

(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



(10) 国際公開番号

WO 2012/053578 A1

PCT

(43) 国際公開日

2012 年 4 月 26 日(26.04.2012)

(51) 国際特許分類:

G11B 7/135 (2012.01) G02B 13/18 (2006.01)
G02B 13/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2011/074119

(22) 国際出願日:

2011 年 10 月 20 日(20.10.2011)

(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 2010-237274 2010 年 10 月 22 日(22.10.2010) 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 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.

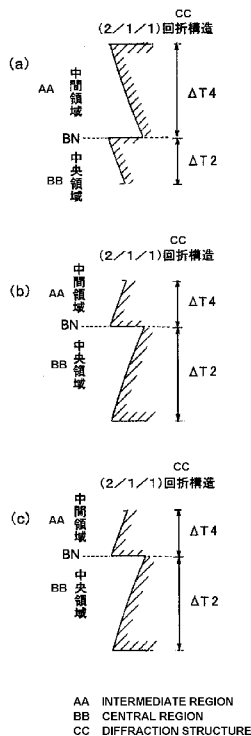
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨー

[続葉有]

(54) Title: OBJECTIVE LENS FOR OPTICAL PICKUP DEVICE AND OPTICAL PICKUP DEVICE

(54) 発明の名称: 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

[図1]



(57) Abstract: Provided is an objective lens with which three types of optical disks, BB/DVD/DC, are interchangeable using a typical objective lens, and with which high-order aberrations can be suppressed and formability can be increased; also provided is an optical pickup device using said objective lens. The objective lens has a central region wherein second basic structures having a blazed structure are superposed, and an intermediate region wherein fourth basic structures having a blazed structure are superposed. On either side of the boundary between the central region and the intermediate region, the pitch P2 at the position of the second basic structures of the central region nearest to the boundary, and the pitch P4 at the position of the fourth basic structures of the intermediate region nearest to the boundary, fulfill the relationship $P4 - P2 > 0$ when the codes corresponding to the orientation of the steps is considered. Thus, the power in the intermediate region is greater than the power in the central region, and consequently a negative spherical aberration of the base aspherical surface remains in the intermediate region, and it is possible to emit flares when a CD is used.

(57) 要約: 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しつつ、高次収差を抑え、成形性も高めることができる対物レンズ、及びそれを用いた光ピックアップ装置を提供する。前記対物レンズは、ブレイズ型構造を有する第2基礎構造が重畳された中央領域とブレイズ型構造を有する第4基礎構造が重畳された中間領域を有し、前記中央領域と中間領域との境界を挟んで、前記中央領域の第2基礎構造の最も境界に近い位置のピッチP2、及び、前記中間領域の第4基礎構造の最も境界に近い位置のピッチP4が、段差の向きに対応した符号を考慮して、 $P4 - P2 > 0$ を満たすことにより、前記中間領域のパワーが前記中央領域のパワーより大きくなり、結局、前記中間領域では母非球面のアンダーな球面収差が残留し、CD使用時にフレア出しを行うことができる。

WO 2012/053578 A1



ロツパ (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), 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))

明 細 書

発明の名称：

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

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（記録／再生）を行える光ピックアップ装置及び対物レンズに関する。

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等、波長390～415nmのレーザ光源が実用化されている。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）の対物レンズを使用する場合で、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。

[0003] 上述のようなNA0.85の対物レンズを使用する光ディスクの例として、BD（ブルーレイディスク）が挙げられる。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、BDでは、DVDにおける場合よりも保護基板を薄く設計し（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。

[0004] 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ならず、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、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、更にはCD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。

[0005] BDとDVD、更にはCD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、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。

[0006] 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、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を対物レンズに形成する必要がある。

[0007] 特許文献1には、光学面を3つに分けた領域のうち、中央の領域と中間の領域の回折構造の組み合わせを変えることで、中央の領域では、記録密度の異なる第1～第3の光ディスクの互換を実現し、中間の領域では、第1、第2光ディスクの互換と、開口制限のための第3の光ディスク使用時における不要光のフレア出しを両立させた対物レンズが開示されている。又、特許文献2には、光学面を3つに分けた領域のうち、中央の領域と中間の領域とで共通の回折構造を用いるが、中央の領域のみ別の回折構造を重畳することで、中央の領域では、3種の異なる光ディスクの互換を実現し、中間の領域では、2種の異なる光ディスクの互換と、開口制限のための残りの光ディスク

使用時における不要光のフレア出しを両立させた対物レンズが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開2009-93782号公報

特許文献2：特開2010-55732号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] ここで、特許文献1の対物レンズによれば、中央の領域と中間の領域とで、最も光強度が高い回折光の次数が異なる回折構造を採用しているので、温度変化や光源の波長変化が生じた場合に、球面収差が不連続となるため高次収差が発生し、適切な集光スポットを形成できない恐れがある。また、特許文献2の対物レンズによれば、やはり、中央の領域に中間の領域にはない構造が重畳されているため、温度変化や光源の波長変化が生じた場合に、高次収差が発生してしまうという問題が生じる。さらに、BDとDVDの2種の異なる光ディスクの互換を行うために、第1波長の光束が入射したときは最も強い回折光として2次回折光が発生し、第2波長の光束が入射したときは最も強い回折光として1次回折光が発生する1つの回折構造しか用いていないので、波長に応じて回折のパワーが決まり、波長特性（光源の波長変化した場合に発生する球面収差）と、温度特性（環境温度が変化した場合に発生する球面収差）も一義的に決まってしまう、そのバランスの調整が困難となって、対物レンズの設計の自由度を低下させることとなる。更に、中央の領域において、バイナリータイプの回折構造（第1波長の光束が入射したときは最も強い回折光として0次回折光が発生し、第2波長の光束が入射したときは最も強い回折光として0次回折光が発生し、第3波長の光束が入射したときは最も強い回折光として1次回折光が発生する）を重畳しているため回折構造の段差が大きい。そのため、回折効率の波長依存性が大きくなる、成

形性が低下し製造誤差に起因した回折効率が低下する、といった問題もある。

[0010] 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、例えばB D / D V D / C D 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しつつ、高次収差を抑え、成形性も高めることができる対物レンズ、及びそれを用いた光ピックアップ装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0011] 請求項1に記載の対物レンズは、第1波長 λ_1 (nm) の第1光束を射出する第1光源と、第2波長 λ_2 (nm) ($\lambda_2 > \lambda_1$) の第2光束を射出する第2光源と、第3波長 λ_3 (nm) ($\lambda_3 > \lambda_2$) の第3光束を射出する第3光源とを有し、前記第1光束を用いて厚さが t_1 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2光束を用いて厚さが t_2 ($t_1 < t_2$) 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3光束を用いて厚さが t_3 ($t_2 < t_3$) 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レンズであって、

前記対物レンズは単玉であり、

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2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3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、

前記対物レンズは、前記中間領域を通過する前記第1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、前記中間領域を通過する前記第2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、前記中間領域を通過する前記第 3 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 2 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せず、前記周辺領域を通過する前記第 3 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せず、

前記中央領域は、ブレード型構造である第 1 基礎構造とブレード型構造である第 2 基礎構造とを重畳させた第 1 光路差付与構造を有し、

前記中間領域は、ブレード型構造である第 3 基礎構造とブレード型構造である第 4 基礎構造とを重畳させた第 2 光路差付与構造を有し、

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 A 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 B 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 C 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 D 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 E 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 F 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 基礎構造は、前記第 3 基礎構造を通過した第 1 光束の A 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 B 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 3 光束の C 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 D 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 E 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 3 光束の F 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、

A, B, C, D, E, F は、それぞれ、

$$|A| = 1$$

$$|B| = 1$$

$$|C| = 1$$

$$|D| = 2$$

$$|E| = 1$$

$$|F| = 1$$

を満たし、

前記第 1 基礎構造、前記第 2 基礎構造、前記第 3 基礎構造及び前記第 4 基礎構造のピッチは、基礎構造の段差が光軸とは逆の方向を向いている場合は正の符号とし、基礎構造の段差が光軸の方向を向いている場合は負の符号としたときに、

前記中央領域と前記中間領域との境界を挟んで、前記第 2 基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P₂、及び、前記第 4 基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P₄ は、その符号を考慮して、以下の式 (1) を満たすことを特徴とする。

$$P_4 - P_2 > 0 \quad (1)$$

但し、

前記基礎構造を定義する光路差関数を $\Phi(h) = \sum (C_{2i} h^{2i} \times \lambda \times m / \lambda B)$ で表したとき、

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

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。尚、ここでいう「製造波長」とは、当該基礎構造を

通過した際にm次の回折効率が最も高くなる光束の波長である。

[0012] 以下、本発明について説明するが、便宜上、第1光ディスクをBD、第2光ディスクをDVD、第3光ディスクをCDとして説明する。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を一致させ、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を一致させることで、中央領域と中間領域を通過する光束について、球面収差を連続と出来、その結果、温度や波長変化時においても、高次収差の発生を抑えることができ好ましい。しかしながら、更に、中央領域又は中間領域に、CD使用時にフレア出しを行うための基礎構造を重畳させることなく、CD使用時のフレア出しを、どのようにして行うかという問題が残る。

[0013] 先ず、本発明者は、互換を行う基礎構造として、 $1/1/1$ （第1光束、第2光束、及び第3光束のいずれにおいても、1次回折光を最も多く発生）を第1及び第3基礎構造とし、 $2/1/1$ （第1光束において2次回折光を最も多く発生し、第2光束及び第3光束においては、1次回折光を最も多く発生）を第2及び第4の基礎構造とする組み合わせを選択した。その理由は、第一に、段差量（段差の光軸方向の高さ）の低いブレイズ構造を利用することで波長や温度変化時の効率低下を防止でき、影の効果や製造誤差に起因する光利用効率の低下も抑制できること、第二に、3波長全てについて高い回折効率を有すること、が挙げられる。さらに、これらの2つの基礎構造において、境界を挟んで中央領域側のピッチと中間領域側のピッチとの大小関係と、段差の向きとの関係とをある関係に規定することにより、第3の光ディスク使用時に中間領域を通過した光束にアンダーの球面収差を与えることができ、他の基礎構造を重畳することなくフレア出しを行えることを発見した。即ち、中央領域におけるBD/DVD/CD互換を、（a）凸レンズである対物レンズの母非球面で生じたオーバーな球面収差、（b）中央領域の第1基礎構造のアンダーな球面収差、（c）中央領域の第2基礎構造のアンダーな球面収差を足しあわせることで行う場合、中央領域と中間領域との境界を挟んで、第2基礎構造の最も境界に近い位置のピッチP2、及び、第4

基礎構造の最も境界に近い位置のピッチ P_4 が、 $P_4 - P_2 > 0$ を満たすことにより、中間領域（第4基礎構造）のパワーが中央領域（第2基礎構造）のパワーより大きくなるため、中央領域に比して、中間領域においては球面収差補正効果が大きい（（c）の球面収差が大きい）ことになる。よって、中間領域においては（a）のアンダーな球面収差が残留し、CD使用時にフレア出しさせることができるのである。

[0014] CD使用時にアンダーな球面収差を発生させる、中央領域側の第2基礎構造の境界に最も近い位置のピッチ P_2 と中間領域側の第4基礎構造の境界に最も近い位置のピッチ P_4 との大小関係と、段差の向きの関係との組み合わせについて説明する。図16、図17、図18は、縦軸にピッチ P (mm) を取り、横軸に光軸からの高さ h (mm) を示したグラフであり、境界BNを境に左側が中央領域、右側が中間領域を表している。ここで、便宜上、第2基礎構造と第4基礎構造を（2／1／1）回折構造と称する。尚、ピッチの符号が負（－）である場合、それは基礎構造の段差が光軸側を向いていることを示し、ピッチの符号が正（＋）である場合、それは基礎構造の段差が光軸と反対側を向いていることを示す。

[0015] 本発明者は、第1光束における対物レンズの焦点距離 f_1 を所定範囲に分けて、中央領域側の第2基礎構造の境界に最も近い位置のピッチ P_2 と中間領域側の第4基礎構造の境界に最も近い位置のピッチ P_4 との大小関係と、段差の向きの関係との組み合わせを検討した。図18は、焦点距離 f_1 が1.0～1.8mmと非常に短い場合において、CD使用時にアンダーな球面収差を発生させ得る、中央領域側の第2基礎構造の境界に最も近い位置のピッチ P_2 と中間領域側の第4基礎構造の境界に最も近い位置のピッチ P_4 との大小関係と、段差の向きの関係との組み合わせの一例を示している。より具体的には、図18に示す場合、（2／1／1）回折構造では、 $|P_2| < |P_4|$ であり、且つピッチの符号は正である。従って、（2／1／1）回折構造における〔符号込みの中間領域の第4基礎構造の境界に最も近い位置のピッチ P_4 〕－〔符号込みの中央領域の第2基礎構造の境界に最も近い位

置のピッチ P_2] = $P_4 - P_2 > 0$ となる。つまり、(1) 式を満たす。

[0016] 図 17 は、第 1 光束における対物レンズの焦点距離 f_1 が 1.2 ~ 2.5 mm と比較的短い場合において、CD 使用時にアンダーな球面収差を発生させ得る、中央領域側の第 2 基礎構造の境界に最も近い位置のピッチ P_2 と中間領域側の第 4 基礎構造の境界に最も近い位置のピッチ P_4 との大小関係と、段差の向きの関係との組み合わせの一例を示している。より具体的には、図 17 に示す (2/1/1) 回折構造では、 $|P_2| > |P_4|$ であり、且つピッチの符号は負である。従って、(2/1/1) 回折構造における [符号込みの中間領域の第 4 基礎構造の境界に最も近い位置のピッチ P_4] - [符号込みの中央領域の第 2 基礎構造の境界に最も近い位置のピッチ P_2] = $(-|P_4|) - (-|P_2|) > 0$ となる。つまり、(1) 式を満たす。

[0017] 図 16 は、第 1 光束における対物レンズの焦点距離 f_1 が 2.0 ~ 3.5 mm と比較的長い場合において、CD 使用時にアンダーな球面収差を発生させ得る、中央領域側の第 2 基礎構造の境界に最も近い位置のピッチ P_2 と中間領域側の第 4 基礎構造の境界に最も近い位置のピッチ P_4 との大小関係と、段差の向きの関係との組み合わせを示している。より具体的には、図 16 に示す (2/1/1) 回折構造では、 $|P_2| > |P_4|$ であり、且つピッチの符号は負である。従って、(2/1/1) 回折構造における [符号込みの中間領域の第 4 基礎構造の境界に最も近い位置のピッチ P_4] - [符号込みの中央領域の第 2 基礎構造の境界に最も近い位置のピッチ P_2] = $(-|P_4|) - (-|P_2|) > 0$ となる。つまり、(1) 式を満たす。即ち、焦点距離 f_1 の大きさに関わらず、式 (1) を満たすことで、CD 使用時にアンダーな球面収差を発生させることができることが分かる。

[0018] このように境界に最も近い位置のピッチの符号は焦点距離に対して変化するが、これは CD 使用時のワーキングディスタンスを確保するために 2/1/1 構造の近軸パワーを利用しているためであり、焦点距離が短いほど正の近軸パワーが小さくなるためである。

[0019] さらに、上述の本発明の構成によって、CD 使用時のフレアをアンダーと

できるため、最初に光ディスクにアクセスする際に、対物レンズが衝突する恐れを抑制できる。又、BDの温度変化時には、材料の屈折率変化による球面収差を波長変化による回折効果により補正し、BDの温度特性を良好にすることが可能となる。

[0020] 即ち、本発明によれば、3種類の異なる光ディスクを互換使用可能であり、かつ中間領域を通過した第3光束をフレアとすることで第3光ディスクに対して適切に集光スポットを形成できる対物レンズでありながら、中央領域と中間領域において1／1／1と2／1／1の基礎構造を重畳して用いることで、BDでの温度特性を良好にした対物レンズを設計できる設計自由度を高めることができる。中央領域と中間領域の両方において、1／1／1と2／1／1という同じ回折次数の基礎構造を用いることで、温度や光源の波長が変化した際に、球面収差が不連続となることが抑制され高次球面収差が発生することを抑制できる。さらに、中間領域に第3光束をフレア化する回折構造等を重畳する必要がなくなり、成形が容易で製造容易性が向上し、結果として光の利用効率を高めることができる。

[0021] 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、前記第2基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅を ΔT_2 、前記第4基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅を ΔT_4 とし、前記第1基礎構造、前記第2基礎構造、前記第3基礎構造及び前記第4基礎構造の輪帯の幅は、基礎構造の段差が光軸とは逆の方向を向いている場合は正の符号とし、基礎構造の段差が光軸の方向を向いている場合は負の符号としたときに、以下の式を満たすことを特徴とする。

$$\Delta T_4 - \Delta T_2 > 0 \quad (2)$$

[0022] 請求項1の条件を満たす場合であって、更に、中央領域と中間領域の境界を挟んだ中央領域側の第2基礎構造のピッチと中間領域側の第4基礎構造のピッチの差が大きく、また境界の両側の第2基礎構造と第4基礎構造の輪帯が理想的な形状である場合には、ピッチの差は輪帯幅の差に表れる。（ここでいう理想的な形状とは、1つの輪帯の開始位置と終了位置で付与される位

相の差が 2π の整数倍又はそれに近い値となるものを指す。ところが、複数の回折構造を重畳する形状の場合、通常、それぞれの回折構造の段差位置の違いが僅かであると、成形加工が難しくなってしまうため、一方の段差位置を他方に一致させるように設計を変更する、あるいは、その中間位置に設定するように設計を変更することから、理想的な形状とならないことがある。

）このように、ピッチの差が輪帯幅の差に表れる場合、上述の式（２）を満たすことになる。言い換えると、式（２）を満たせば、必ず式（１）を満たすが、式（１）を満たしたとしても、式（２）を満たさない場合があるということである。

[0023] 尚、式（２）について以下でより詳細に説明する。

[0024] C D使用時にアンダーな球面収差を発生させる、中央領域側の第２基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 ΔT_2 と中間領域側の第４基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 ΔT_4 との大小関係と、段差の向きの関係との組み合わせについて説明する。図１は、第２基礎構造及び第４基礎構造の光軸方向断面を模式的に示した図である。ここで、便宜上、第２基礎構造と第４基礎構造を（２／１／１）回折構造と称する。又、中央領域と中間領域との境界をB Nとし、第２基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅を $|\Delta T_2|$ 、第４基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅を $|\Delta T_4|$ とする。更に、基礎構造の段差が光軸側（図１で下側）を向いている場合のピッチの符号を負（－）、基礎構造の段差が光軸と反対側（図１で上側）を向いている場合のピッチの符号を正（＋）とする。

[0025] 本発明者は、第１光束における対物レンズの焦点距離 f_1 を所定範囲に分けて、中央領域側の第２基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 ΔT_2 と中間領域側の第４基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 ΔT_4 との大小関係と、段差の向きの関係との組み合わせを検討した。図１（a）は、焦点距離 f_1 が $1.0 \sim 1.8 \text{ mm}$ と非常に短い場合において、C D使用時にアンダーな球面収差を発生させ得る、中央領域側の第２基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 ΔT_2 と中間領域側の第４基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 ΔT_4 との大

小関係と、段差の向きの関係との組み合わせを示している。より具体的には、図 1 (a) に示す (2 / 1 / 1) 回折構造では、 $|\Delta T 2| < |\Delta T 4|$ であり、且つピッチの符号は正である。従って、(2 / 1 / 1) 回折構造における [符号込みの中間領域の第 4 基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 $\Delta T 4$] - [符号込みの中央領域の第 2 基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 $\Delta T 2$] = $\Delta T 4 - \Delta T 2 > 0$ となる。つまり、(2) 式を満たす。尚、(1) 式も満たす。

[0026] 図 1 (b) は、第 1 光束における対物レンズの焦点距離 f_1 が 1. 2 ~ 2. 5 mm と比較的短い場合において、C D 使用時にアンダーな球面収差を発生させ得る、中央領域側の第 2 基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 $\Delta T 2$ と中間領域側の第 4 基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 $\Delta T 4$ との大小関係と、段差の向きの関係との組み合わせを示している。より具体的には、図 1 (b) に示す (2 / 1 / 1) 回折構造では、 $|\Delta T 2| > |\Delta T 4|$ であり、且つピッチの符号は負である。従って、(2 / 1 / 1) 回折構造における [符号込みの中間領域の第 4 基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 $\Delta T 4$] - [符号込みの中央領域の第 2 基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 $\Delta T 2$] = $(-|\Delta T 4|) - (-|\Delta T 2|) > 0$ となる。つまり、(2) 式を満たす。また、(1) 式も満たす。

[0027] 図 1 (c) は、第 1 光束における対物レンズの焦点距離 f_1 が 2. 0 ~ 3. 5 mm と比較的長い場合において、C D 使用時にアンダーな球面収差を発生させ得る、中央領域側の第 2 基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 $\Delta T 2$ と中間領域側の第 4 基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 $\Delta T 4$ との大小関係と、段差の向きの関係との組み合わせを示している。より具体的には、図 1 (c) に示す (2 / 1 / 1) 回折構造では、 $|\Delta T 2| > |\Delta T 4|$ であり、且つピッチの符号は負である。従って、(2 / 1 / 1) 回折構造における [符号込みの中間領域の第 4 基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 $\Delta T 4$] - [符号込みの中央領域の第 2 基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 $\Delta T 2$] = $(-|\Delta T 4|) - (-|\Delta T 2|) > 0$ となる。つまり、(2) 式を満たす。

。(1)式も満たす。即ち、焦点距離 f_1 の大きさに関わらず、式(2)を満たすことで、CD使用時にアンダーな球面収差を発生させることができることが分かる。

[0028] このように境界に最も近い輪帯の幅 ΔT (同様にピッチ P も) の符号は焦点距離に対して変化するが、これはCD使用時のワーキングディスタンスを確保するために2/1/1構造の近軸パワーを利用しているためであり、焦点距離が短いほど正の近軸パワーが小さくなるためである。

[0029] (2)式を満たすことで、第2基礎構造と第4基礎構造による回折パワーを大きく変えるため、CDの情報記録面におけるフレアを飛ばすことができる。

[0030] 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、前記中央領域と前記中間領域との境界を挟んで、前記第1基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P_1 、及び、前記第3基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P_3 は、その符号を考慮して、以下の式(3)を満たすことを特徴とする。

$$P_3 - P_1 > 0 \quad (3)$$

[0031] 本発明によれば、第3光ディスク使用時のフレア出しを、重畳する基礎構造のそれぞれの回折パワーを変えることで行うため、個々のパワー変化量は小さくすることができる。つまり、第3光ディスク使用時にアンダーのフレア出しを行うために、2/1/1構造のパワーを変えるだけでなく、1/1/1構造のパワーも変えてフレア出しを行うため、2/1/1構造、1/1/1構造、それぞれのパワー変化量を小さく抑えつつ、第3光ディスク使用時のアンダーのフレア出しを可能とできる。このため、波長や温度変化時に収差の不連続量が小さく、高次収差の発生を抑えることができる。

[0032] 中央領域におけるBD/DVD/CD互換を、(a)凸レンズである対物レンズの母非球面で生じたオーバーな球面収差、(b)中央領域の第1基礎構造のアンダーな球面収差、(c)中央領域の第2基礎構造のアンダーな球面収差を足し合わせることで行う場合、中央領域と中間領域との境界を挟んで

、第2基礎構造の最も境界に近い位置のピッチ P_2 、及び、第4基礎構造の最も境界に近い位置のピッチ P_4 が、 $P_4 - P_2 > 0$ を満たすことにより、中間領域（第4基礎構造）のパワーが中央領域（第2基礎構造）のパワーより大きくなり、さらに、 $P_3 - P_1 > 0$ を満たすことにより、中間領域（第3基礎構造）のパワーが中央領域（第1基礎構造）のパワーより大きくなるため、中央領域に比して、中間領域においては球面収差補正効果が小さい（（b）、（c）の球面収差が小さい）ことになる。よって、中間領域においては（a）のアンダーな球面収差がより大きく残留し、CD使用時にフレア出しさせることができるのである。

[0033] この関係について、請求項2と同様な観点から、中央領域と中間領域の境界を挟んだ中央領域側の第1基礎構造のピッチと中間領域側の第3基礎構造のピッチの差が大きく、また境界の両側の第1基礎構造と第3基礎構造の輪帯が理想的な形状であって、ピッチの差が輪帯幅の差に表れた場合に基づいて、以下に説明する。

[0034] 図2は、第1基礎構造及び第3基礎構造の光軸方向断面を模式的に示した図である。ここで、便宜上、第1基礎構造と第3基礎構造を（1／1／1）回折構造と称する。又、中央領域と中間領域との境界をBNとし、第1基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅を $|\Delta T_1|$ 、第3基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅を $|\Delta T_3|$ とする。更に、基礎構造の段差が光軸側（図2で下側）を向いている場合のピッチの符号を負（－）、基礎構造の段差が光軸と反対側（図2で上側）を向いている場合のピッチの符号を正（＋）とする。

[0035] 本発明者は、第1光束における対物レンズの焦点距離 f_1 を所定範囲に分けて、中央領域側の第1基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 ΔT_1 と中間領域側の第3基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 ΔT_3 との大小関係と、段差の向きの関係との組み合わせを検討した。図2（a）は、焦点距離 f_1 が1．0～1．8mmと非常に短い場合において、（1）式又は（2）式の関係と共働してCD使用時にアンダーな球面収差を発生させ得る、中央領域側の第1基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 ΔT_1 と中間領域側の第3基礎構造

の境界に最も近い輪帯の幅 $\Delta T 3$ との大小関係と、段差の向きの関係との組み合わせを示している。より具体的には、図2 (a) に示す(1/1/1)回折構造では、 $|\Delta T 1| < |\Delta T 3|$ であり、且つピッチの符号は正である。従って、(1/1/1)回折構造における[符号込みの中間領域の第3基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 $\Delta T 3$] - [符号込みの中央領域の第1基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 $\Delta T 1$] = $\Delta T 3 - \Delta T 1 > 0$ となる。尚、(3)式も満たす。

[0036] 図2 (b) は、第1光束における対物レンズの焦点距離 $f 1$ が1. 2 ~ 2. 5 mmと比較的短い場合において、(1)式又は(2)式の関係と共働してCD使用時にアンダーな球面収差を発生させ得る、中央領域側の第1基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 $\Delta T 1$ と中間領域側の第3基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 $\Delta T 3$ との大小関係と、段差の向きの関係との組み合わせを示している。より具体的には、図2 (b) に示す(1/1/1)回折構造では、 $|\Delta T 1| < |\Delta T 3|$ であり、且つピッチの符号は正である。従って、(1/1/1)回折構造における[符号込みの中間領域の第3基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 $\Delta T 3$] - [符号込みの中央領域の第1基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 $\Delta T 1$] = $\Delta T 3 - \Delta T 1 > 0$ となる。また、(3)式も満たす。

[0037] 図2 (c) は、第1光束における対物レンズの焦点距離 $f 1$ が2. 0 ~ 3. 5 mmと比較的長い場合において、(1)式又は(2)式の関係と共働してCD使用時にアンダーな球面収差を発生させ得る、中央領域側の第1基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 $\Delta T 1$ と中間領域側の第3基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 $\Delta T 3$ との大小関係と、段差の向きの関係との組み合わせを示している。より具体的には、図2 (c) に示す(1/1/1)回折構造では、 $|\Delta T 1| > |\Delta T 3|$ であり、且つピッチの符号は負である。従って、(1/1/1)回折構造における[符号込みの中間領域の第3基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 $\Delta T 3$] - [符号込みの中央領域の第1基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅 $\Delta T 1$] = $(-|\Delta T 3|) - (-|\Delta T 1|)$

>0となる。また、(3)式も満たす。即ち、焦点距離 f_1 の大きさに関わらず、上記関係を満たすことで、(1)式又は(2)式の関係と共働してC D使用時にアンダーな球面収差を発生させることができることが分かる。

[0038] このように境界に最も近い輪帯の幅 ΔT (同様にピッチ P も) の符号は焦点距離に対して変化するが、これはC D使用時のワーキングディスタンスを確保するために1/1/1構造の近軸パワーを利用しているためであり、焦点距離が短いほど正の近軸パワーが小さくなるためである。

[0039] 請求項4に記載の対物レンズは、請求項1乃至3のいずれかに記載の発明において、前記中央領域と前記中間領域との境界を挟んで、前記第1基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P_1 、前記第3基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P_3 、前記第2基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P_2 、及び、前記第4基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P_4 は、その符号を考慮して、以下の式(4)を満たすことを特徴とする。

$$|P_3 - P_1| < |P_4 - P_2| \quad (4)$$

[0040] (1/1/1)回折構造は、通常第3光ディスクのワーキングディスタンスを確保するための回折パワーを有するので一般的にピッチが細くなるから、よりピッチの大きい(2/1/1)回折構造の回折パワー変化を主に利用することで成形性を低下させず、第3光ディスク使用時のフレア出しを行うことが可能となる。

[0041] 請求項5に記載の対物レンズは、請求項1乃至4のいずれかに記載の発明において、前記第2光路差付与構造を通過した前記第3光束は、前記第3光ディスクの情報記録面でアンダーの球面収差を発生させることを特徴とする。

[0042] このように、同じ基礎構造を中央領域と中間領域に重畳して用いて、第3光ディスクの情報記録面でアンダーの球面収差を発生させることができるので、第1光ディスク使用時における温度変化時の球面収差が小さくなる。

[0043] ここで、第3光ディスクの情報記録面でアンダーの球面収差を発生させるとは、図3(b)の縦球面収差図に示すように、前記第2光路差付与構造を

通過した前記第3光束がアンダー側に収差を持つことをいう。（＋は対物レンズから離れる方向を示す。）尚、図3（a）はオーバーを示す図である。

[0044] 請求項6に記載の対物レンズは、請求項1乃至5のいずれかに記載の発明において、前記第1基礎構造及び前記第3基礎構造の最も前記境界に近い段差がそれぞれ光軸の方向を向いており、前記第2基礎構造及び前記第4基礎構造の最も前記境界に近い段差がそれぞれ光軸の方向を向いており、前記中央領域と前記中間領域との境界を挟んで、前記第1基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチP1、前記第3基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチP3、前記第2基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチP2、及び、前記第4基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチP4は、その符号を考慮して、以下の式（5）、（6）を満たすことを特徴とする。

$$P1 < P3 < 0 \quad (5)$$

$$P2 < P4 < 0 \quad (6)$$

[0045] 式（5）、（6）を満たす場合とは、例えば、図1（c）、図2（c）に示すような場合である。

[0046] 請求項7に記載の対物レンズは、請求項6に記載の発明において、前記第1光束における前記対物レンズの焦点距離を $f1$ （mm）としたとき、以下の式（7）を満たすことを特徴とする。

$$2.0 \leq f1 \leq 3.5 \quad (7)$$

[0047] 請求項8に記載の対物レンズは、請求項1乃至5のいずれかに記載の発明において、前記第1基礎構造及び前記第3基礎構造の最も前記境界に近い段差がそれぞれ光軸と逆の方向を向いており、前記第2基礎構造及び前記第4基礎構造の最も前記境界に近い段差がそれぞれ光軸の方向を向いており、前記中央領域と前記中間領域との境界を挟んで、前記第1基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチP1、前記第3基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチP3、前記第2基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチP2、及び、前記第4基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチP4は、その符号を考慮して、以下の式（8）、（9）を満たすことを特徴とする。

$$P_3 > P_1 > 0 \quad (8)$$

$$P_2 < P_4 < 0 \quad (9)$$

[0048] 式(8)、(9)を満たす場合とは、例えば、図1(b)、図2(b)に示すような場合である。尚、第1基礎構造及び第3基礎構造の段差の向きが、第2基礎構造及び第4基礎構造の段差の向きと異なるように重ね合わせるにより、第1基礎構造及び第3基礎構造と、第2基礎構造及び第4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抑制でき、それに伴い、製造誤差などに因る光量ロスを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抑えることが可能となる。

[0049] 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、前記第1光束における前記対物レンズの焦点距離を f_1 (mm) としたとき、以下の式(10)を満たすことを特徴とする。

$$1.5 \leq f_1 \leq 2.5 \quad (10)$$

[0050] 請求項10に記載の対物レンズは、請求項1乃至5のいずれかに記載の発明において、前記第1基礎構造及び前記第3基礎構造の最も前記境界に近い段差がそれぞれ光軸と逆の方向を向いており、前記第2基礎構造及び前記第4基礎構造の最も前記境界に近い段差がそれぞれ光軸と逆の方向を向いており、前記中央領域と前記中間領域との境界を挟んで、前記第1基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P_1 、前記第3基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P_3 、前記第2基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P_2 、及び、前記第4基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P_4 は、その符号を考慮して、以下の式(11)、(12)を満たすことを特徴とする。

$$P_3 > P_1 > 0 \quad (11)$$

$$P_4 > P_2 > 0 \quad (12)$$

[0051] 式(11)、(12)を満たす場合とは、例えば、図1(a)、図2(a)に示すような場合である。

[0052] 請求項 1 1 に記載の対物レンズは、請求項 1 0 に記載の発明において、前記第 1 光束における前記対物レンズの焦点距離を f_1 (mm) としたとき、以下の式 (1 3) を満たすことを特徴とする。

$$1. 0 \leq f_1 \leq 1. 8 \quad (1 3)$$

[0053] 請求項 1 2 に記載の対物レンズは、請求項 1 乃至 1 1 のいずれかに記載の発明において、前記第 1 基礎構造の前記第 3 光束における近軸パワーを PW_1 、前記第 2 基礎構造の前記第 3 光束における近軸パワーを PW_2 、前記第 3 基礎構造の前記第 3 光束における近軸パワーを PW_3 、前記第 4 基礎構造の前記第 3 光束における近軸パワーを PW_4 としたときに、以下の (1 4) 式を満たすことを特徴とする。

$$1. 0 < (PW_1 / PW_3) / (PW_2 / PW_4) < 1. 5 \quad (1 4)$$

[0054] 回折構造のパワーを共用領域と中間領域とで異ならせることで第 3 光ディスク使用時のフレア出しを行うが、それだけでは、第 1 光ディスク、第 2 光ディスクの有効径内で球面収差が不連続となってしまう。そこで球面収差が連続となるように、近軸パワーを変化させることでフレア出しを行うことが望ましい。

[0055] ここで、パワーの代用として近軸パワーを用いると、 (PW_1 / PW_3) の値と (PW_2 / PW_4) の値を異ならせる（即ち、 $(PW_1 / PW_3) / (PW_2 / PW_4)$ を 1. 0 より遠ざける）ことで、中央領域と中間領域との境界で球面収差を不連続になり、第 3 光ディスク使用時にフレア出しを行えるのである。より具体的には、(1 4) 式を満たした場合、図 3 (a) に示すように、CD 使用時の縦球面収差図は開口数の外側でアンダーとなる。これにより、第 3 光ディスク使用時における良好な開口制限を行うことができる。

[0056] 請求項 1 3 に記載の対物レンズは、請求項 1 乃至 1 2 のいずれかに記載の発明において、以下の (1 5) 式を満たすことを特徴とする。

$$0. 8 \leq d / f_1 \leq 1. 5 \quad (1 5)$$

但し、 d は、前記対物レンズの光軸上の厚さ（mm）、 f_1 は、前記第 1 光束における前記対物レンズの焦点距離（mm）を表す。

[0057] 光ピックアップ装置のスリム化に伴い、対物レンズの小径化が要求されている。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（15）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。また、対物レンズが小径化すればするほど、基礎構造のピッチが小さくなり成形が難しくなるが、（15）式の値が下限以上であれば、基礎構造のピッチが小さくなりすぎず、対物レンズの製造容易性が高まる。更に本発明のようにCDで中間領域をアンダーフレアにした場合は、フレア化しない場合に比べて凸レンズである対物レンズの母非球面で生じたオーバーな球面収差が大きいため、レンズの曲率が緩くなる。これによりレンズをより薄くすることが可能となるため、スリムなピックアップに適した対物レンズが得られる。

[0058] 請求項 14 に記載の対物レンズは、請求項 1 乃至 13 のいずれかに記載の発明において、前記中央領域は、第 1 基礎構造と第 2 基礎構造のみとを重畳させた第 1 光路差付与構造のみを有し、前記中間領域は、第 3 基礎構造と第 4 基礎構造のみとを重畳させた第 2 光路差付与構造のみを有することを特徴とする。

[0059] これにより、シンプルな形状を有し段差が比較的小さく製造容易性を高めた光路差付与構造を有する対物レンズを提供できる。よって、波長変化時や温度変化時においても回折効率の変動を小さく抑えることができ、更に、製造誤差や影の効果に起因する光利用効率の低下も抑制することができる。

[0060] 請求項 15 に記載の対物レンズは、請求項 1 乃至 14 のいずれかに記載の発明において、前記第 1 光束における前記対物レンズの倍率を m_1 、前記第 2 光束における前記対物レンズの倍率を m_2 、前記第 3 光束における前記対物レンズの倍率を m_3 としたとき、以下の（16）～（18）式を満たすことを特徴とする。

$$-0.003 \leq m_1 \leq 0.003 \quad (16)$$

$$-0.003 \leq m_2 \leq 0.003 \quad (17)$$

$$-0.003 \leq m_3 \leq 0.003 \quad (18)$$

但し、対物レンズの倍率とは、対応する光ディスクが1層のみ有する場合には、その層における球面収差が最小となる倍率であり、複数の層がある場合には、厚さ t_m の保護基板において3次の球面収差が最小となる倍率であり、下記を満たす。

$$t_{\min} \leq t_m \leq t_{\max}$$

$t_{\min}$: 最も保護基板が薄い層の保護基板厚

$t_{\max}$: 最も保護基板が厚い層の保護基板厚

[0061] 請求項16に記載の対物レンズは、請求項1乃至14のいずれかに記載の発明において、前記第1光束における前記対物レンズの倍率を m_1 、前記第2光束における前記対物レンズの倍率を m_2 、前記第3光束における前記対物レンズの倍率を m_3 としたとき、以下の(19)(20)(21)式を満たすことを特徴とする。

$$-0.003 \leq m_1 \leq 0.003 \quad (19)$$

$$-0.003 \leq m_2 < -0.003 \quad (20)$$

$$-0.003 \leq m_3 < -0.003 \quad (21)$$

但し、対物レンズの倍率とは、対応する光ディスクが1層のみ有する場合には、その層における球面収差が最小となる倍率であり、複数の層がある場合には、厚さ t_m の保護基板において3次の球面収差が最小となる倍率であり、下記を満たす。

$$t_{\min} \leq t_m \leq t_{\max}$$

$t_{\min}$: 最も保護基板が薄い層の保護基板厚

$t_{\max}$: 最も保護基板が厚い層の保護基板厚

[0062] (19)(20)(21)式を満たす場合、第3光ディスクにおけるワーキングディスタンスを長く確保することが可能になり、それに伴い、対物レンズの輪帯幅を広めにでき、製造しやすく、光利用効率の高い対物レンズを

得ることが可能となる。

[0063] 請求項 17 に記載の対物レンズは、第 1 波長 λ_1 (nm) の第 1 光束を射出する第 1 光源と、第 2 波長 λ_2 (nm) ($\lambda_2 > \lambda_1$) の第 2 光束を射出する第 2 光源と、第 3 波長 λ_3 (nm) ($\lambda_3 > \lambda_2$) の第 3 光束を射出する第 3 光源とを有し、前記第 1 光束を用いて厚さが t_1 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 2 光束を用いて厚さが t_2 ($t_1 < t_2$) 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 3 光束を用いて厚さが t_3 ($t_2 < t_3$) 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レンズであって、

前記対物レンズは単玉であり、

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 2 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 3 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、

前記対物レンズは、前記中間領域を通過する前記第 1 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、前記中間領域を通過する前記第 2 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、前記中間領域を通過する前記第 3 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 2 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せず、前記周辺領域を通過する前記第3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せず、

前記中央領域は、ブレード型構造である第1基礎構造とブレード型構造である第2基礎構造とを重畳させた第1光路差付与構造を有し、

前記中間領域は、ブレード型構造である第3基礎構造とブレード型構造である第4基礎構造とを重畳させた第2光路差付与構造を有し、

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A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B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C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D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E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F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基礎構造は、前記第3基礎構造を通過した第1光束のA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B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3光束のC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D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E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3光束のF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、

A, B, C, D, E, Fは、それぞれ、

$$|A| = 1$$

$$|B| = 1$$

$$|C| = 1$$

$$|D| = 2$$

$$|E| = 1$$

$$|F| = 1$$

を満たし、

前記第2基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅を $\Delta T2$ 、前記第4基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅を $\Delta T4$ とし、

前記第1基礎構造、前記第2基礎構造、前記第3基礎構造及び前記第4基礎構造の輪帯の幅は、基礎構造の段差が光軸とは逆の方向を向いている場合は正の符号とし、基礎構造の段差が光軸の方向を向いている場合は負の符号としたときに、以下の式を満たすことを特徴とする。

$$\Delta T4 - \Delta T2 > 0 \quad (2)$$

[0064] 請求項18に記載の光ピックアップ装置は、請求項1乃至17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。

[0065] 本発明に係る光ピックアップ装置は、第1光源、第2光源、第3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1光束を第1光ディスクの情報記録面上に集光させ、第2光束を第2光ディスクの情報記録面上に集光させ、第3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。

[0066] 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BD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。

い。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。

[0067] 本明細書において、BDとは、波長390～415 nm程度の光束、NA 0.8～0.9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0.05～0.125 mm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、NA 0.60～0.67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0.6 mm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、NA 0.45～0.51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1.2 mm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。

[0068] 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(22)、(23)、(24)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。

$$[0069] \quad 0.050 \text{ mm} \leq t_1 \leq 0.125 \text{ mm} \quad (22)$$

$$0.5 \text{ mm} \leq t_2 \leq 0.7 \text{ mm} \quad (23)$$

$$1.0 \text{ mm} \leq t_3 \leq 1.3 \text{ mm} \quad (24)$$

[0070] 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(25)、(26)を満たすことが好ましい。

$$1.5 \cdot \lambda_1 < \lambda_2 < 1.7 \cdot \lambda_1 \quad (25)$$

$$1.8 \cdot \lambda_1 < \lambda_3 < 2.0 \cdot \lambda_1 \quad (26)$$

[0071] 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、DVD及びCDが用いられる場合、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、390nm以上、415nm以下であって、第2光源の第2波長 λ_2 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3光源の第3波長 λ_3 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。

[0072] 尚、レーザ光源が高周波重畳を行うタイプであると、クロストーク等が発生する危険性が生じるが、軸上色収差を $0.9 \mu\text{m}/\text{nm}$ 以下にすることによって、そのような高周波重畳を行うレーザ光源であっても、クロストークなどの発生を防止できるため好ましい。又、出射される光束の波長スペクトルの半値全幅(ピーク値の半値における波長スペクトルの全幅)が0.5nm以上のレーザ光源(好ましくは波長の異なる3つの光源全て)を用いると、クロストークなどの課題はより大きなものとなるが、軸上色収差を $0.9 \mu\text{m}/\text{nm}$ 以下にすることによって、問題なく使用できるため好ましい。

[0073] 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。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。

[0074] 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。

[0075] 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。対物レンズは、二つ以上の複数のレンズ及び／又は光学素子から構成されていてもよいし、単玉のレンズのみからなってもよいが、好ましくは単玉の凸レンズからなる対物レンズである。また、対物レンズは、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、UV硬化性樹脂、又は熱硬化性樹脂などで光路差付与構造を設けたハイブリッドレンズであってもよい。対物レンズ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。対物レンズ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。

[0076] また、対物レンズをガラスレンズとする場合は、ガラス転移点 T_g が 500°C 以下、更に好ましくは 400°C 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 T_g が 500°C 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 T_g 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。

[0077] 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、対物レンズをガラスレンズとすると、重量が大きくなり対物レンズを駆動するアクチュエータに負担がかかる。そのため、対物レンズ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 4.0 以下であるのが好ましく、更に好ましくは比重が 3.0 以下であるものである。

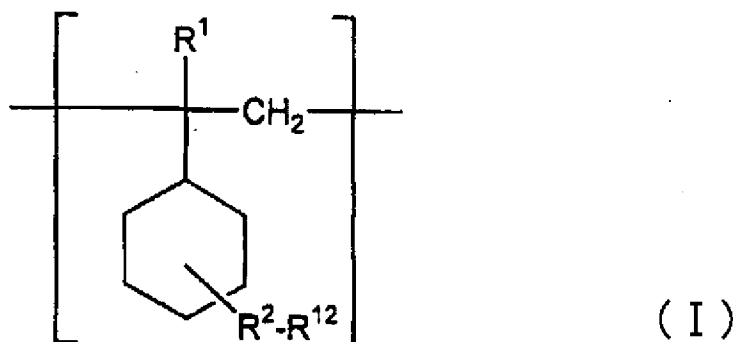
[0078] 加えて、ガラスレンズを成形して製作する際に重要となる物性値の一つが線膨張係数 α である。仮に T_g が 400°C 以下の材料を選んだとしても、プラスチック材料と比較して室温との温度差は依然大きい。線膨張係数 α が大きい硝材を用いてレンズ成形を行った場合、降温時に割れが発生しやすくなる。硝材の線膨張係数 α は、 $200 (10^{-7}/\text{K})$ 以下にあることが好ましく、さらに好ましくは $120 (10^{-7}/\text{K})$ 以下であることである。

[0079] また、対物レンズ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°C での屈折率が 1.54 乃至 1.60 の範囲内であって、 -5°C から 70°C 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 $dN/dT (^{\circ}\text{C}^{-1})$ 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、対物レンズ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。

[0080] 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。

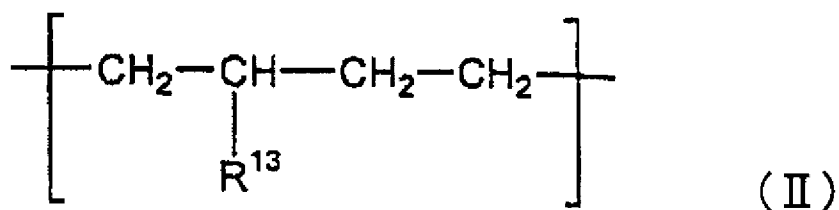
[0081] 第1の好ましい例は、下記式(I)で表される繰返し単位〔1〕を含有する重合体ブロック〔A〕と、下記式(1)で表される繰返し単位〔1〕並びに下記式(II)で表される繰返し単位〔2〕または／および下記式(III)で表される繰返し単位〔3〕を含有する重合体ブロック〔B〕とを有し、前記ブロック〔A〕中の繰返し単位〔1〕のモル分率a(モル%)と、前記ブロック〔B〕中の繰返し単位〔1〕のモル分率b(モル%)との関係が $a > b$ であるブロック共重合体からなる樹脂組成物である。

[0082] [化1]



[0083] (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、ヒドロキシル基、炭素数1～20のアルコキシ基、またはハロゲン基である。)

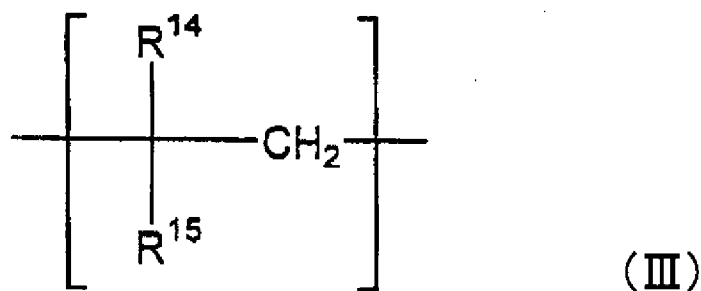
[0084] [化2]



[0085] (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。)

[0086]

[化3]

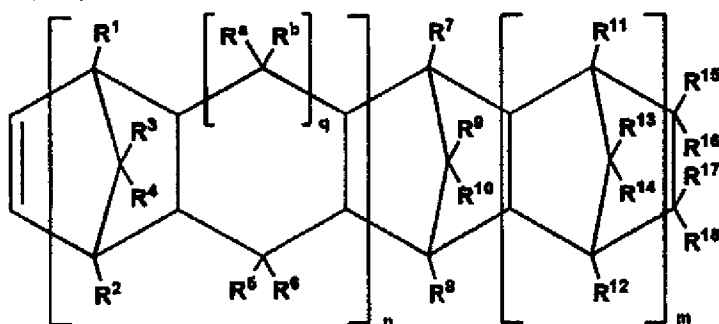


[0087] (式中、 R^{14} および R^{15} はそれぞれ独立に、水素原子、または炭素数1～20のアルキル基を表す。)

[0088] 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 -オレフィンと下記一般式(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。

[0089] [化4]

一般式(IV)

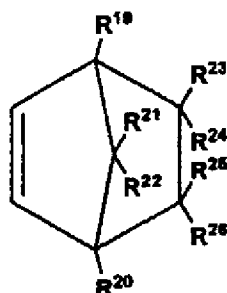


[0090] [式中、 n は0または1であり、 m は0または1以上の整数であり、 q は0または1であり、 $\text{R}^1 \sim \text{R}^{18}$ 、 R^a 及び R^b は、それぞれ独立に水素原子、ハロゲン原子または炭化水素基であり、 $\text{R}^{15} \sim \text{R}^{18}$ は互いに結合して単環または多環を形成していてもよく、括弧内の単環または多環が二重結合を有していてもよく、また R^{15} と R^{16} と、または R^{17} と R^{18} とでアルキリデン基を形成してい

てもよい。]

[0091] [化5]

一般式(V)



[0092] [式中、R¹⁹～R²⁶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。]

[0093] 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。

[0094] (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、405nm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。

[0095] 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。

[0096] 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

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。

[0097] 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-tert-ブチルフェニル)ホスファイト、10-(3, 5-ジ-tert-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-tert-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-tert-ブチルフェニル)ホスファイトなどが特に好ましい。

[0098] 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。

[0099] 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。

[0100] (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。

[0101] 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。

[0102] 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、ステアリ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。

[0103] 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。

[0104] （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。

[0105] 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、Drape x 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。

[0106] 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。

[0107] 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。

[0108] 対物レンズについて、以下に記載する。

[0109] $\phi 1$ を、対物レンズの第1光ディスク使用時の有効径 (mm) としたときに、以下の式を満たす対物レンズであると、いわゆるスリムタイプの光ピックアップ装置に好適に用いられる。但し、それ以外の光ピックアップ装置に用いても良い。

$$1. \quad 9 \leq \phi 1 \leq 3.0 \quad (27)$$

[0110] CD等の第3光ディスクにおけるワーキングディスタンスを確実に確保するという観点では、以下の式を満たすことが好ましい。

$$2. \quad 0 \leq \phi 1 \leq 3.0 \quad (27)'$$

[0111] 更に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4に示されるように、中央領域CN、中間領域MD、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。

[0112] 対物レンズの中央領域は、第1光ディスク、第2光ディスク及び第3光ディスクの記録／再生に用いられる第1、第2、第3光ディスク共用領域と言える。即ち、対物レンズは、中央領域を通過する第1光束を、第1光ディスク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、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、中央領域を通過する第3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／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、第1光ディスクの保護基板の厚さ t_1 と第2光ディスクの保護基板の厚さ 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、第1光ディスクの保護基板の厚さ t_1 と第3光ディスクの保護基板の厚さ 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。

[0113] 対物レンズの中間領域は、第1光ディスク、第2光ディスクの記録／再生に用いられ、第3光ディスクの記録／再生に用いられない第1、第2光ディスク共用領域と言える。即ち、対物レンズは、中間領域を通過する第1光束を、第1光ディスク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、第2光ディスク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、第3光ディスク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、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5示すように、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 S C N、光量密度がスポット中心部より低いスポット中間部 S M D、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 S O T 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、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とも言える。

[0114] 対物レンズの周辺領域は、第1光ディスクの記録／再生に用いられ、第2光ディスク及び第3光ディスクの記録／再生に用いられない第1光ディスク専用領域と言える。即ち、対物レンズは、周辺領域を通過する第1光束を、第1光ディスク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、第2光ディスク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、第3光ディスク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、第2光ディスク及び第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。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、第2光ディスク及び第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。

[0115] 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。

[0116] 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。また、複数の基礎構造を重ねた形状にすると、重ね合わせた数だけ個別に機能を持たせることができる。

[0117] 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。

[0118] 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。

[0119] ブレード型構造とは、図6（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6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幅Pという（図6（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6（a）参照）。

[0120] また、階段型構造とは、図6（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。

[0121] 例えば、図6（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6（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。

[0122] 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。

[0123] 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6(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6(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。

[0124] 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。

[0125] 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、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。

[0126] 第1基礎構造は、ブレード型構造の光路差付与構造であることが好まし

い。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A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B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C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。但し、 $|A| = 1$ 、 $|B| = 1$ 、 $|C| = 1$ である。これにより、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。

[0127] また、第1基礎構造は、その段差が光軸の方向を向いていても良いし、光軸とは逆の方向を向いていてもよい。また、図14(b)のように、中央領域の途中で第1基礎構造の段差の向きが入れ替わっていてもよい。図14(b)は光軸に近い位置では段差が光軸と逆の方を向いているが、途中で段差の向きが入れ替わり、光軸から遠い位置では段差が光軸の方向を向いた例である。また、第1基礎構造の段差の向きは、第3基礎構造の段差の向きと一致していてもよいし、一致していなくてもよい。「段差が光軸の方向を向いている」とは、図7(a)のような状態を言い、「段差が光軸とは逆の方向を向いている」とは、図7(b)のような状態を言う。

[0128] 但し、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。

[0129] 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光束に対して近軸パワーを持つことが好ましい。ここで、「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 が0でないことを意味する。

[0130] また、第2基礎構造も、ブレード型構造の光路差付与構造であることが

好ましい。第2基礎構造は、第2基礎構造を通過した第1光束のD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2基礎構造を通過した第2光束のE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2基礎構造を通過した第3光束のF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。但し、 $|D| = 2$ 、 $|E| = 1$ 、 $|F| = 1$ である。これにより、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。

[0131] また、第2基礎構造は、その段差が光軸の方向を向いていても良いし、光軸とは逆の方向を向いていてもよい。また、また、図14(a)，(b)のように、中央領域の途中で第2基礎構造の段差の向きが入れ替わってもよい。また、第2基礎構造の段差の向きは、第4基礎構造の段差の向きと一致していてもよいし、一致していなくてもよい。

[0132] 尚、段差の向きが異なるように、第1基礎構造と第2基礎構造を重ね合わせるにより、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抑制でき、それに伴い、製造誤差などに因る光量ロスを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抑えることが可能となるものである。

[0133] 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も可能となる。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も可能となる。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できる。尚、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

に変化させることにより、光ピックアップ装置の温度が上昇した際に発生する収差を抑えることが可能となり、対物レンズがプラスチック製である場合に、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可能となる。

[0134] 対物レンズがプラスチック製である場合に、温度変化時においても安定した性能を維持するためには、波長が長くなった際に対物レンズにおいて発生する3次球面収差及び5次球面収差が何れもアンダー（補正不足）であることが好ましい。3次球面収差がアンダーであると、温度変化時の材料の屈折率変化で生じる球面収差を、波長変化による回折効果で補正することが可能となり、3次球面収差と5次球面収差が同じ符号であれば、波長変化時の球面収差（3次、5次）を倍率変化で補正することが可能となる。

[0135] 本発明の第1光路付与構造は、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。

[0136] また、第1光路差付与構造の最小輪帯幅が $15\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。当該観点からは、第1光路差付与構造の最小輪帯幅 b_w と第1波長 λ_1 における焦点距離 f_1 の比 b_w/f_1 が 0.004 以下であることが好ましい。より好ましくは $10\mu\text{m}$ 以下である。また、第1光路差付与構造の平均輪帯幅が $30\mu\text{m}$ 以下となることが好ましい。より好ましくは $20\mu\text{m}$ 以下とすることである。この様な構成にすることにより、上記のように丁度よいレベルのアンダーの波長特性を得ることが可能となると共に、第1光路差付与構造を通過した第3光束において発生する、第3光ディスクの情報の記録／再生に用いられる必要光のベストフォーカス位置と、第3光ディスクの情報の記録／再生に用いられない不要光のベストフォーカス位置を離すことができ、誤検出を低減することも可能となる。尚、平均輪帯幅とは、中央領域の第1光路差付与構造の全ての輪帯幅を合計し、中央領域の第1光路差付与構造の段差数で割った値である。

[0137] ここで、本発明の対物レンズは、軸上色収差が $0.9 \mu\text{m}/\text{nm}$ 以下であることが好ましい。更に、好ましくは、軸上色収差を $0.8 \mu\text{m}/\text{nm}$ 以下とすることである。第1基礎構造のピッチを小さくしすぎると、軸上色収差が悪化してしまう可能性があるため、軸上色収差が $0.9 \mu\text{m}/\text{nm}$ より大きくなるようなピッチにならないように留意して設計することが好ましい。当該観点からは、第1光路差付与構造の最小ピッチ p と第1波長 λ_1 における焦点距離 f_1 の比 p/f_1 が 0.002 以上であることが好ましい。

[0138] 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(28)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第3光ディスクの記録／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第3光ディスクの記録／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。

$$0.05 \leq L/f_{13} \leq 0.35 \quad (28)$$

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。

[0139] より好ましくは、以下の条件式(28)'を満たすことである。

$$0.25 \leq L/f_{13} \leq 0.35 \quad (28)'$$

[0140] 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8(a)、(b)、(c)として示す。尚、図8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8(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BSの段差は光軸OAとは逆の方向を向いている。更に、第1基礎構造BS1と第2基礎構造BS2のピッチを合わせ、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が合っていることがわかる。この図8(a)は、図1(b)の構造と図2(b)の構造を重畳した際にも当てはまる。次に、図8(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BSの段差も光軸OAの方向を向いている。更に、第1基礎構造BS1と第2基礎構造BS2のピッチを合わせ、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が合っていることがわかる。この図8(b)は、図1(c)の構造と図2(c)の構造を重畳した際にも当てはまる。次に、図8(c)においては、第2基礎構造BS2の段差は光軸OAと逆の方向を向いており、第2基礎構造BSの段差も光軸OAと逆の方向を向いている。更に、第1基礎構造BS1と第2基礎構造BS2のピッチを合わせ、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が合っていることがわかる。この図8(c)は、図1(a)の構造と図2(a)の構造を重畳した際にも当てはまる。

[0141] 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、第3基礎構造と第4基礎構造の2つの基礎構造のみを重ね合わせた構造であると好ましい。

[0142] 第3基礎構造は、第3基礎構造を通過した第1光束のA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B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3光束のC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。但し、 $|A| = 1$ 、 $|B| = 1$ 、 $|C| = 1$ である。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C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D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3光束のF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。但し、 $|D| = 2$ 、 $|E| = 1$ 、 $|F| = 1$ である。

[0143] また、第3基礎構造及び第4基礎構造は、その段差が光軸の方向を向いても良いし、光軸とは逆の方向を向いてもよい。また、また、図14(a)，(b)のように、中央領域の途中で第3基礎構造及び／又は第4基礎構造の段差の向きが入れ替わってもよい。

[0144] 第2光路差付与構造に、 $0/0/\pm 1$ のバイナリ構造のような段差量が大い構造を、フレア出しのための第3基礎構造として重ね合わせてしまうと、製造誤差による回折効率の低下や、影の効果等による回折効率の低下という問題が大きなものになってしまう。そのため、第2光路差付与構造において、第3基礎構造と第4基礎構造以外の構造のみを重ね合わせた構造とすると、光の利用効率を高めることができるので好ましい。特に、第1光束の有効径が1.9mmから3.0mmと小径である場合には、第3基礎構造と第4基礎構造からなる第2光路差付与構造において既に輪帯幅が十分狭く、輪帯数の数も十分多いため、第3基礎構造と第4基礎構造に加えて更に別の基礎構造を重ねてしまうと、さらに輪帯幅が細くなり、輪帯数もより多くなってしまうため、製造誤差による回折効率の低下や、輪帯の影の効果による回折効率の低下といった問題が大きくなってしまう。

[0145] 周辺領域に第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5基礎構造を有することが好ましい。第5基礎構造は、第5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5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5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。より好ましくはPが2以下であることである。

[0146] 第1光ディスク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、第2光ディスク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、第3光ディスク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、 $NA3$ 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。

[0147] 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、 $0.9 \cdot NA3$ 以上、 $1.2 \cdot NA3$ 以下（より好ましくは、 $0.95 \cdot NA3$ 以上、 $1.15 \cdot NA3$ 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、対物レンズの中央領域と中間領域の境界が、 $NA3$ 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、 $0.9 \cdot NA2$ 以上、 $1.2 \cdot NA2$ 以下（より好ましくは、 $0.95 \cdot NA2$ 以上、 $1.15 \cdot NA2$ 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、対物レンズの中間領域と周辺領域の境界が、 $NA2$ に相当する部分に形成されていることである。

[0148] 対物レンズを通過した第3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3光束の使用時において、 $0.9 \cdot NA3$ 以上、 $1.2 \cdot NA3$ 以下（より好ましくは、 $0.95 \cdot NA3$ 以上、 $1.15 \cdot NA3$ 以下）の範囲に存在することが好ましい。

[0149] また、対物レンズは、以下の条件式(15)を満たすことが好ましい。

$$0.8 \leq d / f_1 \leq 1.5 \quad (15)$$

但し、 d は、対物レンズの光軸上の厚さ (mm) を表し、 f_1 は、第1光束における対物レンズの焦点距離を表す。

[0150] 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(15)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。

[0151] また、条件式(15)を満たすことにより、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にも拘わらず、本発明の第1光路差付与構造を対物レンズに設けることにより、CDの記録／再生におけるワーキングディスタンスも十分に確保できるため、本発明の効果がより顕著なものとなる。

[0152] さらに、第3光ディスクにおける十分なワーキングディスタンスを確保するという意味では、対物レンズに形成された輪帯の数RNは、150以上250以下であることが好ましい。

[0153] 第1光束、第2光束及び第3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になる場合、第1光束が対物レンズに入射する時の対物レンズの結像倍率 m_1 が、下記の式(16)を満たすことが好ましい。

$$-0.003 \leq m_1 \leq 0.003 \quad (16)$$

[0154] 光ディスクに複数の層がある場合には、各層において対物レンズの倍率が異なる(対物レンズへの光の入射角度が異なる)ため、 $|m_1|$ の最大値が小さくなるよう、最も薄い層と最も厚い層の間の厚さの保護基板厚において、(16)を満たすのが好ましい。このように構成することで、全ての層において、トラッキング時のコマ収差を低減することが可能となる。

[0155] 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(17)を満たすことが好ましい。

$$-0.003 \leq m_2 \leq 0.003 \quad (17)$$

[0156] 光ディスクに複数の層がある場合には、各層において対物レンズの倍率が異なる(対物レンズへの光の入射角度が異なる)ため、 $|m_2|$ の最大値が小さくなるよう、最も薄い層と最も厚い層の間の厚さの保護基板厚において、(17)を満たすのが好ましい。このように構成することで、全ての層において、トラッキング時のコマ収差を低減することが可能となる。

[0157] 一方で、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(20)を満たすことが好ましい。

$$-0.02 \leq m_2 < -0.003 \quad (20)$$

[0158] 互換を回折と倍率変化の両方で達成するため、回折の波長依存性を小さくすることが可能となり、輪帯幅の広い回折構造とすることができる。

[0159] 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させる場合、第3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_3 が、下記の式(18)を満たすことが好ましい。

$$-0.003 \leq m_3 \leq 0.003 \quad (18)$$

[0160] 光ディスクに複数の層がある場合には、各層において対物レンズの倍率が異なる(対物レンズへの光の入射角度が異なる)ため、 $|m_3|$ の最大値が小さくなるよう、最も薄い層と最も厚い層の間の厚さの保護基板厚において、(18)を満たすのが好ましい。このように構成することで、全ての層において、トラッキング時のコマ収差を低減することが可能となる。

[0161] 一方で、第3光束を発散光として対物レンズに入射させる場合、第3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_3 が、下記の式(21)'を満たすことが好ましい。

$$-0.02 \leq m_3 < -0.003 \quad (21)'$$

- [0162] 互換を回折と倍率変化の両方で達成するため、回折の波長依存性が小さくなり、輪帯幅の広い回折構造とすることができる。さらに、光ディスクが厚いほどワーキングディスタンス（WD）が短くなるが、 $(21)'$ によりWDを伸ばすことが可能となり、その分焦点距離の短い、スリムピックアップに適した対物レンズを得ることができる。
- [0163] 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、0.15mm以上、1.5mm以下であることが好ましい。好ましくは、0.19mm以上、0.7mm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、0.2mm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、0.25mm以上、0.7mm以下であることが好ましい。
- [0164] 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。
- [0165] 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。
- [0166] 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。
- [0167] 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

- [0168] 本発明によれば、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、CD使用時にワーキングディスタンスを確保しながらも、有効径の小径化を図ることができる。有効径を小径とすることで、焦点距離を短くし、スリムタイプの光ピックアップ装置に好適な対物レンズを提供できる。又、光路差付与構造の段差量を低減することで、影の効果や製造誤差などに因る光量ロスを抑えることが可能となり、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も可能となる。

図面の簡単な説明

- [0169] [図1]第2基礎構造及び第4基礎構造の光軸方向断面を模式的に示した図であって、(a)は(2/1/1)回折構造、 $|\Delta T 2| < |\Delta T 4|$ 、ピッチの符号が正である場合、(b)は(2/1/1)回折構造、 $|\Delta T 2| > |\Delta T 4|$ 、ピッチの符号が負である場合、(c)は(2/1/1)回折構造、 $|\Delta T 2| > |\Delta T 4|$ 、ピッチの符号が負である場合を示す。

[図2]第1基礎構造及び第3基礎構造の光軸方向断面を模式的に示した図であって、(a)は(1/1/1)回折構造、 $|\Delta T 1| < |\Delta T 3|$ 、ピッチの符号が正である場合、(b)は(1/1/1)回折構造、 $|\Delta T 1| < |\Delta T 3|$ 、ピッチの符号が正である場合、(c)は(1/1/1)回折構造、 $|\Delta T 1| > |\Delta T 3|$ 、ピッチの符号が負である場合を示す。

[図3] (a)はオーバーな球面収差の例を示し、(b)はアンダーな球面収差の例を示す。

[図4]本実施形態にかかる単玉の対物レンズOLを光軸方向に見た図である。

[図5]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6]光路差付与構造の例を示す軸線方向断面図であって、(a)、(b)はブレード型構造の例、(c)、(d)は階段型構造の例を示す。

[図7](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8]第1光路差付与構造の概念図であって、(a)、(b)、(c)は第1光路差付与構造の好ましい例を示す図である。

[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CD使用時における縦球面収差図である。

[図11]実施例2のCD使用時における縦球面収差図である。

[図12]実施例3のCD使用時における縦球面収差図である。

[図13]実施例4のCD使用時における縦球面収差図である。

[図14](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15]実施例5のCD使用時における縦球面収差図である。

[図16]実施例1における各基礎構造のピッチを示す図である。

[図17]実施例2における各基礎構造のピッチを示す図である。

[図18]実施例4における各基礎構造のピッチを示す図である。

発明を実施するための形態

[0170] 以下、本発明の実施形態を、図面を参照して説明する。図9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、スリムタイプであ

り、薄型の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、本実施形態に限られるものではない。

[0171] 光ピックアップ装置PU1は、対物レンズOL、 $\lambda/4$ 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。

[0172] 図2に示されるように、本実施形態にかかる単玉の対物レンズOL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OLの中心領域CNに形成された第1光路差付与構造は、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、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、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。

[0173] 対物レンズOLの中間領域MDに形成された第2光路差付与構造は、第3基礎構造と第4基礎構造とを重ね合わせた構造であり、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し、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し、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し、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。

[0174] 対物レンズの中央領域と中間領域との境界を挟んで、第1基礎構造の最も境界に近いピッチP1、第3基礎構造の最も境界に近いピッチP3、第2基礎構造の最も境界に近いピッチP2、及び、第4基礎構造の最も境界に近いピッチP4は、以下の式(1)、(3)を満たす。

$$P3 - P1 > 0 \quad (3)$$

$$P4 - P2 > 0 \quad (1)$$

[0175] 青紫色半導体レーザLD1から射出された第1光束($\lambda 1 = 405 \text{ nm}$)の発散光束は、実線で示すように、ダイクロイックプリズムDPを通過し、偏光ビームスプリッタBSを通過した後、コリメートレンズCOLを通過して平行光となり、 $\lambda/4$ 波長板QWPにより直線偏光から円偏光に変換され、不図示の絞りによりその光束径が規制され、対物レンズOLに入射する。ここで、対物レンズOLの中央領域と中間領域と周辺領域により集光された光束は、厚さ0.1mmの保護基板PL1を介して、BDの情報記録面RL

1 上に形成されるスポットとなる。

[0176] 情報記録面 R L 1 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 L、不図示の絞りを透過した後、 $\lambda/4$ 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 により収斂光束とされ、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、2 軸アクチュエータ A C 1 により対物レンズ O L をフォーカシングやトラッキングさせることで、B D に記録された情報を読み取ることができる。ここで、第 1 光束に波長変動が生じた場合や、複数の情報記録層を有する B D の記録／再生を行う場合、波長変動や異なる情報記録層に起因して発生する球面収差を、倍率変更手段としてのコリメートレンズ C O L を 1 軸アクチュエータ A C 2 により光軸方向に変化させて、対物光学素子 O L に入射する光束の発散角又は収束角を変更することで補正できるようになっている。

[0177] レーザユニット L D P の半導体レーザ L D 2 から射出された第 2 光束 ($\lambda = 660 \text{ nm}$) 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 D P で反射され、偏光ビームスプリッタ B S、コリメートレンズ C O L を通過し、 $\lambda/4$ 波長板 Q W P により直線偏光から円偏光に変換され、対物レンズ O L に入射する。ここで、対物レンズ O L 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、厚さ 0.6 mm の保護基板 P L 2 を介して、D V D の情報記録面 R L 2 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。

[0178] 情報記録面 R L 2 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 L 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 により収斂光束とされ、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 D V D に記録された情報を読み取ることができる。本実施形態ではカップリングレンズ C O L を固定した状態でも、D V D に情報の記録／再生を行えるので、光ピックアップ

ップ装置の制御系が簡素化される。

[0179] レーザユニットLD Pの半導体レーザLD 3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OLに入射する。ここで、対物レンズOL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、厚さ1.2 mmの保護基板PL 3を介して、CDの情報記録面RL 3上に形成されるスポットとなる。

[0180] 情報記録面RL 3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OL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により収斂光束とされ、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CDに記録された情報を読み取ることができる。

[0181] （実施例）

以下、上述した実施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。

[0182] [数1]

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

[0183] 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。

[0184] 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。

[0185] (数 2)

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

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 $P(h) = \lambda B / (\sum (2i \times C_{2i} \times h^{2i-1}))$ とする。

[0186] (実施例 1)

表 1 に実施例 1 のレンズデータを示す。この実施例は、第 1 基礎構造、第 3 基礎構造の段差が光軸と逆の方向を向いており、第 2 基礎構造、第 4 基礎構造の段差が光軸の方向を向いている例である。BD の焦点距離は 2.2 mm となっており、ここでは比較的短い値としての位置付けである。図 16 に、各基礎構造のピッチを示す。図 16 において、縦軸はピッチ P (mm)、横軸は光軸からの高さを示しており、境界 BN を境に、左側が中央領域、右側が中間領域を表している。P1、P2、P3、P4 は、境界 BN に最も近い第 1 基礎構造、第 2 基礎構造、第 3 基礎構造、第 4 基礎構造のピッチの値である。図 16 を見ると、P1、P3 が正の値であって、P3 の絶対値の方が P1 より大きく、P2、P4 が負の値であって、P2 の絶対値の方が P4 より大きいことが分かる。したがって、後述する表 6 にもあるように、 $P4 - P2 > 0$ になり、 $P3 - P1 > 0$ になることがわかる。又、図 10 に、実施例 1 において CD 使用時における縦球面収差図を示す。図 10 に示すように、中間領域より外側において CD の情報記録面上でアンダー側に球面収差を発生しており、これにより適切なフレア出しを行えることが分かる。

[0187]

[表1]

◆仕様

	BD	DVD	CD
焦点距離 f (mm)	2.20	2.39	2.46
波長 λ (nm)	405	660	785
NA	0.85	0.62	0.47
有効径 ϕ (mm)	3.74	3.00	2.32
倍率	0	0	0
WD (mm)	0.71	0.61	0.29
ディスク厚 (mm)	0.0875	0.6	1.2

◆配置

第i面	ri	BD		DVD		CD		備考
		di (405nm)	ni (405nm)	di (660nm)	ni (660nm)	di (780nm)	ni (780nm)	
0		∞		∞		∞		
1 (絞り板)	∞	0.0 ($\phi 3.74$ mm)	1.0000	0.0 ($\phi 3.74$ mm)	1.0000	0.0 ($\phi 3.74$ mm)	1.0000	絞り
2	対物側	2.50	1.5401	2.50	1.5206	2.50	1.5172	対物レンズ
3	下対物側	0.71	1.0000	0.61	1.0000	0.28	1.0000	
4	∞	0.0875	1.5195	0.60	1.5772	1.20	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2-1面	第2-2面	第2-3面	第3面
h	$0 \leq h < 1.16$	$1.16 \leq h < 1.50$	$1.50 \leq h$	
r	1.272776738	1.291420871	1.483404141	-3.537377205
k	-3.8600E-01	-5.6650E-01	-4.3503E-01	-4.1833E+01
A4	-2.2058E-02	-2.1168E-02	2.1291E-02	1.2674E-01
A6	1.0476E-02	3.9663E-02	-2.3508E-03	-1.0622E-01
A8	-1.1155E-02	-2.0689E-02	3.0658E-04	7.0958E-02
A10	8.5091E-04	-2.3513E-03	-4.8408E-04	-4.0969E-02
A12	2.5152E-03	5.2958E-03	-1.0386E-04	1.3782E-02
A14	-2.4088E-03	-2.8048E-03	5.0693E-05	-2.5780E-03
A16	1.8079E-03	1.7291E-03	-8.9216E-07	2.2077E-04
A18	-7.9842E-04	-7.5675E-04	1.3581E-05	0.0000E+00
A20	1.7988E-04	1.1910E-04	-6.7047E-07	0.0000E+00
A0	0.0000E+00	1.0909E-02	2.9645E-02	0.0000E+00

◆光路差関数係数

	第2-1面	第2-2面	第2-3面
λ (nm)	395	395	405
次数(BD-DVD/CD)	2/1/1	2/1/1	1/1/1
C1	-4.1333E-03	2.5083E-03	4.0887E-03
C2	-3.4905E-03	-1.3231E-02	-7.8067E-04
C3	3.8264E-03	8.4475E-03	-1.1568E-03
C4	-2.9901E-03	-3.1588E-03	-1.4870E-04
C5	8.2160E-04	3.6813E-04	-5.3841E-05
λ (nm)	600	600	
次数(BD-DVD/CD)	1/1/1	1/1/1	
C1	2.4691E-02	2.9751E-02	
C2	-6.2698E-04	-8.7278E-03	
C3	-1.5730E-04	2.0735E-03	
C4	9.5305E-05	-2.2580E-04	
C5	-9.3797E-05	-1.0287E-04	

第2-1面の回折構造1は 第2基礎構造
 第2-1面の回折構造2は 第1基礎構造
 第2-2面の回折構造1は 第4基礎構造
 第2-2面の回折構造2は 第3基礎構造

[0188] (実施例2)

表2に実施例2のレンズデータを示す。この実施例は、第1基礎構造、第3基礎構造の段差が光軸と逆の方向を向いており、第2基礎構造、第4基礎構造の段差が光軸の方向を向いている例である。BDの焦点距離は1.77mmと比較的短い値である。図17に、各基礎構造のピッチを示す。図17を見ると、P1、P3が正の値であって、P3の絶対値の方がP1より大きく、P2、P4が負の値であって、P2の絶対値の方がP4より大きいことが分かる。したがって、後述する表6にもあるように、 $P4 - P2 > 0$ になり、 $P3 - P1 > 0$ になることがわかる。又、図11に、実施例2において

C D使用時における縦球面収差図を示す。図11に示すように、中間領域より外側においてC Dの情報記録面上でアンダー側に球面収差を発生しており、これにより適切なフレア出しを行えることが分かる。

[0189] [表2]

◆仕様

	BD	DVD	CD
焦点距離 f (mm)	1.77	1.98	2.06
波長 λ (nm)	405	658	785
NA	0.85	0.82	0.47
有効径 φ (mm)	3.00	2.49	1.98
倍率	0	0	0
WD (mm)	0.62	0.58	0.30
ディスク厚 (mm)	0.0875	0.6	1.2

◆配置

第i面	r _i	BD		DVD		CD		備考
		d _i (405nm)	n _i (405nm)	d _i (658nm)	n _i (658nm)	d _i (785nm)	n _i (785nm)	
0	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	
1 (絞り様)	∞	0.0 (φ3.00mm)	1.0000	0.0 (φ3.00mm)	1.0000	0.0 (φ3.00mm)	1.0000	絞り
2	下記参照	2.00	1.5401	2.00	1.5206	2.00	1.5172	対物レンズ
3	下記参照	0.62	1.0000	0.58	1.0000	0.30	1.0000	
4	∞	0.0875	1.6195	0.60	1.5773	1.20	1.5708	ディスク
5	∞							

*d_iは、第i面から第i+1面までの変位を表す。

◆非球面係数

	第2-1面	第2-2面	第2-3面	第3面
h	0 ≤ h < 0.98	0.98 ≤ h < 1.245	1.245 ≤ h	
c	1.029557517	1.064773645	1.209625836	-2.254527253
k	-4.9968E-01	-5.1493E-01	-5.0153E-01	-4.1446E+01
A4	-2.9875E-02	3.8356E-03	4.0047E-02	2.0742E-01
A6	2.8306E-02	1.7477E-03	2.3071E-01	-3.1582E-01
A8	-3.0319E-02	-1.8051E-02	-1.6750E-05	3.6232E-01
A10	5.2345E-03	-2.2744E-03	-2.0410E-03	-3.0238E-01
A12	2.0641E-03	6.5051E-04	-1.1998E-03	1.5936E-01
A14	2.8063E-03	-3.9222E-04	8.0809E-04	-4.6115E-02
A16	-1.7347E-03	4.7509E-03	1.6878E-05	5.4995E-03
A18	1.5538E-03	-3.4173E-03	6.7532E-05	0.0000E+00
A20	-1.8053E-04	6.6887E-04	-5.6701E-05	0.0000E+00
A0	0.0000E+00	1.5835E-02	1.8800E-02	0.0000E+00

◆光路差関数係数

	第2-1面	第2-2面	第2-3面
λ B (nm)	395	395	405
回折次数 (BD, DVD, CD)	2/1/1	2/1/1	1/1/1
C1	-9.5101E-03	-3.0055E-03	7.7895E-03
C2	-3.9190E-03	-6.8183E-03	1.8481E-03
C3	7.2239E-03	-1.5610E-03	-1.5490E-03
C4	-6.7036E-03	-8.5597E-04	-2.2856E-04
C5	3.3219E-03	4.9826E-04	-4.5589E-04
λ B (nm)	500	500	
回折次数 (BD, DVD, CD)	1/1/1	1/1/1	
C1	5.4611E-02	5.7252E-02	
C2	-7.1678E-03	-5.8150E-03	
C3	6.4491E-03	2.6449E-03	
C4	-2.5078E-03	-3.0581E-03	
C5	5.6134E-04	1.0202E-03	

第2-1面の回折構造1は 第2基礎構造
 第2-1面の回折構造2は 第1基礎構造
 第2-2面の回折構造1は 第4基礎構造
 第2-2面の回折構造2は 第3基礎構造

[0190] (実施例3)

表3に実施例3のレンズデータを示す。この実施例は、第1基礎構造、第3基礎構造の段差が光軸と逆の方向を向いており、第2基礎構造、第4基礎構造の段差は光軸の方向を向いている例である。BDの焦点距離は1.77mmと比較的短い値である。後述する表6にもあるように、 $P4 - P2 > 0$ になり、 $P3 - P1 > 0$ になる。又、図12に、実施例3においてCD使用

時における縦球面収差図を示す。図 12 に示すように、中間領域より外側において C D の情報記録面上でアンダー側に球面収差を発生しており、これにより適切なフレア出しを行えることが分かる。

[0191] [表3]

◆仕様

	BD	DVD	CD
焦点距離 F(mm)	1.77	2.02	2.10
波長 λ (nm)	405	680	785
NA	0.85	0.62	0.47
有効径 φ (mm)	1.00	2.54	1.99
倍率	0	0	0
WD (mm)	0.62	0.62	0.34
ディスク厚 (mm)	0.0875	0.0	1.2

◆配置

第i面	ri	BD		DVD		CD		備考
		di (405nm)	ni (405nm)	di (680nm)	ni (680nm)	di (785nm)	ni (785nm)	
0		∞		∞		∞		
1 (絞り板)	∞	0.0 (φ3.00mm)	1.0000	0.0 (φ3.00mm)	1.0000	0.0 (φ3.00mm)	1.0000	絞り
2	下記参照	2.03	1.5401	2.00	1.5208	2.00	1.5172	対物レンズ
3	下記参照	0.82	1.0000	0.63	1.0000	0.34	1.0000	
4	∞	0.0875	1.6185	0.60	1.5772	1.20	1.5708	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2-1面	第2-2面	第2-3面	第3面
n	0.5h<0.995	0.995<h<1.27	1.27<h	
r	1.069447593	1.069804358	1.224739784	-2.310288856
k	-5.0833E-01	-5.3549E-01	-5.0330E-01	-3.6896E+01
A4	-2.8531E-02	3.5254E-03	2.8835E-02	2.0683E-01
A6	2.4350E-02	3.8547E-03	2.6629E-03	-3.2065E-01
A8	-2.0037E-02	-1.4514E-02	8.9803E-04	3.6465E-01
A10	6.4525E-03	-8.8183E-04	-1.6220E-02	-2.9958E-01
A12	-1.0484E-03	1.2092E-03	-1.0898E-03	1.5652E-01
A14	-1.4240E-03	-4.2410E-04	8.2080E-04	-4.7508E-02
A16	1.1264E-03	4.0282E-03	2.0629E-05	6.6607E-03
A18	6.9588E-05	-3.8591E-03	6.9825E-05	0.0000E+00
A20	-1.8051E-04	9.2940E-04	-5.5582E-05	0.0000E+00
A0	0.0000E+00	-2.1723E-03	6.9085E-03	0.0000E+00

◆光路差関数係数

	第2-1面	第2-2面	第2-3面
λ B (nm)	395	395	405
次数 (BD/DVD/CD)	2/1/1	2/1/1	1/1/1
C1	-1.8047E-02	-1.7409E-02	-5.8353E-03
C2	-4.0329E-03	-2.5080E-03	1.0446E-03
C3	3.8878E-03	1.6081E-04	-1.1440E-03
C4	-3.4869E-03	-9.7639E-04	2.2121E-04
C5	9.3850E-04	-1.0323E-04	-1.0562E-04
λ B (nm)	500	500	
次数 (BD/DVD/CD)	1/1/1	1/1/1	
C1	6.2479E-02	8.1902E-02	
C2	-8.9070E-03	-6.4111E-03	
C3	0.4274E-03	4.0636E-03	
C4	-4.6318E-03	-3.6973E-04	
C5	1.2546E-03	-5.7145E-04	

第2-1面の回折構造1は 第2基礎構造

第2-1面の回折構造2は 第1基礎構造

第2-2面の回折構造1は 第4基礎構造

第2-2面の回折構造2は 第3基礎構造

[0192] (実施例 4)

表 4 に実施例 4 のレンズデータを示す。この実施例は、第 1 基礎構造、第 3 基礎構造の段差が光軸と逆の方向を向いており、第 2 基礎構造、第 4 基礎構造の段差も光軸とは逆の方向を向いている例である。B D の焦点距離は 1.41mm となっており、非常に短い値である。図 18 に、各基礎構造のピッチを示す。図 18 を見ると、P 1、P 3 が正の値であって、P 3 の絶対値

の方がP1より大きく、P2、P4は正の値であって、P4の絶対値の方がP2より大きいことが分かる。したがって、後述する表6にもあるように、 $P4 - P2 > 0$ になり、 $P3 - P1 > 0$ になることがわかる。又、図13に、実施例4においてCD使用時における縦球面収差図を示す。図13に示すように、中間領域より外側においてCDの情報記録面上でアンダー側に球面収差を発生しており、これにより適切なフレア出しを行えることが分かる。

[0193] [表4]

◆仕様

	BD	DVD	CD
焦点距離 f (mm)	1.41	1.80	1.71
波長 λ (nm)	405	658	785
NA	0.85	0.6	0.47
有効径 φ (mm)	2.40	2.00	1.66
倍率	0	-0.0232	-0.0248
WD (mm)	0.52	0.52	0.32
ディスク厚 (mm)	0.0875	0.6	1.2

◆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 (φ2.40mm)	1.0000	0.0 (φ2.40mm)	1.0000	0.0 (φ2.40mm)	1.0000	絞り
2	下記参照	1.65	1.5401	1.65	1.5206	1.65	1.5172	対物レンズ
3	下記参照	0.52	1.0000	0.52	1.0000	0.32	1.0000	
4	∞	0.0875	1.6195	0.60	1.5773	1.20	1.5706	
5	∞							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2-1面	第2-2面	第2-3面	第3面
h	$0 \leq h < 0.83$	$0.83 \leq h < 1.00$	$1.00 \leq h$	
r	0.704729324	0.641612715	0.692193788	-1.410149911
a	-7.2779E-01	-8.2053E-01	-8.0294E-01	-1.5082E+01
A4	-1.6587E-01	-2.6814E-01	-2.1152E-01	4.5061E-01
A6	3.0201E-01	2.8843E-01	2.8570E-01	-1.0455E+00
A8	-2.5810E-01	-8.9044E-02	-1.1679E-01	1.8268E+00
A10	7.5525E-02	9.0958E-02	8.0486E-02	-2.3100E+00
A12	1.1678E-01	-1.0518E-01	-7.3073E-02	1.9674E+00
A14	-1.8163E-01	-7.3631E-02	-5.1676E-02	-9.8238E-01
A16	1.3170E-01	1.4554E-01	1.6307E-01	1.9918E-01
A18	-1.2537E-01	-8.2520E-02	-1.2901E-01	0.0000E+00
A20	4.4331E-02	6.1209E-03	3.5130E-02	0.0000E+00
A0	0.0000E+00	-8.7661E-03	4.0646E-03	0.0000E+00

◆光路差関数係数

	第2-1面	第2-2面	第2-3面
λB (nm)	395	395	405
次数 (BD/DVD/CD)	2/1/1	2/1/1	1/1/1
C1	1.0959E-02	1.4212E-02	1.1724E-01
C2	-3.0687E-02	-3.5540E-02	-1.2833E-01
C3	6.4350E-02	5.6403E-02	1.6292E-01
C4	-6.7875E-02	-4.0351E-02	-6.6587E-02
C5	2.8788E-02	5.9166E-03	-1.8044E-03
λB (nm)	500	500	
次数 (BD/DVD/CD)	1/1/1	1/1/1	
C1	1.0494E-01	1.0973E-01	
C2	-3.5806E-02	-4.3596E-02	
C3	5.2438E-02	4.1327E-02	
C4	-3.3956E-02	1.4674E-03	
C5	1.5136E-02	-1.0164E-02	

第2-1面の回折構造1は 第2基礎構造
 第2-1面の回折構造2は 第1基礎構造
 第2-2面の回折構造1は 第4基礎構造
 第2-2面の回折構造2は 第3基礎構造

[0194] (実施例5)

表5に実施例5のレンズデータを示す。この実施例は、BDの焦点距離は1.41mmとなっており、非常に短い値であるが、第1基礎構造、第3基

礎構造の段差が光軸と逆の方向を向いており、第2基礎構造、第4基礎構造の段差が光軸の方向を向いている例外的な例である。後述する表6にもあるように、 $P4 - P2 > 0$ になり、 $P3 - P1 > 0$ になる。又、図15に、実施例5においてCD使用時における縦球面収差図を示す。図15に示すように、中間領域より外側においてCDの情報記録面上でアンダー側に球面収差が発生しており、これにより適切なフレア出しを行えることが分かる。

[0195] [表5]

◆仕様

	BD	DVD	CD
焦点距離 f (mm)	1.41	1.64	1.74
波長 λ (nm)	405	658	785
NA	0.85	0.6	0.47
有効径 φ (mm)	2.40	2.04	1.70
倍率	0	-0.0237	-0.0252
WD (mm)	0.48	0.51	0.28
ディスク厚 (mm)	0.0875	0.9	1.2

◆配置

第1面	n	BD		DVD		CD		備考
		d1 (405nm)	n1 (405nm)	d1 (658nm)	n1 (658nm)	d1 (785nm)	n1 (785nm)	
0	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	
1 (絞り径)	∞	0.0 (φ2.40mm)	1.0000	0.0 (φ2.40mm)	1.0000	0.0 (φ2.40mm)	1.0000	絞り
2	下記参照	1.65	1.5401	1.65	1.5208	1.65	1.5172	対物レンズ
3	下記参照	0.48	1.0000	0.51	1.0000	0.28	1.0000	
4	∞	0.0875	1.8195	0.60	1.5773	1.20	1.5796	ディスク
5	∞							

*d1は、第0面から第d1+1面までの変位を表す。

◆非球面係数

	第2-1面	第2-2面	第2-3面	第3面
n	$0.85 \leq n < 0.85$	$0.85 \leq n < 1.02$	$1.02 \leq n$	
c	0.752944565	0.852310605	0.886271531	-1.601008427
k	-0.88038E-01	-8.3247E-01	-8.1330E-01	-2.5316E+01
A4	-1.2655E-01	-2.8344E-01	-2.2008E-01	4.7077E-01
A6	2.6230E-01	2.8586E-01	2.8617E-01	-1.0470E+00
A8	-2.3858E-01	-8.4114E-02	-1.2302E-01	1.8257E+00
A10	4.4587E-02	8.5844E-02	7.9439E-02	-2.3002E+00
A12	1.1910E-01	-1.0243E-01	-7.1010E-02	1.9845E+00
A14	-1.8724E-01	-7.3278E-02	-4.9249E-02	-8.5021E-01
A16	2.2977E-01	1.4421E-01	1.6437E-01	1.8931E-01
A18	-1.5148E-01	-6.3519E-02	-1.2906E-01	0.0000E+00
A20	3.4790E-02	6.7655E-01	3.4043E-02	0.0000E+00
A0	0.0000E+00	-1.5089E-02	-4.5553E-03	0.0000E+00

◆光路差調整係数

▼ 光学的特性値				
		第2-1面	第2-2面	第2-3面
λB (nm)		395	395	405
次数 (BD/CD)		2/1/1	2/1/1	1/1/1
回折構造 1	C1	-9.7531E-03	-1.8232E-03	9.1275E-02
	C2	-2.2848E-02	-4.1023E-02	-1.3918E-01
	C3	5.2688E-02	5.8384E-02	1.5810E-01
	C4	-8.6732E-02	-1.9241E-02	-8.7895E-02
	C5	3.1381E-02	5.8606E-03	-2.0411E-03
λB (nm)		590	590	
次数 (BD/DVD/CD)		1/1/1	1/1/1	
回折構造 2	C1	1.0494E-01	1.0885E-01	
	C2	-3.4264E-02	-3.9761E-02	
	C3	3.9553E-02	4.0930E-02	
	C4	-4.6709E-02	-1.5263E-03	
	C5	2.1937E-02	-7.7364E-03	

第2-1面の回折構造1は 第2基礎構造
 第2-1面の回折構造2は 第3基礎構造
 第2-2面の回折構造1は 第4基礎構造
 第2-2面の回折構造2は 第3基礎構造

[0196] 表6に、請求の範囲に記載した条件式の値をまとめて示す。いずれの実施例においても、BDにおける温度変化時の収差変化が小さいことがわかる。

[0197]

[表6]

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5
フレア	アンダー	アンダー	アンダー	アンダー	アンダー
PW4	0.05	0.09	0.10	0.17	0.17
PW3	0.00	-0.01	-0.03	0.03	0.00
PW2	0.04	0.09	0.10	0.16	0.16
PW1	-0.01	-0.02	-0.04	0.02	-0.02
P1	1.00E-02	4.86E-03	4.06E-03	2.93E-03	2.72E-03
P2	-2.02E-02	-1.46E-02	-7.84E-03	4.71E-02	-1.27E-02
P3	1.13E-02	5.44E-03	4.09E-03	3.04E-03	2.84E-03
P4	-1.42E-02	-9.35E-03	-7.20E-03	4.18E-01	-9.66E-03
(1) $P4 - P2 > 0$	6.04E-03	5.25E-03	6.40E-04	3.71E-01	3.01E-03
(2) $P3 - P1 > 0$	1.32E-03	5.80E-04	3.00E-05	1.16E-04	1.17E-04
BD焦点距離 $f1$ [mm]	2.20	1.77	1.77	1.41	1.41
(12) $(PW1/PW3)/(PW2/PW4)$	-1.98	3.30	1.03	0.81	5.60
(13) $d/f1$	1.14	1.13	1.13	1.17	1.17
BD波長変化(+5nm、25°C)時の波面収差	0.385 λ rms	0.216 λ rms	0.109 λ rms	0.229 λ rms	0.291 λ rms
BD温度変化(+1.5nm、55°C)時の波面収差	0.111 λ rms	0.052 λ rms	0.044 λ rms	0.038 λ rms	0.075 λ rms
中央領域と中間領域の境界での第1基礎構造の段差の向き	光軸と逆の方	光軸と逆の方	光軸と逆の方	光軸と逆の方	光軸と逆の方
中央領域と中間領域の境界での第2基礎構造の段差の向き	光軸の方	光軸の方	光軸の方	光軸と逆の方	光軸の方
中央領域と中間領域の境界での第3基礎構造の段差の向き	光軸と逆の方	光軸と逆の方	光軸と逆の方	光軸と逆の方	光軸と逆の方
中央領域と中間領域の境界での第4基礎構造の段差の向き	光軸の方	光軸の方	光軸の方	光軸と逆の方	光軸の方

Pの符号が+→光軸と逆
Pの符号が-→光軸

[0198] 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

[0199] AC1 2軸アクチュエータ

BS 偏光ビームスプリッタ

CN 中央領域

COL コリメートレンズ

DP ダイクロイックプリズム

LD1 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 保護基板

P L 2 保護基板

P L 3 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 情報記録面

R L 2 情報記録面

R L 3 情報記録面

S E N センサレンズ

請求の範囲

[請求項1]

第1波長 λ_1 (nm)の第1光束を射出する第1光源と、第2波長 λ_2 (nm) ($\lambda_2 > \lambda_1$)の第2光束を射出する第2光源と、第3波長 λ_3 (nm) ($\lambda_3 > \lambda_2$)の第3光束を射出する第3光源とを有し、前記第1光束を用いて厚さが t_1 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2光束を用いて厚さが t_2 ($t_1 < t_2$)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3光束を用いて厚さが t_3 ($t_2 < t_3$)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レンズであって、

前記対物レンズは単玉であり、

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2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3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、

前記対物レンズは、前記中間領域を通過する前記第1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、前記中間領域を通過する前記第2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、前記中間領域を通過する前記第3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2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せず、前記周辺領域を通過する前記第3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せず、

前記中央領域は、ブレード型構造である第1基礎構造とブレード型構造である第2基礎構造とを重畳させた第1光路差付与構造を有し、

前記中間領域は、ブレード型構造である第3基礎構造とブレード型構造である第4基礎構造とを重畳させた第2光路差付与構造を有し、

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A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B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C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D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E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F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基礎構造は、前記第3基礎構造を通過した第1光束のA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B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3光束のC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D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E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3光束のF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、

A, B, C, D, E, Fは、それぞれ、

$$|A| = 1$$

$$|B| = 1$$

$$|C| = 1$$

$$|D| = 2$$

$$|E| = 1$$

$$|F| = 1$$

を満たし、

前記第1基礎構造、前記第2基礎構造、前記第3基礎構造及び前記第4基礎構造のピッチは、基礎構造の段差が光軸とは逆の方向を向いている場合は正の符号とし、基礎構造の段差が光軸の方向を向いている場合は負の符号としたときに、

前記中央領域と前記中間領域との境界を挟んで、前記第2基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチP₂、及び、前記第4基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチP₄は、その符号を考慮して、以下の式(1)を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$P_4 - P_2 > 0 \quad (1)$$

但し、

前記基礎構造を定義する光路差関数を $\Phi(h) = \sum (C_{2i} h^{2i} \times \lambda \times m / \lambda B)$ で表したとき、

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

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。

[請求項2]

前記第2基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅を ΔT_2 、前記第4基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅を ΔT_4 とし、

前記第 1 基礎構造、前記第 2 基礎構造、前記第 3 基礎構造及び前記第 4 基礎構造の輪帯の幅は、基礎構造の段差が光軸とは逆の方向を向いている場合は正の符号とし、基礎構造の段差が光軸の方向を向いている場合は負の符号としたときに、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。

$$\Delta T 4 - \Delta T 2 > 0 \quad (2)$$

[請求項3] 前記中央領域と前記中間領域との境界を挟んで、前記第 1 基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P 1、及び、前記第 3 基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P 3 は、その符号を考慮して、以下の式 (3) 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。

$$P 3 - P 1 > 0 \quad (3)$$

[請求項4] 前記中央領域と前記中間領域との境界を挟んで、前記第 1 基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P 1、前記第 3 基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P 3、前記第 2 基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P 2、及び、前記第 4 基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P 4 は、その符号を考慮して、以下の式 (4) を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$| P 3 - P 1 | < | P 4 - P 2 | \quad (4)$$

[請求項5] 前記第 2 光路差付与構造を通過した前記第 3 光束は、前記第 3 光ディスクの情報記録面でアンダーの球面収差を発生させることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

[請求項6] 前記第 1 基礎構造及び前記第 3 基礎構造の最も前記境界に近い段差がそれぞれ光軸の方向を向いており、前記第 2 基礎構造及び前記第 4 基礎構造の最も前記境界に近い段差がそれぞれ光軸の方向を向いており、前記中央領域と前記中間領域との境界を挟んで、前記第 1 基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P 1、前記第 3 基礎構造の最も

前記境界に近い位置のピッチ P_3 、前記第 2 基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P_2 、及び、前記第 4 基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P_4 は、その符号を考慮して、以下の式 (5)、(6) を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$P_1 < P_3 < 0 \quad (5)$$

$$P_2 < P_4 < 0 \quad (6)$$

[請求項7] 前記第 1 光束における前記対物レンズの焦点距離を f_1 (mm) としたとき、以下の式 (7) を満たすことを特徴とする請求項 6 に記載の対物レンズ。

$$2.0 \leq f_1 \leq 3.5 \quad (7)$$

[請求項8] 前記第 1 基礎構造及び前記第 3 基礎構造の最も前記境界に近い段差がそれぞれ光軸と逆の方向を向いており、前記第 2 基礎構造及び前記第 4 基礎構造の最も前記境界に近い段差がそれぞれ光軸の方向を向いており、前記中央領域と前記中間領域との境界を挟んで、前記第 1 基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P_1 、前記第 3 基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P_3 、前記第 2 基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P_2 、及び、前記第 4 基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P_4 は、その符号を考慮して、以下の式 (8)、(9) を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$P_3 > P_1 > 0 \quad (8)$$

$$P_2 < P_4 < 0 \quad (9)$$

[請求項9] 前記第 1 光束における前記対物レンズの焦点距離を f_1 (mm) としたとき、以下の式 (10) を満たすことを特徴とする請求項 8 に記載の対物レンズ。

$$1.5 \leq f_1 \leq 2.5 \quad (10)$$

[請求項10] 前記第 1 基礎構造及び前記第 3 基礎構造の最も前記境界に近い段差

がそれぞれ光軸と逆の方向を向いており、前記第 2 基礎構造及び前記第 4 基礎構造の最も前記境界に近い段差がそれぞれ光軸と逆の方向を向いており、前記中央領域と前記中間領域との境界を挟んで、前記第 1 基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P_1 、前記第 3 基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P_3 、前記第 2 基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P_2 、及び、前記第 4 基礎構造の最も前記境界に近い位置のピッチ P_4 は、その符号を考慮して、以下の式 (11)、(12) を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$P_3 > P_1 > 0 \quad (11)$$

$$P_4 > P_2 > 0 \quad (12)$$

[請求項11] 前記第 1 光束における前記対物レンズの焦点距離を f_1 (mm) としたとき、以下の式 (13) を満たすことを特徴とする請求項 10 に記載の対物レンズ。

$$1.0 \leq f_1 \leq 1.8 \quad (13)$$

[請求項12] 前記第 1 基礎構造の前記第 3 光束における近軸パワーを PW_1 、前記第 2 基礎構造の前記第 3 光束における近軸パワーを PW_2 、前記第 3 基礎構造の前記第 3 光束における近軸パワーを PW_3 、前記第 4 基礎構造の前記第 3 光束における近軸パワーを PW_4 としたときに、以下の (14) 式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$1.0 < (PW_1 / PW_3) / (PW_2 / PW_4) < 1.5 \quad (14)$$

[請求項13] 以下の (15) 式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$0.8 \leq d / f_1 \leq 1.5 \quad (15)$$

但し、 d は、前記対物レンズの光軸上の厚さ (mm)、 f_1 は、前記第 1 光束における前記対物レンズの焦点距離 (mm) を表す。

[請求項14] 前記中央領域は、第1基礎構造と第2基礎構造のみとを重畳させた第1光路差付与構造のみを有し、前記中間領域は、第3基礎構造と第4基礎構造のみとを重畳させた第2光路差付与構造のみを有することを特徴とする請求項1乃至13のいずれか1項に記載の対物レンズ。

[請求項15] 前記第1光束における前記対物レンズの倍率を m_1 、前記第2光束における前記対物レンズの倍率を m_2 、前記第3光束における前記対物レンズの倍率を m_3 としたとき、以下の(16)～(18)式を満たすことを特徴とする請求項1乃至14のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$-0.003 \leq m_1 \leq 0.003 \quad (16)$$

$$-0.003 \leq m_2 \leq 0.003 \quad (17)$$

$$-0.003 \leq m_3 \leq 0.003 \quad (18)$$

但し、対物レンズの倍率とは、対応する光ディスクが1層のみ有する場合には、その層における球面収差が最小となる倍率であり、複数の層がある場合には、厚さ t_m の保護基板において3次の球面収差が最小となる倍率であり、下記を満たす。

$$t_{\min} \leq t_m \leq t_{\max}$$

$t_{\min}$: 最も保護基板が薄い層の保護基板厚

$t_{\max}$: 最も保護基板が厚い層の保護基板厚

[請求項16] 前記第1光束における前記対物レンズの倍率を m_1 、前記第2光束における前記対物レンズの倍率を m_2 、前記第3光束における前記対物レンズの倍率を m_3 としたとき、以下の(19) (20) (21)式を満たすことを特徴とする請求項1乃至14のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$-0.003 \leq m_1 \leq 0.003 \quad (19)$$

$$-0.03 \leq m_2 < -0.003 \quad (20)$$

$$-0.03 \leq m_3 < -0.003 \quad (21)$$

但し、対物レンズの倍率とは、対応する光ディスクが1層のみ有す

る場合には、その層における球面収差が最小となる倍率であり、複数の層がある場合には、厚さ t_m の保護基板において 3 次の球面収差が最小となる倍率であり、下記を満たす。

$$t_{\min} \leq t_m \leq t_{\max}$$

$t_{\min}$: 最も保護基板が薄い層の保護基板厚

$t_{\max}$: 最も保護基板が厚い層の保護基板厚

[請求項17]

第 1 波長 λ_1 (nm) の第 1 光束を射出する第 1 光源と、第 2 波長 λ_2 (nm) ($\lambda_2 > \lambda_1$) の第 2 光束を射出する第 2 光源と、第 3 波長 λ_3 (nm) ($\lambda_3 > \lambda_2$) の第 3 光束を射出する第 3 光源とを有し、前記第 1 光束を用いて厚さが t_1 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 2 光束を用いて厚さが t_2 ($t_1 < t_2$) 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 3 光束を用いて厚さが t_3 ($t_2 < t_3$) 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レンズであって、

前記対物レンズは単玉であり、

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 2 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 3 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、

前記対物レンズは、前記中間領域を通過する前記第 1 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、前記中間領域を通過する前記第2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、前記中間領域を通過する前記第3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2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せず、前記周辺領域を通過する前記第3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せず、

前記中央領域は、ブレード型構造である第1基礎構造とブレード型構造である第2基礎構造とを重畳させた第1光路差付与構造を有し、

前記中間領域は、ブレード型構造である第3基礎構造とブレード型構造である第4基礎構造とを重畳させた第2光路差付与構造を有し、

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A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B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C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D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E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F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基礎構造は、前記第3基礎構造を通過した第1光束のA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B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3光束のC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D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E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3光束のF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、

A, B, C, D, E, Fは、それぞれ、

$$|A| = 1$$

$$|B| = 1$$

$$|C| = 1$$

$$|D| = 2$$

$$|E| = 1$$

$$|F| = 1$$

を満たし、

前記第2基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅を ΔT_2 、前記第4基礎構造の境界に最も近い輪帯の幅を ΔT_4 とし、

前記第1基礎構造、前記第2基礎構造、前記第3基礎構造及び前記第4基礎構造の輪帯の幅は、基礎構造の段差が光軸とは逆の方向を向いている場合は正の符号とし、基礎構造の段差が光軸の方向を向いている場合は負の符号としたときに、

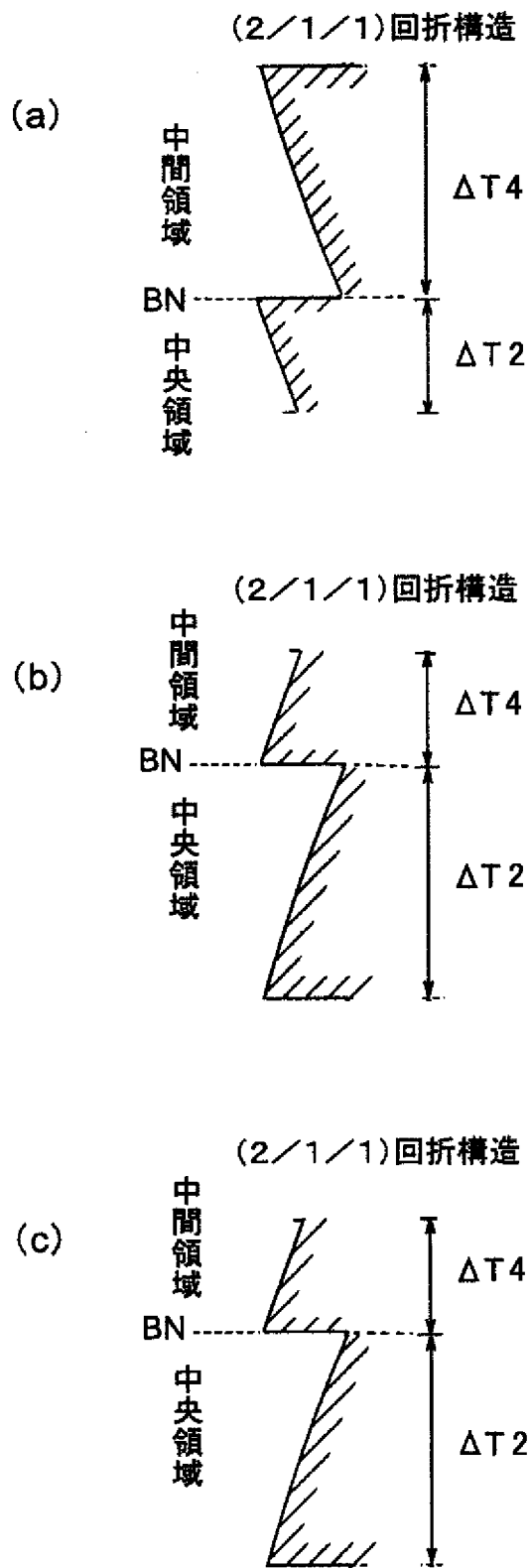
以下の式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$\Delta T_4 - \Delta T_2 > 0 \quad (2)$$

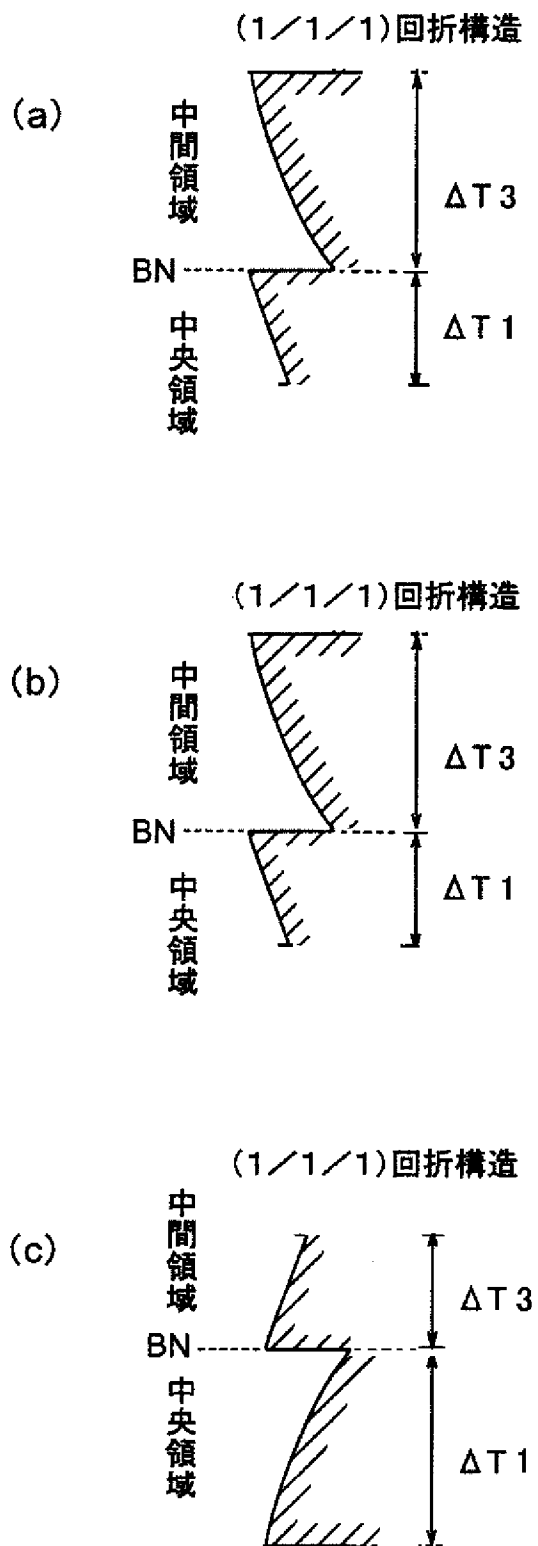
[請求項18]

請求項1乃至17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。

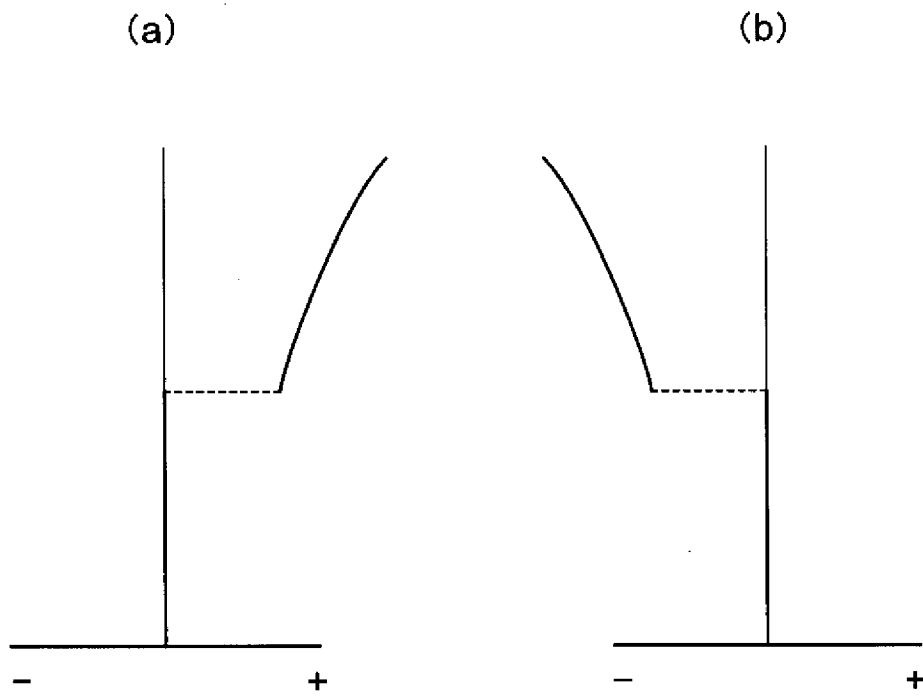
[図1]



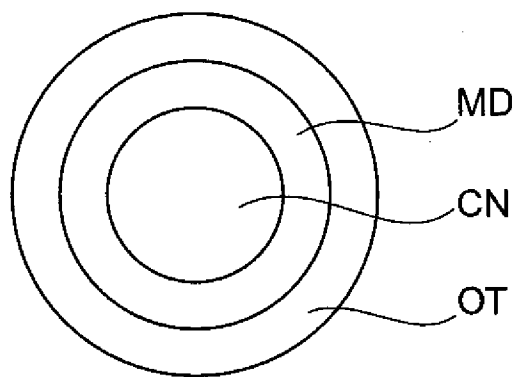
[図2]



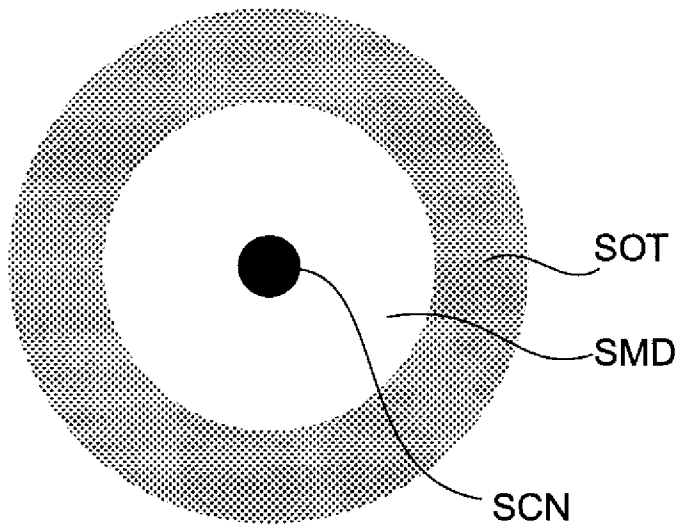
[図3]



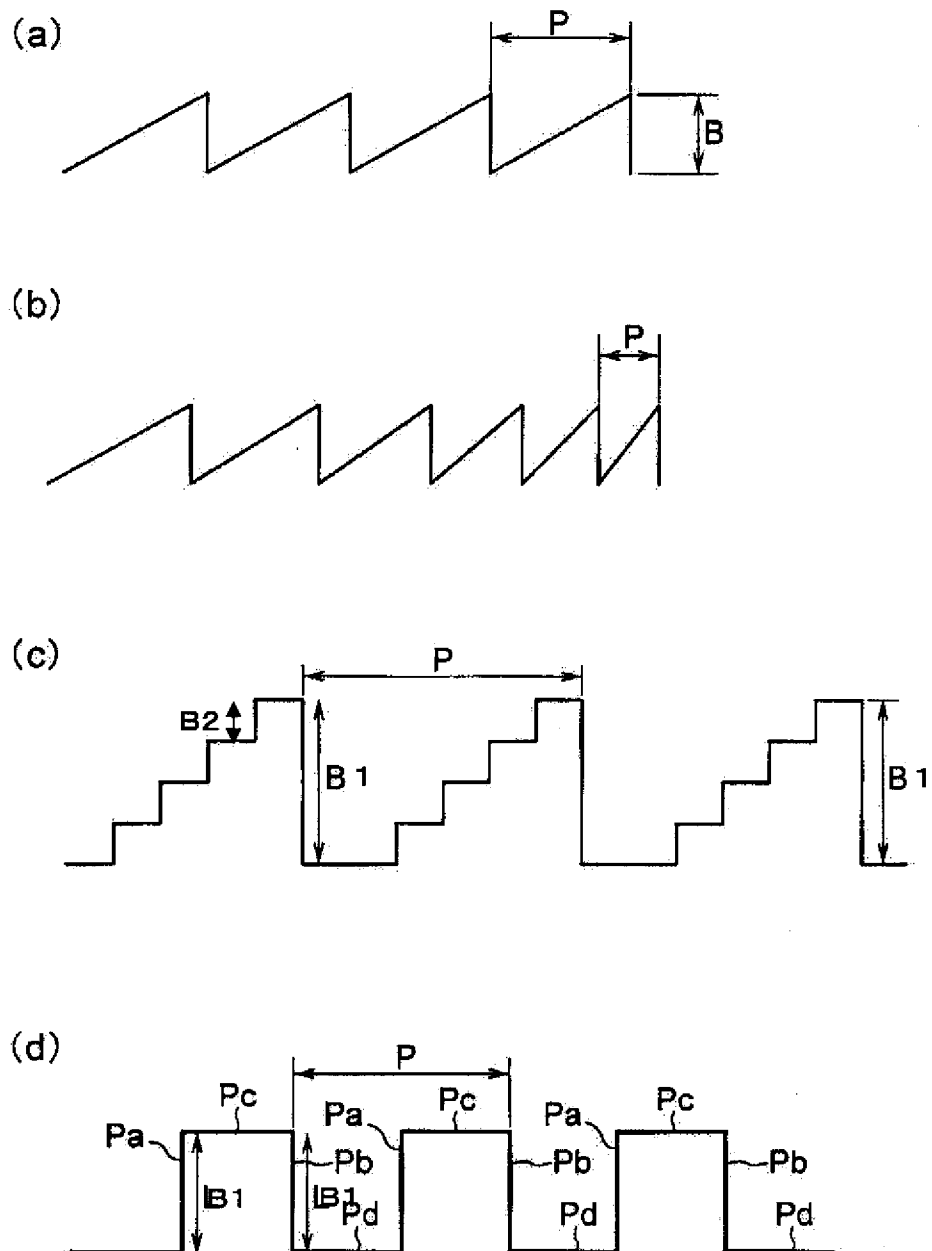
[図4]



[図5]

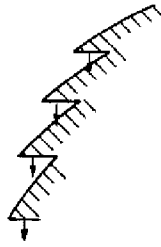


[図6]

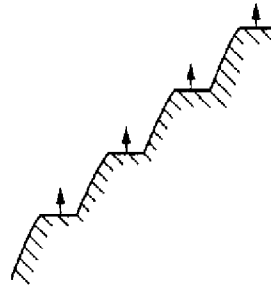


[図7]

(a)

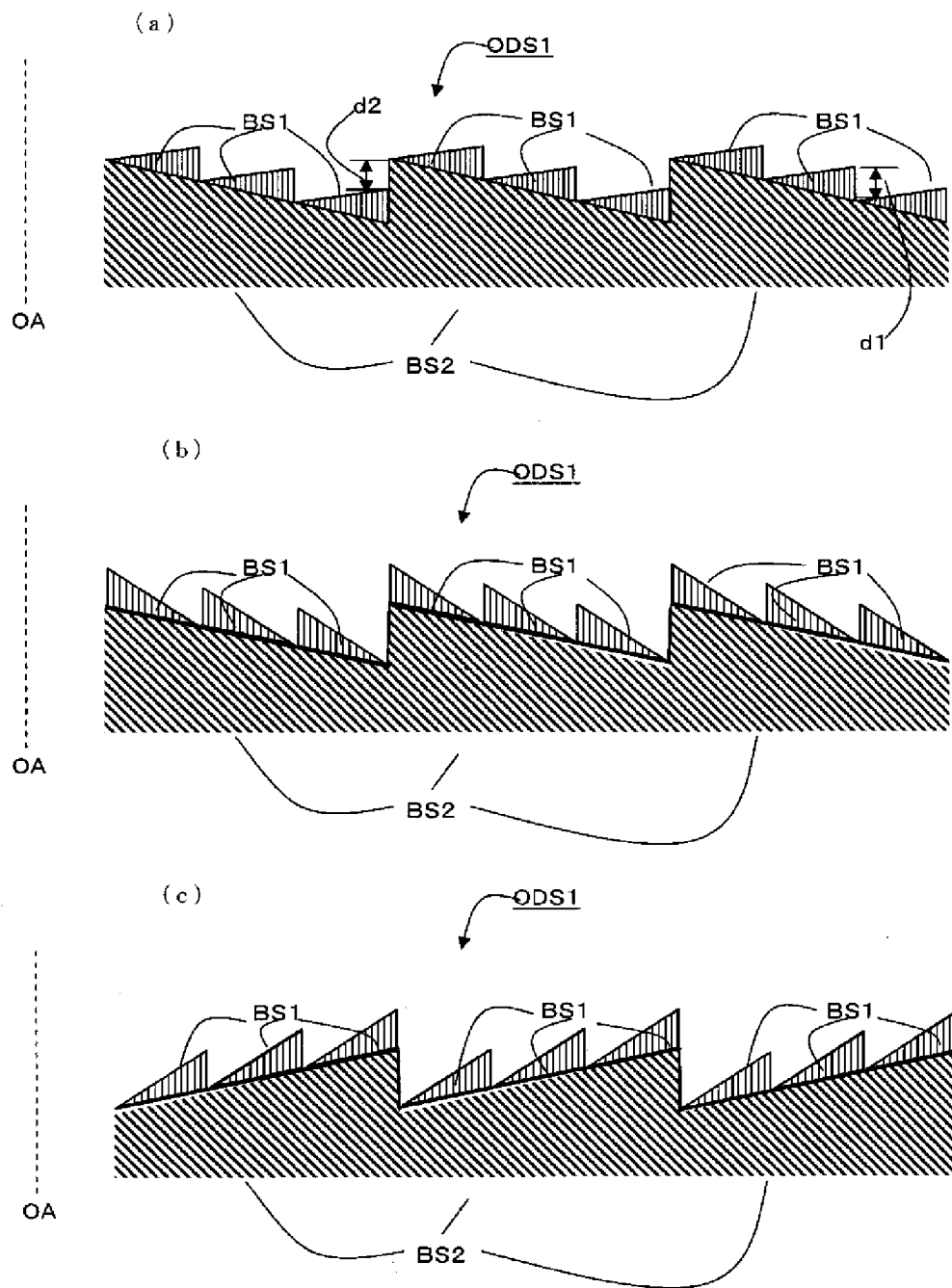


(b)

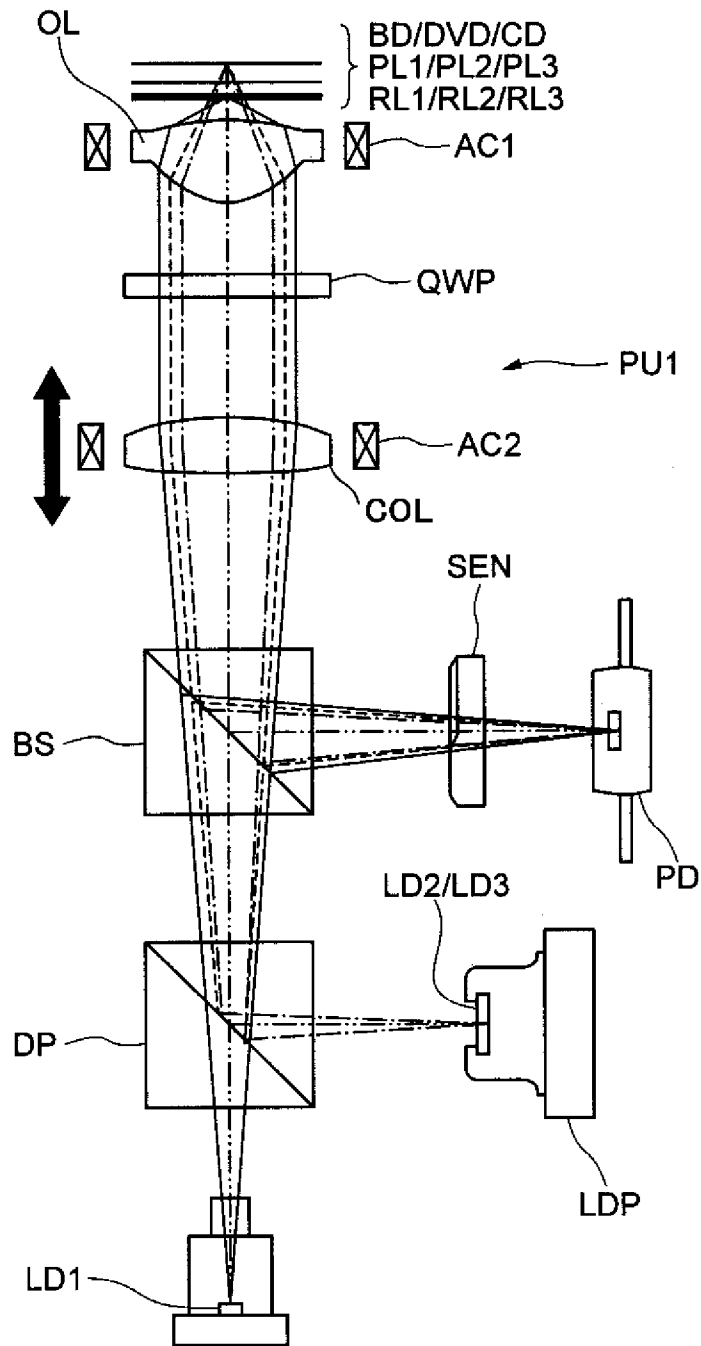


----- 光軸OA ----- 光軸OA

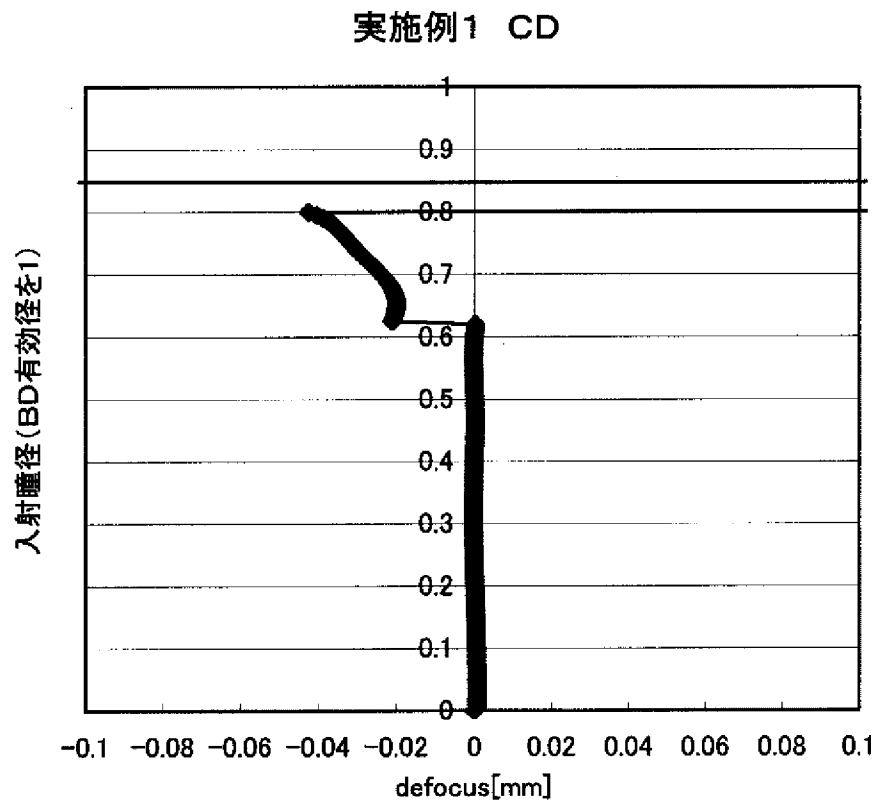
[図8]



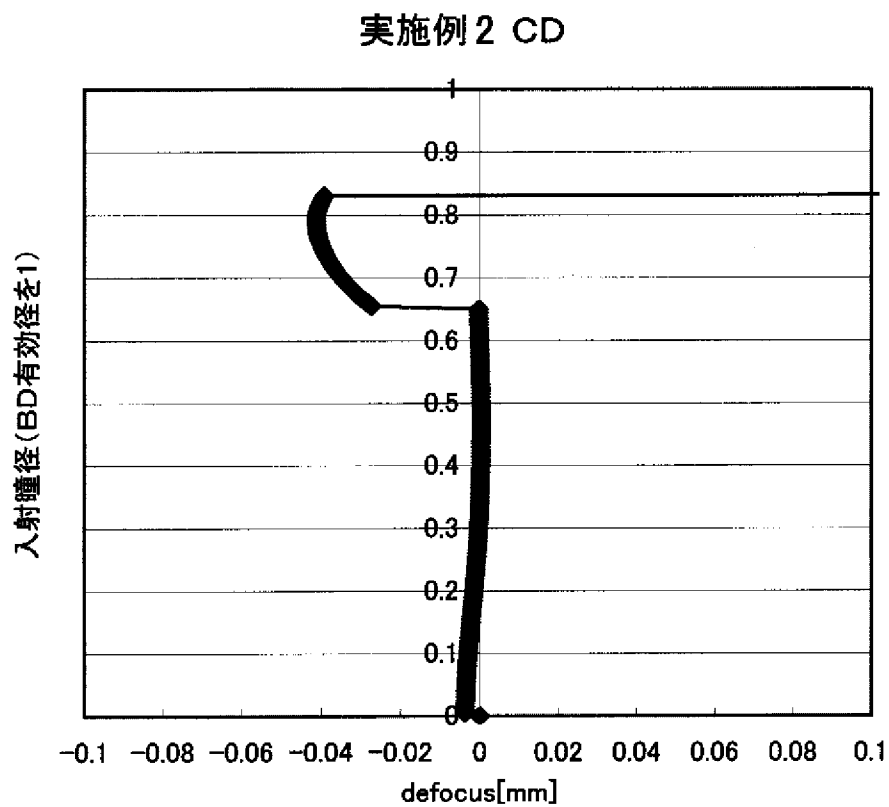
[図9]



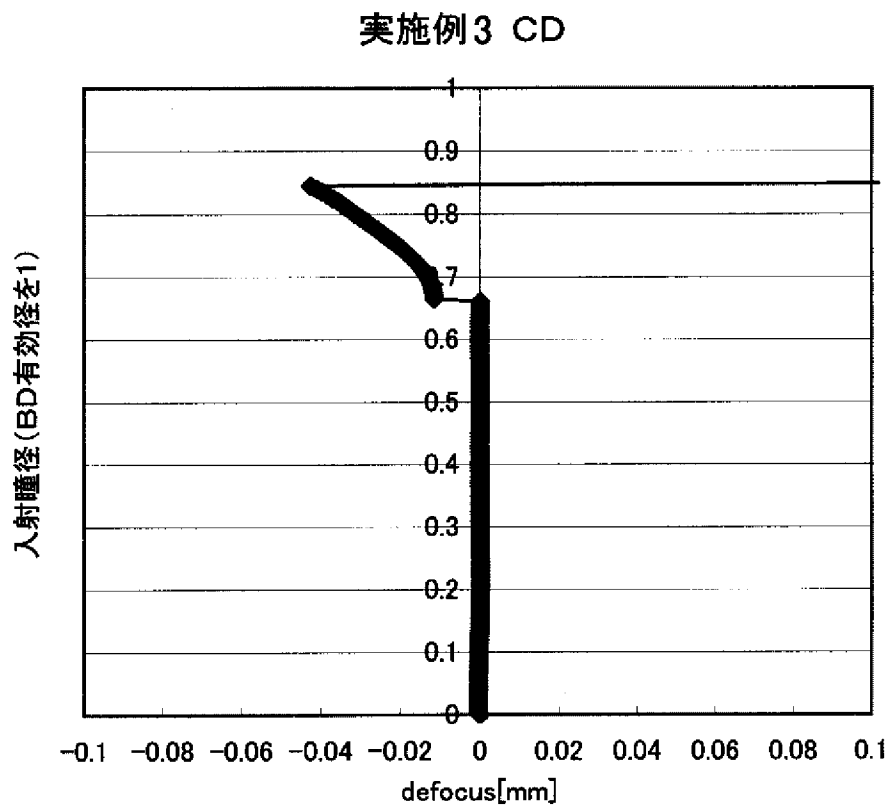
[図10]



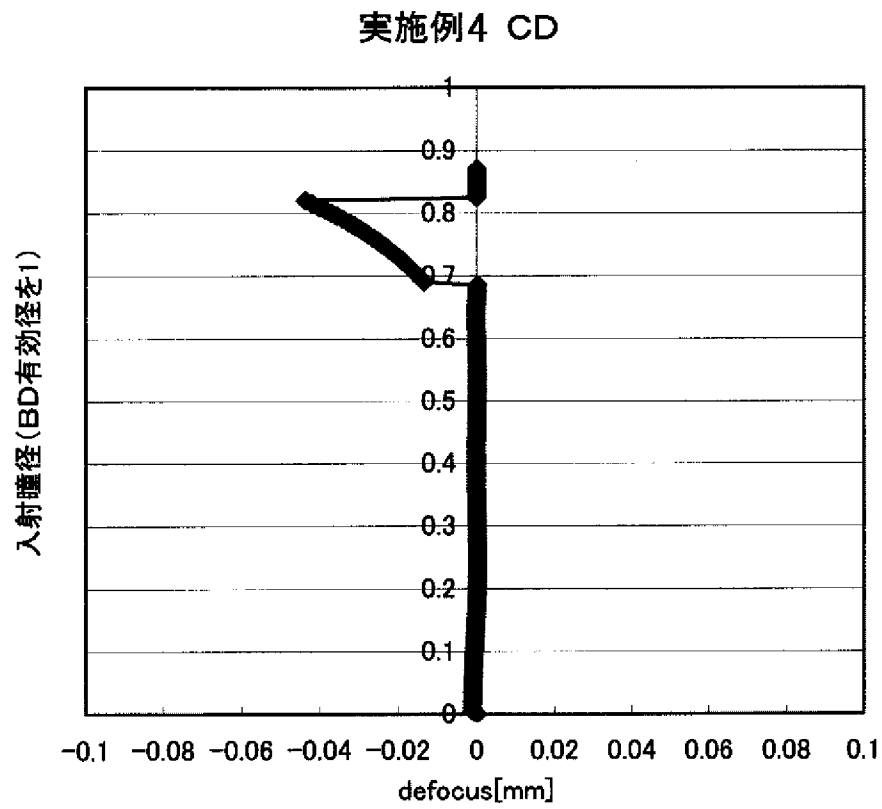
[図11]



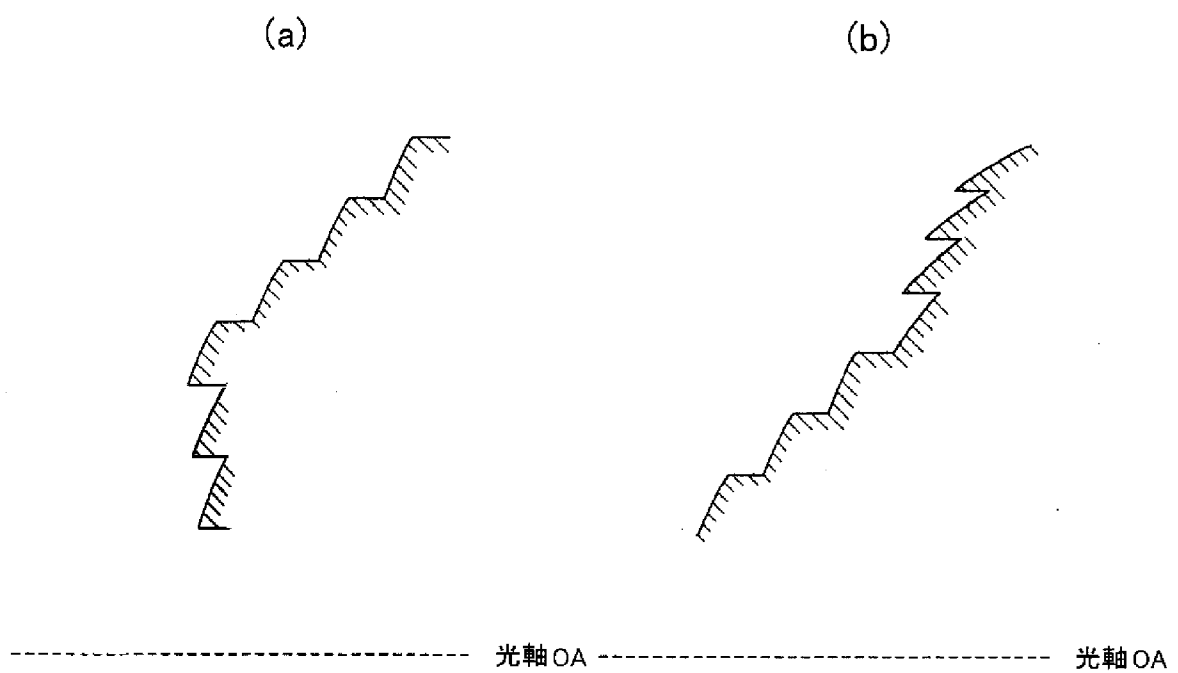
[図12]



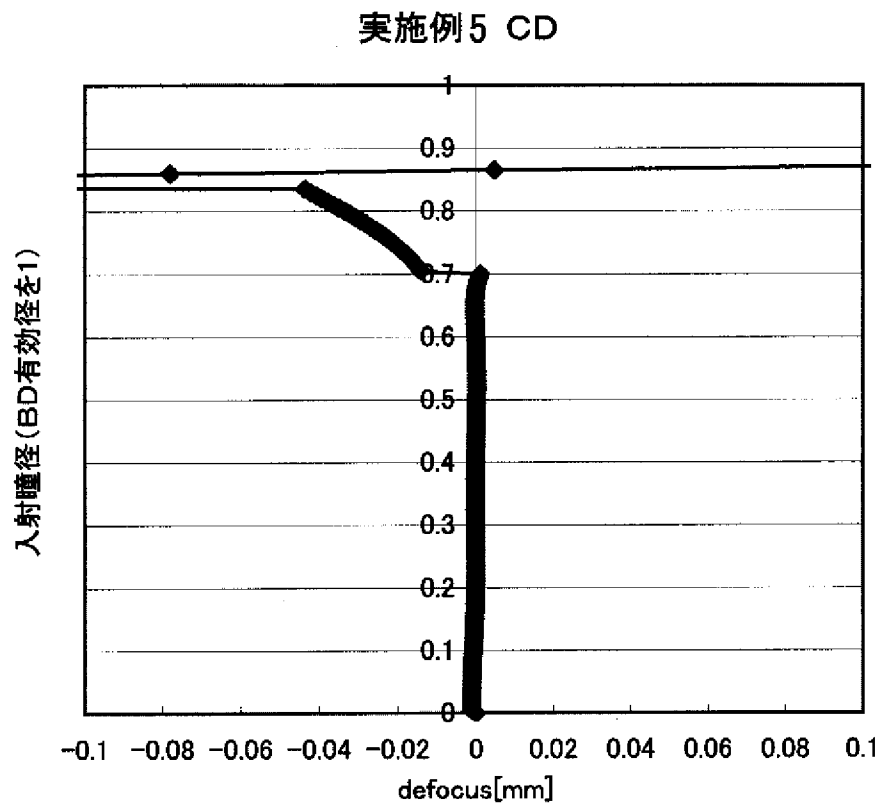
[図13]



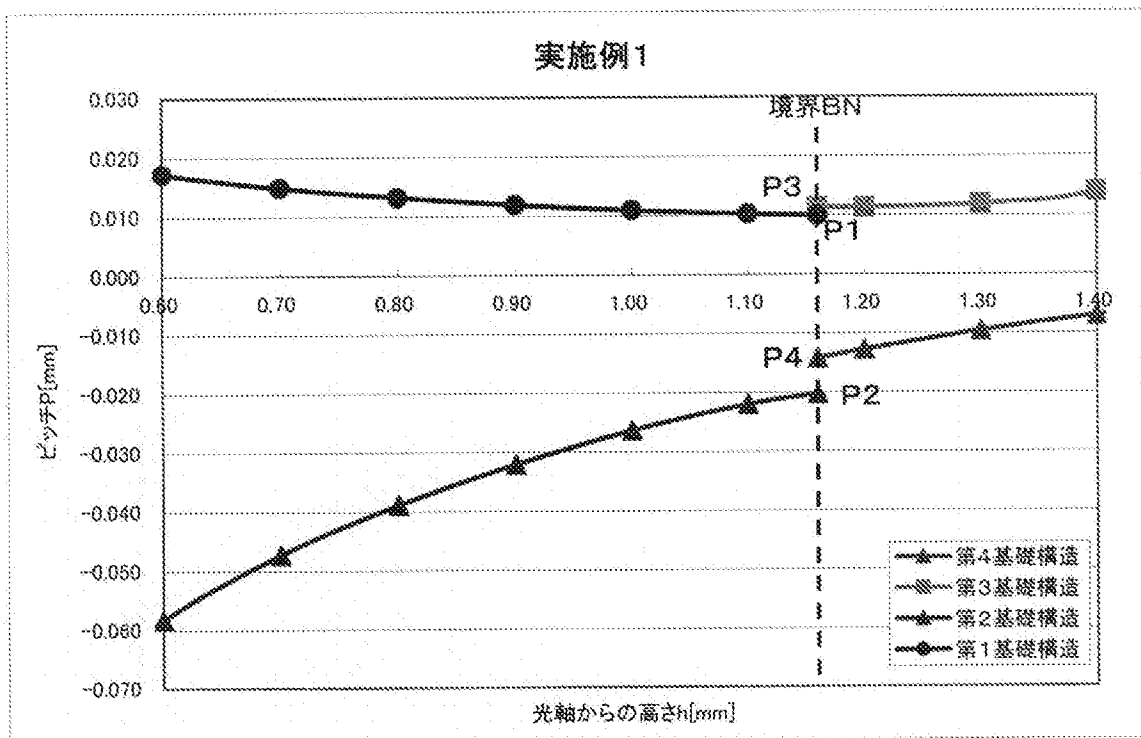
[図14]



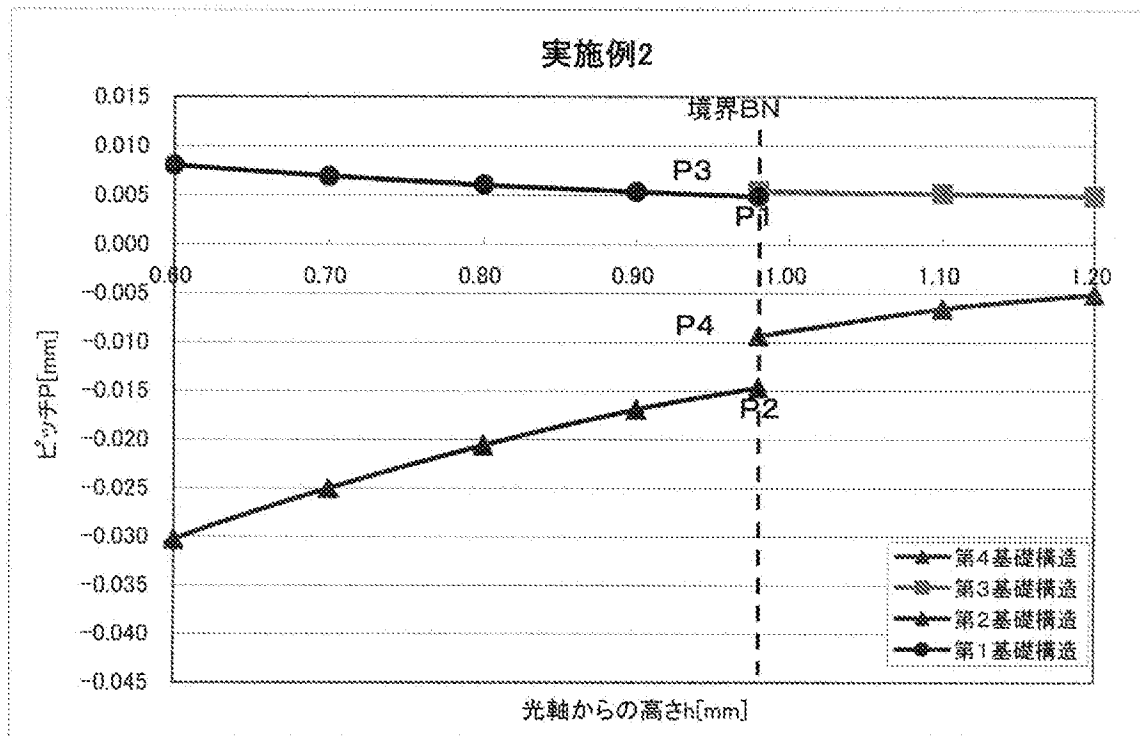
[図15]



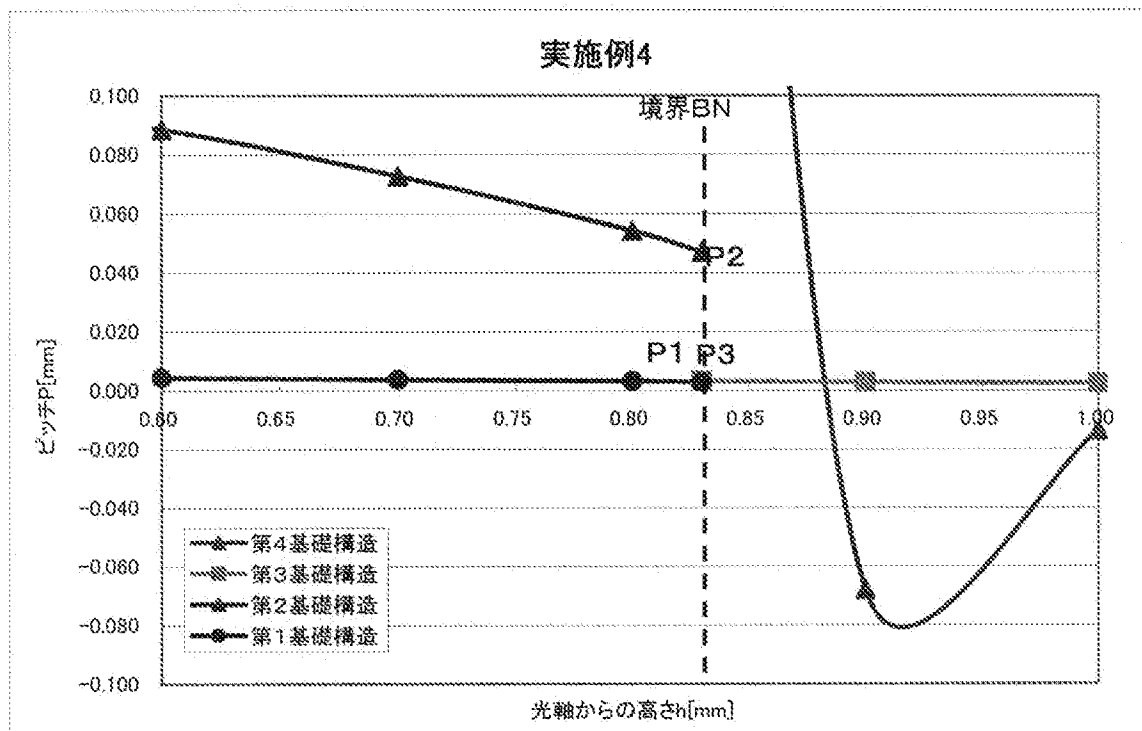
[図16]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/074119

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G11B7/135(2012.01) 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, 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 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

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 2008-293630 A (Konica Minolta Opto, Inc.), 04 December 2008 (04.12.2008), paragraph [0072] & US 2010/0124159 A1 & EP 2144238 A1 & EP 2346042 A1 & WO 2008/136242 A1 & CN 101669171 A	1-18
A	WO 2008/007552 A1 (Konica Minolta Opto, Inc.), 17 January 2008 (17.01.2008), paragraph [0105] & JP 4093287 B & JP 4187054 B & US 2008/0013412 A1 & US 2008/0013415 A1 & EP 2043094 A1 & EP 2043095 A1 & WO 2008/007553 A1 & CN 101105956 A & CN 101123100 A & KR 10-2009-0031556 A & KR 10-2009-0035514 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

27 December, 2011 (27.12.11)

Date of mailing of the international search report

17 January, 2012 (17.01.12)

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, 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, 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 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 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	JP 2008-293630 A（コニカミノルタオプト株式会社）2008.12.04, 段落【0072】 & US 2010/0124159 A1 & EP 2144238 A1 & EP 2346042 A1 & WO 2008/136242 A1 & CN 101669171 A	1-18
A	WO 2008/007552 A1（コニカミノルタオプト株式会社）2008.01.17, 段落[0105] & JP 4093287 B & JP 4187054 B & US 2008/0013412 A1 & US 2008/0013415 A1 & EP 2043094 A1 & EP 2043095 A1 & WO 2008/007553 A1 & CN 101105956 A & CN 101123100 A & KR 10-2009-0031556 A & KR 10-2009-0035514 A	1-18

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 7 . 1 2 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

1 7 . 0 1 . 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）

中野 浩昌

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

5 D

9 2 9 4