

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4636213号

(P4636213)

(45) 発行日 平成23年2月23日 (2011. 2. 23)

(24) 登録日 平成22年12月3日 (2010. 12. 3)

(51) Int. Cl.	F 1
G 1 1 B 7/135 (2006. 01)	G 1 1 B 7/135 A
G O 2 B 13/10 (2006. 01)	G O 2 B 13/10
G O 2 B 13/18 (2006. 01)	G O 2 B 13/18

請求項の数 15 (全 42 頁)

(21) 出願番号	特願2010-534703 (P2010-534703)	(73) 特許権者	303000408
(86) (22) 出願日	平成22年5月6日 (2010. 5. 6)		コニカミノルタオプト株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2010/057741		東京都八王子市石川町2970番地
(87) 国際公開番号	W02010/128654	(72) 発明者	中村 健太郎
(87) 国際公開日	平成22年11月11日 (2010. 11. 11)		日本国東京都八王子市石川町2970番地
審査請求日	平成22年9月1日 (2010. 9. 1)		コニカミノルタオプト株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2009-112918 (P2009-112918)	審査官	中野 浩昌
(32) 優先日	平成21年5月7日 (2009. 5. 7)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2009-112919 (P2009-112919)		
(32) 優先日	平成21年5月7日 (2009. 5. 7)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2009-148535 (P2009-148535)		
(32) 優先日	平成21年6月23日 (2009. 6. 23)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 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

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1波長 λ_1 の第1光束を射出する第1光源と、第2波長 λ_2 ($\lambda_2 > \lambda_1$)の第2光束を射出する第2光源と、第3波長 λ_3 ($\lambda_3 > \lambda_2$)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、

前記中央領域は第1光路差付与構造を有し、

前記中間領域は第2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

10

20

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、

10

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 X 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 Y 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 Z 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 L 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 M 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 N 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 光路差付与構造は、少なくとも第 3 基礎構造と第 4 基礎構造と第 5 基礎構造を重ね合わせた構造であり、

20

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 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 5 基礎構造は、前記第 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、前記第 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、前記第 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し、

30

X、Y、Z、L、M、N、A、B、D 及び E は整数であり、G は 0 以外の整数であり、以下の式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$X = A \quad (15)$$

$$Y = B \quad (16)$$

$$L = D \quad (17)$$

$$M = E \quad (18)$$

【請求項 2】

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。

$$G = \pm 1 \quad (23)$$

【請求項 3】

40

前記第 5 基礎構造は、2 レベルの階段型構造であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の対物レンズ。

【請求項 4】

前記 2 レベルの階段型構造は、前記第 1 光束に対し前記第 1 波長 λ_1 の 5 波長分の光路差を与える段差を有することを特徴とする請求項 3 に記載の対物レンズ。

【請求項 5】

前記 2 レベルの階段型構造は、前記第 1 光束に対し前記第 1 波長 λ_1 の 3 波長分の光路差を与える段差を有することを特徴とする請求項 3 に記載の対物レンズ。

【請求項 6】

前記 2 レベルの階段型構造の上部テラス面に、単一の前記第 4 基礎構造と複数の前記第

50

3 基礎構造の段差を有することを特徴とする請求項 3 乃至 5 のいずれか一項に記載の対物レンズ。

【請求項 7】

前記第 5 基礎構造の最小ピッチが $10\ \mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項 3 乃至 6 のいずれか一項に記載の対物レンズ。

【請求項 8】

前記 L 及び D は偶数であり、前記 X 及び A は奇数であることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の対物レンズ。

【請求項 9】

前記 L 及び D は、絶対値が 4 以下の偶数であり、前記 X 及び A は、絶対値が 5 以下の奇数であることを特徴とする請求項 8 に記載の対物レンズ。 10

【請求項 10】

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 基礎構造はブレーズ型構造であり、

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 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 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の対物レンズ。

【請求項 11】 20

前記第 1 基礎構造及び前記第 3 基礎構造は、その全ての段差が光軸とは逆の方向を向いており、前記第 2 基礎構造及び前記第 4 基礎構造は、その全て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 に記載の対物レンズ。

【請求項 12】

以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか一項に記載の対物レンズ。

$$1. \quad 0 \leq d/f \leq 1.5 \quad (3)$$

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

【請求項 13】 30

以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれか一項に記載の対物レンズ。

$$-0.01 < m_1 < 0.01 \quad (4)$$

$$-0.01 < m_2 < 0.01 \quad (5)$$

$$-0.01 < m_3 < 0.01 \quad (6)$$

但し、 m_1 は、前記第 1 光束が前記対物レンズに入射する時の前記対物レンズの倍率を表し、 m_2 は、前記第 2 光束が前記対物レンズに入射する時の前記対物レンズの倍率を表し、 m_3 は、前記第 3 光束が前記対物レンズに入射する時の前記対物レンズの倍率を表す。

【請求項 14】 40

請求項 1 乃至 13 のいずれか一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 15】

請求項 14 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。

【発明の詳細な説明】

【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、対物レンズ及び光情報記録再生装置に関する。 50

【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390～420nm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】

10

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。

20

【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】

30

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】

また、BD、DVD、CDの3種類の光ディスクに共通して用いられる対物レンズは、BD、DVD、CDの必要開口数の違いに対応できるようにする必要がある。例えば、必要開口数の大きなBDにおいては、対物レンズの有効光学面のほぼ全領域を通過した光束をBDの情報記録面上に集光させ、一方で、必要開口数の小さなCDにおいては、対物レンズの中央付近の領域を通過した光束をCDの情報記録面に集光させるが、その外側の領域を通過した光束はCDの情報記録面に集光させないようにフレアとして飛ばす必要がある。従って、BD、DVD、CDの3種類の光ディスクに共通して用いられる対物レンズは、図1に示すように、その光学面を同心円状の3つの領域（BD、DVD、CD用の光束を集光する中央領域CN、BDとDVD用の光束を集光する中間領域MD、BD用の光束を集光する周辺領域OT）に分割され、それぞれの領域において異なる光学性能の挙動を示すようにする必要がある。

40

【0008】

50

しかしながら、上述のような対物レンズにおいては、中央領域と中間領域との間で特定の2波長において位相ずれを発生させずに、光学性能を維持することが困難であることがわかった。

【0009】

これに対し特許文献1には、中央領域において重畳した二つの基礎構造の回折次数と、中間領域において重畳した二つの基礎構造の回折次数とを同一にすることで、中央領域と中間領域との間の位相ずれの問題をなくす対物レンズ、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。

【0010】

ところが、この特許文献1の実施例に記載されていたH D DVD / DVD / C Dの互換対物レンズの設計に基づいてB D / DVD / C Dの互換対物レンズを設計したところ、どうしても、C D使用時における不要光が集光スポットに悪影響を及ぼしてしまい、良好な情報の記録／再生を行うことが困難となることが見出された。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】特開2008-293630号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

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、B D、DVD、及び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、さらに、中央領域と中間領域との間で位相ずれが生じることを防止しつつ、C Dにおいて不要光が集光スポットに悪影響を及ぼすことがなく、安定した情報の記録／再生を行うことが可能となる光ピックアップ装置、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】

【0013】

請求項1に記載の対物レンズは、第1波長 λ_1 の第1光束を射出する第1光源と、第2波長 λ_2 ($\lambda_2 > \lambda_1$)の第2光束を射出する第2光源と、第3波長 λ_3 ($\lambda_3 > \lambda_2$)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、前記中央領域は第1光路差付与構造を有し、前記中間領域は第2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X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Y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Z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L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M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N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基礎構造と第5基礎構造を重ね合わせた構造であり、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5基礎構造は、前記第5基礎構造を通過した第1光束のO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5基礎構造を通過した第2光束のO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し、X、Y、Z、L、M、N、A、B、D及びEは整数であり、Gは0以外の整数であり、以下の式を満たすことを特徴とする。

【0014】

$$X = A \quad (15)$$

$$Y = B \quad (16)$$

$$L = D \quad (17)$$

$$M = E \quad (18)$$

本発明者は、中央領域において重畳した二つの基礎構造の回折次数と、中間領域において重畳した二つの基礎構造の回折次数とを同一にすることで、中央領域と中間領域との間の位相ずれの問題をなくした対物レンズでは、BD/DVD/CDの3種類の光ディスクの互換使用で、どうしても、CD使用時における不要光が集光スポットに悪影響を及ぼしてしまい、良好な情報の記録／再生を行うことが困難であるという課題を見出した。そこで、本発明者は、当該課題を解決するために、中間領域に、第3基礎構造及び第4基礎構造に加えて、第5基礎構造として、第1光束では0次回折光を最も多く発生させ、第2光束でも0次回折光を最も多く発生させ、第3光束ではG次回折光を最も多く発生させる構造を重畳することで、中央領域と中間領域の位相ずれの問題をなくしたまま、BD/DVD/CDの3種類の光ディスクの互換使用において、CD使用時における不要光が集光スポットに悪影響を及ぼすことを防止できることを見出したのである。

【0015】

また、第5基礎構造を重畳しても、BD及びDVDにおいて高い光利用効率を維持できる対物レンズを提供することも可能となる。

【0016】

請求項2に記載の対物レンズは、請求項1に記載の発明であって、以下の式を満たすことを特徴とする。

【0017】

$$G = \pm 1 \quad (23)$$

請求項3に記載の対物レンズは、請求項1又は2に記載の発明であって、前記第5基礎構造は、2レベルの階段型構造であることを特徴とする。

【0018】

請求項4に記載の対物レンズは、請求項3に記載の発明であって、前記2レベルの階段

型構造は、前記第1光束に対し前記第1波長 λ_1 の5波長分の光路差を与える段差を有することを特徴とする。

【0019】

2レベルの階段型構造が、前記第1光束に対し第1波長 λ_1 の5波長分の光路差を与えることにより、CDの記録／再生時の不要光の悪影響をより大きく低減することが可能となるため好ましい。

【0020】

請求項5に記載の対物レンズは、請求項3に記載の発明であって、前記2レベルの階段型構造は、前記第1光束に対し前記第1波長 λ_1 の3波長分の光路差を与える段差を有することを特徴とする。

10

【0021】

2レベルの階段型構造を、前記第1光束に対し第1波長 λ_1 の3波長分の光路差を与える構造にすることにより、第5基礎構造の高さを低減できるため、製造しやすくなり、製造ロスを低減することが出来、ひいては、光利用効率の低下を防止できるため好ましい。また、波長変化時の回折効率の変動も小さく抑えられるため好ましい。

【0022】

請求項6に記載の対物レンズは、請求項3乃至5のいずれかに記載の発明であって、前記2レベルの階段型構造の上部テラス面に、単一の前記第4基礎構造と複数の前記第3基礎構造の段差を有することを特徴とする。

20

【0023】

2レベルの階段型構造の上部テラス面に、第3基礎構造の段差を複数設ける事により、2レベルの階段型構造の金型末端まで樹脂が行き渡りやすくなり、転写性が向上すると共に、製造ロスを低減でき、光利用効率の低下を防止することが可能となる。さらに、不要な回折光の集光位置を、必要な回折光の集光位置と更に離すことが可能となり、受光素子に不要な回折光が集光してしまい誤検出を生じることを防止でき、好ましい。

【0024】

請求項7に記載の対物レンズは、請求項3乃至6のいずれかに記載の発明であって、前記第5基礎構造の最小ピッチが10 μm 以上であることを特徴とする。

【0025】

請求項8に記載の対物レンズは、請求項1乃至7のいずれかに記載の発明であって、前記L及びDは偶数であり、前記X及びAは奇数であることを特徴とする。

30

【0026】

請求項9に記載の対物レンズは、請求項8に記載の発明であって、前記L及びDは、絶対値が4以下の偶数であり、前記X及びAは、絶対値が5以下の奇数であることを特徴とする。

【0027】

請求項10に記載の対物レンズは、請求項1乃至9のいずれかに記載の発明であって、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基礎構造はブレード型構造であり、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。

40

【0028】

請求項11に記載の対物レンズは、請求項10に記載の発明であって、前記第1基礎構造及び前記第3基礎構造は、その全ての段差が光軸とは逆の方向を向いており、前記第2基礎構造及び前記第4基礎構造は、その全ての段差が光軸の方向を向いていることを特徴とする。

【0029】

請求項12に記載の対物レンズは、請求項1乃至11のいずれかに記載の発明であって、以下の条件式を満たすことを特徴とする。

【0030】

50

$$1. \ 0 \leq d / f \leq 1. \ 5 \quad (3)$$

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

【0031】

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、上記構成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。

【0032】

請求項13に記載の対物レンズは、請求項1乃至12のいずれかに記載の発明であって、以下の条件式を満たすことを特徴とする。

10

【0033】

$$-0. \ 01 < m1 < 0. \ 01 \quad (4)$$

$$-0. \ 01 < m2 < 0. \ 01 \quad (5)$$

$$-0. \ 01 < m3 < 0. \ 01 \quad (6)$$

但し、 $m1$ は、前記第1光束が前記対物レンズに入射する時の前記対物レンズの倍率を表し、 $m2$ は、前記第2光束が前記対物レンズに入射する時の前記対物レンズの倍率を表し、 $m3$ は、前記第3光束が前記対物レンズに入射する時の前記対物レンズの倍率を表す。

【0034】

請求項14に記載の光ピックアップ装置は、請求項1乃至13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。

20

【0035】

請求項15に記載の光情報記録再生装置は、請求項14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。

【0036】

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。

30

【0037】

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。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。

【0038】

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

40

50

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。

【0039】

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(7)、(8)、(9)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。

【0040】

$$0.050\text{ mm} \leq t_1 \leq 0.125\text{ mm} \quad (7)$$

$$0.5\text{ mm} \leq t_2 \leq 0.7\text{ mm} \quad (8)$$

$$1.0\text{ mm} \leq t_3 \leq 1.3\text{ mm} \quad (9)$$

10

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(10)、(11)を満たすことが好ましい。

【0041】

$$1.5 \cdot \lambda_1 < \lambda_2 < 1.7 \cdot \lambda_1 \quad (10)$$

$$1.8 \cdot \lambda_1 < \lambda_3 < 2.0 \cdot \lambda_1 \quad (11)$$

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。

20

【0042】

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 $0.9\text{ }\mu\text{m}/\text{nm}$ 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 0.5 nm 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 $0.9\text{ }\mu\text{m}/\text{nm}$ 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。

30

【0043】

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。

【0044】

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。

40

【0045】

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

50

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いることもよいが、好ましくは単玉の対物レンズである。両面凸の単玉レンズを好ましく用いることができる。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。

10

【0046】

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。

20

【0047】

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、質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。

【0048】

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脹係数 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。線膨脹係数 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。硝材の線膨脹係数 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 以下であることである。

30

【0049】

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。

40

【0050】

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。

【0051】

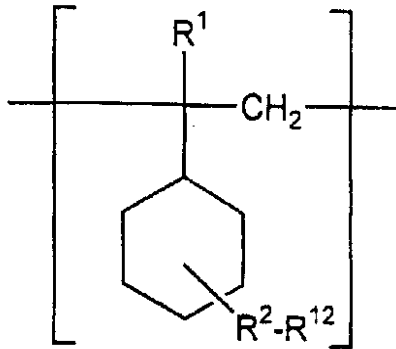
第1の好ましい例は、下記式 (I) で表される繰り返し単位〔1〕を含有する重合体ブロック〔A〕と、下記式 (1) で表される繰り返し単位〔1〕並びに下記式 (II) で表される繰り返し単位〔2〕または／および下記式 (III) で表される繰り返し単位〔3〕を

50

含有する重合体ブロック〔B〕とを有し、前記ブロック〔A〕中の繰り返し単位〔1〕のモル分率a（モル％）と、前記ブロック〔B〕中の繰り返し単位〔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。

【0052】

【化1】



(I)

10

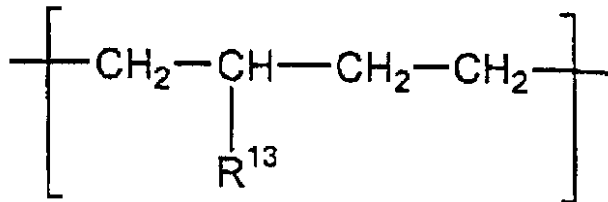
【0053】

（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。）

20

【0054】

【化2】



(II)

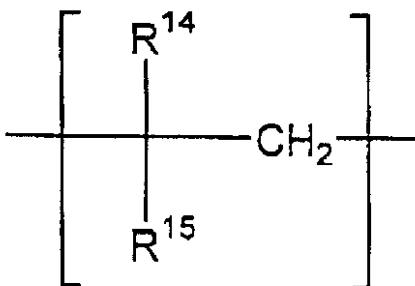
30

【0055】

（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。）

【0056】

【化3】



(III)

40

【0057】

（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。）

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

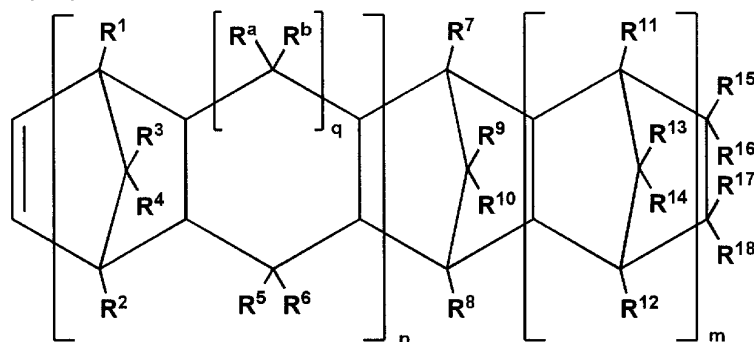
50

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。

【0058】

【化4】

一般式(IV)



10

【0059】

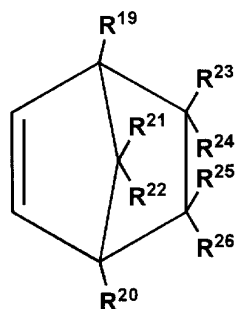
〔式中、 n は0または1であり、 m は0または1以上の整数であり、 q は0または1であり、 $R^1 \sim R^{18}$ 、 R^a 及び R^b は、それぞれ独立に水素原子、ハロゲン原子または炭化水素基であり、 $R^{15} \sim R^{18}$ は互いに結合して単環または多環を形成していてもよく、括弧内の単環または多環が二重結合を有していてもよく、また R^{15} と R^{16} と、または R^{17} と R^{18} とでアルキリデン基を形成していてもよい。〕

20

【0060】

【化5】

一般式(V)



30

【0061】

〔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。〕

40

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。

【0062】

（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。

【0063】

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-tert-ブチル-6-(3-tert-ブチル-2-ヒドロキシ-5-メチルベンジル)-4-メチルフ

50

フェニルアクリレート、2, 4-ジ-tert-アミル-6-(1-(3, 5-ジ-tert-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-tert-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-tert-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-tert-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-tert-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-tert-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-tert-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-tert-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-tert-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-tert-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。

10

【0064】

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-tert-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-tert-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-tert-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-tert-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。

20

30

【0065】

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。

40

【0066】

50

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。

【0067】

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。

10

（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。

【0068】

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、ステアリル、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。

20

【0069】

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。

30

【0070】

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、脂環式炭化水素系共重合体 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共重合体 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。

40

（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。

【0071】

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

50

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、Santificizer 278、Paraplex G40、Drapex 334F、Plastolein 9720、Mesamoll、DNODP-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。

10

【0072】

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Z E O N E Xや、三井化学社製のA P E L、T O P A S A D V A N C E D P O L Y M E R S社製のT O P A S、J S R社製A R T O Nなどが好ましい例として挙げられる。

【0073】

また、対物レンズを構成する材料のアップベ数は、50以上であることが好ましい。

【0074】

20

対物レンズについて、以下に記載する。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、その周りを中央領域としてもよい。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1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。

30

【0075】

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、又は第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、又は第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。

40

【0076】

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

50

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2に示すように、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、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。

10

【0077】

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。

20

【0078】

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。

30

【0079】

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。

40

【0080】

50

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。

10

【0081】

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。

【0082】

ブレード型構造とは、図3（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3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3（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3（a）参照）

20

また、階段型構造とは、図3（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。

【0083】

例えば、図3（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3（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。2レベルの階段型構造について、以下に説明する。光軸を中心とした同心円状の複数の輪帯を含み、対物レンズの光軸を含む複数の輪帯の断面の形状は、光軸に平行に延在する複数の段差面Pa、Pbと、隣接する段差面Pa、Pbの光源側端同士を連結する光源側テラス面Pcと、隣接する段差面Pa、Pbの光ディスク側端同士を連結する光ディスク側テラス面Pdとから形成され、光源側テラス面Pcと光ディスク側テラス面Pdとは、光軸に交差する方向に沿って交互に配置される。

30

【0084】

また、階段型構造において、1つの階段単位の光軸垂直方向の長さをピッチPという。（図3（c）、（d）参照）また、階段の光軸に平行方向の段差の長さを段差量B1、B2という。3レベル以上の階段型構造の場合、大段差量B1と小段差量B2とが存在することになる。（図3（c）参照）

40

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。

【0085】

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3（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

50

よいし、図3(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。

【0086】

光路差付与構造が、階段型構造を有する場合、図3(c)で示されるような5レベルの階段単位が、繰り返されるような形状等があり得る。さらに、光軸から離れる方向に進むに従って、徐々に階段単位のピッチが長くなっていく形状や、徐々に階段単位のピッチが短くなっていく形状であってもよい。

【0087】

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。

【0088】

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。

【0089】

第1基礎構造は、ブレード型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X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Y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Z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。このとき、X、Y及びZは、それぞれ整数である。Xは、奇数の整数であることが好ましい。また、Xは絶対値が5以下の奇数であると、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。

【0090】

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4(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、上記Xが奇数となる段差のうち、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上記Xが奇数となる段差が、光軸とは逆の方向を向いていることである。

【0091】

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5(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

10

20

30

40

50

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。

【0092】

このように、第1光束における回折次数が奇数次数となる第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、及び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ため好ましい。

【0093】

BD、DVD、及び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、 $B_2 h^2$ が0でないことを意味する。

【0094】

また、第2基礎構造も、ブレード型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L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M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N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。このとき、L、M及びNは、それぞれ整数である。Lは、偶数の整数であることが好ましい。また、Lは絶対値が4以下の偶数であると、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。

【0095】

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4(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、上記Lが偶数となる段差のうち、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上記Lが偶数となる段差が光軸の方向を向いていることである。

【0096】

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5(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。

【0097】

このように、第1光束に対して奇数次数の回折光を発生し、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、第1光束に対して偶数次数の回折光を発生し、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ため好ましい。

【0098】

また、BD、DVD、及び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、及び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、設計上、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。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可能となる。これにより、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。

【0099】

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。

【0100】

より好ましい第1光路付与構造は、 $|X|$ 、 $|Y|$ 、 $|Z|$ が、それぞれ、1、1、1である第1基礎構造と、 $|L|$ 、 $|M|$ 、 $|N|$ が、それぞれ、2、1、1である第2基礎構造とを重ね合わせたものである。このような第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、光量ロスをもっと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。

【0101】

第1基礎構造と第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、 $|X|$ 、 $|Y|$ 、 $|Z|$ が、それぞれ、1、1、1である第1基礎構造と、 $|L|$ 、 $|M|$ 、 $|N|$ が、それぞれ、2、1、1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(1)、(2)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(1)、(2)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。

【0102】

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

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

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。

【0103】

また、例えば、 λ_1 が390～415 nm（0.390～0.415 μ m）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。

【0104】

$$0.39 \mu\text{m} < d_{11} < 1.15 \mu\text{m} \quad (12)$$

$$0.39 \mu\text{m} < d_{12} < 2.31 \mu\text{m} \quad (13)$$

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1基礎構造と第2基礎構造のピッチを合わせ、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を合わせるか、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ことが好ましい。

【0105】

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

て重ね合わせた場合、第1光路差付与構造の d_{11} 、 d_{12} は以下の条件式(1)'、(2)'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(1)'、(2)'を満たすことである。

【0106】

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

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

また、例えば、 λ_1 が390～415 nm (0.390～0.415 μ m)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。

【0107】

$$0.39 \mu\text{m} < d_{11} < 1.15 \mu\text{m} \quad (12)'$$

$$0.39 \mu\text{m} < d_{12} < 1.15 \mu\text{m} \quad (13)'$$

更に好ましくは、以下の条件式(1)"、(2)"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(1)"、(2)"を満たすことである。

【0108】

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

$$0.9 \cdot (\lambda_1 / (n-1)) < d_{12} < 1.5 \cdot (\lambda_1 / (n-1)) \quad (2)''$$

また、例えば、 λ_1 が390～415 nm (0.390～0.415 μ m)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。

【0109】

$$0.59 \mu\text{m} < d_{11} < 1.15 \mu\text{m} \quad (12)''$$

$$0.59 \mu\text{m} < d_{12} < 1.15 \mu\text{m} \quad (13)''$$

また、 $|X|$ 、 $|Y|$ 、 $|Z|$ が、それぞれ、1、1、1である第1基礎構造と、 $|L|$ 、 $|M|$ 、 $|N|$ が、それぞれ、2、1、1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ことにより、第1基礎構造は波長が長くなった際に収差をアンダー（補正不足）とし（波長特性をアンダーとする）、第2基礎構造は逆に波長が長くなった際に収差をオーバー（補正過剰）とできる（波長特性をオーバーとする）ため、波長特性がアンダーに大きくなりすぎたり、オーバーに大きくなりすぎることがなく、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。「丁度よいレベルのアンダーの波長特性」とは、 λ_{rms} の絶対値が150以下であることが好ましい。これによって、対物レンズがプラスチック製である場合であっても、温度変化時の収差変化を小さく抑えることが可能となるという観点からも好ましい。

【0110】

上記のように「丁度よいレベルのアンダーの波長特性」を得るという観点から、第2基礎構造に比べて、第1基礎構造の寄与率が支配的であることが好ましい。第2基礎構造に比べて、第1基礎構造の寄与率を支配的にするという観点からは、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。別の表現では、光軸とは逆の方向を向いている段差間のピッチが、光軸の方向を向いている段差間のピッチに比べて小さいとも言えるし、第1光路差付与構造において、光軸とは逆の方向を向いている段差の数が、光軸の方向を向いている段差の数に比べて多いとも言える。尚、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の1/4以下であることが好ましい。更に好ましくは、1/6以下とすることである。第1基礎構造の平均ピッチを、第2基礎構造の平均ピッチの1/4以下（好ましくは1/6以下）とすることにより、前述のように「丁度よいレベルのアンダーの波長特性」とすることが可能となるだけでなく、CDにおけるワーキングディスタンスを十分に確保するという観点からも好ましい。別の表現では、中央領域の第1光路差付与構造において、光軸とは逆の方向を向いている段差の数が、光軸の方向を向いている段差の数の4倍以上であることが好ましいともいえる。より好ましくは6倍以上である。

【0111】

また、第1光路差付与構造の最小ピッチが15 μ m以下であることが好ましい。当該観

10

20

30

40

50

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 0.004 以下であることが好ましい。より好ましくは第1光路差付与構造の最小ピッチが $10\ \mu\text{m}$ 以下である。また、第1光路差付与構造の平均ピッチが $30\ \mu\text{m}$ 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。このよう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、平均ピッチとは、中央領域の第1光路差付与構造の全てのピッチを合計し、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。

10

【0112】

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。さらに好ましくは、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。一方で、CDにおけるワーキングディスタンスを十分に確保するためには、軸上色収差が $0.4\ \mu\text{m}/\text{nm}$ 以上であることが好ましい。

【0113】

20

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(14)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。

【0114】

$$0.05 \leq L/f_{13} \leq 0.35 \quad (14)$$

30

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。

【0115】

より好ましくは、以下の条件式(14)'を満たすことである。

【0116】

$$0.10 \leq L/f_{13} \leq 0.25 \quad (14)'$$

以上述べた第1光路差付与構造の好ましい一例を図6に示す。尚、図6は、便宜上、第1光路差付与構造ODS1が平板上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。 $|L|$ 、 $|M|$ 、 $|N|$ が、それぞれ、2、1、1である第2基礎構造BS2に、 $|X|$ 、 $|Y|$ 、 $|Z|$ が、それぞれ、1、1、1である第1基礎構造BS1が重ねあわされている。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。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。本例においては、 $d_{11} = \lambda_1 / (n-1)$ であり、 $d_{12} = \lambda_1 / (n-1)$ である。本例において、 $\lambda_1 = 405\ \text{nm}$ ($0.405\ \mu\text{m}$)、 $n = 1.5592$ とすると、 $d_{11} = d_{12} = 0.72\ \mu\text{m}$ となる。更に、第1基礎構造BS1の平均ピッチが、第2基礎構造BS2の平均ピッチに比べて小さく、第1基礎構造の光軸とは逆の方向を向いている段差の数が、第2基礎構造の光軸の方向を向いている段差の数に比べて多い。

40

50

【0117】

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、さらに第5基礎構造の3つの基礎構造を重ね合わせた構造である。

【0118】

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。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。このとき、A、B、C、D、E及びFは、それぞれ整数である。

10

【0119】

第1光路差付与構造及び第2光路差付与構造は、以下の式(15)、(16)、(17)、(18)を満たす。このようにすることにより、中央領域と中間領域で光路差付与構造で発生する位相差を略等しくでき、中央領域と中間領域との間で位相ずれを低減できる。

【0120】

$$\begin{aligned} X &= A & (15) \\ Y &= B & (16) \\ L &= D & (17) \\ M &= E & (18) \end{aligned}$$

20

より好ましくは、 $Z = C$ 、 $N = F$ も満たすことである。第1基礎構造と第3基礎構造が同じ構造であり、第2基礎構造と第4基礎構造が同じ構造であることが好ましい。

【0121】

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。このとき、Gは0以外の整数である。この様な第5基礎構造を重ね合わせるにより、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、第3光ディスクの情報記録面上でフレアを形成させ、不要光が集光スポットに与える悪影響を低減させることが可能となる。

30

【0122】

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3(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。

【0123】

また、第5基礎構造が、2レベルの階段型構造である場合、その光軸方向の段差量LB1は、第1光束に対し第1波長 λ_1 の5波長分の光路差を与える段差量か、又は、第1光束に対し第1波長 λ_1 の3波長分の光路差を与える段差量であることが好ましい。2レベルの階段型構造が、第1光束に対し第1波長 λ_1 の5波長分の光路差を与えることにより、CDの記録／再生時の不要光の悪影響をより大きく低減することが可能となるため好ましい。一方、2レベルの階段型構造を、第1光束に対し第1波長 λ_1 の3波長分の光路差を与える構造にすることにより、第5基礎構造の高さを低減できるため、製造しやすくなり、製造ロスを低減することが出来、ひいては、光利用効率の低下を防止できるという観点で好ましい。また、波長変化時の回折効率の変動も小さく抑えられる観点においても好ましい。

40

50

【0124】

即ち、第5基礎構造の段差量LB1は、以下の条件式(19)又は(20)を満たすことが好ましい。

【0125】

$$0.9 \cdot (5 \cdot \lambda 1 / (n-1)) < LB1 < 1.5 \cdot (5 \cdot \lambda 1 / (n-1)) \quad (19)$$

$$0.9 \cdot (3 \cdot \lambda 1 / (n-1)) < LB1 < 1.5 \cdot (3 \cdot \lambda 1 / (n-1)) \quad (20)$$

また、例えば、 $\lambda 1$ が390～415nm(0.390～0.415 μ m)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。

【0126】

$$2.92 \mu\text{m} < LB1 < 5.77 \mu\text{m} \quad (21)$$

$$1.75 \mu\text{m} < LB1 < 3.46 \mu\text{m} \quad (22)$$

従って、好ましい第2光路差付与構造は、上述の好ましい第1光路差付与構造と同様の構造に、Gが±1となるようなバイナリ構造を重ね合わせた構造となる。

【0127】

また、第2光路差付与構造は、図10の中間領域MDに示す構造のように、2レベルの階段型構造の上部テラス面Pcに、段差を有することが好ましい。更に好ましくは、段差を複数有することである。この段差は、複数の第3基礎構造と単一の第4基礎構造を由来とする段差であることが好ましい。

【0128】

2レベルの階段型構造の上部テラス面に、第3基礎構造の段差を複数設ける事により、2レベルの階段型構造の金型末端まで樹脂が行き渡りやすくなり、転写性が向上すると共に、製造ロスを低減でき、光利用効率の低下を防止することが可能となる。さらに、不要な回折光の集光位置を、必要な回折光の集光位置と更に離すことが可能となり、受光素子に不要な回折光が集光してしまうことにより生じる誤検出を生じることを防止でき、好ましい。

【0129】

また、第5基礎構造の最小ピッチが10 μ m以上であることが好ましい。好ましくはピッチが100 μ m以下である。段差量が高くなりがちな2レベルの階段型構造を、中央領域で用いずに、中間領域で用いることにより、ピッチを広げることが可能となり、射出成形時に奥深くまで樹脂が入り込みやすくなり、製造ロスを低減することが可能となる。

【0130】

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。より好ましくは、Pが2以下であることである。

【0131】

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。

【0132】

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、 $0.9 \cdot NA$

10

20

30

40

50

3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。

【0133】

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。

【0134】

また、対物レンズは、以下の条件式(3)を満たすことが好ましい。

【0135】

$$1.0 \leq d/f \leq 1.5 \quad (3)$$

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。

【0136】

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(3)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。

【0137】

また、条件式(3)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。

【0138】

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 $m1$ が、下記の式(4)を満たすことが好ましい。

【0139】

$$-0.01 < m1 < 0.01 \quad (4)$$

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 $m2$ が、下記の式(5)を満たすことが好ましい。

【0140】

$$-0.01 < m2 < 0.01 \quad (5)$$

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 $m2$ が、下記の式(5)'を満たすことが好ましい。

【0141】

$$-0.025 < m_2 \leq -0.01 \quad (5)'$$

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(6)を満たすことが好ましい。

【0142】

$$-0.01 < m_3 < 0.01 \quad (6)$$

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(6)'を満たすことが好ましい。

【0143】

$$-0.025 < m_3 \leq -0.01 \quad (6)'$$

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、0.3mm以上、0.9mm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、1.3mm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、1.0mm以下であることが好ましい。

【0144】

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。

【0145】

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。

【0146】

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。

【0147】

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】

【0148】

本発明によれば、BD、DVD、及び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。さらに、光路差付与構造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。また、BD、DVD、及び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。また、小径化においても有利である。加えて、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。これらの効果によって、BD、DVD

10

20

30

40

50

、及びC Dの3種類の光ディスクの記録／再生も、共通の対物レンズで良好に行うことが可能となるものである。

【図面の簡単な説明】

【0149】

【図1】本実施の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2】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3】光路差付与構造の例を示す軸線方向断面図である。

【図4】(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5】(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6】第1光路差付与構造の概念図である。

【図7】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8】実施例1の球面収差図である。

【図9】実施例1の回折効率の波長依存性を示す図である。

【図10】実施例1の第1光路差付与構造、第2光路差付与構造、第3光路差付与構造を、平板素子に設けた場合の概念断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0150】

以下、本発明の実施の形態を、図面を参照して説明する。図7は、異なる光ディスクであるBDとDVDとCDに対して適切に情報の記録及び／又は再生を行うことができる本実施の形態の光ピックアップ装置PU1の構成を概略的に示す図である。かかる光ピックアップ装置PU1は、光情報記録再生装置に搭載できる。ここでは、第1光ディスクをBDとし、第2光ディスクをDVDとし、第3光ディスクをCDとする。なお、本発明は、本実施の形態に限られるものではない。

【0151】

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。

【0152】

図1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、中央領域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OLの中央領域CNに形成された第1光路差付与構造は、図6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

10

20

30

40

50

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、少なくとも中央領域CN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（即ち負のパワーを持ち）、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、少なくとも中央領域CN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おり（即ち正のパワーを持ち）、軸上色収差が $0.9\mu\text{m}/\text{nm}$ 以下である。

10

【0153】

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RL1上に形成されるスポットとなる。

【0154】

20

情報記録面RL1上で情報ビットにより変調された反射光束は、再び対物レンズOL、不図示の絞りを透過した後、 $\lambda/4$ 波長板QWPにより円偏光から直線偏光に変換され、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、2軸アクチュエータAC1により対物レンズOLをフォーカシングやトラッキングさせることで、BDに記録された情報を読み取ることができる。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BD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COLを光軸方向に変化させて、対物光学素子OL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。

30

【0155】

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 0.6mm の保護基板PL2を介して、DVDの情報記録面RL2に形成されるスポットとなり、スポット中心部を形成する。

【0156】

情報記録面RL2上で情報ビ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DVDに記録された情報を読み取ることができる。

40

【0157】

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

50

ット周辺部を形成する) 光束は、厚さ 1.2 mm の保護基板 P L 3 を介して、C D の情報記録面 R L 3 上に形成されるスポットとなる。

【0158】

情報記録面 R L 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 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 により収束光束とされ、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。

(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。

【0159】

【数 1】

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

【0160】

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_{2i} 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。

【0161】

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。

【0162】

【数 2】

$$\Phi = m\lambda \sum B_{2i} h^{2i}$$

(単位:mm)

【0163】

尚、h は光軸からの高さ、 λ は入射光束の波長、m は回折次数、 B_{2i} は光路差関数の係数である。

【0164】

(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。実施例 1 の第 1 光路差付与構造の概念図を図 6 に示す。(図 6 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、|L|、|M|、|N| が、それぞれ、2、1、1 のブレイズ型の回折構造である第 2 基礎構造 B S 2 に、|X|、|Y|、|Z| が、それぞれ、1、1、1 であるブレイズ型の回折構造である第 1 基礎構造 B S 1 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 B S 2 の段差は光軸 O A の方向を向いており、第 1 基礎構造 B S 1 の段差は光軸 O A とは逆の方向を向いている。更に、第 1 基礎構造 B S 1 と第 2 基礎構造 B S 2 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。更に、第 1 基礎構造 B S 1 の平均ピッチが、第 2 基礎構造 B S 2 の平均ピッチに比べて小さく、第 1 基礎構造の光軸とは逆の方向を向いている段差の数が、第 2 基礎構造の光軸の方向を向いている段差の数に比べて多い。

【0165】

実施例 1 の第 1 光路差付与構造は、以下の条件式 (1) "、(2) " を満たす。d 1 1 は、光軸とは逆の方向を向いている段差の段差量であり、d 1 2 は、光軸の方向を向いている段差の段差量である。

【0166】

$$0.9 \cdot (\lambda 1 / (n-1)) < d11 < 1.5 \cdot (\lambda 1 / (n-1)) \quad (1) "$$

$$0.9 \cdot (\lambda 1 / (n-1)) < d12 < 1.5 \cdot (\lambda 1 / (n-1)) \quad (2) "$$

実施例 1 の、 $\lambda 1$ は 405 nm (0.405 μ m) であって、n は 1.5592 であるので、段差量 d 1 1、d 1 2 は、以下の条件式を満たすことになる。

【0167】

$$0.65 \mu\text{m} < d11 < 1.09 \mu\text{m}$$

$$0.65 \mu\text{m} < d12 < 1.09 \mu\text{m}$$

10

また、実施例 1 の第 2 光路差付与構造は、中間領域の全領域において、第 1 基礎構造と同じ第 3 基礎構造と、第 2 基礎構造と同じ第 4 基礎構造とを重ねあわせた構造に、更に、第 5 基礎構造を重ね合わせた光路差付与構造となっている。実施例 1 の第 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 ± 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 ステップの階段型の回折構造 (バイナリ構造) である。

【0168】

表 1 に実施例 1 のレンズデータを示す。

20

【0169】

【表 1】

対物レンズの焦点距離 $f_1=2.20\text{mm}$ $f_2=2.38\text{mm}$ $f_3=2.45\text{mm}$
 開口数 NA1:0.85 NA2:0.60 NA3:0.47
 倍率 m1:0 m2:0 m3:0

第i面	ri	di (405nm)	ni (405nm)	di (660nm)	ni (660nm)	di (785nm)	ni (785nm)
0		∞		∞		∞	
1 (絞り径)		0.0 ($\phi 3.74\text{mm}$)		0.0 ($\phi 2.87\text{mm}$)		0.0 ($\phi 2.30\text{mm}$)	
2-1	1.3099	2.670	1.5414	2.670	1.5225	2.670	1.5193
2-2	1.5097						
2-3	1.4723						
3	-2.3669	0.721		0.646		0.359	
4	∞	0.0875	1.6196	0.600	1.5773	1.200	1.5709
5	∞						

面no.		2-1	2-2	2-3	3
領域		$h \leq 1.180$	$1.180 \leq h \leq 1.45$	$1.45 \leq h \leq 1.87$	
非球面係数	κ	-8.7226E-01	-3.7413E-01	-5.9930E-01	-3.3091E+01
	A0	0.0000E+00	2.4521E-02	2.2268E-02	0.0000E+00
	A4	7.9383E-03	2.3786E-02	1.9406E-02	1.0060E-01
	A6	5.4165E-03	-1.8940E-03	-1.0124E-04	-9.9722E-02
	A8	3.1408E-04	-3.0942E-04	2.4046E-03	7.7657E-02
	A10	-1.3516E-03	-2.2047E-03	-1.5974E-03	-4.3120E-02
	A12	5.1208E-04	5.9886E-04	2.3273E-04	1.4491E-02
	A14	7.0800E-04	3.2379E-04	2.3920E-04	-2.5798E-03
	A16	-7.9609E-04	-2.2751E-04	-1.6547E-04	1.8060E-04
	A18	3.2163E-04	8.4526E-05	4.5018E-05	0.0000E+00
	A20	-4.3814E-05	-1.5640E-05	-4.6358E-06	0.0000E+00
第1光路差関数	回折次数	1/1/1	1/1/1	2/1/1	
	B2	6.3821E+01	6.4208E+01	1.4185E+01	
	B4	-6.0360E+00	-6.3479E+00	1.7360E+00	
	B6	3.1232E+00	2.4210E+00	-1.7979E-01	
	B8	-1.3062E+00	-5.1565E-01	-1.0132E-01	
	B10	2.5156E-01	5.8699E-02	-4.6009E-02	
第2光路差関数	回折次数	2/1/1	2/1/1	-	
	B2	-7.6263E+00	-7.6722E+00	-	
	B4	-3.7264E+00	-4.1548E+00	-	
	B6	1.5761E+00	1.4111E+00	-	
	B8	-9.7167E-01	-3.8603E-01	-	
	B10	2.3713E-01	7.2573E-02	-	
第3光路差関数	回折次数	-	0/0/±1	-	
	B2	-	-9.4827E+01	-	
	B4	-	1.9720E+02	-	
	B6	-	-1.5525E+02	-	
	B8	-	5.5362E+01	-	
	B10	-	-7.4420E+00	-	

波長特性+5nm

 $\Delta \text{SA3} : -0.105$ $\Delta \text{SA5} : -0.024$

SAH : 0.015

 $|d(n-1)/\lambda_1 * N| : 45$

【0170】

更に、実施例1のレンズデータに基づいて、実際の対物レンズの形状を設計した。当該実形状のデータを表2～5に示す。表2～5に示されるデータを、数3式で示される数式に代入することにより、各輪帯の実形状データが得られる。尚、表2～5において、 h_s は各輪帯の始まりの高さ(mm)を表し、 h_l は各輪帯の終わりの高さ(mm)を表す。

【0171】

【数3】

$$x = A_0 + A_2 \times h^2 + A_4 \times h^4 + A_6 \times h^6$$

【0172】

hは、光軸直交方向の光軸からの高さを表す。さらに、実施例1の第1光路差付与構造、第2光路差付与構造、第3光路差付与構造を、平板素子に設けた場合の概念断面図を、図10として示す。第1光路差付与構造が設けられた中央領域がC Nであり、第2光路差付与構造が設けられた中間領域がM Dで示された領域であり、第3光路差付与構造が設け

10

【0173】

【表 2】

Ring No.	hs (mm)	hl (mm)	A0	A2	A4	A6	ピッチ (mm)
1	0.00000	0.12527	0.00000	0.33265	0.02116	0.00000	0.12527
2	0.12527	0.17728	0.00094	0.33275	0.02123	0.00000	0.05202
3	0.17728	0.21728	0.00188	0.33284	0.02131	0.00000	0.04000
4	0.21728	0.25108	0.00283	0.33293	0.02139	0.00000	0.03379
5	0.25108	0.28091	0.00377	0.33302	0.02148	0.00000	0.02983
6	0.28091	0.30793	0.00471	0.33310	0.02158	0.00000	0.02703
7	0.30793	0.33283	0.00566	0.33318	0.02168	0.00000	0.02490
8	0.33283	0.35606	0.00660	0.33325	0.02179	0.00000	0.02322
9	0.35606	0.37791	0.00609	0.33317	0.02188	0.00000	0.02185
10	0.37791	0.39861	0.00703	0.33324	0.02200	0.00000	0.02071
11	0.39861	0.41834	0.00798	0.33330	0.02212	0.00000	0.01973
12	0.41834	0.43723	0.00892	0.33336	0.02224	0.00000	0.01888
13	0.43723	0.45537	0.00987	0.33341	0.02237	0.00000	0.01814
14	0.45537	0.47286	0.01082	0.33345	0.02250	0.00000	0.01749
15	0.47286	0.48976	0.01177	0.33349	0.02264	0.00000	0.01690
16	0.48976	0.50613	0.01126	0.33338	0.02276	0.00000	0.01637
17	0.50613	0.52203	0.01221	0.33341	0.02290	0.00000	0.01589
18	0.52203	0.53748	0.01316	0.33343	0.02304	0.00000	0.01546
19	0.53748	0.55254	0.01412	0.33345	0.02319	0.00000	0.01506
20	0.55254	0.56722	0.01507	0.33346	0.02334	0.00000	0.01469
21	0.56722	0.58157	0.01603	0.33346	0.02350	0.00000	0.01434
22	0.58157	0.59559	0.01459	0.34150	0.00000	0.02274	0.01403
23	0.59559	0.60932	0.01545	0.34194	0.00000	0.02185	0.01373
24	0.60932	0.62278	0.01631	0.34238	0.00000	0.02104	0.01345
25	0.62278	0.63597	0.01716	0.34282	0.00000	0.02030	0.01319
26	0.63597	0.64892	0.01801	0.34326	0.00000	0.01962	0.01295
27	0.64892	0.66164	0.01886	0.34370	0.00000	0.01899	0.01272
28	0.66164	0.67414	0.01825	0.34399	0.00000	0.01839	0.01250
29	0.67414	0.68643	0.01908	0.34443	0.00000	0.01785	0.01229
30	0.68643	0.69853	0.01992	0.34487	0.00000	0.01735	0.01210
31	0.69853	0.71045	0.02075	0.34531	0.00000	0.01689	0.01191
32	0.71045	0.72218	0.02380	0.33275	0.02533	0.00000	0.01174
33	0.72218	0.73375	0.02479	0.33266	0.02552	0.00000	0.01157
34	0.73375	0.74516	0.02433	0.33243	0.02568	0.00000	0.01141
35	0.74516	0.75641	0.02532	0.33233	0.02588	0.00000	0.01125
36	0.75641	0.76751	0.09062	0.00000	0.59827	-0.32850	0.01111
37	0.76751	0.77848	0.09347	0.00000	0.58204	-0.31002	0.01096
38	0.77848	0.78931	0.09633	0.00000	0.56669	-0.29303	0.01083
39	0.78931	0.80000	0.09771	0.00000	0.55189	-0.27724	0.01070
40	0.80000	0.81058	0.10058	0.00000	0.53808	-0.26276	0.01057
41	0.81058	0.82103	0.10346	0.00000	0.52496	-0.24936	0.01045

【0 1 7 4】

【表 3】

Ring No.	hs (mm)	hl (mm)	A0	A2	A4	A6	ピッチ (mm)
42	0.82103	0.83136	0.02674	0.34981	0.00000	0.01332	0.01034
43	0.83136	0.84158	0.02753	0.35025	0.00000	0.01310	0.01022
44	0.84158	0.85170	0.02686	0.35052	0.00000	0.01287	0.01011
45	0.85170	0.86171	0.02764	0.35096	0.00000	0.01267	0.01001
46	0.86171	0.87162	0.02842	0.35139	0.00000	0.01248	0.00991
47	0.87162	0.88143	0.02920	0.35182	0.00000	0.01231	0.00981
48	0.88143	0.89114	0.02997	0.35225	0.00000	0.01213	0.00972
49	0.89114	0.90077	0.02929	0.35251	0.00000	0.01196	0.00962
50	0.90077	0.91030	0.03005	0.35294	0.00000	0.01180	0.00954
51	0.91030	0.91975	0.03081	0.35336	0.00000	0.01166	0.00945
52	0.91975	0.92911	0.03157	0.35379	0.00000	0.01152	0.00936
53	0.92911	0.93840	0.03233	0.35421	0.00000	0.01138	0.00928
54	0.93840	0.94760	0.03164	0.35447	0.00000	0.01124	0.00920
55	0.94760	0.95673	0.03239	0.35488	0.00000	0.01112	0.00913
56	0.95673	0.96578	0.03314	0.35530	0.00000	0.01101	0.00905
57	0.96578	0.97476	0.03389	0.35571	0.00000	0.01090	0.00898
58	0.97476	0.98367	0.03463	0.35612	0.00000	0.01080	0.00891
59	0.98367	0.99251	0.03393	0.35636	0.00000	0.01068	0.00884
60	0.99251	1.00128	0.03467	0.35677	0.00000	0.01059	0.00877
61	1.00128	1.00999	0.15581	0.00000	0.35317	-0.10591	0.00871
62	1.00999	1.01863	0.15878	0.00000	0.34754	-0.10218	0.00864
63	1.01863	1.02721	0.16024	0.00000	0.34194	-0.09860	0.00858
64	1.02721	1.03573	0.16321	0.00000	0.33665	-0.09523	0.00852
65	1.03573	1.04419	0.16619	0.00000	0.33153	-0.09200	0.00846
66	1.04419	1.05259	0.16917	0.00000	0.32656	-0.08893	0.00840
67	1.05259	1.06093	0.17065	0.00000	0.32160	-0.08596	0.00834
68	1.06093	1.06922	0.17365	0.00000	0.31692	-0.08315	0.00829
69	1.06922	1.07745	0.17665	0.00000	0.31236	-0.08046	0.00823
70	1.07745	1.08563	0.17966	0.00000	0.30794	-0.07789	0.00818
71	1.08563	1.09376	0.18116	0.00000	0.30350	-0.07539	0.00813
72	1.09376	1.10184	0.18418	0.00000	0.29930	-0.07302	0.00808
73	1.10184	1.10987	0.18721	0.00000	0.29522	-0.07074	0.00803
74	1.10987	1.11784	0.19025	0.00000	0.29123	-0.06856	0.00797
75	1.11784	1.12577	0.19178	0.00000	0.28723	-0.06644	0.00793
76	1.12577	1.13366	0.19484	0.00000	0.28343	-0.06441	0.00789
77	1.13366	1.14149	0.19791	0.00000	0.27972	-0.06246	0.00783
78	1.14149	1.14928	0.20099	0.00000	0.27610	-0.06057	0.00779
79	1.14928	1.15703	0.20256	0.00000	0.27244	-0.05874	0.00775
80	1.15703	1.16473	0.20566	0.00000	0.26897	-0.05698	0.00770
81	1.16473	1.17239	0.20878	0.00000	0.26556	-0.05528	0.00766
82	1.17239	1.18000	0.21192	0.00000	0.26223	-0.05364	0.00761

【 0 1 7 5 】

【表 4】

Ring No.	hs (mm)	hl (mm)	A0	A2	A4	A6	ピッチ (mm)
83	1.18000	1.18752	0.21381	0.00000	0.258730	-0.05205	0.00752
84	1.18752	1.19500	0.21670	0.00000	0.255927	-0.05070	0.00748
85	1.19500	1.20244	0.21961	0.00000	0.253166	-0.04938	0.00744
86	1.20244	1.20983	0.22255	0.00000	0.250447	-0.04810	0.00739
87	1.20983	1.21718	0.22005	0.00000	0.247375	-0.04682	0.00735
88	1.21718	1.22449	0.22302	0.00000	0.244742	-0.04561	0.00731
89	1.22449	1.23176	0.22601	0.00000	0.242144	-0.04443	0.00727
90	1.23176	1.23899	0.22902	0.00000	0.239580	-0.04328	0.00723
91	1.23899	1.24617	0.23446	0.00000	0.237204	-0.04216	0.00718
92	1.24617	1.25332	0.23752	0.00000	0.234701	-0.04106	0.00715
93	1.25332	1.26043	0.24060	0.00000	0.232226	-0.03999	0.00711
94	1.26043	1.26749	0.24370	0.00000	0.229782	-0.03894	0.00706
95	1.26749	1.27452	0.24131	0.00000	0.227059	-0.03791	0.00703
96	1.27452	1.28152	0.24445	0.00000	0.224681	-0.03691	0.00700
97	1.28152	1.28847	0.24762	0.00000	0.222331	-0.03594	0.00695
98	1.28847	1.29539	0.25080	0.00000	0.220009	-0.03498	0.00692
99	1.29539	1.30227	0.25645	0.00000	0.217833	-0.03404	0.00688
100	1.30227	1.30912	0.25968	0.00000	0.215562	-0.03312	0.00685
101	1.30912	1.31593	0.26293	0.00000	0.213319	-0.03223	0.00681
102	1.31593	1.32271	0.26620	0.00000	0.211105	-0.03135	0.00678
103	1.32271	1.32945	0.26389	0.00000	0.208690	-0.03053	0.00674
104	1.32945	1.33616	0.26718	0.00000	0.206546	-0.02970	0.00671
105	1.33616	1.34283	0.27048	0.00000	0.204435	-0.02889	0.00667
106	1.34283	1.34947	0.27379	0.00000	0.202359	-0.02810	0.00664
107	1.34947	1.35607	0.27958	0.00000	0.200410	-0.02732	0.00660
108	1.35607	1.36265	0.28290	0.00000	0.198406	-0.02657	0.00658
109	1.36265	1.36919	0.28622	0.00000	0.196443	-0.02584	0.00654
110	1.36919	1.37570	0.28953	0.00000	0.194525	-0.02514	0.00651
111	1.37570	1.38217	0.28719	0.00000	0.192460	-0.02451	0.00647
112	1.38217	1.38862	0.29047	0.00000	0.190641	-0.02385	0.00645
113	1.38862	1.39503	0.29372	0.00000	0.188876	-0.02322	0.00641
114	1.39503	1.40142	0.29694	0.00000	0.187168	-0.02261	0.00639
115	1.40142	1.40777	0.30260	0.00000	0.185613	-0.02202	0.00635
116	1.40777	1.41409	0.30572	0.00000	0.184040	-0.02147	0.00632
117	1.41409	1.42038	0.30879	0.00000	0.182540	-0.02095	0.00629
118	1.42038	1.42665	0.31179	0.00000	0.181119	-0.02046	0.00627
119	1.42665	1.43288	0.30915	0.00000	0.179531	-0.02003	0.00623
120	1.43288	1.43908	0.31199	0.00000	0.178272	-0.01960	0.00620
121	1.43908	1.44525	0.31472	0.00000	0.177110	-0.01920	0.00617
122	1.44525	1.45140	0.31734	0.00000	0.176051	-0.01885	0.00615

中間
領域

10

20

30

40

【表 5】

Ring No.	hs (mm)	hl (mm)	A0	A2	A4	A6	ピッチ (mm)
123	1.45140	1.48504	0.00356	0.43039	-0.028837	0.01481	0.03364
124	1.48504	1.52404	-0.02036	0.46504	-0.044431	0.01717	0.03900
125	1.52404	1.57735	-0.05909	0.51692	-0.066597	0.02036	0.05331
126	1.57735	1.68994	-0.11461	0.58552	-0.093985	0.02403	0.11259
127	1.68994	1.73016	0.04430	0.41718	-0.035205	0.01716	0.04022
128	1.73016	1.75573	0.35374	0.10533	0.068936	0.00555	0.02557
129	1.75573	1.77560	0.75304	-0.28449	0.195187	-0.00810	0.01987
130	1.77560	1.79219	0.44580	0.00000	0.106847	0.00103	0.01659
131	1.79219	1.80661	0.42668	0.00000	0.111826	-0.00002	0.01442
132	1.80661	1.81944	0.40049	0.00000	0.118620	-0.00142	0.01283
133	1.81944	1.83107	0.36745	0.00000	0.127087	-0.00314	0.01163
134	1.83107	1.84173	0.32759	0.00000	0.137141	-0.00515	0.01066
135	1.84173	1.85160	0.28093	0.00000	0.148717	-0.00743	0.00987
136	1.85160	1.86080	0.22745	0.00000	0.161773	-0.00997	0.00920
137	1.86080	1.86945	0.16701	0.00000	0.176290	-0.01277	0.00865
138	1.86945	1.87760	0.09954	0.00000	0.192246	-0.01582	0.00815
139	1.87760	1.88533	0.02495	0.00000	0.209619	-0.01910	0.00773
140	1.88533	1.89268	-0.05690	0.00000	0.228411	-0.02262	0.00735
141	1.89268	1.89970	-0.14614	0.00000	0.248616	-0.02638	0.00702
142	1.89970	1.90641	-0.24285	0.00000	0.270219	-0.03036	0.00671
143	1.90641	1.91285	-0.34713	0.00000	0.293211	-0.03457	0.00644
144	1.91285	1.91904	-0.45913	0.00000	0.317596	-0.03900	0.00619
145	1.91904	1.92500	-0.57889	0.00000	0.343357	-0.04365	0.00596

周辺領域

【0177】

表1に示されるように、実施例1において、 $m1 = 0$ 、 $m2 = 0$ 、 $m3 = 0$ である。また、 $d/f = 2.67/2.2 = 1.21$ である。このような d/f が大きくCDでのワーキングディスタンスを取るのが困難な対物レンズであっても、実施例1は、CDの際のワーキングディスタンスとして0.359mmを確保することに成功している。また、表2A及び表2Bから、第1光路差付与構造の最小ピッチは、約7.6 μm であり、平均ピッチは約14.39 μm であることがわかる。したがって、 $p/f1 = 0.00345$ である。

【0178】

また、実施例1の対物レンズの回折効率、BDにおいて87.3%、DVDにおいて74.6%、CDにおいて60.9%と、何れの光ディスクに対してもバランスよく高い回折効率を得られていることがわかる。

【0179】

実施例1の球面収差図を、図8に示す。図8(a)はBDの時の球面収差図、図8(b)はDVDの時の球面収差図、図8(c)はCDの時の球面収差図である。各球面収差図において、LMは、他の次数の回折光に比して最も光量が多く発生する回折次数の光であるメイン光の球面収差、1はメイン光よりも光量が少ない回折次数の光であって、光ディスクの情報の記録/再生に用いられない不要光1の球面収差、2もメイン光よりも光量が少ない回折次数の光であって、光ディスクの情報の記録/再生に用いられない別の不要光2の球面収差、3もメイン光よりも光量が少ない回折次数の光であって、光ディスクの情報の記録/再生に用いられないさらに別の不要光3の球面収差を表す。図8に示されるように、BD、DVD、CDのいずれにおいても、 $m1 = 0$ 、 $m2 = 0$ 、 $m3 = 0$ という状況下で、その必要開口数内において良好な球面収差を保っており、何れの光ディスクに対

しても情報の記録／再生を良好に行えることがわかる。また、図 8 から、中央領域と中間領域との間で位相ずれが生じていない、という好ましい結果が得られていることもわかる。

【0180】

実施例 1 の軸上色収差は $0.67 \mu\text{m}/\text{nm}$ である。又、実施例 1 の波長特性及び温度特性を表 6 に示す。第 1 光源の波長が $+5 \text{ nm}$ 変動したときの、3 次球面収差は $-0.105 \lambda \text{ rms}$ であり、5 次球面収差は $-0.024 \lambda \text{ rms}$ である。又、環境温度が $+30$ 度上昇したときの、3 次球面収差は $0.114 \lambda \text{ rms}$ であり、5 次球面収差は $0.025 \lambda \text{ rms}$ である。これらは倍率補正により改善される。倍率補正とは、コリメータを移動させることによる倍率補正のことをいう。

10

【0181】

【表 6】

$\Delta \lambda + 5\text{nm}$	倍率補正前	倍率補正後
SA3	-0.105	0.000
SA5	-0.024	-0.006
SA7	-0.010	-0.006
$\Delta T + 30\text{deg}$	倍率補正前	倍率補正後
SA3	0.114	0.000
SA5	0.025	0.005
SA7	0.002	-0.002

20

【0182】

実施例 1 は、波長が長くなった際に発生する 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）となっていることがわかる。また、温度特性の絶対値が小さいという好ましい結果が得られており、コリメータの移動量や補正分解能の点で好ましいことがわかる。

【0183】

更に、実施例 1 の回折効率の波長依存性を図 9 に示す。図 9 から、BD, DVD, CD のいずれにおいても、波長変動時の回折効率の変動が小さく抑えられており、好ましい結果が得られていることがわかる。

30

【0184】

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】

【0185】

- 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
- LD2 第 2 半導体レーザ
- LD3 第 3 半導体レーザ
- LDP レーザユニット
- MD 中間領域
- OL 対物レンズ

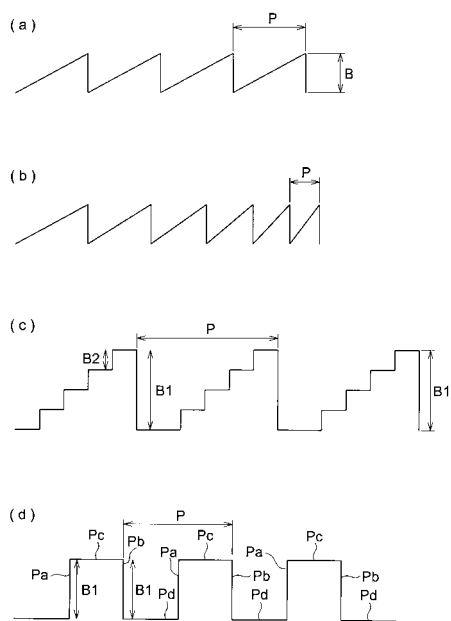
40

50

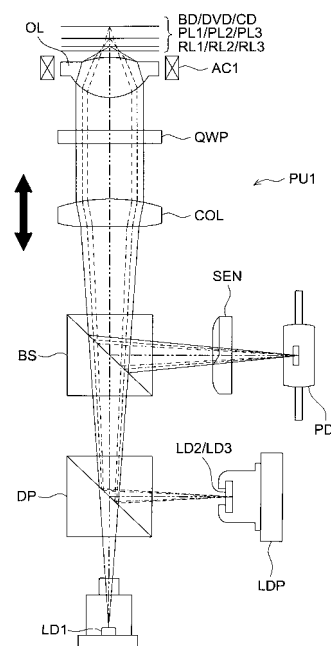
O T 周辺領域
 P D 受光素子
 P L 1 保護基板
 P L 2 保護基板
 P L 3 保護基板
 P U 1 光ピックアップ装置
 Q W P $\lambda/4$ 波長板
 R L 1 情報記録面
 R L 2 情報記録面
 R L 3 情報記録面
 S E N センサレンズ

10

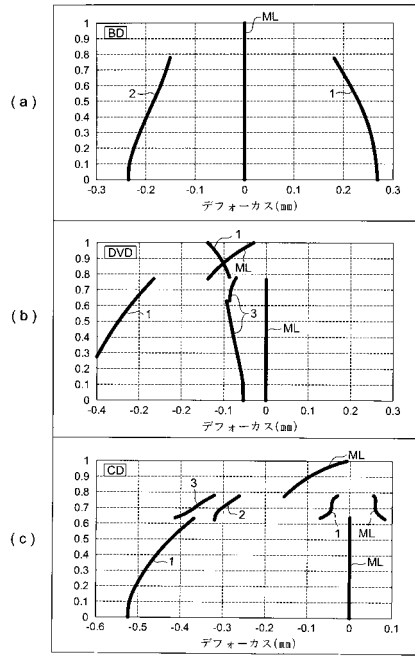
【図 3】



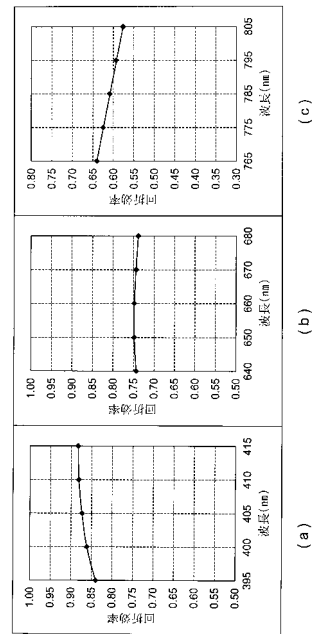
【図 7】



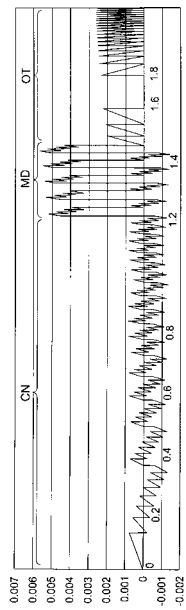
【図 8】



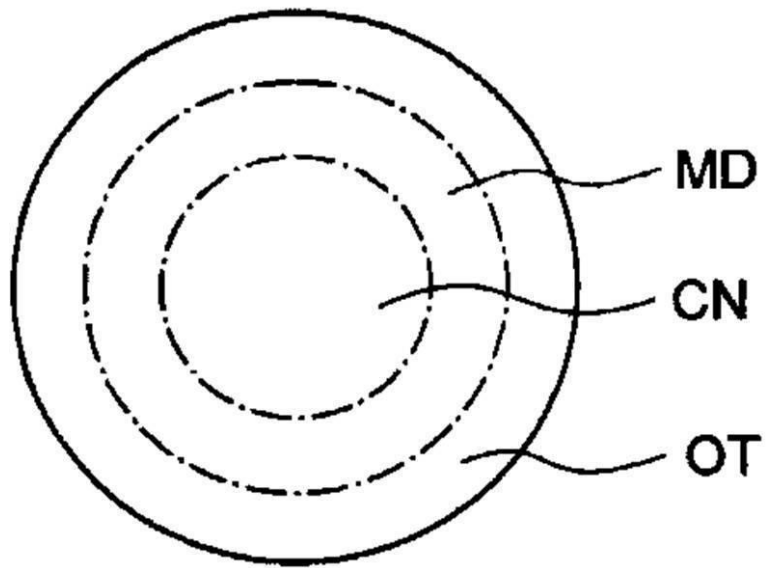
【図 9】



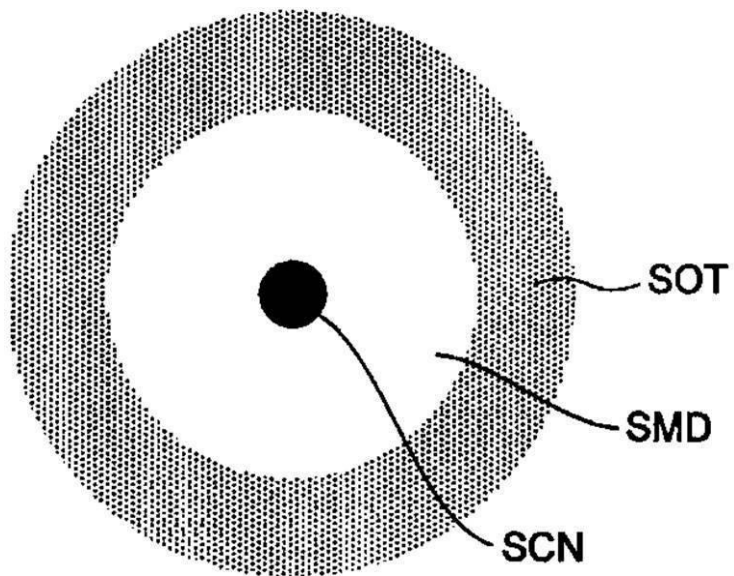
【図 10】



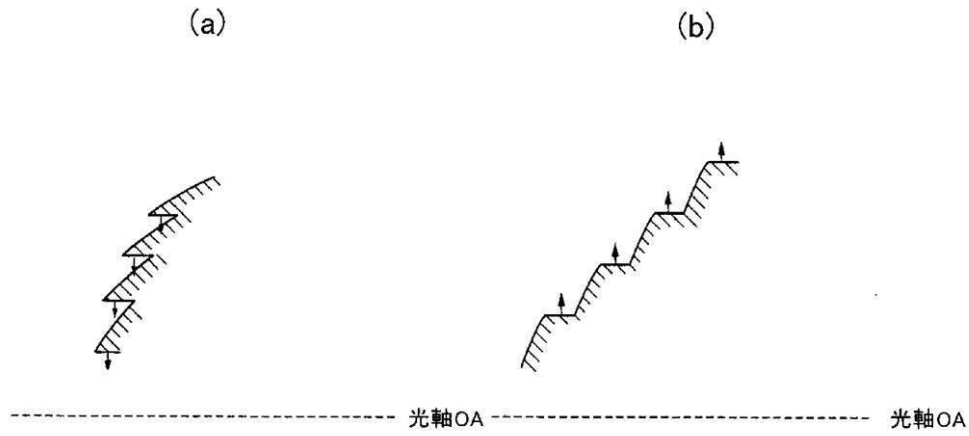
【図 1】



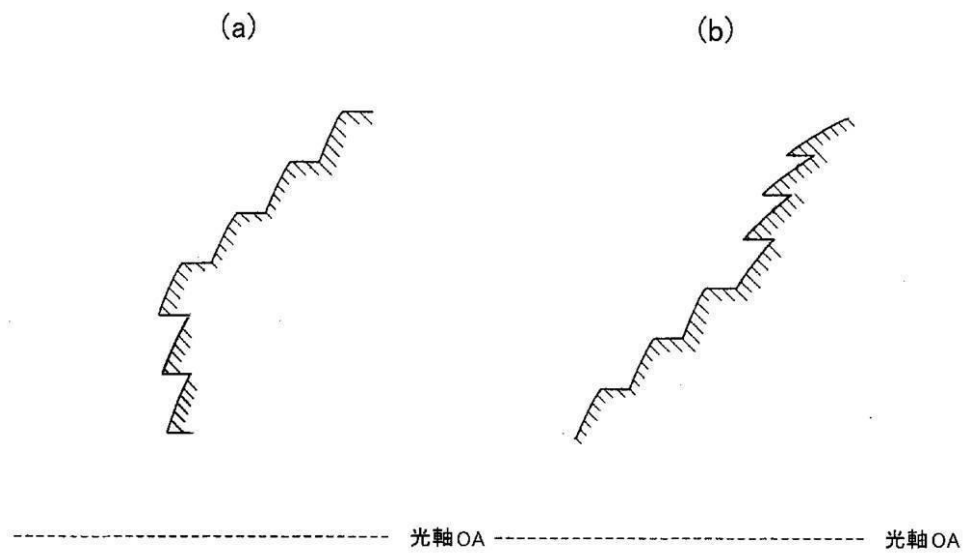
【図 2】



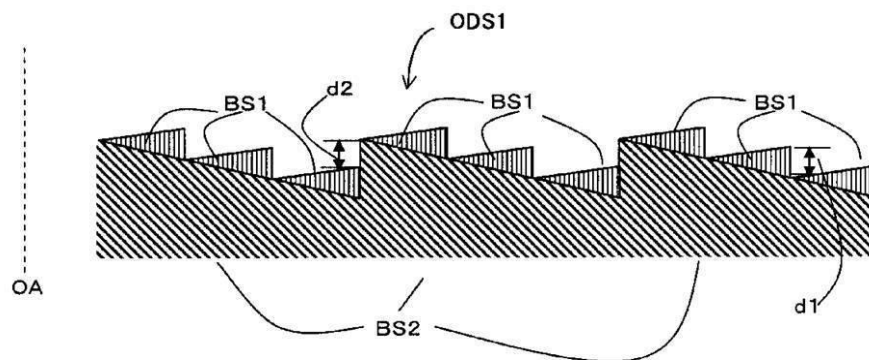
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(31)優先権主張番号 特願2010-50599(P2010-50599)

(32)優先日 平成22年3月8日(2010.3.8)

(33)優先権主張国 日本国(JP)

早期審査対象出願

(56)参考文献 国際公開第2008/136242(WO, A1)

国際公開第2006/095583(WO, A1)

特開2006-134366(JP, A)

国際公開第2010/013616(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G11B 7/135

G02B 13/10

G02B 13/18