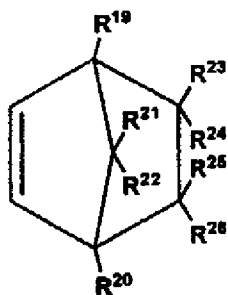
一般式(IV)



[0071] [式中、 n は0または1であり、 m は0または1以上の整数であり、 q は0または1であり、 $R^1 \sim R^{18}$ 、 R^a 及び R^b は、それぞれ独立に水素原子、ハロゲン原子または炭化水素基であり、 $R^{15} \sim R^{18}$ は互いに結合して単環または多環を形成していてもよく、括弧内の単環または多環が二重結合を有していてもよく、また R^{15} と R^{16} と、または R^{17} と R^{18} とでアルキリデン基を形成していてもよい。]

[0072] [化5]

一般式(V)



[0073] [式中、 $R^{19} \sim R^{26}$ はそれぞれ独立に水素原子、ハロゲン原子または炭化水素基である。]

[0074] 樹脂材料に更なる性能を付加するために、以下のような添加剤を添加してもよい。

[0075] (安定剤)

フェノール系安定剤、ヒンダードアミン系安定剤、リン系安定剤及びイオウ系安定剤から選ばれた少なくとも1種の安定剤を添加することが好ましい。これらの安定剤を適宜選択し添加することで、例えば、405 nmといった短波長の光を継続的に照射した場合の白濁や、屈折率の変動等の光学特性変動をより高度に抑制することができる。

[0076] 好ましいフェノール系安定剤としては、従来公知のものが使用でき、例えば、2-*t*-ブチル-6-(3-*t*-ブチル-2-ヒドロキシ-5-メチルベンジル)-4-メチルフェニルアクリレート、2,4-ジ-*t*-アミル-6-(1-(3,5-ジ-*t*-アミル-2-ヒドロキシフェニル)エチル)フェニルアクリレートなどの特開昭63-179953号公報や特開平1-168643号公報に記載されるアクリレート系化合物；オクタデシル-3-(3,5-ジ-*t*-ブチル-4-ヒドロキシフェニル)プロピオネート、2,2'-メチレンビス(4-メチル-6-*t*-ブチルフェノール)、1,1,3-トリス(2-メチル-4-ヒドロキシ-5-*t*-ブチルフェニル)ブタン、1,3,5-トリメチル-2,4,6-トリス(3,5-ジ-*t*-ブチル-4-ヒドロキシベンジル)ベンゼン、テトラキス(メチレン-3-(3',5'-ジ-*t*-ブチル-4'-ヒドロキシフェニルプロピオネート))メタン[すなわち、ペンタエリスリメチル-テトラキス(3-(3,5-ジ-*t*-ブチル-4-ヒドロキシフェニルプロピオネート))]、トリエチレングリコールビス(3-(3-*t*-ブチル-4-ヒドロキシ-5-メチルフェニル)プロピオネート)などのアルキル置換フェノール系化合物；6-(4-ヒドロキシ-3,5-ジ-*t*-ブチルアニリノ)-2,4-ビスオクチルチオ-1,3,5-トリアジン、4-ビスオクチルチオ-1,3,5-トリアジン、2-オクチルチオ-4,6-ビス-(3,5-ジ-*t*-ブチル-4-オキシアニリノ)-1,3,5-トリアジンなどのトリアジン基

含有フェノール系化合物；などが挙げられる。

[0077] また、好ましいヒンダードアミン系安定剤としては、ビス（2，2，6，6-テトラメチル-4-ピペリジル）セバケート、ビス（2，2，6，6-テトラメチル-4-ピペリジル）スクシネート、ビス（1，2，2，6，6-ペンタメチル-4-ピペリジル）セバケート、ビス（N-オクトキシ-2，2，6，6-テトラメチル-4-ピペリジル）セバケート、ビス（N-ベンジルオキシ-2，2，6，6-テトラメチル-4-ピペリジル）セバケート、ビス（N-シクロヘキシルオキシ-2，2，6，6-テトラメチル-4-ピペリジル）セバケート、ビス（1，2，2，6，6-ペンタメチル-4-ピペリジル）2-（3，5-ジ-*t*-ブチル-4-ヒドロキシベンジル）-2-ブチルマロネート、ビス（1-アクロイル-2，2，6，6-テトラメチル-4-ピペリジル）2，2-ビス（3，5-ジ-*t*-ブチル-4-ヒドロキシベンジル）-2-ブチルマロネート、ビス（1，2，2，6，6-ペンタメチル-4-ピペリジル）デカンジオエート、2，2，6，6-テトラメチル-4-ピペリジルメタクリレート、4-〔3-（3，5-ジ-*t*-ブチル-4-ヒドロキシフェニル）プロピオニルオキシ〕-1-〔2-（3-（3，5-ジ-*t*-ブチル-4-ヒドロキシフェニル）プロピオニルオキシ）エチル〕-2，2，6，6-テトラメチルピペリジン、2-メチル-2-（2，2，6，6-テトラメチル-4-ピペリジル）アミノ-N-（2，2，6，6-テトラメチル-4-ピペリジル）プロピオンアミド、テトラキス（2，2，6，6-テトラメチル-4-ピペリジル）1，2，3，4-ブタンテトラカルボキシレート、テトラキス（1，2，2，6，6-ペンタメチル-4-ピペリジル）1，2，3，4-ブタンテトラカルボキシレート等が挙げられる。

[0078] また、好ましいリン系安定剤としては、一般の樹脂工業で通常使用される物であれば格別な限定はなく、例えば、トリフェニルホスファイト、ジフェニルイソデシルホスファイト、フェニルジイソデシルホスファイト、トリス（ノニルフェニル）ホスファイト、トリス（ジノニルフェニル）ホスファイ

ト、トリス（２，４－ジ－ｔ－ブチルフェニル）ホスファイト、１０－（３，５－ジ－ｔ－ブチル－４－ヒドロキシベンジル）－９，１０－ジヒドロ－９－オキサ－１０－ホスファフェナントレン－１０－オキサイドなどのモノホスファイト系化合物；４，４’－ブチリデンービス（３－メチル－６－ｔ－ブチルフェニル）ジトリデシルホスファイト）、４，４’－イソプロピリデンービス（フェニル）ジアルキル（Ｃ１２～Ｃ１５）ホスファイト）などのジホスファイト系化合物などが挙げられる。これらの中でも、モノホスファイト系化合物が好ましく、トリス（ノニルフェニル）ホスファイト、トリス（ジノニルフェニル）ホスファイト、トリス（２，４－ジ－ｔ－ブチルフェニル）ホスファイトなどが特に好ましい。

[0079] また、好ましいイオウ系安定剤としては、例えば、ジラウリル３，３－チオジプロピオネート、ジミリスチル３，３’－チオジプロピオネート、ジステアリル３，３－チオジプロピオネート、ラウリルステアリル３，３－チオジプロピオネート、ペンタエリスリトール－テトラキス－（β－ラウリル－チオ）－プロピオネート、３，９－ビス（２－ドデシルチオエチル）－２，４，８，１０－テトラオキサスピロ〔５，５〕ウンデカンなどが挙げられる。

[0080] これらの各安定剤の配合量は、本発明の目的を損なわれない範囲で適宜選択されるが、脂環式炭化水素系共重合体１００質量部に対して通常０．０１～２質量部、好ましくは０．０１～１質量部であることが好ましい。

[0081] （界面活性剤）

界面活性剤は、同一分子中に親水基と疎水基とを有する化合物である。界面活性剤は樹脂表面への水分の付着や上記表面からの水分の蒸発の速度を調節することで、樹脂組成物の白濁を防止することが可能となる。

[0082] 界面活性剤の親水基としては、具体的には、ヒドロキシ基、炭素数１以上のヒドロキシアルキル基、ヒドロキシル基、カルボニル基、エステル基、アミノ基、アミド基、アンモニウム塩、チオール、スルホン酸塩、リン酸塩、ポリアルキレングリコール基などが挙げられる。ここで、アミノ基は１級、

2級、3級のいずれであってもよい。界面活性剤の疎水基としては、具体的に炭素数6以上のアルキル基、炭素数6以上のアルキル基を有するシリル基、炭素数6以上のフルオロアルキル基などが挙げられる。ここで、炭素数6以上のアルキル基は置換基として芳香環を有していてもよい。アルキル基としては、具体的にヘキシル、ヘプチル、オクチル、ノニル、デシル、ウンデセニル、ドデシル、トリデシル、テトラデシル、ミリスチル、ステアシル、ラウリル、パルミチル、シクロヘキシルなどが挙げられる。芳香環としてはフェニル基などが挙げられる。この界面活性剤は、上記のような親水基と疎水基とをそれぞれ同一分子中に少なくとも1個ずつ有していればよく、各基を2個以上有していてもよい。

[0083] このような界面活性剤としては、より具体的には、例えば、ミリスチルジエタノールアミン、2-ヒドロキシエチル-2-ヒドロキシドデシルアミン、2-ヒドロキシエチル-2-ヒドロキシトリデシルアミン、2-ヒドロキシエチル-2-ヒドロキシテトラデシルアミン、ペンタエリスリトールモノステアレート、ペンタエリスリトールジステアレート、ペンタエリスリトールトリステアレート、ジ-2-ヒドロキシエチル-2-ヒドロキシドデシルアミン、アルキル（炭素数8～18）ベンジルジメチルアンモニウムクロライド、エチレンビスアルキル（炭素数8～18）アミド、ステアシルジエタノールアミド、ラウリルジエタノールアミド、ミリスチルジエタノールアミド、パルミチルジエタノールアミド、などが挙げられる。これらのうちでも、ヒドロキシアルキル基を有するアミン化合物またはアミド化合物が好ましく用いられる。本発明では、これら化合物を2種以上組合わせて用いてもよい。

[0084] 界面活性剤は、温度、湿度の変動に伴う成形物の白濁を効果的に抑え、成形物の光透過率を高く維持するという観点から、脂環式炭化水素系重合体100質量部に対して0.01～10質量部添加されることが好ましい。界面活性剤の添加量は脂環式炭化水素系重合体100質量部に対して0.05～5質量部とすることがより好ましく、0.3～3質量部とすることが更に

好ましい。

[0085] (可塑剤)

可塑剤は共重合体のメルトインデックスを調節するため、必要に応じて添加される。

[0086] 可塑剤としては、アジピン酸ビス(2-エチルヘキシル)、アジピン酸ビス(2-ブトキシエチル)、アゼライン酸ビス(2-エチルヘキシル)、ジプロピレングリコールジベンゾエート、クエン酸トリ-n-ブチル、クエン酸トリ-n-ブチルアセチル、エポキシ化大豆油、2-エチルヘキシルエポキシ化トール油、塩素化パラフィン、リン酸トリ-2-エチルヘキシル、リン酸トリクレジル、リン酸-t-ブチルフェニル、リン酸トリ-2-エチルヘキシルジフェニル、フタル酸ジブチル、フタル酸ジイソヘキシル、フタル酸ジヘプチル、フタル酸ジノニル、フタル酸ジウンデシル、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル、フタル酸ジイソノニル、フタル酸ジイソデシル、フタル酸ジトリデシル、フタル酸ブチルベンジル、フタル酸ジシクロヘキシル、セバシン酸ジ-2-エチルヘキシル、トリメリット酸トリ-2-エチルヘキシル、Santicizer 278、Paraplex G40、Drapex 334F、Plastolein 9720、Mesamoll、DNO DP-610、HB-40等の公知のものが適用可能である。可塑剤の選定及び添加量の決定は、共重合体の透過性や環境変化に対する耐性を損なわないことを条件に適宜行なわれる。

[0087] これらの樹脂としては、シクロオレフィン樹脂が好適に用いられ、具体的には、日本ゼオン社製のZEONEXや、三井化学社製のAPEL、TOPAS ADVANCED POLYMERS社製のTOPAS、JSR社製ARTONなどが好ましい例として挙げられる。

[0088] また、対物レンズを構成する材料のアッペ数は、50以上であることが好ましい。

[0089] 対物レンズについて、以下に記載するが、ここではBD/DVD/CD互換用の対物レンズについて説明する。尚、BD/CD互換用の対物レンズの

場合には、以下に述べる中央領域と周辺領域の2領域のみが存在するものであり、詳細は省略する。

[0090] 対物レンズの少なくとも一つの光学面が、中央領域と、中央領域の周りの中間領域と、中間領域の周りの周辺領域とを少なくとも有する。中央領域は、対物レンズの光軸を含む領域であることが好ましいが、光軸を含む微小な領域を未使用領域や特殊な用途の領域とし、その周りを中心領域（中央領域ともいう）としてもよい。中央領域、中間領域、及び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2に示されるように、中央領域C N、中間領域M D、周辺領域O T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、対物レンズの中央領域には第一光路差付与構造が設けられ、中間領域には第二光路差付与構造が設けられている。周辺領域は屈折面であってもよいし、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、中間領域、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。

[0091] 対物レンズの中央領域は、B D、D V D及びC Dの記録／再生に用いられるB D／D V D／C D共用領域と言える。即ち、対物レンズは、中央領域を通過する第1光束を、B Dの情報記録面上に情報の記録／再生ができるように集光し、中央領域を通過する第2光束を、D V D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、中央領域を通過する第3光束を、C Dの情報記録面上に情報の記録／再生ができるように集光する。また、中央領域に設けられた第1光路差付与構造は、第1光路差付与構造を通過する第1光束及び第2光束に対して、B Dの保護基板の厚さ t_1 とD V Dの保護基板の厚さ t_2 の違いにより発生する球面収差／第1光束と第2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1光路差付与構造は、第1光路差付与構造を通過した第1光束及び第3光束に対して、B Dの保護基板の厚さ t_1 とC Dの保護基板の厚さ t_3 との違いにより発生する球面収差／第1光束と第3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。

[0092] 対物レンズの中間領域は、BD、DVDの記録／再生に用いられ、CDの記録／再生に用いられないBD／DVD共用領域と言える。即ち、対物レンズは、中間領域を通過する第1光束を、BDの情報記録面上に情報の記録／再生ができるように集光し、中間領域を通過する第2光束を、DVDの情報記録面上に情報の記録／再生ができるように集光する。その一方で、中間領域を通過する第3光束を、CDの情報記録面上に情報の記録／再生ができるように集光しない。対物レンズの中間領域を通過する第3光束は、CDの情報記録面上でフレアを形成することが好ましい。図3に示すように、対物レンズを通過した第3光束がCD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を有することが好ましい。スポット中心部が、光ディスクの情報の記録／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／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。但し、スポット中心部の周りにスポット中間部が存在せずスポット周辺部があるタイプ、即ち、集光スポットの周りに薄く光が大きなスポットを形成する場合も、そのスポット周辺部をフレアと呼んでもよい。つまり、対物レンズの中間領域を通過した第3光束は、CD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とも言える。

[0093] 対物レンズの周辺領域は、BDの記録／再生に用いられ、DVD及びCDの記録／再生に用いられないBD専用領域と言える。即ち、対物レンズは、周辺領域を通過する第1光束を、BDの情報記録面上に情報の記録／再生ができるように集光する。その一方で、周辺領域を通過する第2光束を、DVDの情報記録面上に情報の記録／再生ができるように集光せず、周辺領域を通過する第3光束を、CDの情報記録面上に情報の記録／再生ができるように集光しない。対物レンズの周辺領域を通過する第2光束及び第3光束は、DVD及びCDの情報記録面上でフレアを形成することが好ましい。つまり

、対物レンズの周辺領域を通過した第2光束及び第3光束は、DVD及びCD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。

[0094] 第1光路差付与構造は、対物レンズ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1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2光路差付与構造は、対物レンズの中間領域の面積の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2光路差付与構造が、中間領域の全面に設けられていることである。周辺領域が第3光路差付与構造を有する場合、第3光路差付与構造は、対物レンズ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3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。

[0095] 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。本発明の光路差付与構造は回折構造であることが好ましい。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。また、光路差付与構造を設けた対物レンズが単玉非球面レンズの場合、光軸からの高さによって光束の対物レンズへの入射角が異なるため、光路差付与構造の段差量は各輪帯毎に若干異なることとなる。例えば、対物レンズが単玉非球面の凸レンズである場合、同じ光路差を付与させる光路差付与構造であっても、一般的に光軸から離れる程、段差量が大きくなる傾向となる。

[0096] また、本明細書でいう回折構造とは、段差を有し、回折によって光束を収束あるいは発散させる作用を持たせる構造の総称である。例えば、単位形状

が光軸を中心として複数並ぶことによって構成されており、それぞれの単位形状に光束が入射し、透過した光の波面が、隣り合う輪帯毎にズレを起こし、その結果、新たな波面を形成することによって光を収束あるいは発散させるような構造を含むものである。回折構造は、好ましくは段差を複数有し、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。また、回折構造を設けた対物レンズが単玉非球面レンズの場合、光軸からの高さによって光束の対物レンズへの入射角が異なるため、回折構造の段差量は各輪帯毎に若干異なることとなる。例えば、対物レンズが単玉非球面の凸レンズである場合、同じ回折次数の回折光を発生させる回折構造であっても、一般的に光軸から離れる程、段差量が大きくなる傾向となる。

[0097] ところで、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、一般に、様々な断面形状（光軸を含む面での断面形状）をとり得、光軸を含む断面形状がブレード型構造と階段型構造とに大別される。

[0098] ブレード型構造とは、図4（a）、（b）に示されるように、光路差付与構造を有する光学素子の光軸を含む断面形状が、鋸歯状の形状ということである。尚、図4の例においては、上方が光源側、下方が光ディスク側であって、母非球面としての平面に光路差付与構造が形成されているものとする。ブレード型構造において、1つのブレード単位の光軸垂直方向の長さをピッチPという。（図4（a）、（b）参照）また、ブレードの光軸に平行方向の段差の長さを段差量Bという。（図4（a）参照）

[0099] また、階段型構造とは、図4（c）、（d）に示されるように、光路差付与構造を有する光学素子の光軸を含む断面形状が、小階段状のもの（階段単位と称する）を複数有するということである。尚、本明細書中、「Vレベル」とは、階段型構造の1つの階段単位において光軸垂直方向に対応する（向いた）輪帯状の面（以下、テラス面と称することもある）が、段差によって分けられV個の輪帯面毎に分割されていることをいい、特に3レベル以上

の階段型構造は、小さい段差と大きい段差を有することになる。例えば、図 4（c）に示す光路差付与構造を、5 レベルの階段型構造といい、図 4（d）に示す光路差付与構造を、2 レベルの階段型構造（バイナリ構造ともいう）という。

[0100] 尚、光路差付与構造は、ある単位形状が周期的に繰り返されている構造であることが好ましい。ここでいう「単位形状が周期的に繰り返されている」とは、同一の形状が同一の周期で繰り返されている形状は当然含む。さらに、周期の 1 単位となる単位形状が、規則性を持って、周期が徐々に長くなったり、徐々に短くなったりする形状も、「単位形状が周期的に繰り返されている」ものに含まれているとする。

[0101] 光路差付与構造が、ブレード型構造を有する場合、単位形状である鋸歯状の形状が繰り返された形状となる。図 4（a）に示されるように、同一の鋸歯状形状が繰り返されてもよいし、図 4（b）に示されるように、光軸から離れる方向に進むに従って、徐々に鋸歯状形状のピッチが長くなっていく形状、又は、ピッチが短くなっていく形状であってもよい。加えて、ある領域においては、ブレード型構造の段差が光軸（中心）側とは逆を向いている形状とし、他の領域においては、ブレード型構造の段差が光軸（中心）側を向いている形状とし、その間に、ブレード型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形状としてもよい。なお、このようにブレード型構造の段差の向きを途中で切り替える構造にする場合、輪帯ピッチを広げることが可能となり、光路差付与構造の製造誤差による透過率低下を抑制できる。

[0102] また、第 1 光路差付与構造及び第 2 光路差付与構造は、それぞれ対物レンズの異なる光学面に設けてもよいが、同一の光学面に設けることが好ましい。更に、第 3 光路差付与構造を設ける場合も、第 1 光路差付与構造及び第 2 光路差付与構造と同じ光学面に設けることが好ましい。同一の光学面に設けることにより、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 1 光路差付与構造、第 2 光路差付与構造及び第 3 光路差付与構

造は、対物レンズの光ディスク側の面よりも、対物レンズの光源側の面に設けられることが好ましい。別の言い方では、第1光路差付与構造、第2光路差付与構造及び第3光路差付与構造は、対物レンズの曲率半径の絶対値が小さい方の光学面に設けることが好ましい。尚、第1基礎構造と第2基礎構造を重畳せずに、それぞれ異なる光学面に設けることも考えられる。第3基礎構造と第4基礎構造も、同様に重畳せずにそれぞれ異なる光学面に設けることも考えられる。

[0103] 次に、中央領域に設けられる第1光路差付与構造について説明する。第1光路差付与構造は、少なくとも第1基礎構造と第2基礎構造を重ね合わせた構造であることが好ましいが、これに限られるものではない。第1光路差付与構造は、第1基礎構造と第2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。

[0104] 第1基礎構造は、ブレード型構造である。また、第1基礎構造は、第1基礎構造を通過した第1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1基礎構造を通過した第2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1基礎構造を通過した第3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。これを $(1/1/1)$ 構造と呼ぶ。特に、低次である1次回折光が発生するようにすると、第1基礎構造の段差量が大きくなり過ぎないため、製造が容易となり、製造誤差に起因する光量ロスを抑えることが出来ると共に、波長変動時の回折効率変動も低減することができるため好ましい。

[0105] また、少なくとも中央領域の光軸付近に設けられる第1基礎構造は、その段差が光軸とは逆の方向を向いていることが好ましい。「段差が光軸とは逆の方向を向いている」とは、図5(b)のような状態を言う。また、「少なくとも中央領域の光軸付近」に設けられる第1基礎構造とは、 $(1/1/1)$ 構造の段差のうち、少なくとも最も光軸に近い段差を言う。好ましくは、少なくとも、光軸から中央領域と中間領域の境界までの光軸直交方向の半分の位置と、光軸との間に存在する $(1/1/1)$ 構造の段差が、光軸とは逆

の方向を向いていることである。

[0106] 例えば、中央領域の中間領域付近に設けられる第1基礎構造は、段差が光軸の方向を向いていてもよい。即ち、図6(b)に示すように、第1基礎構造が光軸付近では段差が光軸とは逆の方向を向いているが、途中で切り替わり、中間領域付近では第1基礎構造の段差が光軸の方を向くような形状としてもよい。但し、好ましくは、中央領域に設けられる第1基礎構造の全ての段差が光軸とは逆の方向を向いていることである。

[0107] このように、第1光束における回折次数が1次となる第1基礎構造の段差の向きを光軸と逆方向に向けることにより、BD/DVD/CDの3種類の光ディスクの互換で用いるような軸上厚が厚い厚肉の対物レンズにおいても、CD使用時にワーキングディスタンスを十分確保することが可能となるのである。

[0108] BD/DVD/CDの3種類の光ディスクの互換で用いるような軸上厚が厚い厚肉の対物レンズにおいても、CD使用時にワーキングディスタンスを十分確保するという観点からは、第1基礎構造が第1光束に対して負の近軸パワーを持つことが好ましい。ここで、「負の近軸パワーを持つ」とは、第1基礎構造の光路差関数を後述する数2式で表した場合、 $C_2 h^2 > 0$ であることを意味する。

[0109] また、第2基礎構造も、ブレード型構造である。第2基礎構造は、第2基礎構造を通過した第1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1基礎構造を通過した第2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1基礎構造を通過した第3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。これを(2/1/1)構造と呼ぶ。特に、低次である2次回折光又は1次回折光が発生するようにすると、第2基礎構造の段差量が大きくなり過ぎないため、製造が容易となり、製造誤差に起因する光量ロスを抑えることが出来ると共に、波長変動時の回折効率変動も低減することができるため好ましい。

[0110] また、少なくとも中央領域の光軸付近に設けられる第2基礎構造は、その

段差が光軸の方向を向いていることが好ましい。「段差が光軸の方向を向いている」とは、図5（a）のような状態を言う。また、「少なくとも中央領域の光軸付近」に設けられる第2基礎構造とは、 $(2/1/1)$ 構造の段差のうち、少なくとも最も光軸に近い段差を言う。好ましくは、少なくとも光軸から中央領域と中間領域の境界までの光軸直交方向の半分の位置と、光軸との間に存在する $(2/1/1)$ 構造の段差が光軸の方向を向いていることである。

[0111] 例えば、中央領域の中間領域付近に設けられる第2基礎構造は、段差が光軸とは逆の方向を向いていてもよい。即ち、図6（a）に示すように、第2基礎構造が光軸付近では段差が光軸の方向を向いているが、途中で切り替わり、中間領域付近では第2基礎構造の段差が光軸とは逆の方向を向くような形状としてもよい。但し、好ましくは、中央領域に設けられる第2基礎構造は、全ての段差が光軸の方向を向いていることである。

[0112] $(1/1/1)$ 構造である第1基礎構造と、 $(2/1/1)$ 構造である第2基礎構造とを重ね合わせた第1光路差付与構造にすると、段差の高さを非常に低くできる。従って、より製造誤差を低減させることが可能となり、光量ロスを更に抑えることが可能となると共に、波長変動時の回折効率の変動をより抑えることが可能となる。

[0113] さらに、少なくとも中央領域の光軸付近においては段差が光軸とは逆の方向を向いている第1基礎構造と、少なくとも中央領域の光軸付近においては段差が光軸の方向を向いている第2基礎構造を重ね合わせることにより、第1基礎構造と第2基礎構造の段差の向きが同じになるように重ね合わせた場合に比べて、重ね合わせた後の段差の高さが高くなることをより一層抑制でき、それに伴い、製造誤差などに因る光量ロスをより抑えることが可能となると共に、波長変動時の回折効率の変動もより抑えることが可能となる。

[0114] また、BD/DVD/CDの3種類の光ディスクの互換を可能とするだけでなく、BD/DVD/CDの3種類の何れの光ディスクに対しても、高い光利用効率を維持できる光利用効率のバランスが取れた対物レンズを提供す

ることが好ましい。例えば、波長 λ_1 に対する回折効率を80%以上、波長 λ_2 に対する回折効率を60%以上、波長 λ_3 に対する回折効率を50%以上とする対物レンズを提供することが好ましい。更には、波長 λ_1 に対する回折効率を80%以上、波長 λ_2 に対する回折効率を70%以上、波長 λ_3 に対する回折効率を60%以上とする対物レンズも提供することがより好ましい。加えて、第1基礎構造の段差の向きを光軸と逆方向に向けることにより、波長が長波長側に変動した際に収差をアンダー（補正不足）の方向に変化させることがより容易に行える。

[0115] 段差が光軸とは逆を向いている第1基礎構造と段差が光軸の方を向いている第2基礎構造とを重ね合わせた後の第1光路差付与構造の形状と段差量という観点から、 $(1/1/1)$ 構造である第1基礎構造と、 $(2/1/1)$ 構造である第2基礎構造とを重ね合わせた第1光路差付与構造を以下のように表現することができる。少なくとも中央領域の光軸付近に設けられている第1光路差付与構造は、光軸とは逆の方向を向いている段差と、光軸の方向を向いている段差とを共に有し、光軸とは逆の方向を向いている段差の段差量 d_{11} と、光軸の方向を向いている段差の段差量 d_{12} とが、以下の条件式(20)、(21)を満たすことが好ましい。より好ましくは、中央領域の全ての領域において、以下の条件式(20)、(21)を満たすことである。尚、光路差付与構造を設けた対物レンズが単玉非球面の凸レンズの場合、光軸からの高さによって光束の対物レンズへの入射角が異なるため、同じ光路差を付与させる光路差付与構造であっても、一般的に光軸から離れる程、段差量が大きくなる傾向となる。下記条件式において上限に1.5を乗じているのは、当該段差量の増加を加味した故である。但し、 n は、第1の波長 λ_1 における対物レンズの屈折率を表す。

$$0.6 \cdot (\lambda_1 / (n - 1)) < d_{11} < 1.5 \cdot (\lambda_1 / (n - 1)) \quad (20)$$

$$0.6 \cdot (\lambda_1 / (n - 1)) < d_{12} < 1.5 \cdot (2\lambda_1 / (n - 1)) \quad (21)$$

[0116] 尚、「少なくとも中央領域の光軸付近」に設けられる第1光路差付与構造とは、少なくとも光軸に最も近い光軸とは逆の方向を向いている段差と、光軸に最も近い光軸の方向を向いている段差とを共に有する光路差付与構造をいう。好ましくは、少なくとも、光軸から中央領域と中間領域の境界までの光軸直交方向の半分の位置と、光軸との間に存在する段差を有する光路差付与構造である。

[0117] また、例えば、 λ_1 が390～415 nm (0.390～0.415 μm) であって、 n が1.54～1.60である場合、上記条件式は以下のよう
に表すことが可能となる。

$$[0118] \quad 0.39 \mu\text{m} < d_{11} < 1.15 \mu\text{m} \quad (22)$$

$$0.39 \mu\text{m} < d_{12} < 2.31 \mu\text{m} \quad (23)$$

[0119] 更に、第1基礎構造と第2基礎構造の重ね合わせ方としては、第2基礎構造の全ての段差の位置と、第1基礎構造の段差の位置を合わせるように基礎構造の形状を微調整するか、第1基礎構造の全ての段差の位置と、第2基礎構造の段差の位置を合わせるように基礎構造の形状を微調整することが好ましい。

[0120] 上述のように第2基礎構造の全ての段差の位置と、第1基礎構造の段差の位置を合わせた場合、第1光路差付与構造の d_{11} 、 d_{12} は以下の条件式
(24)、(25)を満たすことが好ましい。より好ましくは、中央領域の全ての領域において、以下の条件式(24)、(25)を満たすことである。

$$0.6 \cdot (\lambda_1 / (n-1)) < d_{11} < 1.5 \cdot (\lambda_1 / (n-1)) \quad (24)$$

$$0.6 \cdot (\lambda_1 / (n-1)) < d_{12} < 1.5 \cdot (\lambda_1 / (n-1)) \quad (25)$$

[0121] また、例えば、 λ_1 が390～415 nm (0.390～0.415 μm) であって、 n が1.54～1.60である場合、上記条件式は以下のよう
に表すことが可能となる。

$$[0122] \quad 0.39 \mu\text{m} < d_{11} < 1.15 \mu\text{m} \quad (22)'$$

$$0.39 \mu\text{m} < d_{12} < 1.15 \mu\text{m} \quad (23)'$$

[0123] 更に好ましくは、以下の条件式 (22)'、(23)' を満たすことが好ましい。より好ましくは、中央領域の全ての領域において、以下の条件式 (24)'、(25)' を満たすことである。

$$0.9 \cdot (\lambda_1 / (n-1)) < d_{11} < 1.5 \cdot (\lambda_1 / (n-1)) \quad (24)'$$

$$0.9 \cdot (\lambda_1 / (n-1)) < d_{12} < 1.5 \cdot (\lambda_1 / (n-1)) \quad (25)'$$

[0124] また、例えば、 λ_1 が 390~415 nm (0.390~0.415 μm) であって、 n が 1.54~1.60 である場合、上記条件式は以下のよう
に表すことが可能となる。

$$[0125] \quad 0.59 \mu\text{m} < d_{11} < 1.15 \mu\text{m} \quad (22)''$$

$$0.59 \mu\text{m} < d_{12} < 1.15 \mu\text{m} \quad (23)''$$

[0126] また、(1/1/1) 構造である第1基礎構造において、入射する光束の波長がより長くなるよう変化した場合には、球面収差が補正不足方向（アンダー）に変化し、(2/1/1) 構造である第2基礎構造において、入射する光束の波長がより長くなるよう変化した場合には、球面収差が補正不足方向（アンダー）に変化すると好ましい。このような構成により、光ピックアップ装置の温度の上昇により対物レンズの屈折率が変化したような場合には、同じく環境温度の上昇により光源の波長が上昇することを利用して、対物レンズの屈折率の変化による球面収差の変化を補正して、適切な集光スポットを各光ディスクの情報記録面に形成できる。これにより、対物レンズがプラスチック製であっても、温度変化時においても安定した性能を維持できる対物レンズを提供することができる。

[0127] 第2基礎構造に比べて、第1基礎構造の近軸パワーが大きいことが好ましい。つまりは、第1基礎構造の平均ピッチが、第2基礎構造の平均ピッチに比べて小さいことが好ましい。これにより、BD/DVD/CD互換用対物

レンズという軸上厚が厚い対物レンズにおいてもCDにおけるワーキングディスタンスを確保できる。更に、色収差を小さくし、光源が高周波重畳を起こしていても、良好な光スポットを形成させ、しかも、光ディスクが複数の情報記録面を有する場合の、迷光の問題を低減させ、更に、DVD使用時の温度特性と波長特性を良好にするためには、第1光路差付与構造において、第2基礎構造の光軸に最も近い輪帯1つ分に、第1基礎構造の輪帯が2～6個（特に好ましくは2～3個）含まれていることが好ましい。尚、この場合、第2基礎構造の光軸に最も近い「輪帯」と記載しているが、実際は、光軸を含む「円」であることが通常である。従って、ここで言う「光軸に最も近い輪帯」には、円状の形状も含まれる。又、中間領域に最も近い第2基礎構造の1つの輪帯において、第2基礎構造の輪帯1つ分に、第1基礎構造の輪帯が1～5個（特に好ましくは2～3個）含まれていることである。

[0128] 尚、図7（d）に示すように、第1基礎構造と第2基礎構造とをそのまま重畳すると、点線で示すように一部が突出する場合があるが、突出部分の幅が5 μm 以下と狭ければ、突出した部分を光軸に沿って平行にシフトして、突出部分をなくしても大きな影響がなく、これにより第2基礎構造の1つの輪帯に、第1基礎構造の複数の輪帯が丁度のようになる（実線参照）。よって、図7（d）の例では、第2基礎構造の1つの輪帯上に、3つの第1基礎構造の輪帯がのっているものとして扱う。第1基礎構造と第2基礎構造をそのまま重畳した場合に、幅が5 μm 以下と狭い凹みが発生する場合も同様にして凹みをなくしてもよい。

[0129] ここで、 $\Delta\lambda$ （nm）は第1波長の変化量、 ΔWD （ μm ）は第1波長の変化 $\Delta\lambda$ に起因して発生する対物レンズの色収差とすると、以下の式を満たす。

$$0.3 (\mu\text{m}/\text{nm}) \leq \Delta\text{WD} / \Delta\lambda \leq 0.6 (\mu\text{m}/\text{nm}) \quad (26)$$

[0130] このような構成とするためには、上述したように、第1光路差付与構造において、第2基礎構造の光軸に最も近い輪帯1つ分に、第1基礎構造の輪帯N1が2～6個（特に好ましくは2～3個）含まれるようにすることが好ま

しい。色収差を上述の範囲にすることによって、BD/DVD/CD互換用対物レンズという軸上厚が厚い対物レンズにおいてもCDにおけるワーキングディスタンスを確保しながら、光ディスクが複数の情報記録面を有する場合の、迷光の問題を低減させることができ、さらにDVD使用時の温度特性及び波長特性を良好にできるため好ましい。又、第2基礎構造における中間領域に最も近い1つの輪帯上に重畳された第1基礎構造の輪帯の数 N_2 は、 N_1 と等しいか N_1 より小さいことが望ましく、例えば1～5個重畳されていることがよい。

[0131] 第1基礎構造は正の回折パワーを持つことが好ましく、それによりBD/DVD/CD用の対物レンズといった軸上厚が厚い対物レンズにおいてもCD使用時のワーキングディスタンスを確保できる。また、第2基礎構造は負の回折パワーを持つことが好ましい。このように第1基礎構造と第2基礎構造が共に回折パワーを持つことにより、複数の情報記録面を有する光ディスクを使用した際に、記録再生対象でない情報記録面で反射した不要光を必要光からより遠ざけることが可能となるため好ましい。

[0132] 第1光路差付与構造を通過した第3光束によって、第3光束が形成するスポットの光強度が最も強い第1ベストフォーカス位置と、第3光束が形成するスポットの光強度が次に強い第2ベストフォーカス位置とが、以下の条件式(27)を満たすことが好ましい。なお、ここでいうベストフォーカス位置とは、ビームウェストが、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位置を指すものである。第1ベストフォーカス位置がCDの記録/再生に用いられる必要光のベストフォーカス位置であり、第2ベストフォーカス位置がCDの記録/再生に用いられない不要光のうち、最も光量が多い光束のベストフォーカス位置である。

$$0.05 \leq L/f_{13} \leq 0.35 \quad (27)$$

但し、 f_{13} [mm] は、第1光路差付与構造を通過し、第1ベストフォーカスを形成する第3光束の焦点距離を指し、 L [mm] は、第1ベストフォーカスと第2ベストフォーカスの間の距離を指す。

[0133] より好ましくは、以下の条件式 (27) ' を満たすことである。

$$0.10 \leq L / f_{13} \leq 0.25 \quad (27)'$$

[0134] 以上述べた第1光路差付与構造の好ましい例をいくつか図7(a)、(b)、(c)として示す。尚、図7は、便宜上、第1光路差付与構造ODS1が平板状に設けられたものとして示されているが、単玉非球面の凸レンズ上に設けられていてもよい。(2/1/1)回折構造である第2基礎構造BS2に、(1/1/1)回折構造である第1基礎構造BS1が重ねあわされている。図7(a)においては、第2基礎構造BS2の段差は光軸OAの方向を向いており、第1基礎構造BS1の段差は光軸OAとは逆の方向を向いている。更に、第2基礎構造BS2の全ての段差の位置と、第1基礎構造BS1の段差の位置が合っていることがわかる。次に、図7(b)においては、第2基礎構造BS2の段差は光軸OAの方向を向いており、第1基礎構造BS1の段差も光軸OAの方向を向いている。更に、第2基礎構造BS2の全ての段差の位置と、第1基礎構造BS1の段差の位置が合っていることがわかる。次に、図7(c)においては、第1基礎構造BS1の段差は光軸OAと逆の方向を向いており、第2基礎構造BS2の段差も光軸OAと逆の方向を向いている。更に、第2基礎構造BS2の全ての段差の位置と、第1基礎構造BS1の段差の位置が合っていることがわかる。

[0135] 更に、中央領域の総輪帯数をN、対物レンズの第1光束における焦点距離をf(mm)としたとき、以下の式を満たすと好ましい。これによりCDのワーキングディスタンスが短くなりすぎることを抑制すると共に、輪帯のピッチが小さくなりすぎて加工性が低下することを抑制できる。尚、中央領域における光軸に略平行な段差数を、中央領域の総輪帯数とみなしてよい。

$$160(\text{mm}) \leq N \cdot f \leq 210(\text{mm}) \quad (13)$$

[0136] 以上、第1光路差付与構造の好ましい構造について、ブレード型の(1/1/1)構造と、ブレード型の(2/1/1)構造とを重畳した構造を中心に説明してきたが、他の第1光路差付与構造の例としては以下が挙げられる。

[0137] 例えば、(A) 単一のブレード型構造のみの場合、(B) 単一の階段型構造の場合、(C) 複数のブレード型構造を重畳した場合、(D) ブレード型構造と階段型構造を重畳する場合等が挙げられる。(A) の好ましい例としては、対物レンズの倍率差を利用しつつブレード型の $(2/1/1)$ 構造のみからなる第1光路差付与構造や、 $(1/1/1)$ 構造のみからなる第1光路差付与構造が挙げられる。(B) の好ましい例としては、7レベルの階段型構造である $(1/3/4)$ 構造のみからなる第1光路差付与構造や、7レベルの階段型構造である $(1/-2/-3)$ 構造のみからなる第1光路差付与構造や、6レベルの階段型構造である $(1/-1/-2)$ 構造のみからなる第1光路差付与構造等が挙げられる。(C) の好ましい例としては、ブレード型の $(2/1/1)$ 構造とブレード型の $(1/1/1)$ 構造を重畳させた第1光路差付与構造以外に、ブレード型の $(2/1/1)$ 構造とブレード型の $(1/0/0)$ 構造とを重畳させた第1光路差付与構造が挙げられる。

(D) の好ましい例としては、ブレード型の $(2/1/1)$ 構造と4レベルの階段型構造である $(1/0/0)$ 構造とを重畳させた第1光路差付与構造がや、ブレード型の $(2/1/1)$ 構造と2レベルの階段型構造である $(0/0/1)$ 構造とを重畳させた第1光路差付与構造が挙げられる。

[0138] 次に、中間領域に設けられる第2光路差付与構造について説明する。第2光路差付与構造は、少なくとも第3基礎構造と第4基礎構造の2つの基礎構造を重ね合わせた構造であることが好ましいが、これに限られるものではない。

[0139] 第3基礎構造も第4基礎構造も、ブレード型構造であることが好ましい。また、第3基礎構造は、第3基礎構造を通過した第1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3基礎構造を通過した第2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と好ましい。又、第3基礎構造を通過した第3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と好ましい。また、第4基礎構造は、第4基礎構造を通過した第1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4基礎構造を通過した第2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と好ましい。又、第4基礎構造を通過した第3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。これにより、少なくとも第3基礎構造と第4基礎構造とを重ね合わせた第2光路差付与構造において、光軸方向の段差量を低減でき、それにより波長変動時の回折効率の低下を抑制できる。また、第1基礎構造と第3基礎構造における最も光強度が高い回折光の次数が一致し、且つ第2基礎構造と第4基礎構造における最も光強度が高い回折光の次数が一致しているため、中央領域と中間領域を通過する光束について、温度や波長変化時においても球面収差を連続と出来、その結果、高次収差の発生を抑えることができる。

[0140] 第2光路差付与構造は第3、第4基礎構造に加えて、第5基礎構造を重ね合わせた構造としてもよいが、構造を単純にし、製造誤差による光利用効率の低下を抑えるためにも、第2光路差付与構造は、第3基礎構造及び第4基礎構造のみからなることが好ましい。

[0141] 尚、この時、第5基礎構造は、第5基礎構造を通過した第1光束の0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5基礎構造を通過した第2光束の0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5基礎構造を通過した第3光束のG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構造であることが好ましい。この様な第5基礎構造を重ね合わせることにより、対物レンズの中間領域を通過する第1光束、第2光束に悪影響を与えることなく、且つ、中央領域と中間領域との間で位相ずれを生じさせることなく、第3光束のみに、CDの情報記録面上でフレアを光スポットから遠い位置に形成させる作用を容易に与えることが可能となる。

[0142] 好ましくは、Gが±1である。Gが±1である場合に、第5基礎構造は、図4（d）に示すような2レベルの階段型構造（バイナリ構造とも言う）であることが好ましい。

[0143] また、第3基礎構造を通過した第1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3基礎構造を通過した第2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（（3／2）構造とも言う）、第4基礎構造を通過した第1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4基礎構造を通過した第2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（（2／1）構造とも言う）ようにしてもよい。このような構成であると、BDにおける回折効率をより高めることができる。

[0144] 尚、第3基礎構造と第4基礎構造が、（1／1）構造と（2／1）構造の組み合わせである場合も、（3／2）構造と（2／1）構造の組み合わせである場合も、少なくとも中間領域の、中央領域に最も近い位置に設けられる第3基礎構造は、その段差が光軸とは逆の方向を向いており、少なくとも中間領域の、中央領域に最も近い位置に設けられる第4基礎構造は、その段差が光軸の方向を向いていることが好ましい。より好ましくは、中間領域におけるすべての第3基礎構造の段差が光軸とは逆の方向を向いており、中間領域におけるすべての第4基礎構造の段差が光軸の方向を向いていることである。

[0145] 第3基礎構造において、入射する光束の波長がより長くなるよう変化した場合には球面収差が補正不足（アンダー）方向に変化し、第4基礎構造において、入射する光束の波長がより長くなるよう変化した場合には球面収差が補正不足（アンダー）方向に変化するようにしてもよい。

[0146] このような構成とすると、第2光路差付与構造においても、光ピックアップ装置の温度上昇により対物レンズの屈折率が変化したような場合には、同じく環境温度の上昇により光源の波長が上昇することを利用して、対物レンズの屈折率の変化による球面収差の劣化を補正するため、環境温度の変化時に、より適切な集光スポットを各光ディスクの情報記録面に形成できる。

[0147] 一方で、第3基礎構造と第4基礎構造のうち一方において、入射する光束の波長がより長くなるよう変化した場合には球面収差が補正不足（アンダー

）方向に変化し、その他方において、入射する光束の波長がより長くなるよう変化した場合には球面収差が補正過剰（オーバー）方向に変化するようにしてもよい。

[0148] 第3基礎構造と第4基礎構造のうち一方において、入射する光束の波長がより長くなるよう変化した場合には球面収差が補正不足（アンダー）方向に変化し、その他方において、入射する光束の波長がより長くなるよう変化した場合には球面収差が補正過剰（オーバー）方向に変化するようにすると、対物レンズ全体として、第1光束をBDの情報記録面上に集光する際に、第1光束の波長が $+5\text{ nm}$ 変化した場合の3次球面収差の変化量を、 $-30\text{ m}\lambda\text{ rms}$ 以上、 $+50\text{ m}\lambda\text{ rms}$ 以下にすることができると好ましい。尚、対物レンズ全体として、第1光束をBDの情報記録面上に集光する際に、第1光束の波長が $+5\text{ nm}$ 変化した場合の3次球面収差の変化量を、 $-10\text{ m}\lambda\text{ rms}$ 以上、 $+10\text{ m}\lambda\text{ rms}$ 以下にすることがより好ましい。尚、対物レンズ全体として、第1光束をBDの情報記録面上に集光する際に、第1光束の波長が $+5\text{ nm}$ 変化した場合の5次球面収差の変化量は、 $-20\text{ m}\lambda\text{ rms}$ 以上、 $20\text{ m}\lambda\text{ rms}$ 以下であることが好ましい。より好ましくは、 $-10\text{ m}\lambda\text{ rms}$ 以上、 $+10\text{ m}\lambda\text{ rms}$ 以下である。

[0149] このような構成とすると、第3基礎構造と第4基礎構造のうち何れか一方において、入射する光束の波長がより長くなるよう変化した場合には球面収差が補正過剰方向に変化するので、第2光路差付与構造が、第3基礎構造と第4基礎構造のみからなっているとしても、CD使用時のフレア出しを容易に行うことが出来る。従って、CD使用時のフレア出しを、単純な形状の第2光路差付与構造で行えるため、影の効果による光利用効率の低下を抑制し、更に、製造誤差による光利用効率の低下も抑制し、結果として光利用効率を向上させることが可能となる。尚、これにより中間領域においてはBD使用時の温度特性補正効果が小さくなるが、中央領域の第1基礎構造と第2基礎構造が共に長波長において補正不足であるため、温度特性が悪くなりすぎることを防止でき、またBD使用時の波長特性補正効果を大きくすることができる。

。加えて、DVD使用時には、DVDの温度特性及び波長特性を共に良好にすることができる。

[0150] なお、第4基礎構造において、入射する光束の波長がより長くなるよう変化した場合には球面収差が補正不足（アンダー）方向に変化し、第3基礎構造において、入射する光束の波長がより長くなるよう変化した場合には球面収差が補正過剰（オーバー）方向に変化すると、CD使用時にフレアをより遠くに飛ばしやすくできるため、好ましい。

[0151] 更にDVD使用時の波長特性を良好にするために、第2光路差付与構造において、第4基礎構造の中央領域に最も近い輪帯1つ分に、第3基礎構造の輪帯が1～3個（特に好ましくは2～3個）含まれていることが好ましい。より好ましくは、第2光路差付与構造において、第4基礎構造の周辺領域に最も近い輪帯1つ分に、第3基礎構造の輪帯が1～5個（特に好ましくは2～3個）含まれていることである。

[0152] 周辺構造に第3光路差付与構造を設ける場合、任意の光路差付与構造を設けることが可能である。第3光路差付与構造は、第6基礎構造を有することが好ましい。第6基礎構造は、第6基礎構造を通過した第1光束のP次の回折光量を他のいかなる次数の回折光量よりも大きくし、第6基礎構造を通過した第2光束のQ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6基礎構造を通過した第3光束のR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。尚、波長変動時の回折効率の変動を抑えるためにも、Pが5以下であることが好ましい。

[0153] ここで、図8に好ましい対物レンズの模式図を示す。光軸OAを含む対物レンズの断面のうち、光軸よりも上半分を示した図である。尚、図8は、あくまでも模式図であり、実施例に基づいた正確な長さの比率などを表した図面ではない。

[0154] 図8の対物レンズは、中央領域CN、中間領域MD、周辺領域OTを有している。中央領域には第1光路差付与構造ODS1が設けられており、中間領域には第2光路差付与構造ODS2が設けられており、周辺領域には第3

光路差付与構造が設けられている。

[0155] 図8の第1光路差付与構造ODS1は、 $(2/1/1)$ のブレード構造であって段差が光軸の方を向いている第2基礎構造BS2と、 $(1/1/1)$ のブレード構造であって段差が光軸と逆の方を向いている第1基礎構造BS1とが重畳した構造となっている。図8においては、第2基礎構造BS2は3輪帯であり、第2基礎構造BS2における光軸に最も近い輪帯（円状）上に、第1基礎構造BS1の輪帯が4個含まれている。また、第2基礎構造BS2における中間領域に最も近い1つの輪帯に、第1基礎構造BS1の輪帯が2個含まれている。

[0156] 図8の第2光路差付与構造ODS2は、 $(2/1/1)$ のブレード構造であって段差が光軸の方を向いている第4基礎構造BS4と、 $(1/1/1)$ のブレード構造であって段差が光軸と逆の方を向いている第3基礎構造BS3とが重畳した構造となっている。図8においては、第4基礎構造BS4は3輪帯であり、第4基礎構造BS4における中央領域に最も近い輪帯上に、第3基礎構造BS3の輪帯が3個含まれている。また、第4基礎構造BS4における周辺領域に最も近い1つの輪帯に、第3基礎構造BS3の輪帯が1個含まれている。

[0157] 図8の第3光路差付与構造ODS3は、 $(2/1/1)$ のブレード構造であって段差が光軸の方を向いている第6基礎構造BS6のみからなっている。

[0158] BDに対して情報を再生／記録するために必要な対物レンズの像側開口数をNA1とし、DVDに対して情報を再生／記録するために必要な対物レンズの像側開口数をNA2（ $NA1 > NA2$ ）とし、CDに対して情報を再生／記録するために必要な対物レンズの像側開口数をNA3（ $NA2 > NA3$ ）とする。NA1は、0.75以上、0.9以下であることが好ましく、より好ましくは、0.8以上、0.9以下である。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又は0.65であることが好ましい。また、N

A 3 は、0.4 以上、0.55 以下であることが好ましい。特に NA 3 は 0.45 又は 0.53 であることが好ましい。

[0159] 対物レンズの中央領域と中間領域の境界は、第 3 光束の使用時において、 $0.9 \cdot NA 3$ 以上、 $1.2 \cdot NA 3$ 以下（より好ましくは、 $0.95 \cdot NA 3$ 以上、 $1.15 \cdot NA 3$ 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、対物レンズの中央領域と中間領域の境界が、NA 3 に相当する部分に形成されていることである。また、対物レンズの中間領域と周辺領域の境界は、第 2 光束の使用時において、 $0.9 \cdot NA 2$ 以上、 $1.2 \cdot NA 2$ 以下（より好ましくは、 $0.95 \cdot NA 2$ 以上、 $1.15 \cdot NA 2$ 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、対物レンズの中間領域と周辺領域の境界が、NA 2 に相当する部分に形成されていることである。

[0160] 対物レンズを通過した第 3 光束を CD 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 3 光束の使用時において、 $0.9 \cdot NA 3$ 以上、 $1.2 \cdot NA 3$ 以下（より好ましくは、 $0.95 \cdot NA 3$ 以上、 $1.15 \cdot NA 3$ 以下）の範囲に存在することが好ましい。

[0161] また、対物レンズは、以下の条件式(28)を満たすことが好ましい。

$$0.8 \leq d / f \leq 1.5 \quad (28)$$

但し、d は、対物レンズの光軸上の厚さ (mm) を表し、f は、第 1 光束における対物レンズの焦点距離を表す。

[0162] BD のような短波長、高 NA の光ディスクに対応させる場合、対物レンズにおいて、非点収差が発生しやすくなり、偏心コマ収差も発生しやすくなるという課題が生じるが、条件式(28)を満たすことにより非点収差や偏心コマ収差の発生を抑制することが可能となる。

[0163] また、対物レンズの軸上厚が厚めの厚肉対物レンズになるため、CD の記録／再生時におけるワーキングディスタンスが短くなりがちになるため、条件式(28)の上限の値を超えないことが好ましい。

[0164] 本発明の対物レンズにおいて、常温（ $25 \pm 3^\circ\text{C}$ ）、かつ、（１）式を満たすカバーガラス厚 T （mm）において、第１光束を入射した対物レンズにおいて３次球面収差が最小となるときの倍率 M が（２）式を満たすとともに、倍率 M での正弦条件違反量が瞳半径 H_1 で第１極大値を、瞳半径 H_2 で第２極大値をそれぞれとり、瞳半径 H_3 を 0.9 以上としたときに（３）式を満たし（但し、瞳半径 H_1 、 H_2 、 H_3 は前記対物レンズの有効半径を 1 としたときの相対値とする）、更に正弦条件違反量の導関数 $\phi(h)$ が（４）～（６）式を満たす。

$$T_{MAX} \times 0.78 \leq T \leq T_{MAX} \times 1.1 \quad (1)$$

$$-0.003 \leq M \leq 0.003 \quad (2)$$

$$H_1 < H_2 < H_3 \quad (3)$$

$$\phi(h) < 0.0 \quad (h < H_1) \quad (4)$$

$$\phi(h) > 0.0 \quad (H_1 < h < H_2) \quad (5)$$

$$\phi(h) < 0.0 \quad (H_2 < h < H_3) \quad (6)$$

更に、以下の式を満たす。

$$-0.01 \leq m_1 \leq 0.01 \quad (7)$$

$$-0.01 \leq m_3 \leq 0.01 \quad (8)$$

$$-0.05 \leq (f_{B3} - f_{B1}) / d \leq 0.10 \quad (9)$$

但し、

$$f_{B1} = WD_1 + t_1 \times (1 - 1/n_1)$$

$$f_{B3} = WD_3 + t_3 \times (1 - 1/n_3)$$

ν : 対物レンズの素材のアッベ数

m_1 : 第１波長 λ_1 の光束が対物レンズに入射する時の結像倍率

m_3 : 第３波長 λ_3 の光束が対物レンズに入射する時の結像倍率

d : 対物レンズの軸上厚（mm）

WD_1 : BD 使用時のワーキングディスタンス（mm）

WD_3 : CD 使用時のワーキングディスタンス（mm）

n_1 : 第１波長 λ_1 の光束に対する BD の保護基板の屈折率

n_3 : 第3波長 λ_3 の光束に対するCDの保護基板の屈折率

[0165] 倍率Mにおいて、有効半径の7割から9割の間で、正弦条件違反量が正の極大値を持ち、更に、正弦条件違反量が負の極小値を持つと好ましい。又、負の極小値は、有効半径の2割から6割の間であると好ましい。更に、有効半径の10割における正弦条件違反量の値が、ほぼ0であることが好ましい。尚、ほぼ0とは、 $-0.001 \sim 0.001$ mmをいう。

[0166] 更に以下の式を満たすと好ましい。

$$0.7 \leq H_2 \leq 0.9 \quad (10)$$

[0167] BDの透明基板厚 t_1 の情報記録面に倍率 m_1 で入射した光束を集光する場合において、対物レンズだけが所定角チルトした場合に発生する3次コマ収差 $LTCM_3$ と、対物レンズと同じ方向に前記BDだけが前記所定角チルトした場合に発生する3次コマ収差 $DTCM_3$ とが、以下の式を満たす。

$$|LTCM_3| > |DTCM_3| \quad (11)$$

[0168] 以下の式を満たす。

$$-0.05 \leq (f_{B3} - f_{B1}) / d \leq 0.05 \quad (6')$$

[0169] BD使用時の正弦条件が、負から正に転じる光軸からの高さ h は、以下の式を満たす。

$$0.8 h_{CDNA} \leq h \leq h_{DVDNA} \quad (12)$$

但し、

h_{CDNA} : CD使用時の像側開口数に相当する光軸方向高さ

h_{DVDNA} : DVD使用時の像側開口数に相当する光軸方向高さ

[0170] 第1光束、第2光束及び第3光束は、平行光又は略平行光として対物レンズに入射する。第2光束は、平行光として対物レンズに入射してもよいし、発散光若しくは収束光として対物レンズに入射してもよい。トラッキング時においても、コマ収差が発生することを防止するためには、第1光束、第2光束、及び第3光束を全て平行光又は略平行光として対物レンズに入射させることが好ましい。本発明の第1光路差付与構造を用いることによって、第1光束、第2光束及び第3光束の全てを平行光又は略平行光として対物レン

ズに入射させることが可能となるため、本発明の効果がより顕著となる。第 1 光束が平行光又は略平行光として対物レンズに入射する第 1 光束における対物レンズの結像倍率 m_1 が、下記の式 (7) を満たす。

$$-0.01 \leq m_1 \leq 0.01 \quad (7)$$

[0171] また、第 2 光束を平行光又は略平行光として対物レンズに入射させる場合、第 2 光束が対物レンズへ入射する時の、対物レンズの結像倍率 m_2 が、下記の式 (29) を満たすことが好ましい。

$$-0.01 < m_2 < 0.01 \quad (29)$$

[0172] 又、第 2 光束を発散光として対物レンズに入射させる場合、第 2 光束が対物レンズへ入射する時の、対物レンズの結像倍率 m_2 が、下記の式 (29)' を満たすことが好ましい。

$$m_2 < 0 \quad (29)'$$

但し、 m_2 : 第 2 波長 λ_2 の光束が対物レンズに入射する時の結像倍率より好ましくは、以下の (29)'' を満たすことである。

$$-0.025 < m_2 \leq -0.01 \quad (29)''$$

[0173] また、第 3 光束を平行光束又は略平行光束として対物レンズに入射する第 3 光束における対物レンズの結像倍率 m_3 が、下記の式 (8) を満たす。

$$-0.01 \leq m_3 \leq 0.01 \quad (8)$$

[0174] 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、0.15 mm 以上、1.5 mm 以下であることが好ましい。好ましくは、0.2 mm 以上、0.5 mm 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、0.2 mm 以上、1.3 mm 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、0.25 mm 以上、1.0 mm 以下であることが好ましい。

[0175] 光ピックアップ装置は、カップリングレンズが、少なくとも第 1 光束と第 2 光束が通過するものであって、カップリングレンズを光軸方向に移動させるアクチュエーターを有するようにしてもよい。特に、BD が 2 層や 3 層以上など複数の情報記録面を持っている場合には、或る層の記録／再生から他

の層の記録／再生を行う際には、透明基板厚に差が生じるため、当該厚みの差に起因して発生する球面収差を補正しなければならない。カップリングレンズを光軸方向に移動させ、対物レンズの倍率を変えることによって、当該発生する球面収差を補正することが考えられる。また、温度変化や波長変化の際に発生する球面収差も、カップリングレンズを光軸方向に移動させ、対物レンズの倍率を変えることによって補正することができる。

[0176] しかしながら、例えば、BD使用時にカップリングレンズを光軸方向に移動させて各種球面収差を補正する光ピックアップ装置であっても、DVD使用時には、カップリングレンズの光軸方向の位置が固定されていることが好ましい。

[0177] その理由としては、BD使用時には、フレアが発生しないが、DVD使用時には、フレアが発生するため、カップリングレンズを変異させることにより、そのフレアの収差が変化し、結果としてそのフレアが記録／再生に悪影響を与える可能性が生じるという理由や、ドライブでのカップリングレンズの変位の制御を単純化したいという理由などが挙げられる。

[0178] DVD使用時にカップリングレンズの光軸方向の位置を固定させるためには、対物レンズの第2光路差付与構造を構成する第3基礎構造と第4基礎構造のうち一方において、入射する光束の波長がより長くなるよう変化した場合には球面収差が補正不足方向に変化し、その他方において、入射する光束の波長がより長くなるよう変化した場合には球面収差が補正過剰方向に変化させるようにすることで、DVD使用時の温度特性と波長特性を共に良好にすることができ、結果として、DVD使用時に、第2光束が通過するときにカップリングレンズを光軸方向の位置を固定した状態でも、DVDの情報記録面に対して情報の記録／再生を行うことができるようになるため好ましい。

[0179] 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。

[0180] 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。

[0181] 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。

[0182] 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。

発明の効果

[0183] 本発明によれば、ワーキングディスタンスを確保し、エラー信号を招く不要な回折光を遠ざけ、更には軸外特性を良好としながら、BD/DVD/CDの3種類の光ディスクの互換を共通の対物レンズで行うことを可能とする対物レンズを備えた光ピックアップ装置並びに光情報記録再生装置及びそれに好適な対物レンズを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0184] [図1]縦軸に光軸からの高さ（有効半径）をとり、横軸に正弦条件違反量（OSC）をとって示すグラフの例である。

[図2]本実施の形態にかかる単玉の対物レンズOBJを光軸方向に見た図である。

[図3]対物レンズを通過した第3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を形成する状態を示す図である。

[図4]光路差付与構造の例を示す軸線方向断面図であり、(a)、(b)はブレード型構造の例を示し、(c)、(d)は階段型構造の例を示す。

[図5](a)は段差が光軸の方向を向いている状態を示し、(b)は段差が光軸とは逆の方向を向いている状態を示す図である。

[図6](a)は光軸付近では段差が光軸の方向を向いているが、途中で切り替わり、中間領域付近では段差が光軸とは逆の方を向くような形状を示し、(b)は光軸付近では段差が光軸とは逆の方向を向いているが、途中で切り替わり、中間領域付近では段差が光軸の方を向くような形状を示す図である。

[図7]第1光路差付与構造の概念図であり、(a)乃至(c)は第1光路差付与構造の好ましい例を示し、(d)は第1基礎構造と第2基礎構造とを重畳した例を示す。

[図8]好ましい対物レンズの模式図である。

[図9]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。

[図10]実施例1の(a)BD、(b)CDの縦球面収差量(SA)及び正弦条件不満足量(SC)を示す図である。

[図11]実施例2の(a)BD、(b)CDの縦球面収差量(SA)及び正弦条件不満足量(SC)を示す図である。

[図12]実施例3の(a)BD、(b)CDの縦球面収差量(SA)及び正弦条件不満足量(SC)を示す図である。

[図13]実施例4の(a)BD、(b)CDの縦球面収差量(SA)及び正弦条件不満足量(SC)を示す図である。

[図14]近軸回折パワーを用いない場合における、BDとCDの各正弦条件違反量を示す図である。

[図15]近軸回折パワーを用いた場合における、BDとCDの各正弦条件違反

量を示す図である。

発明を実施するための形態

[0185] 以下、本発明の実施の形態を、図面を参照して説明する。図9は、厚さ方向に3つの情報記録面RL1～RL3（光ディスクの光束入射面からの距離が小さい順にRL1、RL2、RL3とする）を有する光ディスクであるBDと、DVDと、CDとに対して適切に情報の記録／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。なお、本発明は、本実施の形態に限られるものではない。

[0186] 光ピックアップ装置PU1は、対物レンズOBJ、 $\lambda/4$ 波長板QWP、コリメートレンズCOL、偏光ビームスプリッタBS、ダイクロイックプリズムDP、BDに対して情報の記録／再生を行う場合に発光され波長 $\lambda_1 = 405\text{ nm}$ のレーザ光束（第1光束）を射出する第1半導体レーザLD1（第1光源）と、DVDに対して情報の記録／再生を行う場合に発光され波長 $\lambda_2 = 660\text{ nm}$ のレーザ光束（第2光束）を射出する第2半導体レーザLD2（第2光源）及びCDに対して情報の記録／再生を行う場合に発光され波長 $\lambda_3 = 785\text{ nm}$ のレーザ光束（第3光束）を射出する第3半導体レーザLD3を一体化したレーザユニットLDP、センサレンズSEN、光検出器としての受光素子PD等を有する。

[0187] 図2に示されるように、本実施の形態にかかる単玉の対物レンズ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中間領域MDと、更にその周囲に配置された周辺領域OTとが、光軸を中心とする同心円状に形成されている。図示していないが、中心領域CNには既に詳述した第1光路差付与構造が形成され、中間領域MDには既に詳述した第2光路差付与構造が形成されている。また、周辺領域OTには、第3光路差付与構造が形成されている。本実施の形態では、第3光路差付与構造はブレード型の回折構造である。また、本実施の形態の対物レンズはプラスチックレンズである。対物レンズOBJの中心領域CNに形成された第

1 光路差付与構造は、図 7 に示すように、第 1 基礎構造と第 2 基礎構造とを重ね合わせた構造であり、第 1 基礎構造は、第 1 基礎構造を通過した第 1 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 1 基礎構造を通過した第 2 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 1 基礎構造を通過した第 3 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、少なくとも中心領域 C N の光軸付近に設けられる第 1 基礎構造は、その段差が光軸とは逆の方向を向いており、第 2 基礎構造は、第 2 基礎構造を通過した第 1 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、前記第 2 基礎構造を通過した第 2 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、前記第 2 基礎構造を通過した第 3 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、常温（ $25 \pm 3^\circ\text{C}$ ）、かつ、(1) 式を満たすカバーガラス厚 T (mm) において、第 1 光束を入射した対物レンズにおいて 3 次球面収差が最小となるときの倍率 M が (2) 式を満たすとともに、倍率 M での正弦条件違反量が瞳半径 H 1 で第 1 極大値を、瞳半径 H 2 で第 2 極大値をそれぞれとり、瞳半径 H 3 を 0.9 以上としたときに (3) 式を満たし（但し、瞳半径 H 1、H 2、H 3 は対物レンズの有効半径を 1 としたときの相対値とする）、更に正弦条件違反量の導関数 $\phi(h)$ が (4) ~ (6) 式を満たす。

$$T_{MAX} \times 0.78 \leq T \leq T_{MAX} \times 1.1 \quad (1)$$

$$-0.003 \leq M \leq 0.003 \quad (2)$$

$$H1 < H2 < H3 \quad (3)$$

$$\phi(h) < 0.0 \quad (h < H1) \quad (4)$$

$$\phi(h) > 0.0 \quad (H1 < h < H2) \quad (5)$$

$$\phi(h) < 0.0 \quad (H2 < h < H3) \quad (6)$$

更に、以下の式を満たす。

$$-0.01 \leq m1 \leq 0.01 \quad (7)$$

$$-0.01 \leq m3 \leq 0.01 \quad (8)$$

$$-0.05 \leq (f_{B3} - f_{B1}) / d \leq 0.10 \quad (9)$$

但し、

$$f_{B1} = WD1 + t1 \times (1 - 1/n1)$$

$$f_{B3} = WD3 + t3 \times (1 - 1/n3)$$

ν : 対物レンズの素材のアッベ数

$m1$: 第1波長 $\lambda1$ の光束が対物レンズに入射する時の結像倍率

$m3$: 第3波長 $\lambda3$ の光束が対物レンズに入射する時の結像倍率

d : 対物レンズの軸上厚 (mm)

$WD1$: BD使用時のワーキングディスタンス (mm)

$WD3$: CD使用時のワーキングディスタンス (mm)

$n1$: 第1波長 $\lambda1$ の光束に対するBDの保護基板の屈折率

$n3$: 第3波長 $\lambda3$ の光束に対するCDの保護基板の屈折率

[0188] まず、BDの第1の情報記録面RL1に対して記録／再生を行う場合について説明する。かかる場合、カップリングレンズCOLは、不図示の1軸アクチュエータにより第1の所定位置に移動させられる。ここで、青紫色半導体レーザLD1から射出された光束 ($\lambda1 = 405 \text{ nm}$) の発散光束は、ダイクロイックプリズムDP、偏光プリズムBSを透過し、カップリングレンズCOLを通過して弱い収束光束とされた後、 $\lambda/4$ 波長板QWPにより直線偏光から円偏光に変換され、図示しない絞りによりその光束径が規制され、対物レンズOBJによって第1の厚さの透明基板PL1を介して、第1の情報記録面RL1上に形成されるスポットとなる。

[0189] 第1の情報記録面RL1上で情報ピットにより変調された反射光束は、再び対物レンズOBJ、絞りを透過した後、 $\lambda/4$ 波長板QWPにより円偏光から直線偏光に変換され、カップリングレンズCOLを通過して収束光束とされ、偏光プリズムBSで反射した後、センサ用レンズSLによって、受光素子PDの受光面上に収束する。そして、受光素子PDの出力信号を用いて、3軸アクチュエータAC2により対物レンズOBJをフォーカシングやトラッキングさせることで、第1の情報記録面RL1に記録された情報を読み

取ることができる。

[0190] 次に、BDの第2の情報記録面RL2に対して記録／再生を行う場合について説明する。かかる場合、カップリングレンズCOLは、不図示の1軸アクチュエータにより第2の所定位置に移動させられる。ここで、青紫色半導体レーザLD1から射出された光束($\lambda_1 = 405\text{ nm}$)の発散光束は、ダイクロイックプリズムDP、偏光プリズムBSを透過し、カップリングレンズCOLを通過して平行光束とされた後、 $\lambda/4$ 波長板QWPにより直線偏光から円偏光に変換され、図示しない絞りによりその光束径が規制され、対物レンズOBJによって第2の厚さの透明基板PL2を介して、第2の情報記録面RL2上に形成されるスポットとなる。

[0191] 第2の情報記録面RL2上で情報ピットにより変調された反射光束は、再び対物レンズOBJ、絞りを透過した後、 $\lambda/4$ 波長板QWPにより円偏光から直線偏光に変換され、カップリングレンズCOLを通過して収束光束とされ、偏光プリズムBSで反射した後、センサ用レンズSLによって、受光素子PDの受光面上に収束する。そして、受光素子PDの出力信号を用いて、3軸アクチュエータAC2により対物レンズOBJをフォーカシングやトラッキングさせることで、第2の情報記録面RL2に記録された情報を読み取ることができる。

[0192] 次に、BDの第3の情報記録面RL3に対して記録／再生を行う場合について説明する。かかる場合、カップリングレンズCOLは、不図示の1軸アクチュエータにより第3の所定位置に移動させられる。ここで、青紫色半導体レーザLD1から射出された光束($\lambda_1 = 405\text{ nm}$)の発散光束は、ダイクロイックプリズムDP、偏光プリズムBSを透過し、カップリングレンズCOLを通過して弱い発散光束とされた後、 $\lambda/4$ 波長板QWPにより直線偏光から円偏光に変換され、図示しない絞りによりその光束径が規制され、対物レンズOBJによって第3の厚さの透明基板PL3を介して、第3の情報記録面RL3上に形成されるスポットとなる。

[0193] 第3の情報記録面RL3上で情報ピットにより変調された反射光束は、再

び対物レンズOBJ、絞りを透過した後、 $\lambda/4$ 波長板QWPにより円偏光から直線偏光に変換され、カップリングレンズCOLを通過して収束光束とされ、偏光プリズムBSで反射した後、センサ用レンズSLによって、受光素子PDの受光面上に収束する。そして、受光素子PDの出力信号を用いて、3軸アクチュエータAC2により対物レンズOBJをフォーカシングやトラッキングさせることで、第3の情報記録面RL3に記録された情報を読み取ることができる。

[0194] 更に、DVDに対して情報の記録及び／又は再生を行う場合について述べる。レーザユニットLDPの半導体レーザLD2から射出された第2光束($\lambda_2 = 660\text{ nm}$)の発散光束は、点線で示すように、ダイクロイックプリズムDPで反射され、偏光ビームスプリッタBS、コリメートレンズCOLを通過し、 $\lambda/4$ 波長板QWPにより直線偏光から円偏光に変換され、対物レンズOBJに入射する。ここで、対物レンズOBJの中央領域と中間領域により集光された(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、保護基板PL4を介して、DVDの情報記録面RL4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。

[0195] 情報記録面RL4上で情報ピットにより変調された反射光束は、再び対物レンズOBJを透過した後、 $\lambda/4$ 波長板QWP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COLにより平行光束とされ、偏光ビームスプリッタBSで反射され、センサレンズSENを介して受光素子PDの受光面上に収束する。そして、受光素子PDの出力信号を用いてDVDに記録された情報を読み取ることができる。

[0196] 更に、CDに対して情報の記録及び／又は再生を行う場合について述べる。レーザユニットLDPの半導体レーザLD3から射出された第3光束($\lambda_3 = 785\text{ nm}$)の発散光束は、一点鎖線で示すように、ダイクロイックプリズムDPで反射され、偏光ビームスプリッタBS、コリメートレンズCOLを通過し、 $\lambda/4$ 波長板QWPにより直線偏光から円偏光に変換され、対物レンズOBJに入射する。ここで、対物レンズOBJの中央領域により集

光された（中間領域及び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、保護基板 P L 5 を介して、C D の情報記録面 R L 5 上に形成されるスポットとなる。

[0197] 情報記録面 R L 5 上で情報ピットにより変調された反射光束は、再び対物レンズ O B J を透過した後、 $\lambda/4$ 波長板 Q W P 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 C O L により平行光束とされ、偏光ビームスプリッタ B S で反射され、センサレンズ S E N を介して受光素子 P D の受光面上に収束する。そして、受光素子 P D の出力信号を用いて C D に記録された情報を読み取ることができる。

[0198] （実施例）

以下、上述した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。尚、これ以降（表のレンズデータ含む）において、10 のべき乗数（例えば、 2.5×10^{-3} ）を、E（例えば、 $2.5 \times E - 3$ ）を用いて表す場合がある。また、対物レンズの光学面は、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。

[0199] [数1]

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

[0200] 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、 A_i は非球面係数、 h は光軸からの高さ、 r は近軸曲率半径である。

[0201] また、回折構造を用いた実施例の場合、その回折構造により各波長の光束に対して与えられる光路差は、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。

[0202] （数 2）

$$\Phi(h) = \sum (C_i h^{2i} \times \lambda \times m / \lambda B)$$

ここで、 λ ：使用波長、 m ：回折次数、 λB ：製造波長、 h ：光軸から光軸垂直方向の距離である。

また、ピッチ $P(h) = \lambda B / (\sum (2^i \times C_i \times h^{2i-1}))$ とする。

[0203] (実施例1)

実施例1の対物レンズはプラスチック単玉レンズである。表1にレンズデータを示す。実施例1の第1光路差付与構造の概念図を図6(a)に示す(図6(a)は実施例1の実際の形状とは異なり、あくまでも概念図である)。実施例1の第1光路差付与構造は、中央領域の全領域において、(2/1/1)のブレード型の回折構造である第2基礎構造BS2に、(1/1/1)のブレード型の回折構造である第1基礎構造BS1が重ねあわされた光路差付与構造となっている。また、第2基礎構造BS2の段差は光軸OAの方向を向いており、第1基礎構造BS1の段差は光軸OAとは逆の方向を向いている。本実施例では、対物レンズの倍率 $m_1 = m_2 = m_3 = 0$ であり、軸上厚 $d = 1.50 \text{ mm}$ であり、 $(f_{B3} - f_{B1}) / d = 0.098 \text{ (mm)}$ 、 $(f_{B2} - f_{B1}) = 0.10 \text{ mm}$ であり、 $|LTCM3| = 0.060 \text{ (}\lambda_{rms}\text{)}$ 、 $|DTCM3| = 0.046 \text{ (}\lambda_{rms}\text{)}$ である。

[0204]

[表1]

◆仕様

	BD	DVD	CD
焦点距離 f (mm)	1.18	1.31	1.39
波長 λ (nm)	405	658	785
NA	0.85	0.6	0.51
有効径 ϕ (mm)	2.00	1.57	1.42
倍率	0	0	0
WD (mm)	0.41	0.33	0.19
ディスク厚 (mm)	0.0850	0.6	1.1

$$h_{\text{CDNA}} = 0.71$$

$$h_{\text{DVDNA}} = 0.78$$

◆配置

第i面	ri	BD		DVD		CD		備考
0		di (405nm)	ni (405nm)	di (658nm)	ni (658nm)	di (785nm)	ni (785nm)	
1 (絞り径)	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	絞り
2	0.5525	0.0 (ϕ 2.00mm)	1.0000	0.0 (ϕ 1.57mm)	1.0000	0.0 (ϕ 1.42mm)	1.0000	対物レンズ
3	-0.9364	1.50	1.5401	1.50	1.5206	1.50	1.5172	
4	-0.9364	0.41	1.0000	0.33	1.0000	0.20	1.0000	
5	∞	0.0875	1.6195	0.60	1.5773	1.10	1.5708	ディスク

*diは、第di面から第di+1面までの変位を表す。

◆非球面係数

	第2面	第3面
h		
r	0.552480487	-0.936428559
K	-8.4648E-01	-1.2499E+01
A4	-3.7209E-01	6.7138E-01
A6	9.5900E-01	-2.5362E+00
A8	-7.1881E-01	6.8999E+00
A10	-3.2411E-02	-1.2573E+01
A12	7.6068E-01	1.4306E+01
A14	-1.7913E+00	-9.0823E+00
A16	3.1080E+00	2.4403E+00
A18	-2.7106E+00	0.0000E+00
A20	9.3974E-01	0.0000E+00

◆光路差関数係数

	第2面
λB (nm)	395
次数 (ap, pvp, cp)	2/1/1 (ブレース型)
C1	2.9447E-02
C2	-7.5952E-02
C3	2.0120E-01
C4	-2.2205E-01
C5	9.5458E-02
λB (nm)	500
次数 (ap, pvp, cp)	1/1/1 (ブレース型)
C1	1.4414E-01
C2	-9.2269E-02
C3	1.8820E-01
C4	-1.5886E-01
C5	5.4377E-02

[0205] 図10(a)は、実施例1の対物レンズにおけるBD使用時の縦球面収差SAと正弦条件不満足量SCとを示す図であり、図10(b)は実施例1の対物レンズにおけるCD使用時の縦球面収差SAと正弦条件不満足量SCとを示す図であるが、縦軸においてBD/CDそれぞれの各有効径に対応する光軸からの高さを1として示している。図10から明らかであるが、常温 ($25 \pm 3^\circ\text{C}$)、かつ、(1)式を満たすカバーガラス厚T (mm)において、第1光束を入射した対物レンズにおいて3次球面収差が最小となるときの倍率Mが(2)式を満たすとともに、倍率Mでの正弦条件違反量が瞳半径 $H_1 = 0.4$ で負の第1極小値を、瞳半径 $H_2 = 0.9$ で正の第2極大値をそれぞれとるので、瞳半径 H_3 を0.9以上としたときに(3)式を満たし、更に正弦条件違反量の導関数 $\Phi(h)$ が(4)～(6)式を満たす。 $h = 0$

、61であり、 $0.8 h_{\text{CDNA}} \leq h \leq h_{\text{DVDNA}}$ を満たす。

[0206] (実施例2)

実施例2の対物レンズはプラスチック単玉レンズである。表2にレンズデータを示す。実施例2の第1光路差付与構造の概念図を図6(a)に示す(図6(a)は実施例2の実際の形状とは異なり、あくまでも概念図である)。実施例2の第1光路差付与構造は、中央領域の全領域において、(2/1/1)のブレード型の回折構造である第2基礎構造BS2に、(1/0/0)のブレード型の回折構造であるもう一つの基礎構造が重ねあわされた光路差付与構造となっている(尚、ブレード型の(1/0/0)構造の代わりに、4レベルの階段型構造である(1/0/0)構造としてもよい)。本実施例では、対物レンズの倍率 $m_1 = m_2 = m_3 = 0$ であり、軸上厚 $d = 2.18 \text{ mm}$ であり、 $(f_{B3} - f_{B1}) / d = 0.000 \text{ (mm)}$ 、 $(f_{B2} - f_{B1}) = 0.04 \text{ mm}$ であり、 $|LTCM3| = 0.057 \text{ (}\lambda_{\text{rms}}\text{)}$ 、 $|DTCM3| = 0.043 \text{ (}\lambda_{\text{rms}}\text{)}$ である。

[0207]

[表2]

◆仕様

	BD	DVD	CD
焦点距離 f (mm)	1.87	2.01	2.09
波長 λ (nm)	405	660	790
NA	0.85	0.62	0.45
有効径 ϕ (mm)	3.18	2.50	1.88
倍率	0	0	0
WD (mm)	0.61	0.46	0.24
ディスク厚 (mm)	0.0800	0.6	1.1

$$h_{CDNA} = 0.59$$

$$h_{DVDNA} = 0.78$$

◆配置

第1面	r1	BD		DVD		CD		備考
		d1 (405nm)	n1 (405nm)	d1 (660nm)	n1 (660nm)	d1 (790nm)	n1 (790nm)	
0		∞		∞		∞		
1 (絞り径)	∞	0.0 (ϕ 3.18mm)	1.0000	0.0 (ϕ 2.50mm)	1.0000	0.0 (ϕ 1.88mm)	1.0000	絞り
2	0.9771	2.18	1.6247	2.18	1.6060	2.18	1.5030	対物レンズ
3	-2.2660	0.61	1.0000	0.46	1.0000	0.24	1.0000	
4	∞	0.0800	1.6223	0.60	1.6796	1.10	1.5730	ディスク
5	∞							

*d1は、第d面から第d+1面までの厚さを表す。

◆非球面係数

	第2面	第3面
h		
r	0.977148211	-2.265981809
K	-6.7508E-01	3.6663E-01
A4	-2.5974E-02	6.8681E-01
A6	3.3764E-02	-4.2621E-01
A8	1.7417E-03	-5.4106E-01
A10	-3.6596E-04	-3.5359E-01
A12	-5.7398E-03	8.8420E+00
A14	1.7288E-03	-1.5705E+01
A16	8.7875E-05	8.8215E+00
A18	-2.6964E-05	0.0000E+00
A20	-1.4617E-05	0.0000E+00

◆光路差関数係数

	第2面
λ B (nm)	395
次数 (sp:dpv:cp: 2/3/1 (ブレース型))	
C1	3.4136E-02
C2	-1.2021E-02
C3	8.9316E-03
C4	-3.8235E-04
C5	-2.2872E-03
λ B (nm)	300
次数 (sp:dpv:cp: 1/0/0 (ブレース型))	
C1	-2.0855E-02
C2	3.9647E-03
C3	-6.9481E-04
C4	-1.5421E-03
C5	1.0776E-03

[0208] 図11(a)は、実施例2の対物レンズにおけるBD使用時の縦球面収差SAと正弦条件不満足量SCとを示す図であり、図11(b)は実施例2の対物レンズにおけるCD使用時の縦球面収差SAと正弦条件不満足量SCとを示す図であるが、縦軸においてBD/CDそれぞれの各有効径に対応する光軸からの高さを1として示している。図11から明らかであるが、常温(25±3℃)、かつ、(1)式を満たすカバーガラス厚T(mm)において、第1光束を入射した対物レンズにおいて3次球面収差が最小となるときの倍率Mが(2)式を満たすとともに、倍率Mでの正弦条件違反量が瞳半径H1=0.3で負の第1極大値を、瞳半径H2=0.9で正の第2極大値をそれぞれとるので、瞳半径H3を0.9以上としたときに(3)式を満たし、更に正弦条件違反量の導関数 $\Phi(h)$ が(4)～(6)式を満たす。h=0.48であり、 $0.8h_{CDNA} \leq h \leq h_{DVDNA}$ を満たす。

[0209] (実施例3)

実施例3の対物レンズはプラスチック単玉レンズである。表3にレンズデータを示す。実施例3の第1光路差付与構造の概念図を図6(a)に示す(図6(a)は実施例3の実際の形状とは異なり、あくまでも概念図である)。実施例3の第1光路差付与構造は、中央領域の全領域において、 $(2/1/1)$ のブレード型の回折構造である第2基礎構造BS2に、2レベルの階段型構造である $(0/0/1)$ 構造という別の回折構造である第1基礎構造BS1が重ねあわされた光路差付与構造となっている。本実施例では、対物レンズの倍率 $m1=m2=0$ 、 $m3=0.0085$ であり、軸上厚 $d=1.63\text{ mm}$ であり、 $(f_{B3}-f_{B1})/d=0.091\text{ (mm)}$ 、 $(f_{B2}-f_{B1})=-0.06\text{ mm}$ であり、 $|LTCM3|=0.066\text{ (}\lambda_{rms}\text{)}$ 、 $|DTCM3|=0.047\text{ (}\lambda_{rms}\text{)}$ である。

[0210] [表3]

◆仕様

	BD	DVD	GD
焦点距離 $f\text{ (mm)}$	1.40	1.47	1.70
口径 $\phi\text{ (mm)}$	405	658	785
NA	0.85	0.65	0.61
有効径 $d\text{ (mm)}$	2.38	1.91	1.74
倍率	0	0	0.0085
WD (mm)	0.47	0.22	0.25
ディスク厚 (mm)	0.0875	0.6	1.1

$$h_{DPM} = 0.73$$

$$h_{DPM} = 0.80$$

◆配置

第1面	ri	BD		DVD		GD		備考
		di (405nm)	ni (405nm)	di (658nm)	ni (658nm)	di (785nm)	ni (785nm)	
0		∞		∞		200.10		
1 (絞り径)	∞	0.0 (φ2.38mm)	1.0000	0.0 (φ1.91mm)	1.0000	0.0 (φ1.74mm)	1.0000	絞り
2	1.1897	1.63	1.5401	1.63	1.5206	1.63	1.5172	対物レンズ
3	-1.6805	0.47	1.0000	0.22	1.0000	0.25	1.0000	
4	∞	0.0875	1.5195	0.60	1.5773	1.10	1.5706	ディスク
5	∞							

*diは、第i面から第i+1面までの変位を表す。

◆非球面係数

	第2面	第3面
h		
r	1.189721324	-1.660514189
K	-8.0658E-01	-1.2418E+01
A4	6.3277E-02	3.5705E-01
A6	5.8623E-02	-9.8395E-01
A8	-2.5854E-02	1.8555E+00
A10	2.9304E-02	-2.2772E+00
A12	5.7893E-02	1.2074E+00
A14	-1.5726E-01	-8.6311E-01
A16	-2.0577E-01	1.8023E-01
A18	-1.2850E-01	0.0000E+00
A20	2.2750E-02	0.0000E+00

◆光路差関数係数

	第2面
$\lambda\text{ (nm)}$	395
回折構造1	
次数 (sp, rvd, cc)	2/1/1 (ブレード型)
C1	-3.3873E-02
C2	1.3380E-02
C3	1.2074E-02
C4	-8.9278E-03
C5	8.0658E-03
回折構造2	
$\lambda\text{ (nm)}$	785
次数 (sp, rvd, cc)	0/0/1 (階段型)
C1	7.5817E-02
C2	-1.1674E-02
C3	8.9225E-03
C4	-1.3822E-03
C5	2.9228E-04

※回折構造2は2段の階段型回折(1段当たりの高さ3.75μm)

[0211] 図12(a)は、実施例3の対物レンズにおけるBD使用時の縦球面収差

S A と正弦条件不満足量 S C とを示す図であり、図 1 2 (b) は実施例 3 の対物レンズにおける C D 使用時の縦球面収差 S A と正弦条件不満足量 S C とを示す図であるが、縦軸において B D / C D それぞれの各有効径に対応する光軸からの高さを 1 として示している。図 1 0 から明らかであるが、常温 ($25 \pm 3^\circ\text{C}$)、かつ、(1) 式を満たすカバーガラス厚 T (mm) において、第 1 光束を入射した対物レンズにおいて 3 次球面収差が最小となるときの倍率 M が (2) 式を満たすとともに、倍率 M での正弦条件違反量が瞳半径 $H_1 = 0.35$ で負の第 1 極大値を、瞳半径 $H_2 = 0.9$ で正の第 2 極大値をそれぞれとるので、瞳半径 H_3 を 0.9 以上としたときに (3) 式を満たし、更に正弦条件違反量の導関数 $\Phi(h)$ が (4) ~ (6) 式を満たす。 $h = 0.46$ であり、 $0.8 h_{\text{CDNA}} \leq h \leq h_{\text{DVDNA}}$ を満たす。

[0212] (実施例 4)

実施例 4 の対物レンズはプラスチック単玉レンズである。表 4 にレンズデータを示す。実施例 4 の第 1 光路差付与構造の概念図を図 6 (a) に示す(図 6 (a) は実施例 4 の実際の形状とは異なり、あくまでも概念図である)。実施例 4 の第 1 光路差付与構造は、中央領域の全領域において、(1 / 3 / 4) の 7 レベル階段型の回折構造である。本実施例では、対物レンズの倍率 $m_1 = m_3 = 0$ 、 $m_2 = -0.0031$ であり、軸上厚 $d = 2.64$ mm であり、 $(f_{B3} - f_{B1}) / d = -0.026$ (mm)、 $(f_{B2} - f_{B1}) = 0.00$ mm であり、 $|LTCM3| = 0.056$ (λ_{rms})、 $|DTCM3| = 0.042$ (λ_{rms}) である。

[0213]

[表4]

◆仕様

	BD	DVD	CD
焦点距離 f (mm)	2.20	2.32	2.37
波長 λ (nm)	405	658	785
NA	0.85	0.62	0.51
有効径 φ (mm)	3.74	2.88	2.42
倍率	0	0	0
WD (mm)	0.77	0.58	0.33
ディスク厚 (mm)	0.0780	0.6	1.1

$$h_{\text{CDNA}} = 0.65$$

$$h_{\text{DVDNA}} = 0.77$$

◆配置

第i面	ri	BD		DVD		CD		備考
		di (405nm)	ni (405nm)	di (658nm)	ni (658nm)	di (785nm)	ni (785nm)	
0								
1 (絞り径)	∞	0.0 (φ 3.74mm)	1.0000	0.0 (φ 2.88mm)	1.0000	0.0 (φ 2.42mm)	1.0000	絞り
2	1.4355	2.84	1.5892	2.64	1.5389	2.64	1.5383	対物レンズ
3	-2.8157	0.77	1.0000	0.58	1.0000	0.33	1.0000	
4	∞	0.0780	1.6195	0.60	1.5773	1.10	1.5706	ディスク
5	∞							

*diは、第di面から第di+1面までの変位を表す。

◆非球面係数

	第2面	第3面
h		
r	1.435619538	-2.815689058
k	-7.4288E-01	-4.2655E+01
A4	9.8985E-03	9.8566E-02
A6	3.4606E-03	-9.8824E-02
A8	-1.5609E-03	8.590E-02
A10	1.1929E-03	-5.4633E-02
A12	-3.3894E-04	2.1882E-02
A14	4.7851E-05	-4.8033E-03
A16	0.0000E+00	3.4235E-04
A18	0.0000E+00	-4.0054E-05
A20	0.0000E+00	2.0476E-05

◆光路差関数係数

	第2面
λθ (nm)	405
回折構造 (ap, rvp, cp)	1/3/4 (階段型)
C1	1.9817E-03
C2	-2.1692E-04
C3	1.1148E-05
C4	-1.2723E-05
C5	-7.0681E-07

※回折構造1は7段の階段型回折(1段当たりの高さ0.95μm)

[0214] 図13(a)は、実施例4の対物レンズにおけるBD使用時の縦球面収差SAと正弦条件不満足量SCとを示す図であり、図13(b)は実施例1の対物レンズにおけるCD使用時の縦球面収差SAと正弦条件不満足量SCとを示す図であるが、縦軸においてBD/CDそれぞれの各有効径に対応する光軸からの高さを1として示している。図13から明らかであるが、常温(25±3℃)、かつ、(1)式を満たすカバーガラス厚T(mm)において、第1光束を入射した対物レンズにおいて3次球面収差が最小となるときの倍率Mが(2)式を満たすとともに、倍率Mでの正弦条件違反量が瞳半径H1=0.5で負の第1極大値を、瞳半径H2=0.9で正の第2極大値をそれぞれとるので、瞳半径H3を0.9以上としたときに(3)式を満たし、更に正弦条件違反量の導関数Φ(h)が(4)～(6)式を満たす。h=0.66であり、0.8h_{CDNA}≤h≤h_{DVDNA}を満たす。

[0215] 各実施例に対応する請求項に規定する式の数値等を、表5にまとめて示す。

[0216] [表5]

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
WD1 [mm]	0.41	0.61	0.47	0.77
WD2 [mm]	0.33	0.46	0.22	0.58
WD3 [mm]	0.19	0.24	0.25	0.33
軸上厚d [mm]	1.50	2.18	1.63	2.64
fB1 [mm]	0.44	0.64	0.50	0.80
fB2 [mm]	0.55	0.67	0.44	0.80
fB3 [mm]	0.59	0.64	0.65	0.73
$(fB2-fB1)/d$	0.07	0.02	-0.04	0.00
$(fB3-fB1)/d$	0.098	0.000	0.091	-0.026
$fB2-fB1$ [mm]	0.10	0.04	-0.06	0.00
BD有効径 $\Phi 1$ [mm]	2.00	3.71	2.38	3.74
倍率 m_1	0.00	0.00	0.00	0.00
倍率 m_2	0.00	0.00	0.00	-0.0031
倍率 m_3	0.00	0.00	0.0085	0.00
画角 0.3° の場合の BD波面収差 $[\lambda_{rms}]$	0.012	0.017	0.020	0.017
$ LTCM3 $ $[\lambda_{rms}]$	0.060	0.057	0.066	0.056
$[DTCM3]$ $[\lambda_{rms}]$	0.046	0.043	0.047	0.042
画角 0.3° の場合の CD波面収差 $[\lambda_{rms}]$	0.035	0.022	0.016	0.011

[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。

符号の説明

[0218] A C 1 2軸アクチュエータ
 B S 偏光ビームスプリッタ
 C N 中央領域
 C O L コリメートレンズ
 D P ダイクロイックプリズム

L D 1 第1半導体レーザ又は青紫色半導体レーザ

L D 2 第2半導体レーザ

L D 3 第3半導体レーザ

L D P レーザユニット

M D 中間領域

O L 対物レンズ

O T 周辺領域

P D 受光素子

P L 1 ~ R L 5 保護基板

P U 1 光ピックアップ装置

Q W P $\lambda/4$ 波長板

R L 1 ~ R L 5 情報記録面

S E N センサレンズ

請求の範囲

[請求項1]

波長 λ_1 ($390\text{ nm} < \lambda_1 < 415\text{ nm}$) の第1光束を出射する第1光源と、第3波長 λ_3 ($760\text{ nm} \leq \lambda_3 \leq 820\text{ nm}$) の第3光束を出射する第3光源と、対物レンズとを有し、光束入射面からの距離（透明基板厚とするが、最も厚い透明基板厚を T_{MAX} (mm) とする）が互いに異なる情報記録面を厚さ方向に3つ以上有するBDにおけるいずれかの情報記録面を選択して、前記第1光束を前記対物レンズにより前記選択された情報記録面に集光することによって、情報の記録及び／または再生を行うと共に、前記第3光束を前記対物レンズにより透明基板厚が t_3 (mm) ($t_1 < t_3$) の保護基板を有するCDの情報記録面に集光す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に使用される対物レンズであって、

前記第1光束と前記第3光束とが共通して入射する領域に第1光路差付与構造を有し、

常温 ($25 \pm 3^\circ\text{C}$)、かつ、(1) 式を満たすカバーガラス厚 T (mm) において、前記第1光束を入射した前記対物レンズにおいて3次球面収差が最小となるときの倍率 M が(2) 式を満たすとともに、倍率 M での正弦条件違反量が瞳半径 H_1 で第1極小値を、瞳半径 H_2 で第2極大値をそれぞれとり、瞳半径 H_3 を0.9以上としたときに(3) 式を満たし（但し、前記瞳半径 H_1 、 H_2 、 H_3 は前記対物レンズの有効半径を1としたときの相対値とする）、更に前記正弦条件違反量の導関数 $\phi(h)$ が(4)～(6) 式を満たし、

$$T_{MAX} \times 0.78 \leq T \leq T_{MAX} \times 1.1 \quad (1)$$

$$-0.003 \leq M \leq 0.003 \quad (2)$$

$$H_1 < H_2 < H_3 \quad (3)$$

$$\phi(h) < 0.0 \quad (h < H_1) \quad (4)$$

$$\phi(h) > 0.0 \quad (H_1 < h < H_2) \quad (5)$$

$$\phi(h) < 0.0 \quad (H_2 < h < H_3) \quad (6)$$

更に、以下の式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$-0.01 \leq m_1 \leq 0.01 \quad (7)$$

$$-0.01 \leq m_3 \leq 0.01 \quad (8)$$

$$-0.05 \leq (f_{B3} - f_{B1}) / d \leq 0.10 \quad (9)$$

但し、

$$f_{B1} = WD_1 + t_1 \times (1 - 1/n_1)$$

$$f_{B3} = WD_3 + t_3 \times (1 - 1/n_3)$$

ν : 前記対物レンズの素材のアッベ数

m_1 : 前記第1波長 λ_1 の光束が前記対物レンズに入射する時の結像倍率

m_3 : 前記第3波長 λ_3 の光束が前記対物レンズに入射する時の結像倍率

d : 前記対物レンズの軸上厚 (mm)

WD_1 : 前記B D使用時のワーキングディスタンス (mm)

WD_3 : 前記C D使用時のワーキングディスタンス (mm)

n_1 : 前記第1波長 λ_1 の光束に対する前記B Dの保護基板の屈折率

n_3 : 前記第3波長 λ_3 の光束に対する前記C Dの保護基板の屈折率

[請求項2] 以下の式を満たすことを特徴とする請求項1に記載の対物レンズ。

$$0.7 \leq H_2 \leq 0.9 \quad (10)$$

[請求項3] 常温 ($25 \pm 3^\circ\text{C}$)、(2) 式を満たす倍率Mにおいて、前記第1光束を前記対物レンズにより (1) 式を満たすカバーガラス厚T (mm) に集光する場合において、前記対物レンズだけが所定角チルトした場合に発生する3次コマ収差 $LTCM_3$ (λ_{rms}) と、前記対物レンズと同じ方向に前記B Dだけが前記所定角チルトした場合に発生する3次コマ収差 $DTCM_3$ (λ_{rms}) とが、以下の式を満たすことを特徴とする請求項1又は2に記載の対物レンズ。

$$|LTCM_3| > |DTCM_3| \quad (11)$$

[請求項4] 以下の式を満たすことを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に

記載の対物レンズ。

$$-0.05 \leq (f_{B3} - f_{B1}) / d \leq 0.05 \quad (6')$$

[請求項5] 前記光ピックアップ装置は、第2波長 λ_2 ($630\text{ nm} \leq \lambda_2 \leq 670\text{ nm}$)の第2光束を出射する第2光源を有し、前記対物レンズは、結像倍率 m_2 で、前記第2光束を透明基板厚が t_2 (mm) ($t_1 < t_2 < t_3$)の保護基板を有するDVDの情報記録面に集光することによって情報の記録及び／又は再生を行うようになっている請求項1～4のいずれか1項に記載の対物レンズ。

[請求項6] 常温 ($25 \pm 3^\circ\text{C}$)、(2)式を満たす倍率 M において、前記第1光束を前記対物レンズにより(1)式を満たすカバーガラス厚 T (mm)に集光する場合における正弦条件違反量が、負から正に転じる光軸からの高さ h は、以下の式を満たすことを特徴とする請求項5又は6に記載の対物レンズ。

$$0.8 h_{CDNA} \leq h \leq h_{DVDNA} \quad (12)$$

但し、

h_{CDNA} ：前記CD使用時の開口数に相当する光軸方向高さを、前記対物レンズのBD有効半径を1として表した相対値

h_{DVDNA} ：前記DVD使用時の開口数に相当する光軸方向高さを、前記対物レンズのBD有効半径を1として表した相対値

[請求項7] 前記対物レンズの光学面は、中央領域と、前記中央領域の周りの中間領域と、前記中間領域の周りの周辺領域とを少なくとも有し、

前記中央領域は前記第1光路差付与構造を有し、

前記対物レンズは、前記中央領域を通過する前記第1光束を、前記BD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2光束を、前記DVD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3光束を、前記CD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、

前記対物レンズは、前記中間領域を通過する前記第1光束を、前記BD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、前記中間領域を通過する前記第2光束を、前記DVD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、前記中間領域を通過する前記第3光束を、前記CD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せず、

前記対物レンズは、前記周辺領域を通過する前記第1光束を、前記BD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2光束を、前記DVD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せず、前記周辺領域を通過する前記第3光束を、前記CD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せず、

前記第1光路差付与構造は、少なくとも第1基礎構造と第2基礎構造とを重ね合わせた構造であり、

前記第1基礎構造は、前記第1基礎構造を通過した第1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、前記第1基礎構造を通過した第2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、前記第1基礎構造を通過した第3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、

前記第2基礎構造は、前記第2基礎構造を通過した第1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、前記第2基礎構造を通過した第2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、前記第2基礎構造を通過した第3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ことを特徴とする請求項5又は6に記載の対物レンズ。

[請求項8]

前記第1基礎構造及び前記第2基礎構造はブレード形状であり、前記第2基礎構造における前記光軸に最も近い1つの輪帯上に、前記第1基礎構造の輪帯が2～6個含まれることを特徴とする請求項7に記

載の対物レンズ。

[請求項9] 少なくとも前記中央領域の光軸付近に設けられる前記第1基礎構造は、その段差が光軸とは逆の方向を向いており、

少なくとも前記中央領域の光軸付近に設けられる前記第2基礎構造は、その段差が光軸の方向を向いていることを特徴とする請求項8に記載の対物レンズ。

[請求項10] 前記中間領域は、少なくとも第3基礎構造と第4基礎構造とを重ね合わせた第2光路差付与構造を有し、

前記第3基礎構造は、前記第3基礎構造を通過した第1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、前記第3基礎構造を通過した第2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、

前記第4基礎構造は、前記第4基礎構造を通過した第1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、前記第4基礎構造を通過した第2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ことを特徴とする請求項7～9のいずれか1項に記載の対物レンズ。

[請求項11] 前記第3基礎構造及び前記第4基礎構造はブレード形状であり、前記第4基礎構造における前記中央領域に最も近い1つの輪帯上に、前記第3基礎構造の輪帯が1～3個含まれていることを特徴とする請求項10に記載の対物レンズ。

[請求項12] 中央領域との境界付近に設けられる前記第3基礎構造は、その段差が光軸とは逆の方向を向いており、

中央領域との境界付近に設けられる前記第4基礎構造は、その段差が光軸の方向を向いていることを特徴とする請求項10又は11に記載の対物レンズ。

[請求項13] 前記第4基礎構造における前記周辺領域に最も近い1つの輪帯に、前記第3基礎構造の輪帯が1～5個含まれていることを特徴とする請

求項 10～12 のいずれかに記載の対物レンズ。

[請求項14] 前記中間領域は、前記第3基礎構造と前記第4基礎構造のみが設けられており、他の基礎構造が設けられていないことを特徴とする請求項 10～13 のいずれか1項に記載の対物レンズ。

[請求項15] 前記第2基礎構造における前記中間領域に最も近い1つの輪帯に、前記第1基礎構造の輪帯が1～5個含まれていることを特徴とする請求項 7～14 のいずれか1項に記載の対物レンズ。

[請求項16] 以下の式を満たすことを特徴とする請求項 1～15 のいずれか1項に記載の対物レンズ。

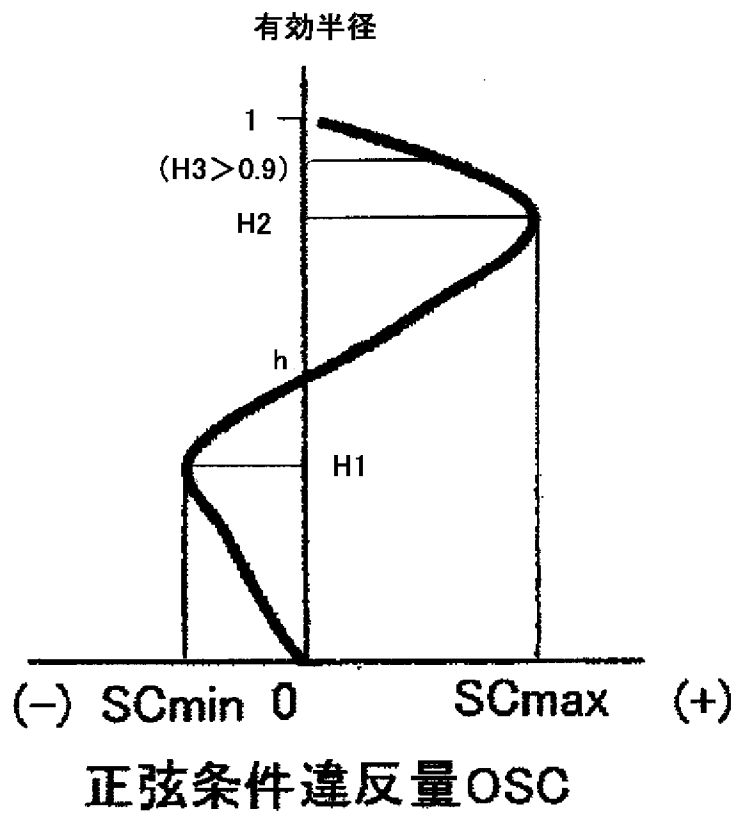
$$160 \text{ (mm)} \leq N \cdot f \leq 210 \text{ (mm)} \quad (13)$$

ここで、前記中央領域の総輪帯数を N 、前記対物レンズの前記第1光束における焦点距離を f (mm) とする。

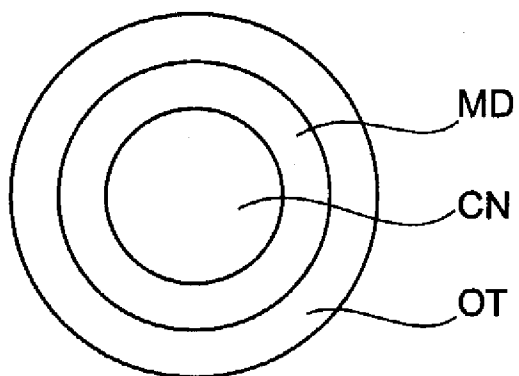
[請求項17] 請求項 1～16 のいずれか1項に記載の対物レンズを有することを特徴とする光ピックアップ装置。

[請求項18] 請求項 17 に記載の光ピックアップ装置を有することを特徴とする光情報記録再生装置。

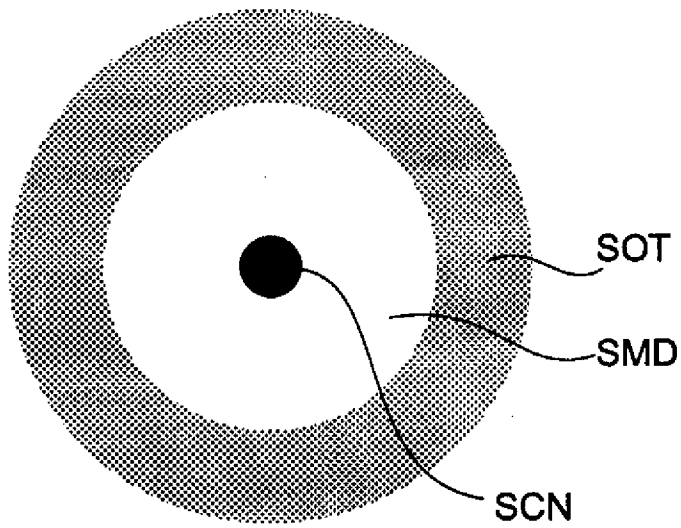
[図1]



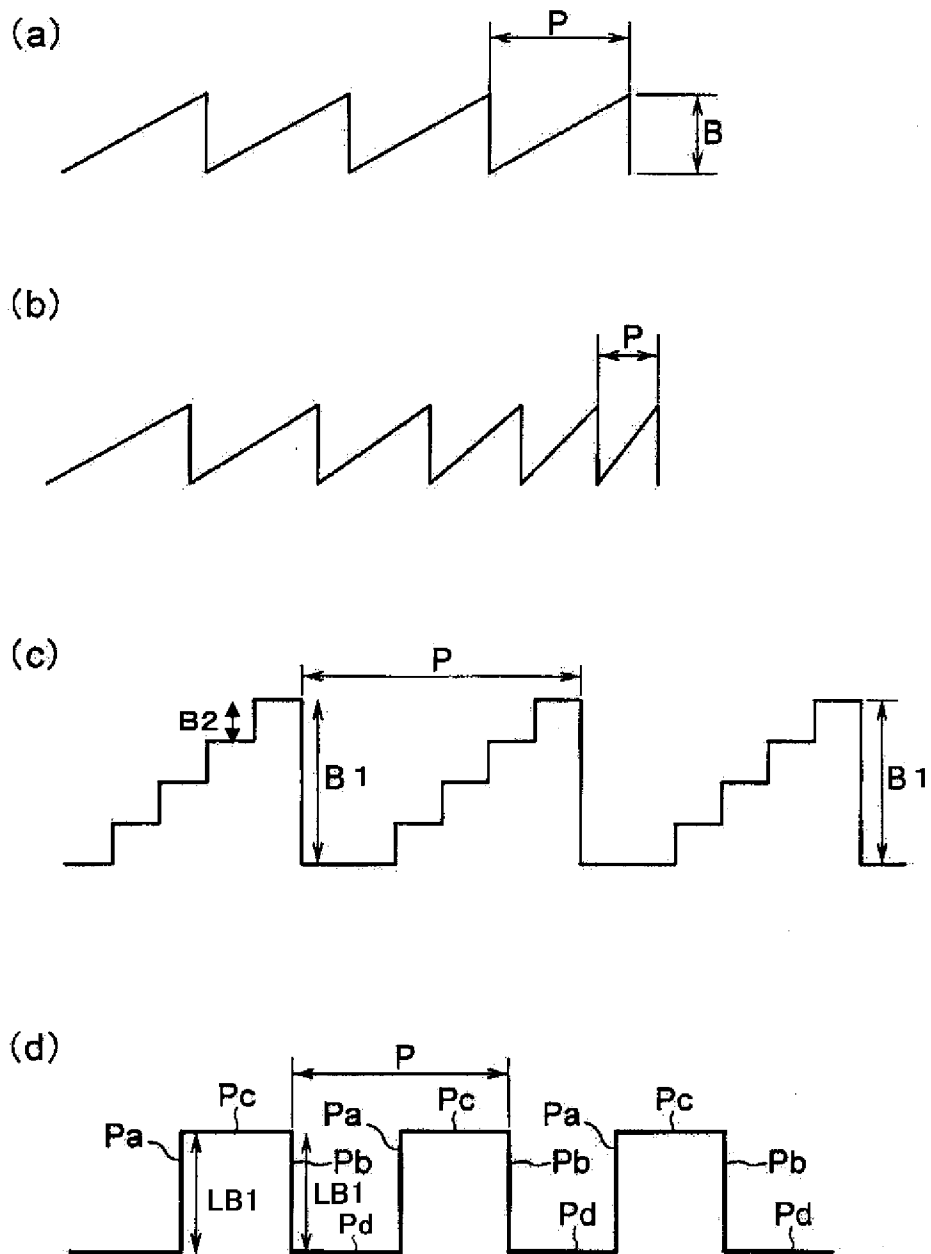
[図2]



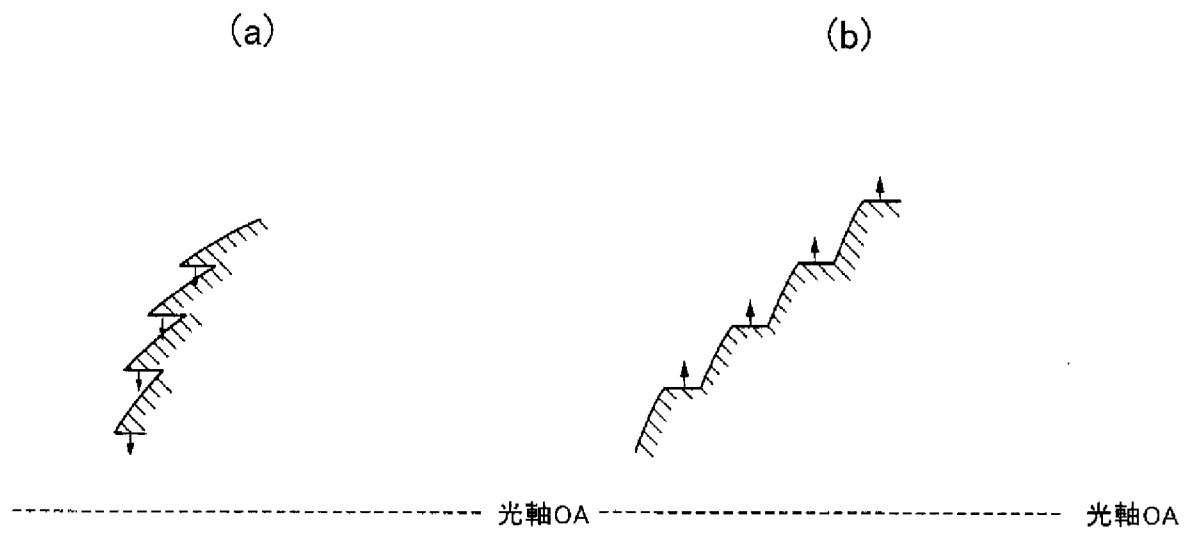
[図3]



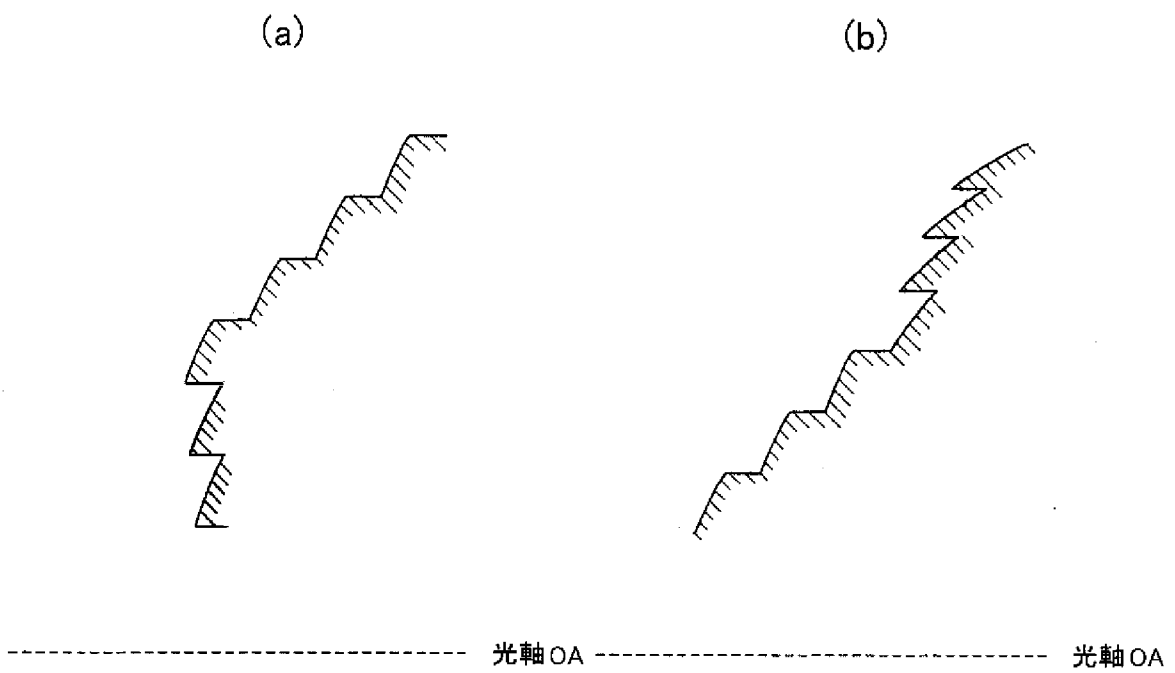
[図4]



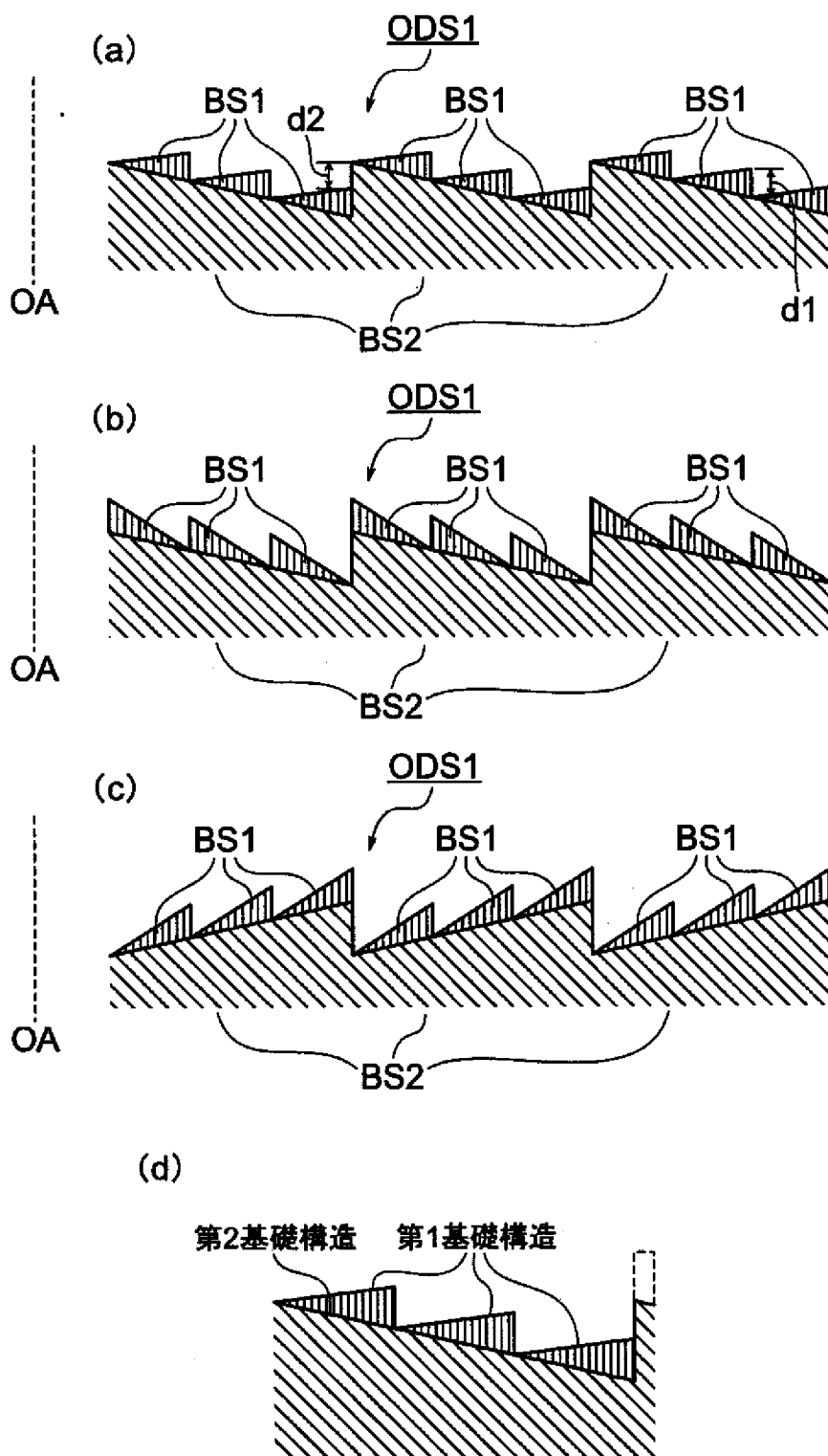
[図5]



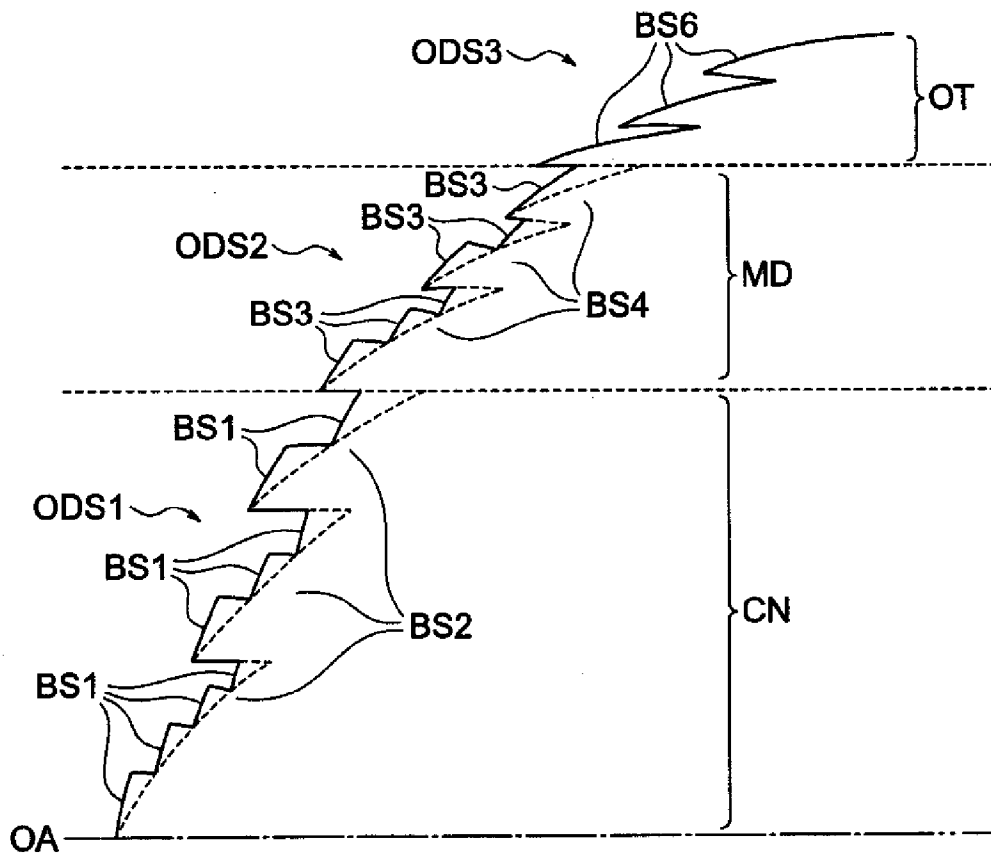
[図6]



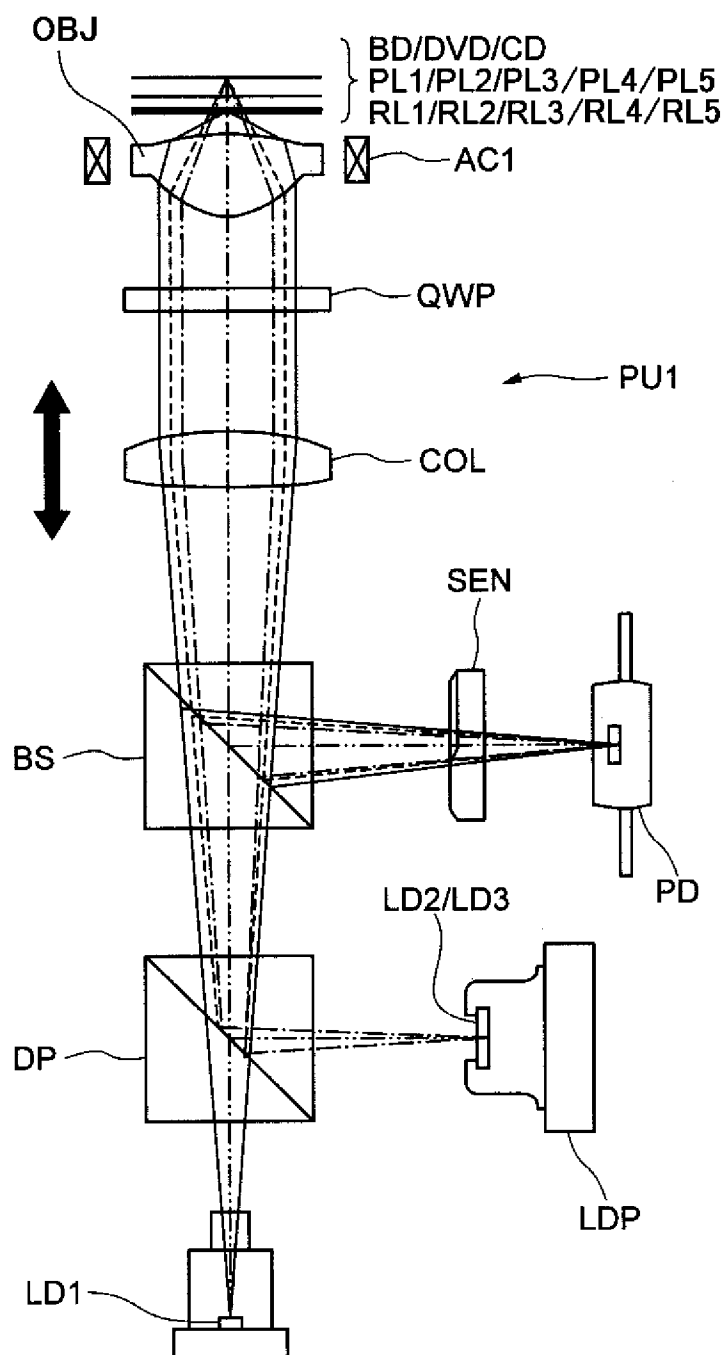
[図7]



[図8]

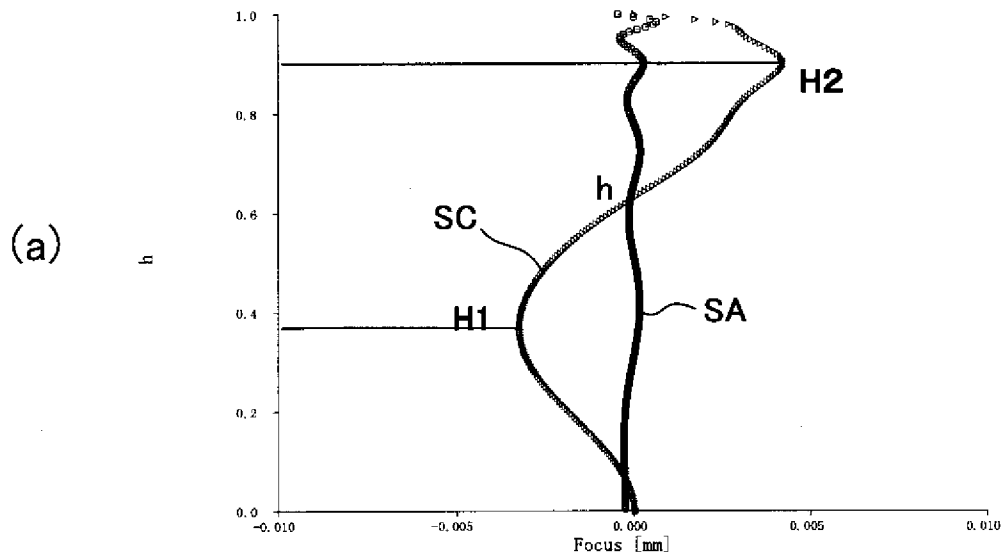


[図9]

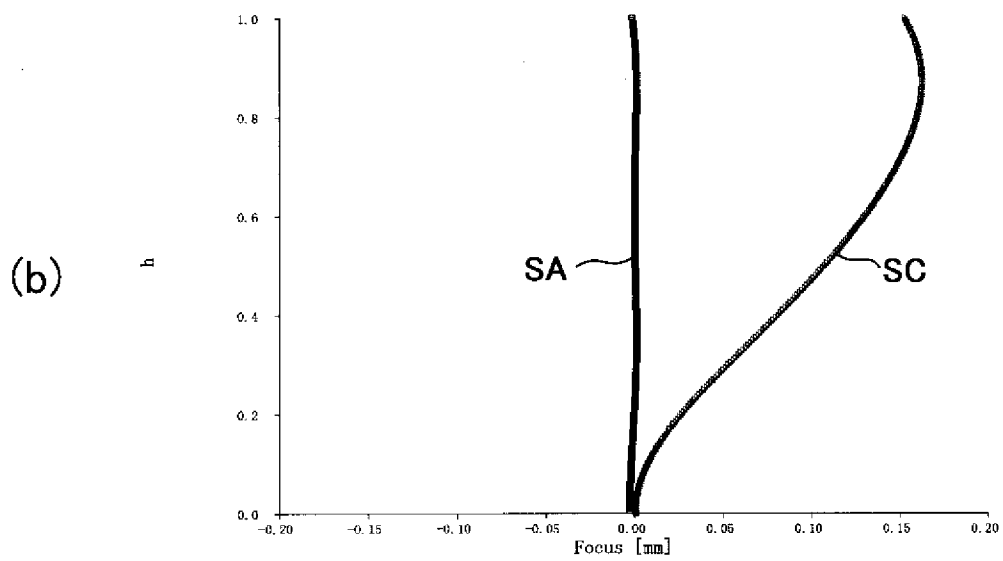


[図10]

実施例1

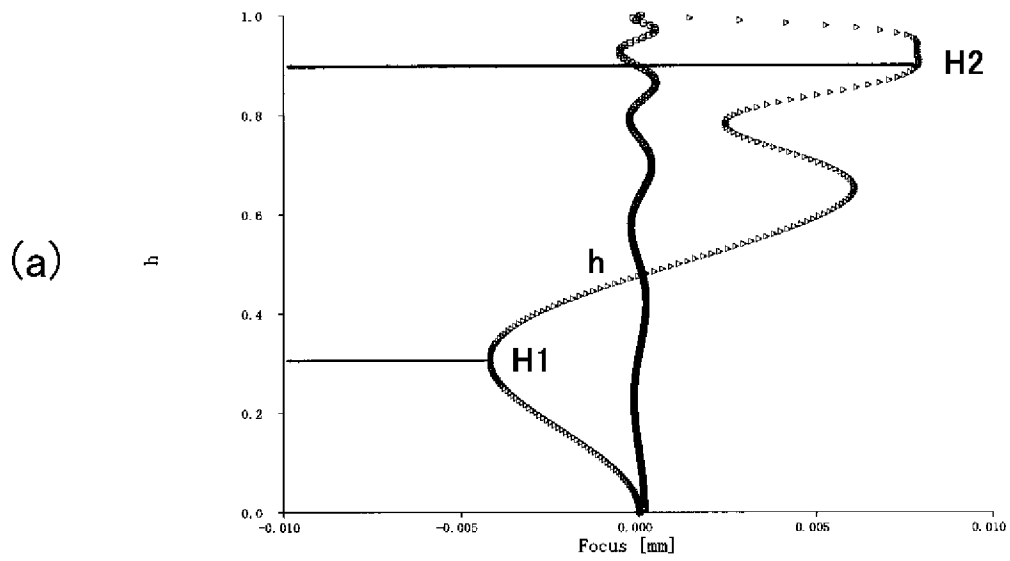


実施例1

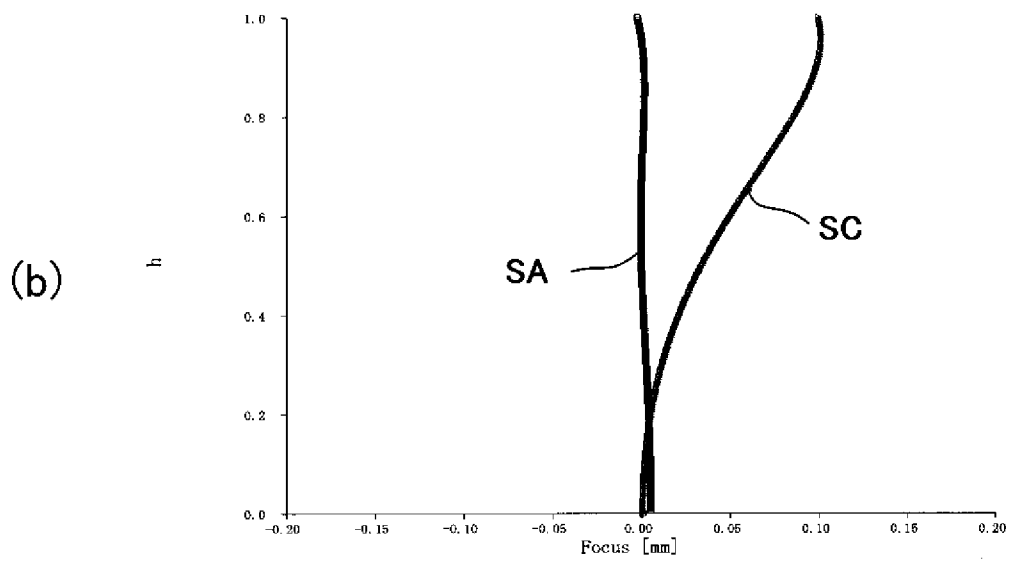


[図11]

実施例2

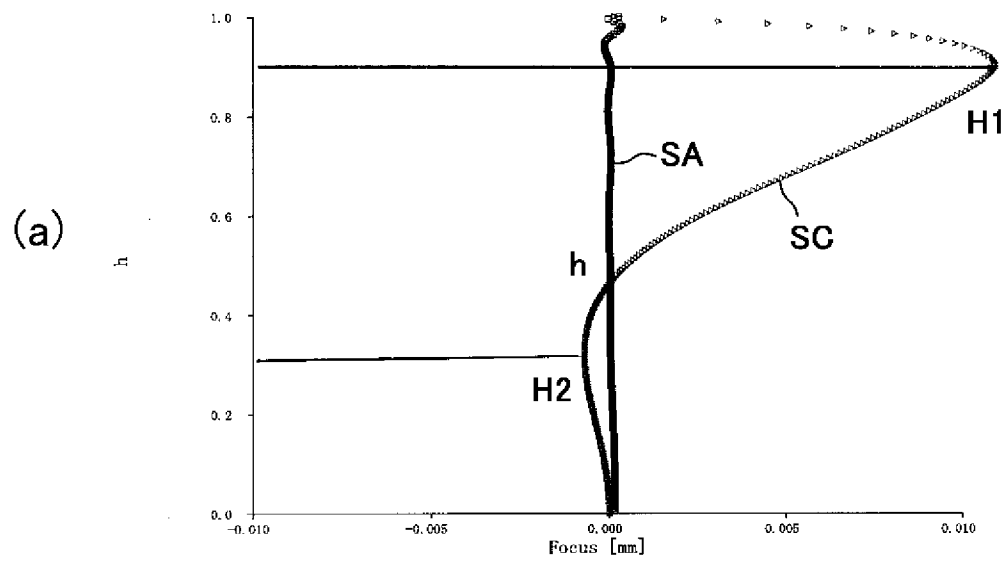


実施例2

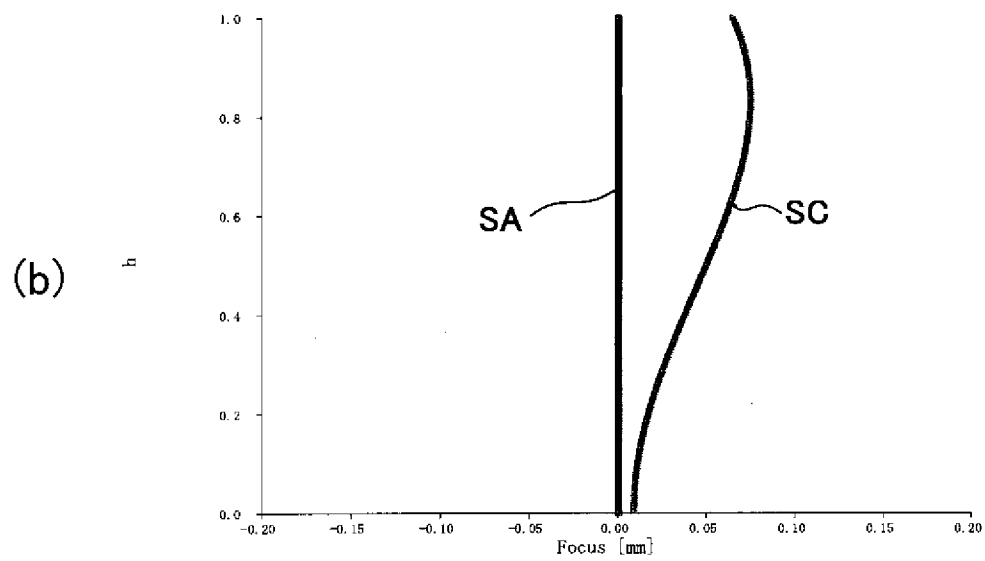


[図12]

実施例3

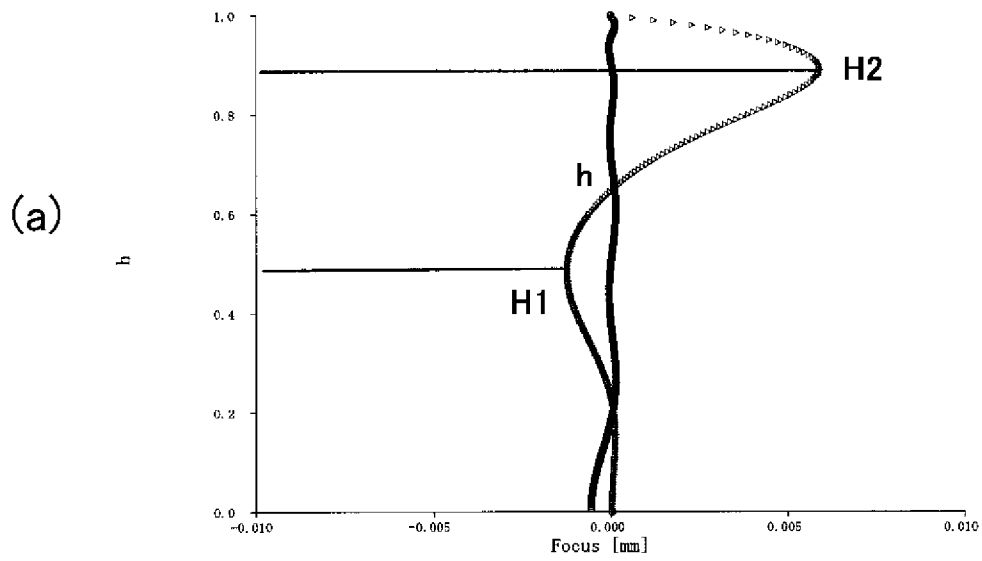


実施例3

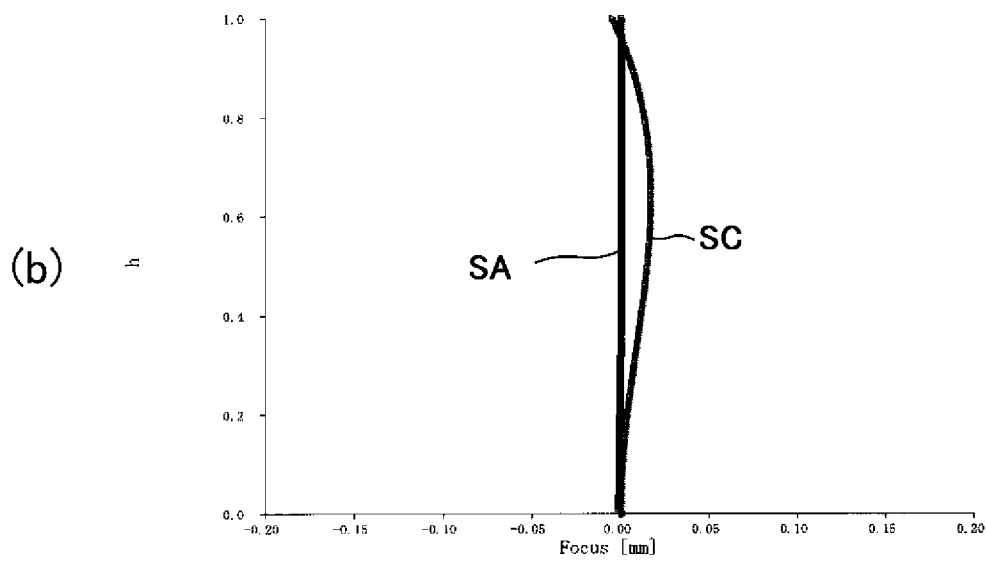


[図13]

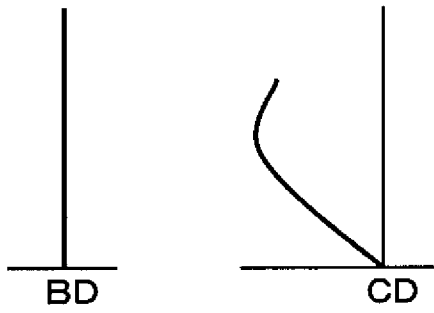
実施例4



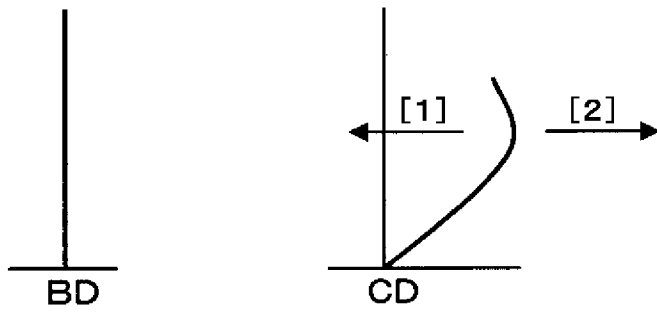
実施例4



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/057854

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G11B7/135(2012.01)i, G02B5/18(2006.01)i, G02B13/00(2006.01)i, G02B13/18(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)

G11B7/135, G02B5/18, G02B13/00, G02B13/18

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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	WO 2011/033786 A1 (Panasonic Corp.), 24 March 2011 (24.03.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-18
A	WO 2010/128654 A1 (Konica Minolta Opto, Inc.), 11 November 2010 (11.11.2010), entire text; all drawings & JP 2011-210346 A & US 2010/0284259 A1 & CN 101882447 A	1-18

☐ 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
25 May, 2012 (25.05.12)

Date of mailing of the international search report
05 June, 2012 (05.06.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G11B7/135(2012.01)i, G02B5/18(2006.01)i, G02B13/00(2006.01)i, G02B13/18(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 (I P C))

Int.Cl. G11B7/135, G02B5/18, G02B13/00, G02B13/18

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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 請求項の番号
A	WO 2011/033786 A1 (パナソニック株式会社) 2011.03.24, 全文・全図 (ファミリーなし)	1 - 1 8
A	WO 2010/128654 A1 (コニカミノルタオプト株式会社) 2010.11.11, 全文・全図 & JP 2011-210346 A & US 2010/0284259 A1 & CN 101882447 A	1 - 1 8

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

2 5 . 0 5 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

0 5 . 0 6 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

安田 勇太

5 D

4 0 6 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 5 1