

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2012-160224
(P2012-160224A)

(43) 公開日 平成24年8月23日 (2012. 8. 23)

(51) Int.Cl.

F 1

テーマコード (参考)

G 1 1 B 7/135 (2012.01)

G 0 2 B 13/00 (2006.01)

G 0 2 B 13/18 (2006.01)

G 1 1 B 7/135 A

G 0 2 B 13/00

G 0 2 B 13/18

2 H 0 8 7

5 D 7 8 9

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2011-17835 (P2011-17835)

(22) 出願日 平成23年1月31日 (2011. 1. 31)

(71) 出願人 000001889
三洋電機株式会社
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(71) 出願人 504464070
三洋オプテックデザイン株式会社
群馬県邑楽郡大泉町坂田一丁目1番1号

(74) 代理人 100091605
弁理士 岡田 敬

(72) 発明者 伊藤 充
東京都文京区湯島1丁目6番3号 湯島1
丁目ビル 三洋オプテックデザイン株式会
社内

最終頁に続く

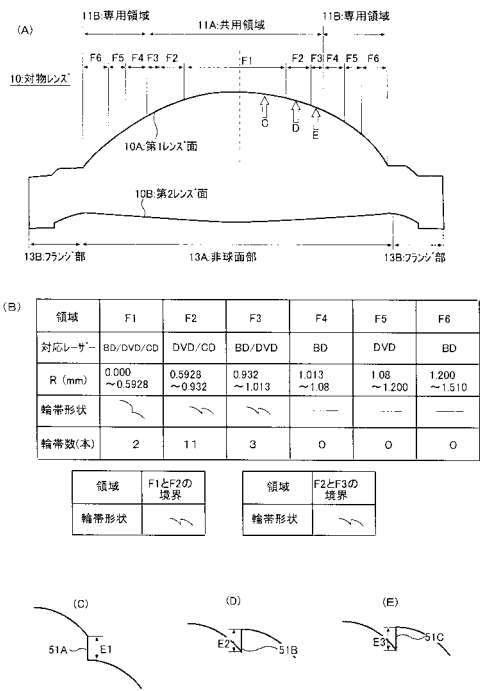
(54) 【発明の名称】 対物レンズおよびそれを用いた光ピックアップ装置、対物レンズの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 金型を用いて好適に製造することを可能とする対物レンズおよびそれを備えた光ピックアップ装置を提供する。

【解決手段】 本発明の対物レンズは、中央部からBD規格、DVD規格およびCD規格のレーザー光を集光する第1領域F1、DVD規格およびCD規格のレーザー光を集光する第2領域F2および、BD規格およびDVD規格のレーザー光を集光する第3領域F3を備えている。そして、第1領域F1に設けられる第1輪帯段差51Aを、他の領域に設けられる輪帯段差よりも段差量を大きくしている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 波長を有する第 1 レーザー光を第 1 光ディスクの情報記録層に集光させ、

前記第 1 波長よりも長い第 2 波長を有する第 2 レーザー光を、第 2 光ディスクの情報記録層に集光させ、

前記両レーザー光よりも長い第 3 波長を有する第 3 レーザー光を、第 3 光ディスクの情報記録層に集光させる、対物レンズであり、

前記対物レンズの中央部付近に配置された領域であり、前記第 1 レーザー光、前記第 2 レーザー光および前記第 3 レーザー光の何れか複数を、対応する光ディスクの前記情報記録層に集光し、第 1 輪帯段差が設けられた第 1 共用領域と、

前記第 1 共用領域よりも外側に配置された領域であり、前記第 1 レーザー光、前記第 2 レーザー光および前記第 3 レーザー光の何れか複数を、対応する光ディスクの前記情報記録層に集光し、第 2 輪帯段差が設けられた第 2 共用領域と、を備え、

前記第 1 共用領域に設けられる前記第 1 輪帯段差の段差量が、前記第 2 共用領域に設けられる前記第 2 輪帯段差の段差量よりも大きいことを特徴とする対物レンズ。

【請求項 2】

前記第 1 輪帯段差の形状は、前記第 1 輪帯段差よりも外側のレンズの厚みが小さくなる形状であることを特徴とする請求項 1 に記載の対物レンズ。

【請求項 3】

前記第 2 輪帯段差の形状は、前記第 2 輪帯段差よりも外側のレンズの厚みが大きくなる形状であることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の対物レンズ。

【請求項 4】

前記第 1 共用領域は、前記第 1 レーザー光、前記第 2 レーザー光および前記第 3 レーザー光を、対応する前記光ディスクの情報記録層に集光し、

前記第 1 輪帯段差の段差量は、前記第 1 共用領域で集光される前記第 1 レーザー光、前記第 2 レーザー光および前記第 3 レーザー光に発生する収差が 0.3λ未満となるように設定されることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 の何れかに記載の対物レンズ。

【請求項 5】

前記第 2 共用領域は、前記第 2 レーザー光および前記第 3 レーザー光を、対応する前記光ディスクの情報記録層に集光し、

前記第 2 輪帯段差の段差量は、前記第 2 共用領域で集光される前記第 2 レーザー光および前記第 3 レーザー光に発生する収差が 0.3λ未満となるように設定されることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 の何れかに記載の対物レンズ。

【請求項 6】

前記第 2 共用領域の外側に配置された輪帯状の領域であり、前記第 1 レーザー光、前記第 2 レーザー光および前記第 3 レーザー光の何れか複数を、対応する前記光ディスクの前記情報記録層に集光し、第 3 輪帯段差が設けられた第 3 共用領域と、を備え、

前記第 1 輪帯段差の段差量は、前記第 2 輪帯および前記第 3 輪帯段差よりも大きいことを特徴とする請求項 1 から請求項 5 の何れかに記載の対物レンズ。

【請求項 7】

前記第 3 共用領域は、前記第 1 レーザー光および前記第 2 レーザー光を、対応する前記光ディスクの情報記録層に集光し、

前記第 3 輪帯段差の段差量は、前記第 3 共用領域で集光される前記第 1 レーザー光および前記第 2 レーザー光に発生する収差が 0.3λ未満となるように設定されることを特徴とする請求項 6 に記載の対物レンズ。

【請求項 8】

前記第 1 レーザー光または前記第 2 レーザー光のみを対応する光ディスクの情報記録層に集光すると共に、周辺部に配置された専用領域を備え、

前記専用領域は連続する曲面形状を呈することを特徴とする請求項 1 から請求項 7 の何れかに記載の対物レンズ。

10

20

30

40

50

【請求項 9】

前記共用領域同士の間、前記第 1 レーザー光または前記第 2 レーザー光をスポット形成に寄与させない無効領域を配置することを特徴とする請求項 1 から請求項 8 の何れかに記載の対物レンズ。

【請求項 10】

請求項 1 から請求項 9 の何れかに記載された対物レンズを備えたことを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項 11】

互いに対向する第 1 レンズ面と第 2 レンズ面とを備え、前記第 1 レンズ面に複数の輪帯段差を備えた対物レンズを製造する対物レンズの製造方法であり、

前記第 1 レンズ面に対応した形状の内壁を備えた第 1 金型と、前記第 2 レンズ面に対応した形状の内壁を備えた第 2 金型とを当接させてキャビティを構成し、前記キャビティの内部で前記対物レンズの材料を硬化させる工程と、

前記第 1 金型と前記第 2 金型とを離型させて対物レンズを取り出す工程と、を備え、

前記第 1 金型の前記内壁は、前記対物レンズの前記第 1 レンズ面に設けられる複数の輪帯段差に対応した段差部を有し、

前記第 1 金型の内壁で内側に配置される前記段差部の段差量を、前記第 1 金型の内壁で外側に設けられる前記段差部の段差量よりも大きくすることを特徴とする対物レンズの製造方法。

【請求項 12】

前記対物レンズは、第 1 レーザー光、前記第 1 レーザー光よりも波長が長い第 2 レーザー光および、前記両レーザー光よりも波長が長い第 3 レーザー光を、対応する規格の光ディスクの情報記録層に集光するレンズであり、

前記対物レンズの前記第 1 レンズ面は、

中央部付近に配置された領域であり、前記第 1 レーザー光、前記第 2 レーザー光および前記第 3 レーザー光の何れか複数を、対応する前記光ディスクの前記情報記録層に集光し、第 1 輪帯段差が設けられた第 1 共用領域と、

前記第 1 共用領域を囲む位置に配置された輪帯状の領域であり、前記第 1 レーザー光、前記第 2 レーザー光および前記第 3 レーザー光の何れか複数を、対応する前記光ディスクの前記情報記録層に集光し、前記第 1 輪帯段差よりも段差量が小さい第 2 輪帯段差が設けられた第 2 共用領域と、を備え、

前記対物レンズの前記第 1 輪帯段差および前記第 2 輪帯段差に即した形状の、第 1 段差部および第 2 段差部が前記第 1 金型の前記内壁に設けられることを特徴とする請求項 11 に記載の対物レンズの製造方法。

【請求項 13】

前記第 1 段差部の形状は、内側よりも外側の厚みが小さくなる前記対物レンズの前記第 1 輪帯段差の形状に即した形状であることを特徴とする請求項 12 に記載の対物レンズの製造方法。

【請求項 14】

前記第 2 段差部の形状は、内側よりも外側の厚みが大きくなる前記対物レンズの前記第 2 輪帯段差の形状に即した形状であることを特徴とする請求項 12 または請求項 13 に記載の対物レンズの製造方法。

【請求項 15】

前記第 2 共用領域の外側に配置された輪帯状の領域であり、前記第 1 レーザー光、前記第 2 レーザー光および前記第 3 レーザー光の何れか複数を、対応する前記光ディスクの前記情報記録層に集光し、前記第 1 輪帯段差よりも段差量が小さい第 3 輪帯段差が設けられた第 3 共用領域と、を備え、

前記第 1 金型の前記内壁に、前記対物レンズの前記第 3 輪帯段差に即した形状の第 3 段差部を設けることを特徴とする請求項 11 から請求項 14 の何れかに記載の対物レンズの製造方法。

【請求項 16】

前記対物レンズの材料は樹脂であり、半固形状または液状の前記樹脂をゲートから前記キャビティに充填させた後に硬化させることを特徴とする請求項 11 から請求項 15 の何れかに記載の対物レンズの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、成形性が向上された対物レンズおよびそれを用いた光ピックアップ装置に関する。さらに本発明は、この様な対物レンズの製造方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

従来から、光ディスクの読出し及び書込には、ガラスまたはプラスチック材料を金型で所定に成形した対物レンズが用いられている。

【0003】

特許文献 1 に開示されたプラスチック材料からなる対物レンズの製造方法では、図 2 およびその説明箇所等を参照すると、金型部 11 および金型部 12 から成る金型を用意し、この金型の内部に樹脂材料を注入することにより、所定形状を備えた対物レンズを成形している。ここで、金型部 11 および金型部 12 の内壁の形状は、成形される対物レンズのレンズ面形状に即した形状を備えている。

20

【0004】

一方、光ピックアップ装置に必要とされる部品点数を削減するために、複数の規格のレンズ面に対応する光ディスクに集光する互換レンズが開発されている。例えば、BD (Blu-ray Disc) 規格、DVD (Digital Versatile Disc) 規格および CD (Compact Disc) 規格のレーザー光を、対応する規格の光ディスクに集光する互換対物レンズが開発されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2007-196665 号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上記した金型を用いた対物レンズの製造方法では射出成形が容易でない問題があった。

【0007】

具体的には、互換対物レンズのレンズ面には、光ディスクの情報記録層を被覆する被覆層の厚みに関連して発生する球面収差を補正するために、輪帯段差が設けられている。従って、この様な輪帯段差を備える互換対物レンズを射出成形で成形するためには、金型の内壁に、対物レンズの輪帯段差の形状に即した段差部を設ける必要がある。しかしながら、段差量が多い段差部を金型の内壁に設けると、金型の内部で樹脂材料等を硬化させる際の硬化収縮により、射出成形された対物レンズの輪帯段差と、金型の段差部が過度に嵌合してしまう。このようになると、対物レンズを金型から離型させることが困難になる問題があった。更に、上記した硬化収縮量の度合いが大きいと、金型の段差部に嵌合した対物レンズの輪帯段差が変形あるいは破損してしまい、対物レンズの光学的特性が劣化する恐れもある。

40

【0008】

更にまた、対物レンズの搬送工程や取付工程等において、対物レンズの外側に配置される輪帯段差は、内側に配置される輪帯段差よりも衝撃等が作用しやすい条件にある。従って、対物レンズの外側に段差量が多い輪帯段差を配置すると、衝撃等の外力が対物レンズ

50

に作用した場合、輪帯段差に発生する変形量も大きくなり、対物レンズの特性が大きく劣化してしまう恐れがある。

【0009】

本発明は上記した問題を鑑みてなされたものである。本発明の目的は、金型を用いて好適に製造することを可能とする対物レンズおよびそれを備えた光ピックアップ装置を提供することにある。さらに本発明の目的は、このような対物レンズの製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、第1波長を有する第1レーザー光を第1光ディスクの情報記録層に集光させ、前記第1波長よりも長い第2波長を有する第2レーザー光を、第2光ディスクの情報記録層に集光させ、前記両レーザー光よりも長い第3波長を有する第3レーザー光を、第3光ディスクの情報記録層に集光させる、対物レンズであり、前記対物レンズの中央部付近に配置された領域であり、前記第1レーザー光、前記第2レーザー光および前記第3レーザー光の何れか複数を、対応する光ディスクの前記情報記録層に集光し、第1輪帯段差が設けられた第1共用領域と、前記第1共用領域よりも外側に配置された領域であり、前記第1レーザー光、前記第2レーザー光および前記第3レーザー光の何れか複数を、対応する光ディスクの前記情報記録層に集光し、第2輪帯段差が設けられた第2共用領域と、を備え、前記第1共用領域に設けられる第1輪帯段差の段差量が、前記第2共用領域に設けられる第2輪帯段差の段差量よりも大きいことを特徴とする。

【0011】

本発明の光ピックアップ装置は、このような構成の対物レンズを備えたものである。

【0012】

本発明は、互いに対向する第1レンズ面と第2レンズ面とを備え、前記第1レンズ面に複数の輪帯段差を備えた対物レンズを製造する対物レンズの製造方法であり、前記第1レンズ面に対応した形状の内壁を備えた第1金型と、前記第2レンズ面に対応した形状の内壁を備えた第2金型とを当接させてキャビティを構成し、前記キャビティの内部で前記対物レンズの材料を硬化させる工程と、前記第1金型と前記第2金型とを離型させて対物レンズを取り出す工程と、を備え、前記第1金型の前記内壁は、前記対物レンズの前記第1レンズ面に設けられる複数の輪帯段差に対応した段差部を有し、前記第1金型の内壁で内側に配置される前記段差部の段差量を、前記第1金型の内壁で外側に設けられる前記段差部の段差量よりも大きくすることを特徴とする。

【発明の効果】

【0013】

本発明では、波長が異なる複数のレーザー光を集光する共用領域を複数個有し、中央付近の第1共用領域に設けられる第1輪帯段差の段差量を、外側に配置される第2共用領域に設けられる第2輪帯段差の段差量よりも大きくしている。このようにすることで、金型を用いて射出成形の際に発生する収縮量は外側よりも内側の領域の方が小さいので、大きな段差量を備えた第1輪帯段差に作用する応力が小さくなり、第1輪帯段差の変形や破壊が防止される。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の対物レンズを示す図であり、(A)は対物レンズを示す断面図であり、(B)は対物レンズに設けられる各領域を説明するための表であり、(C)－(E)は輪帯段差を示す断面図である。

【図2】本発明の対物レンズの他の形態を示す図であり、(A)は他の形態の対物レンズを示す断面図であり、(B)はこの対物レンズが光ピックアップ装置に組み込まれた状態を示す図である。

【図3】本発明の対物レンズがレーザー光を集光する状態を示す図であり、(A)はBD規格のレーザー光を集光する状態を示し、(B)はDVD規格のレーザー光を集光する状

10

20

30

40

50

態を示し、(C)はCD規格のレーザー光を集光する状態を示す。

【図4】(A)～(D)は、本発明の対物レンズの特性および形状を決定する際に用いられるパラメータを示す表であり、(E)は(A)等を示すパラメータを説明する図である。

【図5】本発明の形状を決定する際に用いられるパラメータを示す表であり、(A)は輪帯が設けられるレンズ面の形状を規定するパラメータを示し、(B)は輪帯が形成されないレンズ面を規定するパラメータを示す。

【図6】本発明の対物レンズに備えられる輪帯段差を示す図であり、(A)は第1領域F1に設けられる輪帯段差を示す断面図であり、(B)は第2領域F2に設けられる輪帯段差を示す断面図である。

【図7】本発明の対物レンズに設けられる輪帯段差の段差量と残留収差との関係を示す表である。

【図8】本発明の対物レンズの製造方法を示す図であり、(A)は製造される対物レンズを示す断面図であり、(B)は金型を用いて射出成形を行う状態を示す断面図であり、(C)～(E)は金型に設けられる段差部を示す断面図である。

【図9】本発明の対物レンズを備えた光ピックアップ装置を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

図1を参照して、本形態に係る対物レンズ10を説明する。図1(A)は対物レンズ10を全体的に示す断面図であり、図1(B)は対物レンズ10に形成される各領域の特性を示す表であり、(C)から(E)は輪帯段差の形状を示す断面図である。

【0016】

対物レンズ10は、第1レンズ面10Aと第2レンズ面10Bとを備えており、使用状況下に於いては第1レンズ面10A側から第2レンズ面10Bを通過するようにレーザー光は照射される。

【0017】

対物レンズ10の材料としては、樹脂材料またはガラスが採用される。ここで、樹脂材料としては、ポリオレフィン樹脂（環状オレフィンコポリマー、シクロオレフィンポリマー）が採用される。また、樹脂材料としては、PMMA樹脂（アクリル樹脂）、PC樹脂（ポリカーボネート）等も採用可能である。

【0018】

対物レンズ10は、波長の異なる複数のレーザー光を光ディスクの情報記録層に集光する。具体的には、対物レンズ10は、BD（Blue-ray Disc）規格、DVD（Digital Versatile Disc）規格およびCD（Compact Disc）規格のレーザー光を、各規格に対応する光ディスクの情報記録層に集光する。

【0019】

ここで、BD規格のレーザー光の波長は青紫色（青色）波長帯395nm～420nm（例えば405nm）であり、DVD規格のレーザー光の波長は赤色波長帯645nm～675nm（例えば、655nm）であり、CD規格のレーザー光の波長は赤外波長帯765nm～805nm（例えば785nm）である。また、対物レンズ10に入射するレーザー光は、無限光または弱有限光である。無限光は、単層の情報記録層を備える各規格の光ディスクに適用される。弱有限光のレーザー光は、多層の情報記録層を備えるBD規格またはDVD規格の光ディスクに使用される。

【0020】

図1(A)を参照して、対物レンズ10は、非球面部13Aとその周囲のフランジ部13Bから成る。非球面部13Aは、入射したレーザー光の集光に寄与する部位であり、第1レンズ面10Aと、第2レンズ面10Bとを備えている。

【0021】

フランジ部13Bは、非球面部13Aを取り囲むように形成された部位であり、対物レンズ10を光ピックアップ装置のレンズホルダーに取り付ける際に、フランジ部13Bに

10

20

30

40

50

接着材を塗布して固着する。この様な形状の対物レンズ10は、金型を用いた射出成形により成形され、この事項は図8を参照して後述する。ここで、フランジ部13Bの上面周辺部は、外側が下方に下がる段差形状を呈している。これにより、図8を参照して後述する射出成形により対物レンズを成形する際に、フランジ部13Bの上面が金型から離型しやすくなる。

【0022】

対物レンズ10の第1レンズ面10Aは、中央部付近に設けられた共用領域11Aと、この共用領域11Aを囲むように配置された輪帯状の専用領域11Bとを備えている。共用領域11Aは、BD規格、DVD規格およびCD規格のレーザー光の中の2以上を、対応する光ディスクの情報記録層に集光する。共用領域11Aは下記する第1領域F1、第2領域F2および第3領域F3を含む。専用領域11Bは、BD規格またはDVD規格のレーザー光を、対応する光ディスクの情報記録層に集光する。専用領域11Bは、下記する第4領域F4、第5領域F5および第6領域F6を含む。

10

【0023】

第1領域F1は、対物レンズ10の第1レンズ面10Aの中央部付近に配置された円形の領域であり、BD規格、DVD規格およびCD規格のレーザー光を、対応する光ディスクの情報記録層に集光する。また、第1領域F1は、対物レンズ10の中心から0.5928mmまでの領域に円形に形成されており、輪帯段差により区分される輪帯が形成される。ここでは、プラスの段差量を有する輪帯段差が形成されている。本形態では、輪帯段差量は対物レンズ10に入射するレーザー光の進行方向をプラスとして表している。従って、プラスの段差量を有する輪帯段差が設けられた場合、その段差の外側で対物レンズ10が薄くなる。

20

【0024】

第1領域F1に形成される輪帯段差量Dは、以下の式1により算出される。

【0025】

$$\text{式1} \dots \dots D = m \cdot \lambda / (n - 1)$$

ここで、mは定数であり、nは対物レンズの屈折率であり、λはレーザー光の波長である。尚、実際の対物レンズ10の設計に用いられる詳細な値は図4および図5を参照して後述する。

【0026】

第1領域F1に形成される輪帯段差の段差量Dの算出に用いられる波長λとして、BD規格のレーザー光の波長(405nm)を採用している。これにより、段差の有無はBDのレーザー光の実質的な波面収差に影響を及ぼさない。一方、DVD規格のレーザー光に対しては、輪帯段差を設けることによる位相ズレは、波長の整数倍ではない。従って、第1領域F1に輪帯段差を設けることにより、DVD規格のレーザー光では色収差が発生し、この色収差により光ディスクの被覆層で発生する球面収差が補正される。これにより本形態では、DVD規格のレーザー光で発生する実質的な収差が低減されている。

30

【0027】

更に、図1(C)を参照して、第1領域F1に設けられる第1輪帯段差51Aの段差量E1は、他の共用領域(第2領域F2、第3領域F3)に設けられる輪帯段差よりも大きくなっている。一例として、図1(C)に示す第1領域F1の段差量E1は0.0060mm程度であり、図1(D)に示す第2領域F2に設けられる第2輪帯段差51Bの段差量E2は0.0014mm程度であり、図1(E)に示す第3領域F3に設けられる第3輪帯段差51Cの段差量E3は、0.0026mm程度である。このように、球面収差を補正するために設けられる輪帯段差の中で、最も段差量が大きいものを中心寄りに配置することにより、背景技術の欄にて述べた射出成形時の問題が回避される。この事項は図8を参照して後述する。

40

【0028】

更にまた、図1(C)を参照して、第1輪帯段差51Aの断面形状は、輪帯段差よりも外側の対物レンズの厚みが内側よりも薄くなるような形状である。換言すると、第1輪帯

50

段差 5 1 A 付近の対物レンズ 1 0 の形状は、所謂「なで肩」の如き形状を呈しており、鋭利に外部に向かって突出する形状ではない。このことによっても、上記した背景技術の問題が回避される。

【0029】

第 2 領域 F 2 は、第 1 領域 F 1 に隣接してその周囲を囲む輪帯状の領域 ($R = 0.5928 \text{ mm} \sim 0.932 \text{ mm}$) であり、DVD 規格および CD 規格のレーザー光を対応する規格の光ディスクの情報記録面に集光してスポットを形成する。ここで、第 2 領域 F 2 で DVD 規格および CD 規格のレーザー光が集光するポイントは、第 1 領域 F 1 でこれらのレーザー光が集光するポイントと同じである。即ち、各領域にてワーキングディスタンスが一致している。この事項は下記する各領域で同様である。尚、この領域に入射した BD 規格のレーザー光は、スポットの形成には寄与しない。

10

【0030】

第 2 領域 F 2 にも複数の輪帯が設けられており、各輪帯同士の上に設けられる輪帯段差の段差量は DVD 規格のレーザー光の波長から算出されている。これにより、色収差が発生し、この色収差により CD 規格のレーザー光に発生する球面収差が補正される。また、輪帯段差の有無は、基本的には DVD 規格のレーザー光に発生する収差には影響を及ぼさない。更に本形態では、第 2 領域 F 2 を通過する BD 規格のレーザー光をスポット形成に寄与させないことで、光学的超解像を実現しているが、この事項は図 3 (A) を参照して後述する。

【0031】

20

図 1 (D) を参照して、ここでは、第 2 領域 F 2 には、マイナスの段差量を有する第 2 輪帯段差 5 1 B が形成され、輪帯段差よりも外側の対物レンズが厚くなる断面形状となる。第 2 輪帯段差 5 1 B の段差量がマイナスとなる理由は、CD 規格のレーザー光に発生する球面収差を色収差にて補正するためである。

【0032】

本形態では、第 1 領域 F 1 と第 2 領域 F 2 との間に輪帯段差が設けられている。これは、BD 規格および DVD 規格のレーザー光で収差が最適化される第 1 領域 F 1 の最外周部の位置と、DVD 規格および CD 規格のレーザー光で収差が最適化される第 2 領域 F 2 の最内周部との位置が合致しないからである。なお、このような輪帯段差は、他の領域同士の間にも設けられる。また、この領域同士の上に設けられる輪帯段差に関しても、最も段差量が大きいものを中心に近い位置に配置されており、これにより対物レンズを良好に射出成形することができる。

30

【0033】

第 3 領域 F 3 は、第 2 領域 F 2 に隣接してその周囲を囲む輪帯状の領域 ($R = 0.932 \text{ mm} \sim 1.013 \text{ mm}$) であり、BD 規格および DVD 規格のレーザー光を対応する光ディスクの情報記録層に集光してスポットを形成する。第 3 領域 F 3 に入射した CD 規格のレーザー光はスポット形成には寄与しない。同様に、第 3 領域 F 3 よりも外側の領域に入射した CD 規格のレーザー光も、スポット形成には寄与しない。

【0034】

第 3 領域 F 3 には 3 個の輪帯が設けられており、各輪帯同士の上に形成される段差の段差量は、第 1 領域 F 1 と同様に、BD 規格の波長を用いて算出される。従って、この領域に於いても、輪帯段差を設けることにより発生する色収差により、DVD 規格のレーザー光に発生する球面収差が補正される。

40

【0035】

図 1 (E) を参照して、第 3 領域 F 3 に設けられる第 3 輪帯段差 5 1 C の段差量 E 3 の段差量 E 3 は、中央付近に設けられる第 1 輪帯段差 5 1 A よりも小さく成っている。また、第 3 輪帯段差 5 1 C の段差量はマイナスの値であるので、その形状は第 2 輪帯段差 5 1 B と同様である。

【0036】

第 4 領域 F 4 は、第 3 領域を囲む輪帯状の領域 ($R = 1.013 \text{ mm} \sim 1.08 \text{ mm}$)

50

であり、BD規格のレーザー光のみを対応する規格の光ディスクの情報記録層に集光してスポットを形成する。第4領域F4に照射されたDVD規格およびCD規格のレーザー光は、スポット形成には寄与しない。従って、BD規格以外の規格（DVD規格およびCD規格）のレーザー光で発生する球面収差を考慮する必要が無く、輪帯段差は設けられていない。このことから、第4領域F4は段差の無い連続する面形状を呈している。この事項は、特定の規格のレーザー光のみを集光する以下の第5領域F5および第6領域F6も同様である。更に、第4領域F4は、他の規格のレーザー光との兼ね合いを考慮する必要が無いので、発生する収差の量を極めて小さくすることができる。このようなBD規格のみの領域を設けることにより、対物レンズ10全体でBD規格のレーザー光に発生する収差が改善される。

10

【0037】

第5領域F5は、第4領域F4を囲む輪帯状の領域（ $R = 1.08\text{ mm} \sim 1.200\text{ mm}$ ）であり、DVD規格のレーザー光のみを集光してスポットを形成する。この領域に集光されたBD規格およびCD規格のレーザー光は、スポット形成には寄与しない。DVD規格のレーザー光のみを集光させる専用領域である第5領域F5を設けることにより、DVD規格のレーザー光で収差が改善される。この理由は、第4領域F4の場合と同様である。

【0038】

第6領域F6は、第5領域F5を囲む輪帯状の領域（ $R = 1.200\text{ mm} \sim 1.510\text{ mm}$ ）であり、第4領域F4と同様にBD規格のレーザー光のみを集光させる領域である。対物レンズ10の最外周部に、BD規格のレーザー光を集光させる専用領域を配置することにより、BD規格のレーザー光で発生する収差が全体として更に小さくなる。

20

【0039】

ここで、専用領域である第4領域F4ー第6領域F6には輪帯段差が設けられていないが、これらの何れかまたは複数に輪帯段差を設けても良い。この場合、設けられる輪帯段差の段差量は、上記した第1輪帯段差51Aよりも小さくする。

【0040】

図2（A）は他の形態の対物レンズ10を示す断面図である。この図に示す対物レンズ10の構成は図1に示したものと基本的には同様であり、相違点はフランジ部13Bの形状にある。図1（A）に示した対物レンズ10では、フランジ部13Bは下方に突出する形状を呈していた。一方、この図に示す対物レンズ10では、フランジ部13Bは、下方および上方の両方に突出する形状を備えている。これにより、フランジ部13Bの上端部分の位置を変化させることにより、対物レンズが光ピックアップ装置に組み込まれた際の、対物レンズ10と光ディスクとの距離を調整できる利点がある。

30

【0041】

図2（B）を参照すると、対物レンズ10のフランジ部13Bの上面が、光ピックアップ装置の台座18に当接するように固着されている。これにより、対物レンズ10と光ディスク53との距離が決定される。

【0042】

また、対物レンズ10を固着させるための接着材21は、フランジ部13Bの側面と、台座18の下面との間に塗布されている。接着材21は、フランジ部13Bの上面と台座18の取付面との間に塗布することも可能ではあるが、そのようにすると、対物レンズ10が傾く恐れがある。本形態のように、フランジ部13Bの側面に接着材21を塗布することで、対物レンズ10が傾くことが抑制される。

40

【0043】

図3を参照して、各規格のレーザー光が対物レンズ10で集光される状態を説明する。ここで、図3（A）はBD規格のレーザー光を対物レンズ10で光ディスク12Aに集光する状態を示す断面図であり、図3（B）はDVD規格に関する同様の断面図であり、図3（C）はCD規格に関する同様の断面図である。ここで、図3の各図では、スポットを形成するレーザー光が通過する部分をハッチングにて示している。一方、スポット形成に

50

は寄与しない領域にはハッチングを施していない。

【0044】

図3(A)を参照して、上方から照射されたBD規格のレーザー光は、対物レンズ10により、BD規格の光ディスク12Aの情報記録層14Aに集光されてスポットを形成する。ここで、光ディスク12Aの情報記録層14Aを被覆する被覆層の厚さT1は、例えば0.1mmである。

【0045】

この図からも明らかなように、対物レンズ10に照射されるBD規格のレーザー光の全てが光ディスク12Aに集光されるのではなく、対物レンズ10に照射されたレーザー光の一部分はスポット形成に寄与しない。具体的には、対物レンズ10に照射されたレーザー光のうち、領域F1、F3、F4、F6に照射されたレーザー光が、光ディスク12Aの情報記録層14Aに集光する。一方、第2領域F2はDVD規格およびCD規格のレーザー光のみを集光するので、この領域に照射されたBD規格のレーザー光はスポット形成には寄与しない。同様に、第5領域F5はDVD規格のレーザー光のみを集光するので、この領域に照射されたBD規格のレーザー光はスポット形成に寄与しない。このように、対物レンズ10に入射したレーザー光の一部を、スポット形成に寄与させないことにより、光学的超解像を実現し、NAを規定値(BD:0.85、DVD:0.60)より小さくしても規定値のNAの場合と同等のスポット径が得られるようにして、対物レンズ10の端部の厚み(T11)を一定以上(0.274mm)に確保している。

【0046】

尚、対物レンズ10に入射されるBD規格のレーザー光の利用効率は例えば40%程度であり、この効率であれば情報の読み出しは良好に行え、書込みについてもハイパワーのレーザーを用いれば行うことができる。

【0047】

図3(B)を参照して、対物レンズ10に照射されたDVD規格のレーザー光が照射されると、領域F1、F2、F3およびF5に照射されたレーザー光が光ディスク12Bの情報記録層14Bに集光してスポットを形成する。一方、第4領域F4はBD規格のレーザー光のみを集光する領域であるので、この領域に照射されたDVD規格のレーザー光はスポット形成に寄与しない。同様に、BD規格のレーザー光のみを集光する第6領域F6に照射されたDVD規格のレーザー光も、スポット形成に寄与しない。このようにすることで、DVD規格のレーザー光でも光学的超解像が実現され、上記したBD規格の場合と同様の効果が得られる。

【0048】

尚、対物レンズ10に入射されるDVD規格のレーザー光の利用効率は例えば80%程度であり、良好に情報の読出し及び書込を行うことができる。また、DVD規格の光ディスク12Bの情報記録層14Aを被覆する被覆層の厚さT2は、0.6mmである。

【0049】

図3(C)を参照して、対物レンズ10にCD規格のレーザー光が照射されると、第1領域F1および第2領域F2に照射されたレーザー光のみが、光ディスク12Cの情報記録層14Cに集光してスポットを形成する。一方、領域F3、F4、F5およびF6に入射されたCD規格のレーザー光は、スポット形成に寄与しない。

【0050】

対物レンズ10に入射するCD規格のレーザー光の利用効率は例えば90%程度であり、問題なく情報の読出し及び書込を行うことが可能である。また、CD規格の光ディスク12Cの情報記録層14Cを被覆する被覆層の厚さT3は1.2mmである。

【0051】

図4および図5を参照して、次に、上記した対物レンズ10の具体的な形状を説明する。図4および図5に示す表は、具現化された対物レンズの形状や特性を表す係数を示している。

【0052】

図４（Ａ）および図４（Ｂ）は、ＢＤ規格、ＤＶＤ規格およびＣＤ規格の波長での、光ピックアップレンズ（対物レンズ）および、光ディスク内光透過層（被覆層）の屈折率および面間隔を示している。ここで、開口径Φ、面間隔ｄ２、ｄ３は、図４（Ｅ）に示す通りである。

【００５３】

また、図４（Ｃ）は各規格の波長に於けるレンズ材料およびディスク内透過層の温度特性を示し、図４（Ｄ）はレンズ材料およびディスク内透過層の材料波長特性を示している。

【００５４】

図５に、レンズ面の形状を規定するパラメータを示す。図５（Ａ）は、複数の輪帯が設けられるレンズ面Ｒ１（図１（Ａ）に示す第１レンズ面１０Ａ）の形状を規定するパラメータを示す。図５（Ｂ）は対物レンズのレンズ面Ｒ２（図１（Ａ）に示す第２レンズ面１０Ｂ）の形状を示すパラメータである。

【００５５】

図５（Ａ）を参照して、この表に示された各パラメータを以下の式２に代入することでレンズ面形状が決定される。

【００５６】

【数１】

式２

$$Z_x = \frac{h_1^2}{R_1 \left(1 + \sqrt{1 - \frac{(1+K_1)h_1^2}{R_1^2}} \right)} + A_{10}h_1^{10} + A_{14}h_1^{14} + A_{16}h_1^{16} + A_{18}h_1^{18} + A_{10}h_1^{10} + A_{12}h_1^{12} + A_{14}h_1^{14} + A_{16}h_1^{16} \dots$$

この式２に於いて、図４（Ｅ）に示すＲ１面からＲ２面にかけて正の符号であり、ｈ１は光軸からの段差量（ｍｍ）であり、非球面係数はｈ（ｍｍ）を含む輪帯ｘの数値を用いる。

【００５７】

図５（Ａ）の表では、輪帯毎に、集光するレーザー光の波長、上記式１を用いて輪帯段差量を算出する際に使用される次数ｍおよび波長、輪帯開始半径、輪帯終了半径および形状を算出する際に用いられる係数が示されている。ここで、輪帯１～輪帯２が図１（Ａ）に示す第１領域Ｆ１であり、輪帯３～輪帯１３が第２領域Ｆ２であり、輪帯１４から輪帯１６が第３領域Ｆ３であり、輪帯１７が第４領域Ｆ４であり、輪帯１８が第５領域Ｆ５であり、輪帯１９が第６領域Ｆ６である。

【００５８】

また、図５（Ｂ）に示す係数を以下の式３に代入することにより、レンズ面Ｒ２の形状が決定される。

【００５９】

【数２】

式３

$$Z = \frac{h_2^2}{R_2 \left(1 + \sqrt{1 - \frac{(1+K_2)h_2^2}{R_2^2}} \right)} + A_{24}h_2^{24} + A_{26}h_2^{26} + A_{28}h_2^{28} + A_{210}h_2^{10} + A_{212}h_2^{12} + A_{214}h_2^{14} + A_{216}h_2^{16} \dots$$

この式３に於いて、ｈ２は光軸からの段差量（ｍｍ）であり、非球面係数はＲ２面の数値を用いる。

【００６０】

図 6 (A) を参照して、各輪帯の段差量は対物レンズの中心に対して上記式 1 が成立するように算出され、この後に各輪帯の面形状が最適化されている。従って、例えば、輪帯 1 と輪帯 2 との間に設けられる輪帯段差の段差量 D は、 $m = 8$ 、波長 = 405 を式 1 に代入することで算出される。この値は輪帯 2 の表面を仮想延長してレンズ中心まで広げた場合の、レンズ中心部と仮想延長された面の段差量を示している。

【0061】

また、図 5 (A) の表を参照して、輪帯 3 と輪帯 4 とを比較した場合、輪帯 3 の段差量 D は $m = -2$ 、波長 = 660 を式 1 に代入した値であり、輪帯 4 の輪帯段差は $m = -3$ 、波長 = 660 を式 1 に代入した値である。これらの値は、上記したように対物レンズの中心を基準とした値である。従って、両者の境界に設けられる輪帯段差の段差量は各々の値を式 1 に代入した段差量の差となる。

【0062】

更に、図 5 (A) では、輪帯段差の実質的な段差量 (E) も示されており、図 6 を参照してこの詳細を説明する。

【0063】

先ず、図 5 (A) の表を参照して、輪帯 2 の欄に示される輪帯段差量 (E) の値 (0.0059802 mm) は、図 6 (A) に示すように、輪帯 1 と輪帯 2 との間に設けられる輪帯段差の段差量を示している。上記したように、本形態では、対物レンズにレーザー光が入射する方向 (紙面では下方向) をプラスと規定している。従って、プラスの段差量を備えた輪帯段差が形成された場合、図に示すように、輪帯段差よりも外側の部分の対物レンズの厚みが、輪帯段差よりも内側の部分の対物レンズよりも厚みが薄くなる形状となる。

【0064】

一方、図 5 (A) の表を参照して、輪帯 4 の欄に示される輪帯段差量 (E) の値 (-0.001415622 mm) は、図 6 (B) に示すように、輪帯 3 と輪帯 4 との間に設けられる輪帯段差の段差量を示している。上記したように、輪帯段差量がマイナスの値になると、輪帯段差よりも外側の部分の対物レンズの厚さが、輪帯段差よりも内側の対物レンズの厚さよりも厚くなる形状となる。

【0065】

上記したように、輪帯段差の段差量は上記した式 1 を用いて算出されるが、式 1 に代入される定数 m の値は、段差量および発生する収差を考慮して決定される。この事項を、図 7 の表を参照して説明する。図 7 (A) は BD 規格の波長を基に輪帯段差量を算出した場合に各規格のレーザー光に発生する収差を示し、図 7 (B) は DVD 規格の波長を基に輪帯段差量を算出した場合に各規格のレーザー光に発生する収差を示している。

【0066】

これらのグラフに示す残留収差を算出するための条件を説明すると、BD 規格の波長は 405 nm であり、DVD 規格の波長は 660 nm であり、CD 規格の波長は 785 nm であり、BD 規格の波長での対物レンズの屈折率は 1.558701 であり、DVD 規格の波長での対物レンズの屈折率は 1.539642 であり、CD 規格の波長での対物レンズの屈折率は 1.536256 である。BD 規格の 1 波長での段差量 (輪帯を中心へ仮想延長した場合の軸上段差量) は 0.724895 μm であり、DVD のそれは 1.223003 であり、CD のそれは 1.463853 μm である。

【0067】

また、これらのグラフでは、軸上での段差量 (図 6 (A) に示す D) が示されているが、軸上での段差量 (D) が大きいことは、輪帯段差の実際の段差量 (E) が大きいことを示している。

【0068】

先ず、対物レンズの中央部分に配置される第 1 領域 F1 (図 1 (A) 参照) では、BD 規格のレーザー光の波長を式 1 に代入して輪帯段差量が算出されている。図 7 (A) では、輪帯段差量が 7 μm を超えるまでに採用可能な次数 m の値、軸上段差量、各規格のレー

ザー光に発生する残留収差を示している。

【0069】

ここで、先ず、第1領域F1は、BD規格、DVD規格およびCD規格のレーザー光を集光する働きを有しているので、これらの規格で発生する残留収差の値は0.3λ未満である必要である。図7(A)を参照して、この条件をみたす次数mは、2、8、10である。

【0070】

しかしながら、次数を10とすると輪帯段差量が大きくなりすぎ、対物レンズを射出成形により製造する際の成形性が悪化する恐れがあるので、次数mとしては2または8が適当である。

10

【0071】

更に、次数mが2の場合と8の場合とを比較すると、8の方が好適である。この理由は、次数mを8とすると、DVD規格およびCD規格で発生する残留収差がマイナスの値となり、両規格で収差が増加する割合と逆の符号となる。この結果、輪帯段差が設けられた箇所にて、残留収差により球面収差が少なる方向に補正される。一方、実数mとして2を採用すると、DVD規格では残留収差はマイナスの値となるが、CD規格ではプラスの値になってしまうので、CD規格でのレーザー光に発生する収差を補正することが困難である。

【0072】

第2領域F2は、DVD規格およびCD規格のレーザー光を集光するので、波長が短いDVD規格の波長で輪帯段差量を算出する。この結果、図7(B)に示すように各規格のレーザー光に収差が発生する。本形態では、第2領域F2の輪帯段差を算出するための次数mとして1を採用している。このようにすることで、先ず、CD規格のレーザー光に発生する収差が0.3λ未満(0.16451λ)となり、第2領域F2で良好にCD規格のレーザー光を集光することができる。更に、BD規格のレーザー光に発生する収差の値は、0.3λ以上(0.31282λ)となるので、第2領域F2に入射したレーザー光をスポット形成に寄与させないことができる。これにより、上記したように光学的超解像が実現される。

20

【0073】

第3領域F3は、BD規格およびDVD規格のレーザー光を集光するので、BD規格の波長で輪帯段差を算出し、この際の次数mとして3を採用している。このようにすれば、図7(A)を参照して、DVD規格のレーザー光に発生する収差が絶対値で0.3λ未満(0.21189λ)となる。一方、CD規格のレーザー光に発生する収差は、0.3λ以上(0.485591λ)となるので、第3領域F3に入射したCD規格のレーザー光はスポット形成に寄与しない。第3領域F3を通過するCD規格のレーザー光が、CD規格の光ディスクの情報記録層に集光してしまうと、この領域の開口数が大きいことから、スポット径が不必要に小さくなってしまう恐れがある。本形態では、第3領域F3を通過するCD規格のレーザー光に大きな収差を付与することで、この恐れを排除している。

30

【0074】

上記したように本形態では、集光するべきレーザー光に発生する残留収差の値を0.3λ未満とすることで読取・書出の精度を向上させているが、この値は変更可能である。例えば、より好ましい残留収差の値は0.25λ未満であり、特に好ましい値は0.20λ未満であり、このような値を採用することにより、読取・書出の精度が更に向上される。

40

【0075】

また、上記説明では、スポットを形成しないレーザー光に発生する残留収差の値を0.3λ以上とすることで、光学的超解像を実現していたが、この値は変更可能である。例えば、より好ましい残留収差の値は0.35λ以上であり、特に好ましい残留収差の値は0.40λ以上である。このようにすることで、光学的超解像による効果が更に大きくなる。

【0076】

50

図 8 を参照して、上記した対物レンズの製造方法を説明する。図 8 (A) は製造される対物レンズ 10 を示す断面図であり、図 8 (B) は本工程で用いられる金型 46 を示す断面図であり、図 8 (C) - 図 8 (E) は金型 46 の一部を拡大して示す断面図である。

【0077】

図 8 (B) を参照して、本形態の対物レンズ 10 の製造方法は、先ず、金型 46 を構成する上金型 48 と下金型 50 とを当接させることにより、両者の間にキャビティ 19 を形成する。そして、ゲート 52 を経由してキャビティ 19 に樹脂を注入して硬化させる。その後、上金型 48 と下金型 50 とを離間し、硬化した樹脂から成る対物レンズを金型 46 から取り出す。この工程の詳細を以下に詳述する。

【0078】

上金型 48 は、図 8 (A) に示す対物レンズ 10 の第 1 レンズ面 10A に対応した形状の内壁 48A を備えている。また、内壁 48A には、第 1 レンズ面 10A の第 1 領域 F1 - 第 6 領域 F6 に対応して、第 1 領域 S1 - 第 6 領域 S6 が設けられている。第 1 領域 S1 - 第 6 領域 S6 の形状は、第 1 レンズ面 10A の第 1 領域 F1 - 第 6 領域 F6 の形状を反転させた形状である。従って、上金型 48 の第 1 領域 S1 - 第 3 領域 S3 には、対物レンズの第 1 領域 F1 - 第 3 領域 F3 に設けられる輪帯段差を反転させた形状の段差部が配置されている。ここで、上金型 48 は、対物レンズ 10 の非球面部 13A、フランジ部 13B および樹脂が流通するランナー部分に分割して構成されても良い。

【0079】

下金型 50 は、対物レンズ 10 の第 2 レンズ面 10B に即した形状の内壁 50A を備えている。対物レンズ 10 の第 2 レンズ面 10B には、基本的には輪帯段差は設けられないので、下金型 50 の内壁 50A は連続した曲面形状を呈している。上金型 48 と同様に、下金型 50 も複数のブロックから構成されても良い。

【0080】

本工程では、先ず、上記構成の上金型 48 と下金型 50 とを当接させてキャビティ 19 を構成する。キャビティ 19 は、図 8 (A) に示す対物レンズ 10 に対応した形状を備えている。また、金型 46 には、キャビティ 19 と連通して樹脂が注入される部位であるゲート 52 も設けられる。更に、不図示ではあるが、液状の樹脂が流通するランナー等もキャビティ 19 に連通して形成される。

【0081】

次に、加熱されて液状または半固形状となった樹脂を、ゲート 52 からキャビティ 19 に注入する。ここで、注入される樹脂の材料としては、上記したように、ポリオレフィン樹脂（例えば、環状オレフィンコポリマー、シクロオレフィンポリマー）が採用される。また、樹脂材料としては、PMMA 樹脂（アクリル樹脂）、PC 樹脂（ポリカーボネート）等も採用可能である。

【0082】

キャビティ 19 の内部に樹脂を注入した後は、注入された樹脂を硬化させた後に除熱する。その後、上金型 48 と下金型 50 とを離間させた後に、金型 46 から対物レンズ 10 を取り出す。

【0083】

上記工程により、対物レンズ 10 が製造される。

【0084】

本形態の製造方法では、金型 46 を用いた射出成形を容易にするために、上金型 48 に設けられる段差部の高さを調整している。この事項を図 8 (C)、図 8 (D) および図 8 (E) を参照して説明する。ここで、図 8 (C) は図 8 (B) に示す上金型 48 の第 1 領域 S1 に設けられる第 1 段差部 49A を示し、図 8 (D) は第 2 領域 S2 に設けられる第 2 段差部 49B を示し、図 8 (E) は第 3 領域 S3 に設けられる第 3 段差部 49C を示している。

【0085】

これらの図を参照して、上金型 48 に設けられる第 1 段差部 49A、第 2 段差部 49B

10

20

30

40

50

および第 3 段差部 49C は、対物レンズ 10 の第 1 領域 F1 - 第 3 領域 F3 に設けられる第 1 輪帯段差 51A、第 2 輪帯段差 51B および第 3 輪帯段差 51C に対応した形状を備えている。

【0086】

例えば、図 8 (C) を参照すると、対物レンズ 10 に設けられる第 1 輪帯段差 51A は、外側の部分が内側よりも厚みが薄くなる形状である。そして、上金型 48 の第 1 段差部 49A の内壁形状は、対物レンズの第 1 輪帯段差 51A の段差形状を逆転させた形状となっている。同様に、図 8 (D) を参照すると、上金型 48 の第 2 段差部 49B の形状は、対物レンズ 10 の第 2 輪帯段差 51B の段差形状を逆転させた形状である。また、図 8 (E) を参照して、上金型 48 の第 3 段差部 49C の形状は、対物レンズ 10 の第 3 輪帯段差 51C の段差形状を逆転させた形状である。

10

【0087】

そして本形態では、段差量（絶対値）が大きい第 1 段差部 49A を、上金型 48 で最も内側に配置している。一例を述べると、最も内側に配置される第 1 段差部 49A の段差量 H1 は、0.0059mm であり、その外側に設けられる第 2 段差部 49B の段差量 H2 は -0.0014mm であり、更に外側に設けられる第 3 段差部 49C の段差量 H3 は -0.0025mm である。ここで、上金型 48 に設けられる各段差部の段差量は、対応する箇所の対物レンズ 10 の輪帯段差の段差量と等しい。

【0088】

これにより、射出成形された対物レンズ 10 を良好に上金型 48 から分離できる利点がある。具体的には、キャビティ 19 に注入された材料を硬化させると、硬化した樹脂からなる対物レンズには硬化収縮が作用する。そして、この硬化収縮の作用は、対物レンズ 10 の中心から離れるほど大きくなる。従って、成型後に、対物レンズの輪帯段差が上金型 48A の段差部に嵌合し、上金型 48 から対物レンズ 10 が離型しづらく成る問題がある。

20

【0089】

離型性を向上させるために本形態では、最も段差量が大きい第 1 段差部 49A を、内部に配置している。このようにすることで、段差量が大きい第 1 段差部 49A に作用する硬化収縮による応力が低減され、対物レンズ 10 が容易に離型可能となる。

【0090】

また、図 8 (C) を参照して、上記した硬化収縮による応力の一部は、紙面上に於いて、上方から下方に向かって作用する。このような応力が作用する方向を図面では点線の矢印にて示している。この応力は、上記した実線の矢印で示した応力を打ち消して対物レンズの離型を助ける効果を奏すると共に、対物レンズ 10 の周辺部よりも厚い中央部付近の方が大きくなる。従って、剥離を阻害する要因となる段差量の大きい輪帯段差を、対物レンズの中央部付近に配置することによって、離型性を良好に確保することができる。

30

【0091】

更に、対物レンズ 10 の中央部付近では、中心部に向かって作用する収縮応力の大部分が紙面上にして下方向（即ち、第 1 輪帯段差 49A に対して平行な方向）に作用するので、対物レンズ 10 と上金型 48 との嵌合が弱い。このような観点からも、段差量の大きい第 1 輪帯段差 49A を対物レンズ 10 の中央部付近に配置することによって、対物レンズ 10 の離型性が向上される。

40

【0092】

更にまた、本形態の対物レンズ 10 は、BD 規格、DVD 規格および CD 規格のレーザー光を集光する 3 波長互換対物レンズであり、同一半径の 2 波長互換レンズ（DVD 規格、CD 規格）と比較すると、NA が大きい分、中心部分が厚くなる。従って、図 8 (C) に点線の矢印で示した応力が大きくなり、上記した離型を促進する効果が顕著と成る。

【0093】

更に本形態では、上金型 48 の第 1 段差部 49A の形状は、離型を阻害しない形状といっている。具体的には、図 8 (C) を参照して、上金型 48 の第 1 段差部 49A と内壁曲面

50

部分とが成す角度 $\theta 1$ を鈍角としている。対物レンズ10を成形することで発生する硬化収縮は、対物レンズ10の中心方向に作用している。この方向を図面では矢印で示している。従って、上記した角度を成す部分の上金型48の内壁は対物レンズ10の表面に密着するが、この部分の角度 $\theta 1$ が鈍角なので密着する程度が低く、対物レンズ10の離型が良好に行われる。

【0094】

更に、第1段差部49Aが設けられる部分の内壁48Aは、外側の部分よりも曲率が小さく平坦に近い形状である。従って、第1段差部49Aが設けられた部分の上金型48の内壁は、対物レンズ10と離型しやすい条件にある。

【0095】

一方、図8(D)を参照して、上金型48の第2段差部49Bは、対物レンズ10の第2輪帯段差51Bと嵌合しやすい形状を備えている。その理由は、第2段差部49Bの先端部の角度 $\theta 2$ が鋭角であるからである。更に、第2段差部49Bが配置される部分の内壁形状は曲率が大きいので、対物レンズ10が比較的離型しづらい条件にある。しかしながら、上記したように、第2段差部49Bの段差量は、第1段差部49Aと比較すると小さいので、硬化収縮による嵌合の作用のそれほど大きくない。

【0096】

図8(E)に示す第3段差部49Cも、第1段差部49Aと比較すると段差量が小さいので、図示するような形状であっても対物レンズ10の離型が阻害されることはない。

【0097】

ここで、上述した製造方法では樹脂材料を射出成形することで対物レンズを成形したが、樹脂材料の替りにガラスを用いることも可能である。この場合は、製造される対物レンズと同体積のガラス材料を用意し、このガラス材料をガラス転移点以上に加熱した後、金型に投入して押圧する。上記した本形態を、ガラスをモールド成形する製造方法に適用することにより、上記した効果を同様に奏することができる。

【0098】

更にまた、本形態では、図3(A)等を参照して説明した光学的超解像を採用した結果、図8(B)に示す内壁48Aのレンズ面に相当する部分の端部と、内壁50Aのレンズ面に相当する部分の端部との距離H4が、0.274mm以上に大きく確保される。この結果、キャビティ19に樹脂が良好に注入される。

【0099】

以上が本形態に係る対物レンズ10およびその製造方法の説明である。

【0100】

ここで、上記した輪帯段差および段差部の段差量は、ある程度の幅が許容される。具体的には、第1領域F1での段差量Dを求めるために、上記した式1に代入される波長(λ)の値は、必ずしもBD規格の405nmである必要はなく、例えば395nm~420nmの範囲で変更されても良い。このように、段差量の算出に用いられる波長を若干変更することにより、BD規格以外のDVD規格またはCD規格のレーザー光に発生する収差が改善される。このことは、第2領域F2および第3領域F3でも同様であり、段差量の算出に使用される波長は、DVD規格の場合は645nm~675nmで変更可能である。

【0101】

図9を参照して、上記した構成の対物レンズ10を備えた光ピックアップ装置20の構成を説明する。光ピックアップ装置20は、BD規格、DVD規格またはCD規格のレーザー光を、光ディスク53の情報記録層に集光させ、この情報記録層からの反射光を受光して電気信号に変換する機能を備えている。このことにより、光ピックアップ装置20は、各規格の光ディスク53からの情報の読出または書込を行う。

【0102】

本形態の光ピックアップ装置20に含まれる各素子を以下に説明する。

【0103】

10

20

30

40

50

レーザー装置 22 は、B D 規格の波長のレーザー光を出射する。レーザー装置 24 は、D V D 規格および C D 規格の波長のレーザー光を出射する。

【0104】

回折格子 26 は、レーザー装置 22 と合成プリズム 28 との間に配置され、B D 規格のレーザー光が入射する。そして、回折格子 26 は、入射するレーザー光を 0 次光、+1 次回折光、-1 次回折光に分離する回折格子と、入射するレーザー光を合成プリズム 28 の偏光面に対して S 方向の直線偏光光に変換する $1/2$ 波長板とから構成される。同様に、回折格子 30 は、レーザー装置 24 と合成プリズム 34 との間に配置され、回折格子と $1/2$ 波長板とから構成される。尚、回折格子 30 は、D V D 規格及び C D 規格のレーザー光を合成プリズム 34 の偏光面に対して S 方向の直線偏光光に変換する。

10

【0105】

ダイバージェントレンズ 32 は、回折格子 30 と合成プリズム 34 との間に配置され、回折格子 30 で回折されたレーザー光の広がり角を調整する。

【0106】

合成プリズム 28 は、波長選択性および偏光選択性を有する偏光面を内蔵し、B D 規格のレーザー光には偏光ビームスプリッタとして機能し、D V D 規格及び C D 規格のレーザー光には、全透過プリズムとして機能する。具体的には、S 方向の直線偏光光である B D 規格のレーザー光は、その偏光面により紙面 + X 方向に反射される。一方、光ディスク 53 により反射されたレーザー光（戻り光）は、P 方向の直線偏光光であり、この偏光面を紙面 - X 方向に透過する。

20

【0107】

合成プリズム 34 は、波長選択性および偏光選択性を有する偏光面を内蔵し、D V D 規格及び C D 規格のレーザー光には偏光ビームスプリッタとして機能し、B D 規格のレーザー光には、全透過プリズムとして機能する。具体的には、合成プリズム 34 は、D V D 規格及び C D 規格のレーザー光の反射率を調整することで、P D I C 56 へと導かれる第 2 のレーザー光の光量を調整する。そして、S 方向の直線偏光光である D V D 規格及び C D 規格のレーザー光の大部分は、その偏光面により紙面 + X 方向に反射される。一方、光ディスクにより反射された D V D 規格及び C D 規格のレーザー光（戻り光）は、P 方向の直線偏光光であり、一定の割合にてこの偏光面を紙面 - X 方向に透過する。

30

【0108】

コリメートレンズ 36 は、B D 規格、D V D 規格及び C D 規格のレーザー光を無限光に変換する。コリメートレンズ 36 は、点線にて示す光路（光軸）に対して平行方向（紙面 ± X 方向）に移動する。そして、コリメートレンズ 36 は、それぞれの規格のレーザー光に応じて光学倍率を最適化することで、層間迷光や層間クロストークの発生を抑止する。また、コリメートレンズ 36 を移動させることにより、レーザー光を弱有限光に変換することができる。

【0109】

反射ミラー 38 は、波長選択性および偏光選択性を有する。具体的には、反射ミラー 38 は、往路のレーザー光を部分的に透過させて F M D 23 に照射させる。

【0110】

F M D 23 は、反射ミラー 38 を透過した往路側のレーザー光を受光し、受光したレーザー光の光量を示す信号を出力する。そして、F M D 23 の出力に基づいてレーザー装置 22、24 が制御される。

40

【0111】

反射ミラー 40 は、各規格の往路のレーザー光を紙面 - X 方向に全反射する。同様に、光ディスク 53 により反射された復路のレーザー光（戻り光）も、紙面 - Y 方向に全反射する。

【0112】

$1/4$ 波長板 42 は、入射するレーザー光に位相差を生じさせ、各規格のレーザー光を S 方向の直線偏光光から円偏光光へと変換する。一方、光ディスク 53 により反射された

50

レーザー光（戻り光）は、再び 1 / 4 波長板 4 2 を通過すると、P 方向の直線偏光光のレーザー光に変換される。

【0 1 1 3】

立ち上げミラー 4 4 は、各規格のレーザー光を紙面 + Y 方向に反射させる。

【0 1 1 4】

対物レンズ 1 0 は、立ち上げミラー 4 4 により反射された B D 規格、D V D 規格及び C D 規格のレーザー光を光ディスク 5 3 の情報記録層に集光させる。

【0 1 1 5】

アナモレンズ 5 4 は、合成プリズム 2 8 と P D I C 5 6 との間に配置され、光ディスク 5 3 により反射された各規格のレーザー光（戻り光）が通過する。そして、アナモレンズ 5 4 は、通過するレーザー光にフォーカスサーボ用の非点収差を付与し、各規格のレーザー光を 1 つの P D I C 5 6 にて対処可能とする。

【0 1 1 6】

P D I C 5 6 は、信号検出用のフォトダイオード集積回路素子が内蔵された光検出器であり、各規格のレーザー光を同一平面上の受光領域にて受光し、光電変換によって情報信号成分を含む検出信号を出力する。更に、P D I C 5 6 は、フォーカスサーボおよびトラッキングサーボに用いられるサーボ信号成分を含む検出信号を出力する。

【0 1 1 7】

次に、D V D 規格及び C D 規格のレーザー光の光路を説明する。

【0 1 1 8】

先ず、レーザー装置 2 4 から出射されたレーザー光は、回折格子 3 0 にて 3 ビームに分離されるとともに、S 方向の直線偏光光に変換され、ダイバージェントレンズ 3 2 により所定の広がり角へと調整された後、合成プリズム 3 4 へと入射する。その後、レーザー光は、合成プリズム 3 4 の偏光面にて反射し、コリメートレンズ 3 6 にて無限光に変換された後に、反射ミラー 3 8 にて反射する。また、レーザー光の一部は、反射ミラー 3 8 を透過して F M D 2 3 に照射される。そして、F M D 2 3 の出力に基づいてレーザー装置 2 4 の出力が制御される。

【0 1 1 9】

反射ミラー 3 8 で反射されたレーザー光は、反射ミラー 4 0 にて全反射され、1 / 4 波長板 4 2 を通過することにより、S 方向の直線偏光光から円偏光光に変換される。そして、円偏光光のレーザー光は、立ち上げミラー 4 4 にて反射した後、対物レンズ 1 0 により光ディスク 5 3 の情報記録層に集光される。

【0 1 2 0】

次に、光ディスク 5 3 の情報記録層により反射されたレーザー光（戻り光）は、対物レンズ 1 0 を透過し、立ち上げミラー 4 4 にて反射した後、1 / 4 波長板 4 2 を透過することで、円偏光光から P 方向の直線偏光光のレーザー光へと変換される。そして、このレーザー光は、反射ミラー 4 0、3 8 で反射された後に、コリメートレンズ 3 6、合成プリズム 3 4、2 8 を透過する。その後、レーザー光は、アナモレンズ 5 4 にてフォーカスエラー検出用の非点収差が付与され、P D I C 5 6 の受光領域にて受光され、光電変換によって検出信号へと変換される。

【0 1 2 1】

次に、B D 規格のレーザー光の光路を説明する。

【0 1 2 2】

先ず、レーザー装置 2 2 から出射されたレーザー光は、回折格子 2 6 にて 3 ビームに分離されるとともに、S 方向の直線偏光光に変換され、合成プリズム 2 8 へと入射する。そして、このレーザー光は、合成プリズム 2 8 の偏光面にて全反射した後、合成プリズム 3 4 を全透過する。その後、レーザー光は、コリメートレンズ 3 6 で無限光とされた後に、反射ミラー 3 8 で大部分が反射され、残りの部分が透過する。透過したレーザー光は F M D 2 3 で検出され、F M D 2 3 の出力に基づいてレーザー装置 2 2 の出力が上記と同様に調整される。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 3 】

反射ミラー 3 8 を反射したレーザー光は、反射ミラー 4 0 にて全反射され、1 / 4 波長板 4 2 を通過することにより、S 方向の直線偏光光から円偏光光に変換される。そして、円偏光光のレーザー光は、立ち上げミラー 4 4 にて反射した後、対物レンズ 1 0 により光ディスク 5 3 の情報記録層に集光される。

【 0 1 2 4 】

次に、光ディスク 5 3 の情報記録層により反射されたレーザー光（戻り光）は、対物レンズ 1 0 を透過し、立ち上げミラー 4 4 にて反射し、1 / 4 波長板 4 2 を透過することで、円偏光光から P 方向の直線偏光光のレーザー光へと変換される。そして、レーザー光は、反射ミラー 4 0、3 8 にて反射された後に、コリメートレンズ 3 6、合成プリズム 3 4、2 8 を透過する。その後、レーザー光は、アナモレンズ 5 4 にて非点収差が付与され、P D I C 5 6 の受光領域にて受光され、光電変換によって検出信号が出力される。

10

【 0 1 2 5 】

以上が、本形態のレーザー光の各光路の説明である。

【符号の説明】

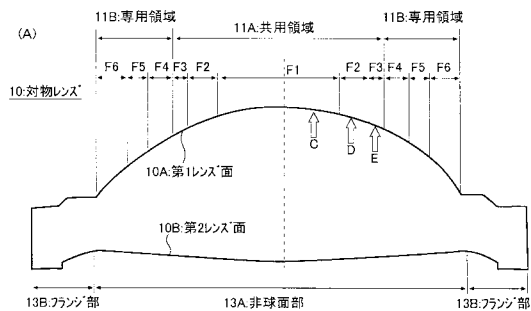
【 0 1 2 6 】

1 0	対物レンズ	
1 0 A	第 1 レンズ面	
1 0 B	第 2 レンズ面	
1 1 A	共用領域	20
1 1 B	専用領域	
F 1	第 1 領域	
F 2	第 2 領域	
F 3	第 3 領域	
F 4	第 4 領域	
F 5	第 5 領域	
F 6	第 6 領域	
1 2 A, 1 2 B, 1 2 C	光ディスク	
1 3 A	非球面部	
1 3 B	フランジ部	30
1 4 A, 1 4 B, 1 4 C	情報記録層	
1 6 A, 1 6 B, 1 6 C	被覆層	
1 8	台座	
1 9	キャビティ	
2 0	光ピックアップ装置	
2 1	接着材	
2 2	レーザー装置	
2 4	レーザー装置	
2 6	回折格子	
2 8	合成プリズム	40
3 0	回折格子	
3 2	ダイバージェントレンズ	
3 4	合成プリズム	
3 6	コリメートレンズ	
3 8	反射ミラー	
4 0	反射ミラー	
4 2	1 / 4 波長板	
4 4	立ち上げミラー	
4 6	モールド金型	
4 8	上金型	50

- 4 8 A 内壁
- 4 9 A 第 1 段差部
- 4 9 B 第 2 段差部
- 4 9 C 第 3 段差部
- 5 0 下金型
- 5 1 A 第 1 輪帯段差
- 5 1 B 第 2 輪帯段差
- 5 1 C 第 3 輪帯段差
- 4 8 B 内壁
- 5 2 ゲート
- 5 3 光ディスク
- 5 4 アナモレンズ
- 5 6 P D I C

10

【図 1】



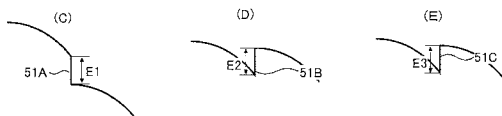
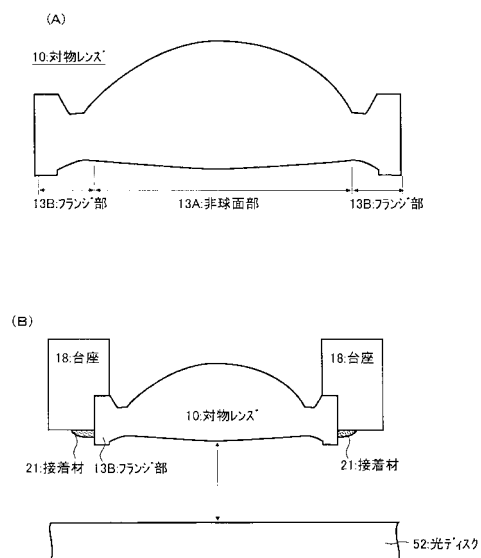
(B)

領域	F1	F2	F3	F4	F5	F6
対応レーザ	BD/DVD/CD	DVD/CD	BD/DVD	BD	DVD	BD
R (mm)	0.000 ~0.5928	0.5928 ~0.932	0.932 ~1.013	1.013 ~1.08	1.08 ~1.200	1.200 ~1.510
輪帯形状						
輪帯数(本)	2	11	3	0	0	0

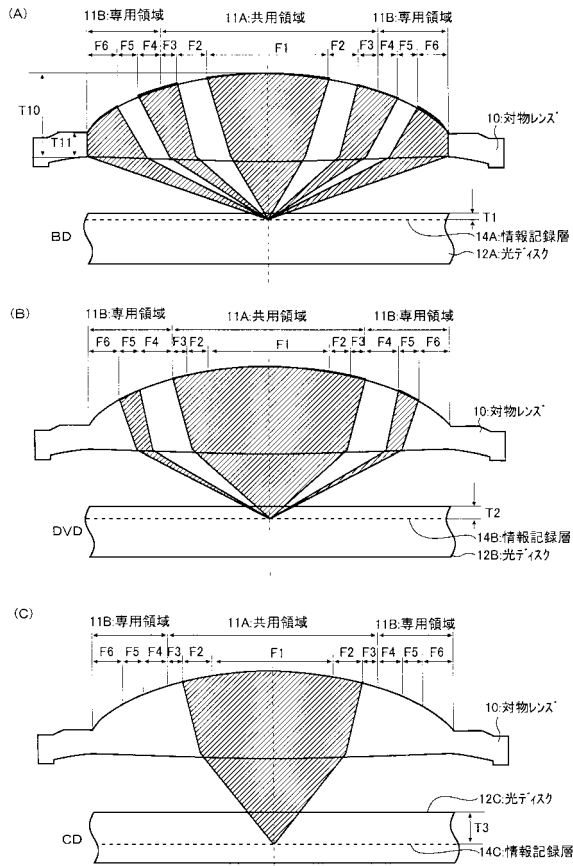
領域	F1とF2の境界
輪帯形状	

領域	F2とF3の境界
輪帯形状	

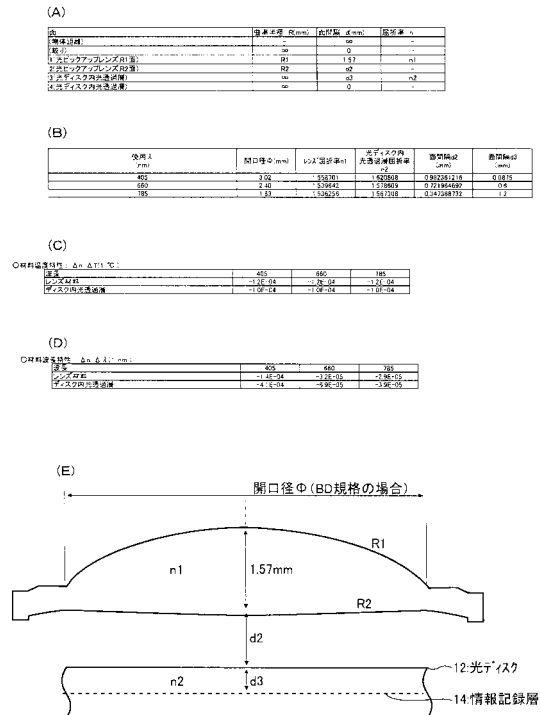
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】

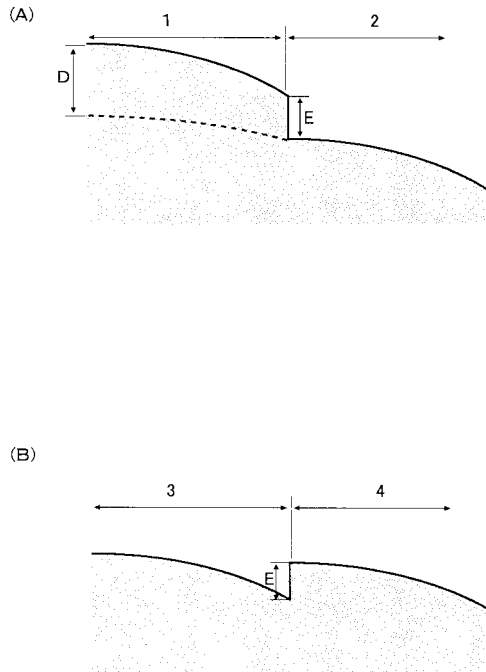
(A) 標準仕様 (mm)

項目	標準仕様 (mm)	内径 (mm)	外径 (mm)	厚さ (mm)
本体径	120	120	120	1.2
開口径	120	120	120	1.2
最大径	120	120	120	1.2
最小径	120	120	120	1.2
最大径	120	120	120	1.2
最小径	120	120	120	1.2

(B) 標準仕様 (mm)

項目	標準仕様 (mm)	内径 (mm)	外径 (mm)	厚さ (mm)
本体径	120	120	120	1.2
開口径	120	120	120	1.2
最大径	120	120	120	1.2
最小径	120	120	120	1.2
最大径	120	120	120	1.2
最小径	120	120	120	1.2

【図 6】

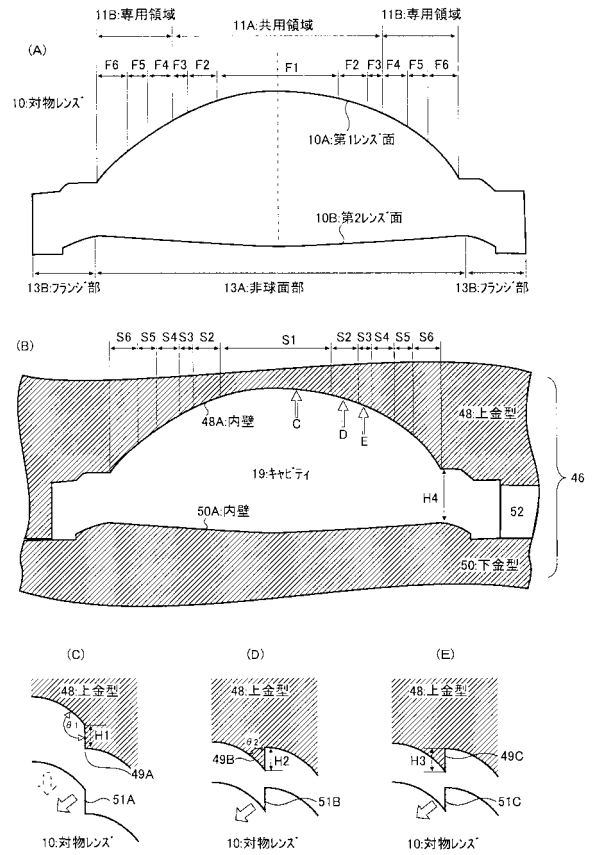


【図 7】

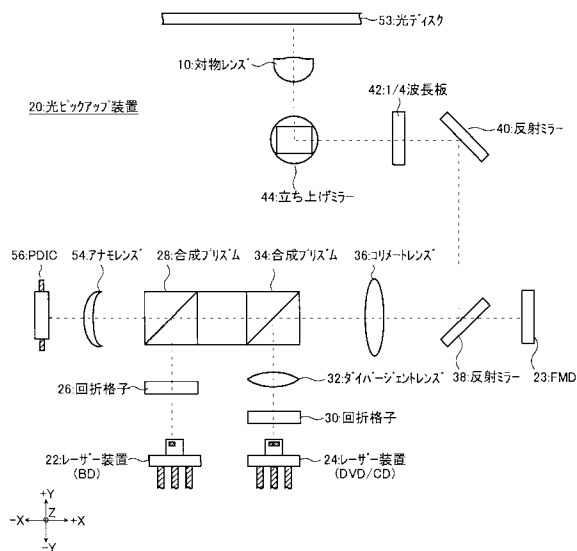
(A)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
次数 $\times$ (BD)	0.724896	1.449792	2.174687	2.899593	3.624479	4.349375	5.0742705	5.79916628	6.524062	7.248969
軸上での段差量(μm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
残量収差(BD)	-0.4073	0.185407	-0.22189	0.370813	-0.02648	-0.44378	0.14892345	-0.2583732	0.33433	-0.07297
残量収差(DVD)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
残量収差(CD)	0.495197	-0.00961	0.465591	-0.07321	0.475995	-0.02892	0.46637962	-0.0394233	0.456774	-0.04603

(B)	1	2	3	4	5	6
軸上での段差量(μm)	1.223033	2.446066	3.669099	4.892132	6.115165	7.338198
残量収差(DVD)	0	0	0	0	0	0
残量収差(CD)	-0.16461	-0.32902	-0.49353	-0.641956	-0.777446	-0.902934
残量収差(BD)	-0.31262	0.374369	0.661564	-0.25126	0.433923	0.123108

【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA13 LA01 NA03 PA01 PA17 PB01 QA02 QA07 QA14 QA34
RA05 RA12 RA13 RA43 RA45 RA46 UA01
5D789 AA41 BA01 BB13 CA16 EA02 EA03 EC07 EC45 EC47 FA08
HA13 JA02 JA12 JA22 JA31 JA32 JA44 JA57