

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4216155号
(P4216155)

(45) 発行日 平成21年1月28日(2009.1.28)

(24) 登録日 平成20年11月14日(2008.11.14)

(51) Int.Cl.

F I

G 1 1 B 7/135 (2006.01)

G 1 1 B 7/135

A

G 1 1 B 7/135

Z

請求項の数 5 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2003-328672 (P2003-328672)
 (22) 出願日 平成15年9月19日(2003.9.19)
 (65) 公開番号 特開2005-93030 (P2005-93030A)
 (43) 公開日 平成17年4月7日(2005.4.7)
 審査請求日 平成18年6月19日(2006.6.19)

(73) 特許権者 000005430
 フジノン株式会社
 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324
 番地
 (74) 代理人 100097984
 弁理士 川野 宏
 (72) 発明者 小里 哲也
 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324
 番地 富士写真光機株式会社内
 (72) 発明者 勝間 敏明
 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324
 番地 富士写真光機株式会社内
 (72) 発明者 森 将生
 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324
 番地 富士写真光機株式会社内
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光記録媒体用対物光学系およびこれを用いた光ピックアップ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

情報の記録または再生がなされる際に、対応する開口数、使用光波長および基板厚が下記3つの条件式(1)~(3)を満足するように設定された第1、第2および第3の光記録媒体のそれぞれに対して、使用光を所望の位置に収束させるための光記録媒体用対物光学系において、

光源側から順に、一方の面が回折光学面を有し、他方の面が凹面からなる回折光学素子と、両面が回転非球面よりなる正の屈折力を有する対物レンズとからなり、

前記光記録媒体として前記第1の光記録媒体が選択される場合には、該第1の光記録媒体の使用光が平行光として入射されるとともに前記回折光学素子から出力された2次の回折光を該第1の光記録媒体の所定位置に集光せしめるように、かつ前記光記録媒体として前記第2の光記録媒体が選択される場合には、該第2の光記録媒体の使用光が平行光として入射されるとともに前記回折光学素子から出力された1次の回折光を該第2の光記録媒体の所定位置に集光せしめるように、かつ前記光記録媒体として前記第3の光記録媒体が選択される場合には、該第3の光記録媒体の使用光が発散光として入射されるとともに前記回折光学素子から出力された1次の回折光を該第3の光記録媒体の所定位置に集光せしめるように構成されたことを特徴とする光記録媒体用対物光学系。

$$NA1 \quad NA2 > NA3 \cdots (1)$$

$$1 < 2 < 3 \cdots (2)$$

$$d1 \quad d2 < d3 \cdots (3)$$

ただし、

- NA1・・・前記第1の光記録媒体に対応する開口数（第1開口数）
- NA2・・・前記第2の光記録媒体に対応する開口数（第2開口数）
- NA3・・・前記第3の光記録媒体に対応する開口数（第3開口数）
- 1・・・前記第1の光記録媒体に対応する使用光波長（第1波長）
- 2・・・前記第2の光記録媒体に対応する使用光波長（第2波長）
- 3・・・前記第3の光記録媒体に対応する使用光波長（第3波長）
- d1・・・前記第1の光記録媒体の基板厚（第1基板厚）
- d2・・・前記第2の光記録媒体の基板厚（第2基板厚）
- d3・・・前記第3の光記録媒体の基板厚（第3基板厚）

10

【請求項2】

前記回折光学面は、光軸に対して垂直となる仮想平面上に回折光学素子構造を形成してなることを特徴とする請求項1記載の光記録媒体用対物光学系。

【請求項3】

前記第1波長 1の光が入射され、前記回折光学素子から出力された2次の回折光による前記回折光学素子の焦点距離を f_1 とし、前記対物レンズの前記第1波長 1の光に対する焦点距離を f_2 としたとき、下記条件式(4)を満足することを特徴とする請求項1または2記載の光記録媒体用対物光学系。

$$f_2 / |f_1| < 0.03 \dots (4)$$

【請求項4】

20

前記第1の光記録媒体がアドバンスド・オプティカル・ディスク(AOD)であり、前記第2の光記録媒体がDVDであり、前記第3の光記録媒体がCDであることを特徴とする請求項1～3のうちいずれか1項記載の光記録媒体用対物光学系。

【請求項5】

請求項1～4のうちいずれか1項記載の光記録媒体用対物光学系を搭載されてなることを特徴とする光ピックアップ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、情報の記録または再生がなされる際に、使用光学系の開口数、使用光の波長および基板厚等の規格が異なる3つの光記録媒体に対して、各使用光を対応する光記録媒体上に効率良く収束させることができる光記録媒体用対物光学系およびこれを用いた光ピックアップ装置に関するものであり、詳しくは、レンズ面に形成された回折光学面からの回折光を利用して、上記3つの光記録媒体のそれぞれに各使用光を良好に収束させる光記録媒体用対物光学系およびこれを用いた光ピックアップ装置に関するものである。

30

【背景技術】

【0002】

近年における種々の光記録媒体の開発に応じて、2種の光記録媒体の記録・再生に共用し得る光ピックアップ装置が知られている。例えば、DVD(デジタル・バーサタイル・ディスク)とCD(コンパクトディスク。-ROM、-R、-RWを含む。)を1つの光ピックアップ装置を用いて記録・再生する装置が実用化されている。

40

【0003】

このような2つの光記録媒体においては、DVDについては、記録密度の向上を図るため、例えば657nm程度の可視光を使用することとなっているのに対し、CDについては、可視光領域の光に対して感度を有さない記録媒体も存在するため、790nm程度の近赤外光を使用する必要がある。したがって、これら両者に対して共用し得る光ピックアップ装置では、2つの異なる波長の光を照射光として用いる、いわゆる2波長ビーム方式によることとなる。また、上述した例示における2つの光記録媒体においては、各光記録媒体の特性の違いからそれぞれ開口数を異ならせる必要があり、例えばDVDの規格では開口数を0.6とし、CDの規格では開口数を0.45～0.52程度としている。さらに、これらの記

50

録媒体においては、基板の厚み（PC（ポリカーボネート）からなる保護層の幾何学的厚みを示す。以下も同様である。）が互いに異なる規格とされており、例えばDVDでは0.6mmであるのに対し、CDでは1.2mmとされている。

【0004】

そして、上述したように、光記録媒体の基板厚が光記録媒体の種類に応じて互いに異なるような規格とされていることから、その保護層の厚さの違いに応じ発生する球面収差の量が異なってくる。そのため、これらいずれの光記録媒体についても確実にフォーカシングをなすべく、記録・再生を行うための各波長の光のいずれについても球面収差量を最適化する必要があることから、互いに異なる収束作用を有するようなレンズ構成とする工夫を要する。

10

【0005】

ところで、日常取り扱われるデータ容量の急激な増大に応じて、光記録媒体の記録容量の増大化に対する要請は、さらに強いものとなってきている。光記録媒体の記録容量を増大させるためには、使用する光源光の短波長化と対物レンズの開口数（NA）を大きくすることが有効であることは知られているところであるが、短波長化に関しては、GaN基板をベースにした短波長の半導体レーザ（例えば、波長408nmのレーザ光を射出する）の開発が進展をみせており略実用化状態とされている。この短波長の半導体レーザの実用化に伴い、この短波長の光を照射光として使用する片面1層の容量が20GB程度のAOD（アドバンスド・オプティカル・ディスク：HD-DVD）に関する研究、開発も同様に進められている。このAODの規格においては、開口数および基板の厚みが上述したDVDに近いものの若干異なった値とされており、開口数（NA）は0.65、基板の厚みは0.6mmとされている。

20

【0006】

なお、AODと同様に短波長の光を照射光として使用するブルーレイディスク（以下BDと称する）の研究、開発も進められており、その規格においては、開口数および基板の厚みが上述したDVDおよびCDとは全く異なった値（開口数（NA）は0.85、基板の厚みは0.1mm）とされている（以下、AODとBDを総称してAOD等と称することがある）。

【0007】

そこで、このAOD等と、上述したDVDおよびCDの3つの光記録媒体に対して共用し得る光ピックアップ装置の開発が望まれており、この装置に搭載される光記録媒体用対物レンズとしても、既に提案がなされている。

30

【0008】

その中でも、屈曲面と回折光学面を有する回折光学素子、および両凸レンズからなる下記非特許文献1に記載された対物光学系が知られている。この非特許文献1に記載された技術は、BD、DVDおよびCDの各々の光記録媒体に対して、回折光学素子からの2次、1次および1次の回折光を使用するようにし、さらに回折光学素子は回折光学面の裏面を凹面に形成することで、各光記録媒体の保護層の厚みの相違に伴う球面収差や、単玉の対物レンズにおいて発生する色収差を改善することができる。

【0009】

40

【非特許文献1】第50回応用物理学関係連合講演会 講演予稿集 第1250頁（2003年3月）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

ところで、上記非特許文献1に記載された技術においては、入射光束に対する対物光学系のシフトに伴うコマ収差の発生を軽減するため、BDへの情報の記録または再生を行なう際には、回折光学素子に収束光を入射させるようにしている。また、DVDおよびCDについて情報の記録または再生を行なう際には、各々平行光および発散光を回折光学素子に入射させるようにしている。

50

【 0 0 1 1 】

しかしながら、装置のコンパクト化の要請が強い今日においては、装置内における光学系の配置選択の自由度を大きくすることが必要とされており、このためには、上記3種の使用光のうち、少なくとも2種については回折光学素子、すなわち対物光学系に平行光を入射させるように設計することが強く望まれる。

【 0 0 1 2 】

また、特に上記3種の使用光のうち最短波長の使用光については、回折光学素子に対して収束光を入射させると、回折光学面の回折溝に使用光が斜入射することによる、回折効率の低下、およびトラッキング時の安定性に及ぼす影響が著しいという問題がある。

【 0 0 1 3 】

本発明は、かかる事情に鑑みなされたもので、情報の記録または再生がなされる際に、使用光学系の開口数、使用光の波長および基板厚等の規格が異なる3つの光記録媒体に対して、回折光学素子を用いることで各使用光に対応する光記録媒体上に効率良く収束させることができる光記録媒体用対物光学系において、光学系の配置選択の自由度を高めることができ、特にAOD等に用いられる短波長の使用光の回折効率を向上させるとともにトラッキングの安定性の向上を図り得る光記録媒体用対物光学系およびこれを用いた光ピックアップ装置を提供することを目的とするものである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 4 】

本発明の光記録媒体用対物光学系は、情報の記録または再生がなされる際に、対応する開口数、使用光波長および基板厚が下記3つの条件式(1)~(3)を満足するように設定された第1、第2および第3の光記録媒体のそれぞれに対して、使用光を所望の位置に収束させるための光記録媒体用対物光学系において、

光源側から順に、一方の面が回折光学面を有し、他方の面が凹面からなる回折光学素子と、両面が回転非球面よりなる正の屈折力を有する対物レンズとからなり、

前記光記録媒体として前記第1の光記録媒体が選択される場合には、該第1の光記録媒体の使用光が平行光として入射されるとともに前記回折光学素子から出力された2次の回折光を該第1の光記録媒体の所定位置に集光せしめるように、かつ前記光記録媒体として前記第2の光記録媒体が選択される場合には、該第2の光記録媒体の使用光が平行光として入射されるとともに前記回折光学素子から出力された1次の回折光を該第2の光記録媒体の所定位置に集光せしめるように、かつ前記光記録媒体として前記第3の光記録媒体が選択される場合には、該第3の光記録媒体の使用光が発散光として入射されるとともに前記回折光学素子から出力された1次の回折光を該第3の光記録媒体の所定位置に集光せしめるように構成されたことを特徴とするものである。

【 0 0 1 5 】

$$NA_1 \quad NA_2 > NA_3 \cdots (1)$$

$$1 < 2 < 3 \cdots (2)$$

$$d_1 \quad d_2 < d_3 \cdots (3)$$

ただし、

NA1・・・前記第1の光記録媒体に対応する開口数(第1開口数)

NA2・・・前記第2の光記録媒体に対応する開口数(第2開口数)

NA3・・・前記第3の光記録媒体に対応する開口数(第3開口数)

1・・・前記第1の光記録媒体に対応する使用光波長(第1波長)

2・・・前記第2の光記録媒体に対応する使用光波長(第2波長)

3・・・前記第3の光記録媒体に対応する使用光波長(第3波長)

d1・・・前記第1の光記録媒体の基板厚(第1基板厚)

d2・・・前記第2の光記録媒体の基板厚(第2基板厚)

d3・・・前記第3の光記録媒体の基板厚(第3基板厚)

【 0 0 1 6 】

また、前記回折光学面は、光軸に対して垂直となる仮想平面上に回折光学素子構造を設

10

20

30

40

50

けることにより形成することが好ましい。

【0017】

また、前記第1波長 λ_1 の光の入射に応じて前記回折光学素子から出力された2次の回折光による当該回折光学素子の焦点距離を f_1 とし、前記対物レンズの前記第1波長 λ_1 の光に対する焦点距離を f_2 としたとき、下記条件式(4)を満足することが好ましい。

【0018】

$$f_2 / |f_1| < 0.03 \dots (4)$$

【0019】

また、前記第1の光記録媒体をアドバンスド・オプティカル・ディスク(AOD)とし、前記第2の光記録媒体をDVDとし、前記第3の光記録媒体をCDとすると特に効果的である。

10

【0020】

本発明による光ピックアップ装置は、上記いずれかの光記録媒体用対物光学系を備えていることを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0021】

本発明による光記録媒体用対物光学系によれば、回折光学素子と対物レンズとを組み合わせた対物光学系を用いるとともに、光源側に位置するこの回折光学素子は、一方の面を回折光学面、他方の面を凹面とし、かつ上記対物レンズを、両面が回転非球面よりなる正レンズとして形成しており、さらに、第1の光記録媒体の使用光が平行光として入射されるとともに回折光学素子から出力された2次の回折光を第1の光記録媒体の所定位置に集光せしめるように、かつ第2の光記録媒体の使用光が平行光として入射されるとともに回折光学素子から出力された1次の回折光を第2の光記録媒体の所定位置に集光せしめるように、かつ第3の光記録媒体の使用光が発散光として入射されるとともに回折光学素子から出力された1次の回折光を第3の光記録媒体の所定位置に集光せしめるように構成されているため、回折光学素子を用いたこと、およびこの回折光学素子と対物レンズを組み合わせることによる収差補正上の利点を享受しつつ、最短波長の第1の光記録媒体用の使用光および次に短波長の第2の光記録媒体用の使用光については、最も光源側に位置する回折光学素子に対して平行光の状態で入射することを可能としている。

20

【0022】

これにより、光学系の配置選択の自由度を高めて装置のコンパクト化を図ることができ、さらに特にAOD等に用いられる短波長の使用光の回折効率を向上させることができるとともにトラッキングの安定性の向上を図ることも可能である。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。図1は本発明の実施形態に係る光記録媒体用対物光学系の形状を模式的に示す図(実施例1のものを代表例として用いている)であり、図4は、この光記録媒体用対物光学系を用いた光ピックアップ装置の構成を示す図である。なお、各図面において回折光学素子および各レンズの形状は全て模式的に表されている。また図4では、図面が煩雑となるのを回避するため、半導体レーザー1aからの光線軌跡を中心として表し、半導体レーザー1b、1cからの光線軌跡はハーフミラー2a、2bのハーフミラー面に到達するまでの軌跡のみが描かれている。

40

【0024】

この光ピックアップ装置では、図4に示すとおり、半導体レーザー1a~1cから出力されたレーザー光11がハーフミラー6により反射され、コリメータレンズ7により略平行光とされ(半導体レーザー1cからの光線はやや発散光とされる)、光記録媒体用対物光学系8により収束光とされて光記録媒体9の記録領域10上に照射される。この光ピックアップ装置が対象とする光記録媒体9は、下記3つの条件式(1)~(3)の条件で使用されるものである。

【0025】

50

$NA1 > NA2 > NA3 \dots (1)$

$1 < 2 < 3 \dots (2)$

$d1 > d2 > d3 \dots (3)$

ただし、

$NA1 \dots$ 第1の光記録媒体に対応する開口数(第1開口数)

$NA2 \dots$ 第2の光記録媒体に対応する開口数(第2開口数)

$NA3 \dots$ 第3の光記録媒体に対応する開口数(第3開口数)

$1 \dots$ 第1の光記録媒体に対応する使用光波長(第1波長)

$2 \dots$ 第2の光記録媒体に対応する使用光波長(第2波長)

$3 \dots$ 第3の光記録媒体に対応する使用光波長(第3波長)

$d1 \dots$ 第1の光記録媒体の基板厚(第1基板厚)

$d2 \dots$ 第2の光記録媒体の基板厚(第2基板厚)

$d3 \dots$ 第3の光記録媒体の基板厚(第3基板厚)

【0026】

ここでは、光記録媒体9は、第1の光記録媒体としてのAOD9a(開口数 $NA1 = 0.65$ 、使用光波長 $1 = 408 \text{ nm}$ 、基板厚 $d1 = 0.6 \text{ mm}$)、第2の光記録媒体としてのDVD9b(開口数 $NA2 = 0.65$ 、使用光波長 $2 = 658 \text{ nm}$ 、基板厚 $d2 = 0.6 \text{ mm}$)および第3の光記録媒体としてのCD9c(開口数 $NA3 = 0.51$ 、使用光波長 $3 = 784 \text{ nm}$ 、基板厚 $d3 = 1.2 \text{ mm}$)を総称するものとして説明する。

【0027】

半導体レーザー1aは、AOD用の、波長 408 nm (1)の可視域のレーザー光を出力する光源であり、半導体レーザー1bは、DVD用の、波長 658 nm (2)の可視域のレーザー光を出力する光源である。また、半導体レーザー1cは、CD-R(追記型光記録媒体)等のCD系用の(以下、これを代表してCDとして説明する)、波長 784 nm (3)の近赤外域のレーザー光を出力する光源である。半導体レーザー1a~1cは、重複して出力されることを排除するものではないが、光記録媒体9がAOD9aであるか、DVD9bであるか、CD9cであるかに応じて、択一的に出力されることが好ましい。半導体レーザー1a、1bから出力されたレーザー光11は、プリズム2a、2bを介して、また、半導体レーザー1cから出力されたレーザー光11は、プリズム2bを介して、ハーフミラー6に照射されるようになっている。

【0028】

また、コリメータレンズ7は、図4において模式的に示されたものであって1枚構成のものとは限られず、むしろ上記各波長の光について色収差が良好に補正されたものとするのが好ましい。

【0029】

本実施形態の光ピックアップ装置では、所定位置(ターンテーブル上)に配されたAOD9a、DVD9bおよびCD9cのいずれの光記録媒体9についても、その記録領域10(AOD9a、DVD9bおよびCD9cの記録領域をそれぞれ10a、10b、10cとする)に、対応する波長の光が良好に収束されて、信号の記録・再生が可能となるように構成されている。図1(a)~(c)はそれぞれ、光記録媒体9がAOD9a、DVD9bおよびCD9cとされている場合を示すものである。

【0030】

記録領域10には信号情報を担持したピットがトラック状に配列されるようになっており、この記録領域10からの上記レーザー光11の反射光は信号情報を担持した状態で対物光学系8およびコリメータレンズ7を介してハーフミラー6に入射し、このハーフミラー6を透過して4分割のフォトダイオード13に入射する。このフォトダイオード13では、分割された4つのダイオード位置の各受光量が電気信号の形態で得られるから、この受光量に基づき図示されない演算手段において所定の演算がなされ、データ信号、およびフォーカスとトラッキングの各エラー信号を得られることになる。

【0031】

10

20

30

40

50

なお、ハーフミラー 6 は光記録媒体 9 からの戻り光の光路に対して 45° 傾いた状態で挿入されているのでシリンダカルレンズと同等の作用をなし、このハーフミラー 6 を透過した光ビームは非点収差を有することとなり、4 分割のフォトダイオード 13 上におけるこの戻り光のビームスポットの形状に応じてフォーカスのエラー量が決定されることとなる。なお、半導体レーザー 1a ~ 1c とハーフミラー 6 との間にグレーティングを挿入して 3 ビームによりトラッキングエラーを検出することも可能である。

【0032】

ところで、本実施形態の対物光学系 8 の特徴は、図 1 および図 4 に示すとおり、光源側から順に、一方の面が回折光学面を有し、他方の面が凹状の球面からなる回折光学素子 L_1 と、両面が回転非球面よりなる正の屈折力を有する対物レンズ L_2 とを配列し、AOD (第 1 の光記録媒体) 9a の使用光が平行光として入射されるとともに回折光学素子 L_1 から出力された 2 次の回折光を AOD 9a の所定位置に集光せしめるように、かつ、DVD (第 2 の光記録媒体) 9b の使用光が平行光として入射されるとともに回折光学素子 L_1 から出力された 1 次の回折光を DVD 9b の所定位置に集光せしめるように、かつ CD (第 3 の光記録媒体) 9c の使用光が発散光として入射されるとともに回折光学素子 L_1 から出力された 1 次の回折光を CD 9c の所定位置に集光せしめるように構成されていることにある。

【0033】

このように、AOD 9a および DVD 9b について情報の記録および再生を行なう際には、この対物光学系 8 に平行光の状態で使用光を入射せしめることができるので、光学系の配置選択の自由度を高めて装置のコンパクト化を図ることができ、さらに特に AOD 9a に用いられる短波長照射光の回折効率を向上させることができるとともにトラッキングの安定性の向上を図ることも可能である。

【0034】

なお、ディスク厚が互いに異なる複数種類の光記録媒体を使用する場合に、回折光学面を設けることにより、対応する複数波長の光のいずれについても球面収差等の諸収差量を最適化する手法が知られている。これらの光記録媒体では、主として保護層の厚さの違いにより、発生する球面収差の量が異なってくるが、回折光学面を設けることにより互いに異なる収束作用を有する構成とし収差補正機能を良好とすることができるので、いずれの光記録媒体についても良好な収差補正を行い得る状態で、対物光学系を使用することができる。複数の光源からの光を対物光学系に平行光に近い状態で入射させ、光学系の配置選択の自由度を高めることも容易となる。

【0035】

対物レンズ L_2 の両面の回転非球面形状は、下記に示す非球面式により表される。

【0036】

【数 1】

非球面式

$$Z = \frac{Y^2 C}{1 + \sqrt{1 - KY^2 C^2}} + \sum_{i=2} A_i Y^{2i}$$

ただし、

Z : 光軸からの高さ Y の非球面上の点より非球面頂点の接平面(光軸に垂直な平面)に下ろした垂線の長さ

Y : 光軸からの高さ、

K : 円錐定数、

C : 光軸近傍での曲率、

A_i : $2i$ 次の係数

10

20

30

40

50

【0037】

このような回転非球面を形成することにより、いずれの光記録媒体9についても収差補正を良好とし、確実にフォーカシングをなし記録・再生が良好に行われるように構成することができる。

【0038】

また、回折光学素子 L_1 の光源側の面は、光軸に対して垂直となる仮想平面上に回折光学素子構造を形成されてなる回折光学面とされており、その回折光学素子構造は断面形状が鋸歯状のものとされていることが好ましい。その位相差は下記に示す位相差関数により表される。「鋸歯状」とはいわゆるキノフォームと称される形状である。図1および図4においては、回折光学面であることを示すために、実際の回折光学面の鋸歯形状よりも誇張して示している。波長を λ 、回折光学面位相差関数を ϕ とすると、この回折光学面により、回折光に $m \times \lambda / (2 \times \lambda)$ の光路長が付加される。ここで m は回折次数を表す。

10

【0039】

【数2】

位相差関数

$$\phi = \sum_{i=1} C_i Y^{2i}$$

ただし、

Y : 光軸からの高さ、

C_i : $2i$ 次の係数

20

【0040】

なお、回折光学面の具体的な鋸歯形状のステップの高さは、使用する各波長の光に対する各次数の回折光の割合を考慮して設定されることになる。また、回折光学面の最外径は、入射する3つの波長のレーザー光11の開口数とビーム径を勘案して適宜設定し得る。回折光学素子 L_1 に形成される回折光学面および対物レンズ L_2 に形成される回転非球面は、その面が作用する波長の光が、対応する記録領域10に良好に収差補正されて収束されるように、適宜設定されることが好ましい。

【0041】

また、この回折光学面は、AOD用の波長408nm(1)のレーザー光に対して2次回折光の光量が最大となるように、DVD用の波長658nm(2)のレーザー光に対して1次回折光の光量が最大となるように、さらにCD用の波長784nm(3)のレーザー光に対して1次回折光の光量が最大となるように、作用する形状とされることが好ましい。

30

【0042】

このようにAOD用のレーザー光とDVD用のレーザー光、ならびに、AOD用のレーザー光とCD用のレーザー光に対して、互いに異なる回折次数の光を利用することにより、3つの互いに異なる波長の光について、所望の位置に収束させることができる。

【0043】

また、本実施形態の光記録媒体用対物光学系8においては、下記条件式(4)を満足するように構成されている。

40

【0044】

$$f_2 / |f_1| < 0.03 \dots \quad (4)$$

ここで、

f_1 は、第1波長 λ_1 の光が入射された場合において、回折光学素子 L_1 から出射された2次の回折光による回折光学素子 L_1 の焦点距離

f_2 は、第1波長 λ_1 の光に対する対物レンズ L_2 の焦点距離

【0045】

上記条件式(4)は、上記回折光学素子 L_1 の焦点距離 f_1 の絶対値に対する上記対物レンズ L_2 の焦点距離 f_2 の範囲を規定するものであるが、その趣旨は、対物レンズ L_2

50

に対する回折光学素子 L_1 のパワーを条件式(4)を満足する程度に極めて小さく設定することにより、回折光学素子 L_1 と対物レンズ L_2 の軸ずれ感度を緩和して、レンズ組立の際における、光学性能の劣化を防止することにある。

【0046】

換言すれば、光記録媒体用対物光学系8の波面収差を所定値以内とし、かつ製造性を向上させるために、回折光学素子 L_1 と対物レンズ L_2 の軸ずれ量を所定値以上まで許容するためには、 $f_2 / |f_1|$ の値を所定値以下とする必要がある。

【0047】

本実施形態においては、光学性能を良好に維持し得る条件として、マレシャルの評価基準である波面収差 0.07 rms を満足することを定めている。この条件を満足しようとする
10
と、 0.0065 mm より大きい軸ずれ量が許容されるのは、 $f_2 / |f_1|$ が 0.03 よりも小さい値となる場合であるから、このことを規定したものが上記条件式(4)といえることができる。

【0048】

上記製造性をより良好とするためには、上記軸ずれ量が 0.0072 mm 以上許容されることが望ましく、この場合の $f_2 / |f_1|$ は 0.01 以下の値とする必要がある。

【0049】

上記製造性をさらに良好とするためには、上記軸ずれ量が 0.0077 mm 以上許容されることが望ましく、この場合の $f_2 / |f_1|$ は 0.005 以下の値とする必要がある。

【0050】

上記製造性を極めて良好とするためには、上記軸ずれ量が 0.0079 mm 以上許容されることが望ましく、この場合の $f_2 / |f_1|$ は 0.0003 以下の値とする必要がある。

【0051】

なお、上記製造性が厳しいものとなっても上記光学性能を各段に良好とする必要があるような場合にも、上記条件式(4)を満足することにより、その光学性能に見合った良好な製造性を確保することができる。例えば、マレシャルの評価基準である波面収差 0.07 rms の半分の波面収差 0.035 rms を満足することが条件とされた場合には、 0.0032 mm より大きな軸ずれ量が許容されることが望ましく、この場合の $f_2 / |f_1|$ は 0.03 以下の値とする必要がある。このように極めて良好な光学性能が要求される場合、製造性をさらに良好とするために上記軸ずれ量を 0.0036 mm 以上許容しようとする
30
と、 $f_2 / |f_1|$ は 0.01 以下の値とする必要がある。同様に、上記軸ずれ量を 0.0039 mm 以上および 0.0040 mm 以上許容しようとする
と、 $f_2 / |f_1|$ は各々 0.005 以下および 0.0003 以下の値とする必要がある。

【0052】

以上の対応関係を示したものが下記表1である。

【0053】

【表1】

$f_2 / f_1 $	$0.07 \lambda \text{ rms}$ となる軸ずれ量(mm)	$0.035 \lambda \text{ rms}$ となる軸ずれ量(mm)
0.0400	0.0056	0.0028
0.0300	0.0065	0.0032
0.0100	0.0072	0.0036
0.0050	0.0077	0.0039
0.0003	0.0079	0.0040

【0054】

以下、本発明の光記録媒体用対物光学系8について、実施例1および実施例2を用いてさらに具体的に説明する。

【0055】

10

20

30

40

50

< 実施例 1 >

実施例 1 の光記録媒体用対物光学系 8 は、図 1 に示すように、光源側から順に、回折光学素子 L_1 と対物レンズ L_2 を配列されてなり、該回折光学素子 L_1 の光源側の面には回折光学面が形成され、またその光記録媒体側の面は凹状の球面とされており、一方上記対物レンズ L_2 は両凸レンズとされ、光源側の面および光記録媒体側の面のいずれもが、回折非球面とされている。また、上記回折光学面は、光軸に対して垂直となる仮想平面上に回折光学素子構造が形成されてなる。

【 0 0 5 6 】

この対物光学系 8 は、光記録媒体 9 としての AOD 9 a、DVD 9 b および CD 9 c の記録領域 10 a、10 b、10 c に、各使用光 $\lambda_1 = 408 \text{ nm}$ (1)、 $\lambda_2 = 658 \text{ nm}$ (2)、および $\lambda_3 = 784 \text{ nm}$ (3) を良好に収束させるものである。また、この対物光学系 8 は、使用光 $\lambda_1 = 408 \text{ nm}$ (1) および使用光 $\lambda_2 = 658 \text{ nm}$ (2) については、これら各使用光がいずれも略平行光として入射される無限共役の光学系とされており、また、使用光 $\lambda_3 = 784 \text{ nm}$ (3) については発散光が入射される光学系とされている。

10

【 0 0 5 7 】

なお、各使用光は光記録媒体 9 に応じて、択一的に出力される。

【 0 0 5 8 】

下記表 2 の上段に、この実施例に係る対物光学系 8 のレンズデータの具体的数値として、曲率半径 (mm) (ただし、回折非球面については表 2 の下段に記載している)、 $\lambda_1 = 408 \text{ nm}$ (1)、 $\lambda_2 = 658 \text{ nm}$ (2)、および $\lambda_3 = 784 \text{ nm}$ (3) に対する面間隔 D (mm)、ならびに上記各波長の光に対する屈折率 N を示す。なお、曲率半径 R 、面間隔 D および屈折率 N に対応させた数字は光源側から順次増加するようになっている。また、表 2 の中段に、光記録媒体 9 として AOD 9 a、DVD 9 b および CD 9 c をセットした各場合における使用波長 λ_1 、 λ_2 、および λ_3 について、この実施例 1 に係る対物光学系 8 の絞り径 (mm)、焦点距離 (mm)、開口数 NA 、および光源位置 (mm) の各値を示す。

20

【 0 0 5 9 】

また、下記表 2 の下段に、この実施例 1 に係る対物光学系 8 の各回折非球面の非球面係数、およびこの実施例 1 に係る対物光学系 8 の回折光学面の位相差関数係数を示す。この回折光学面は断面形状が鋸歯形状の同心円格子からなり、上述のように、AOD 用の波長 408 nm (1) のレーザ光に対しては 2 次の回折光の光量が最大となり、DVD 用の波長 658 nm (2) のレーザ光に対しては 1 次の回折光の光量が最大となり、CD 用の波長 784 nm (3) のレーザ光に対しては 1 次の回折光の光量が最大となるように設定されている。

30

【 0 0 6 0 】

【表 2】

実施例 1

 $\lambda 1=408\text{nm}$ $\lambda 2=658\text{nm}$ $\lambda 3=784\text{nm}$

面	曲率半径 R	面間隔 D			屈折率 N		
		$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$
1	回折面	0.500	0.500	0.500	1.53404	1.51437	1.51068
2	22.145	0.500	0.500	0.500	1.00000	1.00000	1.00000
3	非球面	1.920	1.920	1.920	1.53404	1.51437	1.51068
4	非球面	1.601	1.724	1.661	1.00000	1.00000	1.00000
5	∞	0.600	0.600	1.200	1.62000	1.58000	1.57000
6	∞						

	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$
絞り径	$\phi 3.9$	$\phi 4.1$	$\phi 3.3$
焦点距離	3.00	3.13	3.13
NA	0.65	0.65	0.51
光源位置	∞	∞	-30.60

非球面式係数

	第 3 面	第 4 面
C	5.0562890×10^{-1}	$-1.8661171 \times 10^{-1}$
K	4.4702170×10^{-2}	5.0667520×10^{-2}
A_2	3.3007562×10^{-3}	5.8382907×10^{-3}
A_3	1.1625917×10^{-5}	2.5032830×10^{-3}
A_4	3.9902636×10^{-4}	$-5.4114317 \times 10^{-4}$
A_5	$-2.4497932 \times 10^{-5}$	3.3662903×10^{-5}

位相差関数係数

	第 1 面
C_1	-9.1700608×10
C_2	2.4117748×10^{-1}
C_3	3.5714267×10^{-1}
C_4	1.2327947
C_5	$-1.9459621 \times 10^{-1}$

$$f2 / |f1| = 3.27 \times 10^{-4}$$

【 0 0 6 1 】

また、この実施例 1 は条件式 (1) ~ (4) を全て満足している。なお、条件式 (4) に対応する値は上記表 2 の最下段に示すような値とされている。

【 0 0 6 2 】

さらに、光記録媒体 9 として A O D 9 a、D V D 9 b および C D 9 c をセットした各場合における使用波長 1、2、および 3 について、この実施例 1 に係る対物光学系 8 によるビームプロファイルを図 2 に示す。

【 0 0 6 3 】

< 実施例 2 >

実施例 2 の光記録媒体用対物光学系 8 は、上記実施例 1 と略同様な構成とされており、光源側から順に、回折光学素子 L_1 と対物レンズ L_2 を配列されてなり、該回折光学素子 L_1 の光源側の面には回折光学面が形成され、またその光記録媒体側の面は凹状の球面とされており、一方上記対物レンズ L_2 は両凸レンズとされ、光源側の面および光記録媒体

側の面のいずれもが、回転非球面とされている。また、上記回折光学面は、光軸に対して垂直となる仮想平面上に回折光学素子構造が形成されてなる。

【0064】

この対物光学系8は、光記録媒体9としてのAOD9a、DVD9bおよびCD9cの記録領域10a、10b、10cに、各使用光 $\lambda_1 = 408\text{nm}$ (1)、 $\lambda_2 = 658\text{nm}$ (2)、および $\lambda_3 = 784\text{nm}$ (3)を良好に収束させるものである。また、この対物光学系8は、使用光 $\lambda_1 = 408\text{nm}$ (1)および使用光 $\lambda_2 = 658\text{nm}$ (2)については、これら各使用光がいずれも略平行光として入射される無限共役の光学系とされており、また、使用光 $\lambda_3 = 784\text{nm}$ (3)については発散光が入射される光学系とされている。

【0065】

なお、各使用光は光記録媒体9に応じて、択一的に出力される。

【0066】

下記表3の上段に、この実施例に係る対物光学系8のレンズデータの具体的数値として、曲率半径(mm) (ただし、回転非球面については表3の下段に記載している)、 $\lambda_1 = 408\text{nm}$ (1)、 $\lambda_2 = 658\text{nm}$ (2)、および $\lambda_3 = 784\text{nm}$ (3)に対する面間隔D(mm)、ならびに上記各波長の光に対する屈折率Nを示す。なお、曲率半径R、面間隔Dおよび屈折率Nに対応させた数字は光源側から順次増加するようになっている。また、表3の中段に、光記録媒体9としてAOD9a、DVD9bおよびCD9cをセットした各場合における使用波長 λ_1 、 λ_2 、および λ_3 について、この実施例2に係る対物光学系8の絞り径(mm)、焦点距離(mm)、開口数NA、および光源位置(mm)の各値を示す。

【0067】

また、下記表3の下段に、この実施例2に係る対物光学系8の各回転非球面の非球面係数、およびこの実施例2に係る対物光学系8の回折光学面の位相差関数係数を示す。この回折光学面は断面形状が鋸歯形状の同心円格子からなり、上述のように、AOD用の波長 408nm (1)のレーザ光に対しては2次の回折光の光量が最大となり、DVD用の波長 658nm (2)のレーザ光に対しては1次の回折光の光量が最大となり、CD用の波長 784nm (3)のレーザ光に対しては1次の回折光の光量が最大となるように設定されている。

【0068】

10

20

30

【表 3】

実施例 2

 $\lambda 1=408\text{nm}$ $\lambda 2=658\text{nm}$ $\lambda 3=784\text{nm}$

面	曲率半径 R	面間隔 D			屈折率 N			
		$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	
1	回折面	0.500	0.500	0.500	1.55636	1.54076	1.53704	10
2	35.539	0.500	0.500	0.500	1.00000	1.00000	1.00000	
3	非球面	1.920	1.920	1.920	1.55636	1.54076	1.53704	
4	非球面	1.580	1.668	1.544	1.00000	1.00000	1.00000	
5	∞	0.600	0.600	1.200	1.62000	1.58000	1.57000	
6	∞							
		$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$				
絞り径		$\phi 3.9$	$\phi 4.0$	$\phi 3.2$				
焦点距離		3.00	3.10	3.10				
NA		0.65	0.65	0.51				
光源位置		∞	∞	-38.10				
非球面式係数								20
		第 3 面	第 4 面					
C		5.0515098×10^{-1}	$-1.4873285 \times 10^{-1}$					
K		4.4737881×10^{-2}	5.0662486×10^{-2}					
A_2		5.7368457×10^{-3}	1.0086162×10^{-2}					
A_3		$-3.2511284 \times 10^{-5}$	$-6.8080043 \times 10^{-4}$					
A_4		2.2881975×10^{-4}	6.3506051×10^{-5}					
A_5		$-1.2489915 \times 10^{-5}$	$-8.0018055 \times 10^{-6}$					
位相差関数係数								30
		第 1 面						
C_1		-5.9445198×10						
C_2		1.9892426						
C_3		-1.0898883						
C_4		9.1408381×10^{-1}						
C_5		$-1.1251417 \times 10^{-1}$						
		$f2 / f1 = 4.09 \times 10^{-4}$						

【 0 0 6 9 】

また、この実施例 2 は条件式 (1) ~ (4) を全て満足している。なお、条件式 (4) に対応する値は上記表 3 の最下段に示すような値とされている。

40

【 0 0 7 0 】

さらに、光記録媒体 9 として A O D 9 a、D V D 9 b および C D 9 c をセットした各場合における使用波長 1、2、および 3 について、この実施例 2 に係る対物光学系 8 によるビームプロファイルを図 3 に示す。

【 0 0 7 1 】

なお、本発明の光記録媒体用対物光学系としては上述したものに限られず種々の態様の変更が可能である。また、本発明の光ピックアップ装置としても、同様に種々の態様の変更が可能である。

【 0 0 7 2 】

例えば、対物光学系を形成する材料として、例えばプラスチック材料を使用することで

50

、軽量、安価なものとする事ができる。

【0073】

また、上述した実施形態において、回折光学素子は、光源側の面が回折光学面を有し、光記録媒体側の面が凹状の球面とされているが、光源側の面と光記録媒体側の面の形状を互いに入れ替えるようにしてもよい。また、この凹状の球面に替えて、それと同等の作用をなす凹状の非球面としてもよい。

【0074】

また、対物光学系の回折光学面は、いずれの波長の光に対しても、所定次数の回折光の光量が多く出力されることが好ましく、その光量がそれぞれほぼ100%となれば最も効果が高い。また、回折光学面の素子構造としては鋸歯状のものに限られず、例えば階段状のものを用いるようにしてもよい。

10

【0075】

また、本発明の光記録媒体用対物光学系および光ピックアップ装置において、記録・再生対象となる光記録媒体としてはAOD、DVDおよびCDという組合わせに限られない。条件式(1)~(3)を満足するように設定された光記録媒体を、共通の光ピックアップ装置で記録・再生する場合に本発明を適用できる。例えば、上記組合わせのうちAODに代えて、ブルレイディスク(開口数0.85、基板厚0.1mm、使用光波長405nm程度)を用いることができる。

【0076】

また、光記録媒体を上記実施例と同じくAOD、DVD、およびCDとした場合にも、その使用光波長は、実施例のものに限られない。AODの使用光波長408nm、DVDの使用光波長658nmおよびCDの使用光波長784nm以外の波長の光であっても、それぞれの光記録媒体の規格を満たすものであればその範囲内で任意に設定することができる。また、開口数、基板厚に付いても同様である。

20

【0077】

また、4種以上の光記録媒体に対しても、本発明の光記録媒体用対物光学系の適用を妨げるものではない。

【0078】

また、上記説明に用いた光ピックアップ装置では互いに異なる波長の光を出力する3つの光源を設けているが、光源として、2つの異なる波長の光を近接した出力口から出力し得る1つの光源を用いるようにしても良い。この場合には、例えば図4のプリズム2a、2bに代えて、1つのプリズムを配した構成としてもよい。また、この光ピックアップ装置において、対物光学系の光源側に絞りや波長選択性のある開口制限素子が配設されていてもよい。

30

【図面の簡単な説明】

【0079】

【図1】本発明の実施形態に係る光記録媒体用対物光学系とその作用を模式的に示す断面図

【図2】本発明の実施例1に係る光記録媒体用対物光学系のビームプロファイル

【図3】本発明の実施例2に係る光記録媒体用対物光学系のビームプロファイル

40

【図4】本発明の実施例に係る光記録媒体用対物光学系を用いた光ピックアップ装置を示す概略図

【符号の説明】

【0080】

1 a、1 b、1 c 半導体レーザ

2 a、2 b プリズム

6 ハーフミラー

7 コリメータレンズ

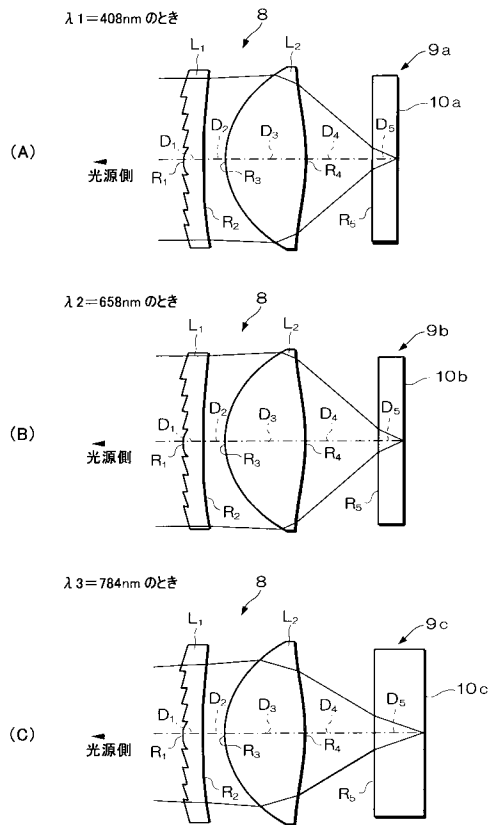
8 対物光学系

9 光記録媒体

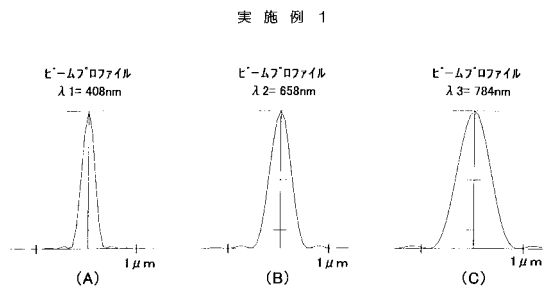
50

- 9 a A O D
- 9 b D V D
- 9 c C D
- 1 0、1 0 a、1 0 b、1 0 c 記録領域
- 1 1 レーザ光
- 1 3 フォトダイオード
- L₁ 回折光学素子
- L₂ 対物レンズ
- R₁ ~ R₅ レンズ面 (ただし、R₅ は光記録媒体の保護層)
- D₁ ~ D₅ 軸上面間隔

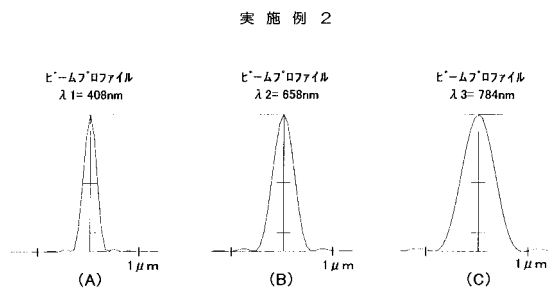
【図1】



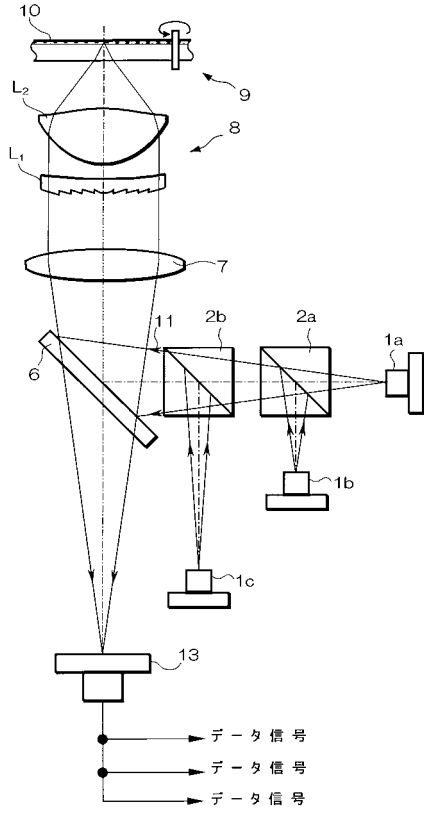
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 北原 有

埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324番地 富士写真光機株式会社内

審査官 井上 信一

(56)参考文献 特開2001-209966(JP,A)

特開2004-327003(JP,A)

特開2005-135555(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G11B 7/135