

(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2005-108398

(P2005-108398A)

(43) 公開日 平成17年4月21日(2005.4.21)

(51) Int.Cl.⁷

G 11 B 7/135
G 02 B 13/00
G 02 B 13/18
G 11 B 7/09
G 11 B 7/125

F 1

G 11 B 7/135
G 11 B 7/135
G 02 B 13/00
G 02 B 13/18
G 11 B 7/09

A 2 H 087
Z 5 D 118
5 D 789
G

審査請求 未請求 請求項の数 32 O L (全 38 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2004-163082 (P2004-163082)
(22) 出願日 平成16年6月1日 (2004.6.1)
(31) 優先権主張番号 特願2003-315147 (P2003-315147)
(32) 優先日 平成15年9月8日 (2003.9.8)
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000006747
株式会社リコー
東京都大田区中馬込1丁目3番6号
(74) 代理人 100101177
弁理士 柏木 慎史
(74) 代理人 100072110
弁理士 柏木 明
(72) 発明者 平井 秀明
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコーエ内
F ターム (参考) 2H087 KA13 LA01 PA01 PA18 PB01
PB02 QA02 QA07 QA14 QA22
QA37 QA41 RA05 RA12 RA13
RA32 RA46 UA01
5D118 AA26 BA01 CD04

最終頁に続く

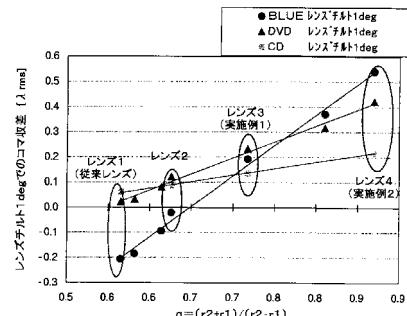
(54) 【発明の名称】対物レンズ、光ピックアップ及び光情報処理装置

(57) 【要約】

【課題】使用波長或いは基板厚みの異なる複数の光記録媒体に対して、レンズチルト駆動させながらコマ収差補正を行う場合に、何れの媒体に対しても良好なスポット特性が得られるようにする。

【解決手段】青色系、DVD系、CD系の媒体が1deg傾いたときに発生するコマ収差は各々0.22rms、0.14rms、0.09rms程度であるが、 $|CL_x/CD_x| \approx 1$ （ただし、 $CD_x (x=1, 2, 3)$ ）；媒体の基板が傾いたときに単位角度当たりに発生する3次のコマ収差成分の各最小二乗誤差値（単位：rms）、 $CL_x (x=1, 2, 3)$ ；媒体に集光照射させている場合に対物レンズが傾いたときに単位角度当たりに発生する3次のコマ収差成分の各最小二乗誤差値（単位：rms）を満足する対物レンズであれば、媒体のチルトによるコマ収差をレンズチルトによって補正できる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

波長 1, 2 ($1 < 2$) の光源からの光を、各々第 1, 第 2 の基板を通して光記録媒体上に収束照射する対物レンズであって、

$C D \times (x = 1, 2)$; 前記第 1, 第 2 の基板が傾いたときに単位角度当りに発生する 3 次のコマ収差成分の各最小二乗誤差値 (単位; rms)、

$C L \times (x = 1, 2)$; 前記光記録媒体に集光照射させている場合に当該対物レンズが傾いたときに単位角度当りに発生する 3 次のコマ収差成分の各最小二乗誤差値 (単位; rms)、

としたとき、条件;

$$|C L 1 / C D 1| \leq 1 \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$|C L 2 / C D 2| \leq 1 \quad \dots \dots \dots (2)$$

を満足することを特徴とする対物レンズ。

【請求項 2】

前記条件 (1) (2) は、前記波長 1 の光源からの光に対しては無限系の入射光束に対して規定され、前記波長 2 の光源からの光に対しては有限系の入射光束に対して規定されていることを特徴とする請求項 1 記載の対物レンズ。

【請求項 3】

前記条件 (1) (2) は、前記波長 1 として青色波長帯域、前記波長 2 として赤色波長帯域の入射光束に対して規定されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の対物レンズ。

【請求項 4】

波長 1, 2, 3 ($1 < 2 < 3$) の光源からの光を、各々第 1, 第 2, 第 3 の基板を通して光記録媒体上に収束照射する対物レンズであって、

$C D \times (x = 1, 2, 3)$; 前記第 1, 第 2, 第 3 の基板が傾いたときに単位角度当りに発生する 3 次のコマ収差成分の各最小二乗誤差値 (単位; rms)、

$C L \times (x = 1, 2, 3)$; 前記光記録媒体に集光照射させている場合に当該対物レンズが傾いたときに単位角度当りに発生する 3 次のコマ収差成分の各最小二乗誤差値 (単位; rms)、

としたとき、条件;

$$|C L 1 / C D 1| \leq 1 \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$|C L 2 / C D 2| \leq 1 \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$|C L 3 / C D 3| \leq 1 \quad \dots \dots \dots (5)$$

を満足することを特徴とする対物レンズ。

【請求項 5】

前記条件 (3) (4) (5) は、前記波長 1, 2 の光源からの光に対しては無限系の入射光束に対して規定され、前記波長 3 の光源からの光に対しては有限系の入射光束に対して規定されていることを特徴とする請求項 4 記載の対物レンズ。

【請求項 6】

前記条件 (3) (4) (5) は、前記波長 1 の光源からの光に対しては無限系の入射光束に対して規定され、前記波長 2, 3 の光源からの光に対しては有限系の入射光束に対して規定されていることを特徴とする請求項 4 記載の対物レンズ。

【請求項 7】

前記条件 (3) (4) (5) は、前記波長 1 として青色波長帯域、前記波長 2 として赤色波長帯域、前記波長 3 として赤外波長帯域の入射光束に対して規定されていることを特徴とする請求項 4 ないし 6 の何れか一記載の対物レンズ。

【請求項 8】

少なくとも 1 面が非球面の単レンズとして、ガラス成形又は樹脂成形により作製されていることを特徴とする請求項 1 ないし 7 の何れか一記載の対物レンズ。

【請求項 9】

10

20

30

40

50

r_1 ; 対物レンズの光源側の曲率半径

r_2 ; 対物レンズの光記録媒体側の曲率半径

としたとき、条件

$$(r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) = 0.7$$

を満足することを特徴とする請求項 8 記載の対物レンズ。

【請求項 10】

1群2枚の貼り合せ型対物レンズであることを特徴とする請求項 1ないし7の何れか一記載の対物レンズ。

【請求項 11】

少なくとも1面に、回折面又は位相段差面を有することを特徴とする請求項 8ないし10の何れか一記載の対物レンズ。

【請求項 12】

波長 1, 2 の光を発する複数の光源と、

これらの光源からの光を光記録媒体上に収束照射する請求項 1ないし3、8ないし11の何れか一記載の対物レンズと、

を備え、

条件(1)(2)の両方を満足する光源の点灯時には、前記対物レンズの光軸を入射光束に対して傾けるようにした、ことを特徴とする光ピックアップ。

【請求項 13】

波長 1, 2, 3 の光を発する複数の光源と、

これらの光源からの光を光記録媒体上に収束照射する請求項 4ないし11の何れか一記載の対物レンズと、

を備え、

条件(1)(2)(3)のうちの2以上を満足する光源の点灯時には、前記対物レンズの光軸を入射光束に対して傾けるようにした、ことを特徴とする光ピックアップ。

【請求項 14】

前記対物レンズは、前記光記録媒体の半径方向、回転方向の少なくとも一方向に当該対物レンズを傾動させるレンズ駆動装置に搭載されている、ことを特徴とする請求項 12又は13記載の光ピックアップ。

【請求項 15】

前記光記録媒体と前記対物レンズとの相対角度、前記光記録媒体と光ピックアップ所定基準面との相対角度、前記対物レンズと前記光ピックアップ所定基準面との相対角度のうち、少なくとも2以上を検出する角度検出手段を備える、ことを特徴とする請求項 13又は14記載の光ピックアップ。

【請求項 16】

点灯光源に応じて、前記角度検出手段により検出された相対角度信号に各々所定のゲイン或いはオフセットを与える補正手段を備えることを特徴とする請求項 15記載の光ピックアップ。

【請求項 17】

前記対物レンズと前記光記録媒体との相対角度に応じて発生するコマ収差量を検知するコマ収差量検知手段を備えることを特徴とする請求項 13又は14記載の光ピックアップ。

【請求項 18】

波長 1, 2 の光を発する複数の光源と、

これらの光源からの光を光記録媒体上に収束照射する請求項 1記載の対物レンズと、

前記2つの波長 1, 2 の何れの光に対しても各々前記対物レンズに対して無限系の入射光束を形成する光学系と、

前記対物レンズを搭載し、条件(1)(2)の両方を満足する前記光源の点灯時には、前記対物レンズの光軸を入射光束に対して傾けるよう前記光記録媒体の半径方向、回転方向の少なくとも一方向に当該対物レンズを傾動させるレンズ駆動装置と、

20

30

40

50

を備えることを特徴とする光ピックアップ。

【請求項 19】

前記対物レンズは、前記 2 つの波長 1, 2 における光記録媒体側の開口数が略等しい、ことを特徴とする請求項 18 記載の光ピックアップ。

【請求項 20】

前記 2 つの波長 1, 2 の光の前記対物レンズへの入射光束径を略等しくする共通の開口素子を前記光源と前記対物レンズとの間の光路上に備えることを特徴とする請求項 19 記載の光ピックアップ。

【請求項 21】

波長 1, 2, 3 の光を発する複数の光源と、

10

これらの光源からの光を光記録媒体上に収束照射する請求項 4 記載の対物レンズと、

基板厚が略等しい 2 つの前記光記録媒体用の波長光に対しては各々前記対物レンズに対して無限系の入射光束を形成し残りの波長光に対しては前記対物レンズに対して有限系入射光束を形成する光学系と、

条件(1)(2)(3)のうちの 2 以上を満足する光源の点灯時には、前記対物レンズの光軸を入射光束に対して傾けるよう前記対物レンズの光軸を入射光束に対して傾けるよう前記光記録媒体の半径方向、回転方向の少なくとも一方向に当該対物レンズを傾動させるレンズ駆動装置と、

を備えることを特徴とする光ピックアップ。

【請求項 22】

波長 1, 2, 3 の光を発する複数の光源と、

20

これらの光源からの光を光記録媒体上に収束照射する請求項 4 記載の対物レンズと、

前記光記録媒体側の開口数が略等しい 2 つの波長光に対しては各々前記対物レンズに対して無限系の入射光束を形成し残りの波長光に対しては前記対物レンズに対して有限系入射光束を形成する光学系と、

条件(1)(2)(3)のうちの 2 以上を満足する光源の点灯時には、前記対物レンズの光軸を入射光束に対して傾けるよう前記対物レンズの光軸を入射光束に対して傾けるよう前記光記録媒体の半径方向、回転方向の少なくとも一方向に当該対物レンズを傾動させるレンズ駆動装置と、

を備えることを特徴とする光ピックアップ。

30

【請求項 23】

前記光記録媒体側の開口数が略等しい 2 つの波長光の前記対物レンズへの入射光束径を略等しくする共通の開口素子を前記光源と前記対物レンズとの間の光路上に備えることを特徴とする請求項 22 記載の光ピックアップ。

【請求項 24】

前記対物レンズは、最も短波長 1 の光で無限系入射時に正弦条件を満たすように最適設計されている、ことを特徴とする請求項 18 ないし 23 の何れか一記載の光ピックアップ。

【請求項 25】

波長 1 は略 405 nm、波長 2 は略 660 nm であり、第 1, 第 2 の基板厚は略 0.6 mm であり、2 つの波長 1, 2 における前記対物レンズの光記録媒体側の開口数が 0.6 ~ 0.7 であることを特徴とする請求項 19 又は 24 記載の光ピックアップ。

40

【請求項 26】

波長 1 は略 405 nm、波長 2 は略 660 nm、波長 3 は 785 nm であり、第 1, 第 2 の基板厚は略 0.6 mm、第 3 の基板厚は 1.2 mm であり、2 つの波長 1,

2 における前記対物レンズの光記録媒体側の開口数が 0.6 ~ 0.7 であり、残りの波長 3 における前記対物レンズの光記録媒体側の開口数が 0.45 ~ 0.55 であることを特徴とする請求項 21 ないし 24 記載の光ピックアップ。

【請求項 27】

複数の光源からの光を、各々基板を通して光記録媒体上に収束照射する対物レンズを備

50

える光ピックアップにおいて、

$C_L \times (x = 1, 2, \dots, n)$; 所定の光記録媒体の基板に集光照射させている場合に前記対物レンズが傾いたときに単位角度当たりに発生する 3 次のコマ収差成分の各最小二乗誤差値 (単位 ; rms) としたとき、

前記 C L x が最も大きくなる点灯光源において前記対物レンズが傾き調整される、ことを特徴とする光ピックアップ。

【請求項28】

複数の光源からの光を、各々基板を通して光記録媒体上に収束照射する対物レンズを備える光ピックアップにおいて、

CD × (x = 1, 2, …, n の何れか) ; 前記光記録媒体基板が傾いたときに単位角度当たりに発生する 3 次のコマ収差成分の各最小二乗誤差値 (単位 ; rms) 、

$C_L \times (x = 1, 2, \dots, n$ の何れか一) ; 前記光記録媒体に集光照射させている場合に当該対物レンズが傾いたときに単位角度当たりに発生する 3 次のコマ収差成分の各最小二乗誤差値 (単位 : rms) .

としたとき、条件：

| C L x / C D x | 1 (6)

を満足する光源点灯時には、前記対物レンズを所定位置にホールドし、満足しない光源点灯時には前記対物レンズの光軸を入射光束に対して傾けて使用するようにしたことを特徴とする光ピックアップ。

【請求項 29】

複数の光源からの光を、各々基板を通して光記録媒体上に収束照射する対物レンズを備える光ピックアップにおいて、

$C D \times (x = 1, 2, \dots, n$ の何れか一) ; 前記光記録媒体基板が傾いたときに単位角度当たりに発生する 3 次のコマ収差成分の各最小二乗誤差値 (単位 : rms) 、

$C_L \times (x = 1, 2, \dots, n$ の何れか一) ; 前記光記録媒体に集光照射させている場合に当該対物レンズが傾いたときに単位角度当たりに発生する 3 次のコマ収差成分の各最小二乗誤差値 (単位 : rms)

としたとき 条件 :

$$|C| \times |CD| = 1 \quad (7)$$

を満足する光源点灯時には、前記光源と前記対物レンズとの間に位相補正手段を備えることとを特徴とする光ピックアップ

【請求項 30】

前記波長 1, 2 の光に対して使用される前記光記録媒体の基板厚は略同一であることを特徴とする請求項 1, 2 ないし、2, 9 の何れか一記載の光ピックアップ

【請求項 31】

前記波長 1, 2 の光に対して使用される前記光記録媒体の基板厚は略同一、前記波長 3 の光に対して使用される前記光記録媒体の基板厚は前記 1, 2 で使用される前記光記録媒体の基板厚の略 2 倍であることを特徴とする 12 ないし 17, 21 ないし 29 の何れか一記載の光ピックアップ。

【請求項 32】

請求項 1ないし 1 1の何れか一記載の対物レンズを備える光ピックアップ又は請求項 1 2ないし 3 1の何れか一記載の光ピックアップを用いて、前記光記録媒体に対して情報の記録、再生又は消去を行うことを特徴とする光情報処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

[0 0 0 1]

本発明は、対物レンズ、光ピックアップ及び光情報処理装置に関する。

【背景技术】

【 0 0 0 2 】

映像情報、音声情報又はコンピュータ上のデータを保存する手段として、記録容量 0.

6.5 GB の CD、記録容量 4.7 GB の DVD などの光記録媒体が普及しつつある。そして、近年、さらなる記録密度の向上及び大容量化の要求が強くなっている。

【0003】

このような光記録媒体の記録密度を上げる手段としては、光記録媒体に情報の書き込み又は呼び出しを行う光ピックアップにおいて、対物レンズの開口数 (NA) を大きくすること、或いは、光源の波長を短くすることにより、対物レンズによって集光されて光記録媒体上に形成されるビームスポットの小径化が有効である。

【0004】

そこで、例えば、「CD系光記録媒体」では、対物レンズの開口数が 0.45 ~ 0.50、光源の波長が略 785 nm とされているのに対して、「CD系光記録媒体」よりも高記録密度化がなされた「DVD系光記録媒体」では、対物レンズの開口数が 0.60 ~ 0.65、光源の波長が略 660 nm とされている。そして、光記録媒体は、上述したように、さらなる記録密度の向上及び大容量化が望まれており、そのためには、対物レンズの開口数を 0.65 よりもさらに大きく、或いは、光源の波長を 660 nm よりもさらに短くすることが望まれている。

【0005】

ところで、このような高 NA 化或いは短波長化による新規格が近年提案される一方、コンシューマーの手元には、従来の光記録媒体である CD, DVD が存在する。これらの光記録媒体と新規格の光記録媒体をともに同一の光情報処理装置で取り扱えることが望ましい。最も簡単な方法としては、従来の光ピックアップと、新規格用光ピックアップの光ピックアップを搭載する方法がある。しかし、この方法では、小型化、低コスト化を達成することは難しい。

【0006】

【特許文献 1】特開 2002-107617 公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

そこで、小型化、低コスト化を達成する上では、青色波長帯域の光源を用いた青色系(大容量)光記録媒体と、既存の DVD 或いは CD との互換が可能な光ピックアップとして、図 26 に示すように、青色用光源 100、DVD 用光源 101、CD 用光源 102 の各々波長の異なる各光源と、これらの各光源 100, 101, 102 からの出射光を所定の光記録媒体 103 に収束照射させるための単一の対物レンズ 104 を備えた構成が望ましいといえる。

【0008】

ところで、このように 1 つの対物レンズ 104 で、青色系、DVD 或いは CD の異なる規格の光記録媒体 103 に集光させるためには、以下のように光記録媒体 103 の使用波長 / 基板厚みの違いに伴う課題が存在する。即ち、特許文献 1 には光源波長 405 nm で設計した図 27 に示すような対物レンズ 110 を波長 400 ~ 800 nm の範囲で使用した場合に発生する収差量が示されている(図 28)。111 は光記録媒体である。後述する通り、波面収差は一般に 0.07 rms 以下程度である必要があるが、図 28 によれば、DVD 系、CD 系で使用される波長 660 nm、785 nm 付近では 0.20 rms 以上となってしまっている。

【0009】

ちなみに、図 29 には、図 27 の対物レンズ 110 について、波長 660 nm での物体距離と波面収差の関係を示されている。波面収差が最小となる物体距離 142 mm の位置を選択すればよい。

【0010】

また、他の問題として、対物レンズの開口数をより大きく、或いは光源の波長をより短くすると、光記録媒体のチルト(傾き)によって発生するコマ収差が大きくなる問題がある。コマ収差が発生すると、光記録媒体の情報記録面上に形成されるスポットが劣化する

10

20

30

40

50

ため、正常な記録再生動作が行えなくなる。光記録媒体のチルトによって発生するコマ収差は、一般的に以下の式で与えられる。

【0011】

$$W_{31} = ((n^2 - 1) / (2n^3)) \times (d \times N_A^3 \times /)$$

ここで、 n は光記録媒体の透明基板の屈折率、 d は透明基板の厚み、 N_A は対物レンズの開口数、 λ は光源の波長、 θ は光記録媒体のチルト量を意味する。この式から、短波長、高 N_A ほど収差が大きくなることが判る。

【0012】

従来は、このような光記録媒体の傾きによって生じる光ビームの収差を補正するために、光ピックアップ又は光ピックアップを移動させるキャリッジ部が傾けられて光ピックアップの光軸が光記録媒体に略直角に維持され、実質的に光記録媒体のチルトが光学的に補正されている。光ピックアップ又は光ピックアップを移動させるキャリッジ部が傾けられて光記録媒体の傾きが光学的補正される場合には、その傾ける対象が大きく、かつ、重いために傾き補正動作の応答性が悪く、高速で光ピックアップ或いはキャリッジを傾けることが難しい問題がある。また、光ピックアップ或いはキャリッジを傾ける機構が必要とされるため、光ピックアップ或いはキャリッジが重くなり、高速アクセスが難しくなる問題もある。

【0013】

そこで、これらの弊害を除去するために対物レンズだけを傾けるチルト補正方法が提案されている。具体的には、図 16 及びその説明として後述するようなチルト補正方法である。

【0014】

以上のように、大容量化のために短波長化或いは高 N_A 化を図るとコマ収差が発生する問題を解決するためにレンズチルトアクチュエータを具備し、大容量光記録媒体と従来の光記録媒体を互換するために従来媒体の光学系については有限系で使用する構成が想定される。なお、チルト補正機構は、CD 世代では使用しないでコマ収差を許容できていたが、DVD 世代は一般に搭載されている。

【0015】

また、一般に、光記録媒体用の対物レンズの設計では、正弦条件を補正して軸外ではコマ収差を発生させない。このように設計された対物レンズは、光記録媒体が入射光線に対して傾いたときと、対物レンズ自体が入射光線に対して傾いたときに、ほぼ同等のコマ収差が発生する。図 30 (a) (b) は、図 27 に示した対物レンズ 110 が傾いたときに発生するコマ収差、光記録媒体 111 が傾いたときに発生するコマ収差の様子を示す。図 30 (a) (b) のような場合、光記録媒体 111 と対物レンズ 110 を平行とすることによりコマ収差をキャンセルすることが可能である。その様子を図 30 (c) に示す。

【0016】

しかし、このような対物レンズ 110 を DVD 系で、上述の如く有限系にして使用した場合、コマ収差をキャンセルできない。青色で正弦条件を補正するように設計した対物レンズを有限系で使用した場合の対物レンズが傾いたときのコマ収差と、光記録媒体が傾いたときに発生するコマ収差の様子を図 31 (a) (b) に示す。図 31 (b) から対物レンズ 110 が傾いてもコマ収差が発生しなくなることが判る。このような場合、図 31 (b) の光記録媒体 111 の傾きによって発生するコマ収差に対して、対物レンズ 110 をいくら振っても補正できなくなる問題がある。その様子を図 31 (b) に示す。

【0017】

本発明の目的は、使用波長或いは基板厚みの異なる複数の光記録媒体に対して、レンズチルト駆動させながらコマ収差補正を行う場合に、何れの光記録媒体に対しても良好なスポット特性が得られるようにすることである。

【0018】

本発明の目的は、使用波長或いは基板厚みの異なる複数の光記録媒体に対して、レンズチルト駆動させながらディスクチルトによるコマ収差補正を行う場合に、一般的な正弦条

10

20

30

40

50

件を満たす対物レンズを用いながら何れの光記録媒体に対しても良好なスポット特性が得られるようになることである。

【課題を解決するための手段】

【0019】

請求項1記載の発明は、波長 $1, 2$ ($1 < 2$)の光源からの光を、各々第1, 第2の基板を通して光記録媒体上に収束照射する対物レンズであって、 CD_x ($x = 1, 2$)；前記第1, 第2の基板が傾いたときに単位角度当たりに発生する3次のコマ収差成分の各最小二乗誤差値(単位；rms)、 CL_x ($x = 1, 2$)；前記光記録媒体に集光照射させている場合に当該対物レンズが傾いたときに単位角度当たりに発生する3次のコマ収差成分の各最小二乗誤差値(単位；rms)、としたとき、条件；

$$\begin{aligned} |CL_1/CD_1| &= 1 & \dots \dots \dots (1) \\ |CL_2/CD_2| &= 1 & \dots \dots \dots (2) \end{aligned}$$

を満足する。

【0020】

また、請求項4記載の発明は、波長 $1, 2, 3$ ($1 < 2 < 3$)の光源からの光を、各々第1, 第2, 第3の基板を通して光記録媒体上に収束照射する対物レンズであって、 CD_x ($x = 1, 2, 3$)；前記第1, 第2, 第3の基板が傾いたときに単位角度当たりに発生する3次のコマ収差成分の各最小二乗誤差値(単位；rms)、 CL_x ($x = 1, 2, 3$)；前記光記録媒体に集光照射させている場合に当該対物レンズが傾いたときに単位角度当たりに発生する3次のコマ収差成分の各最小二乗誤差値(単位；rms)、としたとき、条件；

$$\begin{aligned} |CL_1/CD_1| &= 1 & \dots \dots \dots (3) \\ |CL_2/CD_2| &= 1 & \dots \dots \dots (4) \\ |CL_3/CD_3| &= 1 & \dots \dots \dots (5) \end{aligned}$$

を満足する。

【0021】

本発明では、青色/DVD/CDの3世代、或いは青色/DVDの2世代、或いは青色/CDの2世代において記録・再生行う光情報処理装置を主たる適用範囲としているが、光記録媒体がチルトしても良好なスポット特性が得られるためには各波長において波面収差；0.07 rms以下(マーシャルのクライテリオンと呼ばれる)を実現する必要がある。実際に起こり得る光記録媒体のチルト量は光記録媒体の種類によっても異なるが、青色系光記録媒体で0.5deg程度、DVD系光記録媒体で0.6deg程度、CD系光記録媒体で0.9deg程度見込んでおく必要がある。

【0022】

ここに、図1は、レンズ材料；屈折率 $n_d = 1.50$ とアッベ数 $d = 60$ において、「基板厚；0.6mm、開口数NA；0.65、使用波長405nmの青色光学系」、「基板厚；0.6mm、開口数NA；0.65、使用波長660nmのDVD光学系」、「基板厚；1.2mm、開口数NA；0.50、使用波長785nmのCD光学系」で使用される対物レンズであって、

$$q = (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1)$$

ここで、 r_2 は対物レンズの第2面曲率半径

r_1 は対物レンズの第1面曲率半径

が異なる対物レンズのレンズチルト1degで発生するコマ収差を青色(BLUE)、DVD、CD各々についてプロットしたものである。

【0023】

図1中の「レンズ1」が正弦条件を補正された図27に示した所謂従来レンズである。この「レンズ1」ではレンズチルトが1degあってもコマ収差が発生していない(殆ど0)ことが判る。この場合、光記録媒体のコマ収差を打ち消せないことは上述の通りである。一方、「レンズ2」では、青色でのコマ収差が発生していない(殆ど0)であり、DVD系光記録媒体チルトによるコマ収差は取れるものの青色系光記録媒体チルトによるコ

10

20

30

40

50

マ収差が取れなくなってしまう。これに対し、「レンズ3」や「レンズ4」では3波長の何れにおいてもコマ収差が発生しており、光記録媒体のチルトによって発生するコマ収差をレンズチルトによるコマ収差で打ち消すことが可能となる。なお、「レンズ3」は第1の実施の形態(実施例1)で、「レンズ4」は第2の実施の形態(実施例2)で具体的な構成について説明する。

【0024】

青色系光記録媒体、DVD系光記録媒体、CD系光記録媒体が1deg傾いたときに発生するコマ収差は各々0.22rms、0.14rms、0.09rms程度であるが、

$$|CL_x / CD_x| = 1$$

10

ただし、

$CD_x (x = 1, 2, 3)$; 光記録媒体の基板が傾いたときに単位角度当たりに発生する3次のコマ収差成分の各最小二乗誤差値(単位: rms)

$CL_x (x = 1, 2, 3)$; 光記録媒体に集光照射させている場合に対物レンズが傾いたときに単位角度当たりに発生する3次のコマ収差成分の各最小二乗誤差値(単位: rms)

を満足する対物レンズであれば、光記録媒体のチルトによるコマ収差をレンズチルトによって補正することが可能である。これらの請求項1、4記載の発明の対物レンズ(レンズ3、4)は何れも上記の条件式を満足しており、チルト補正が可能である。

【0025】

請求項2記載の発明は、請求項1記載の対物レンズにおいて、前記条件(1)(2)は、前記波長1の光源からの光に対しては無限系の入射光束に対して規定され、前記波長2の光源からの光に対しては有限系の入射光束に対して規定されている。

【0026】

従って、波長1、2に対して互換性を持つことができる。

【0027】

請求項3記載の発明は、請求項1又は2記載の対物レンズにおいて、前記条件(1)(2)は、前記波長1として青色波長帯域、前記波長2として赤色波長帯域の入射光束に対して規定されている。

【0028】

同様に、請求項5記載の発明は、請求項4記載の対物レンズにおいて、前記条件(3)(4)(5)は、前記波長1、2の光源からの光に対しては無限系の入射光束に対して規定され、前記波長3の光源からの光に対しては有限系の入射光束に対して規定されている。

【0029】

同じく、請求項6記載の発明は、請求項4記載の対物レンズにおいて、前記条件(3)(4)(5)は、前記波長1の光源からの光に対しては無限系の入射光束に対して規定され、前記波長2、3の光源からの光に対しては有限系の入射光束に対して規定されている。

【0030】

従って、これらの請求項5又は6記載の発明は、波長1、2、3に対して互換性を持つことができる。

【0031】

同様に、請求項7記載の発明は、請求項4ないし6の何れか一記載の対物レンズにおいて、前記条件(3)(4)(5)は、前記波長1として青色波長帯域、前記波長2として赤色波長帯域、前記波長3として赤外波長帯域の入射光束に対して規定されている。

【0032】

即ち、これらの発明の対物レンズは、長波長の光に対しては有限系の入射光束で使用される。青色波長帯域で無限系の対物レンズとして、DVD、CDの使用波長・基板厚条件

20

30

40

50

で使用した場合、基板厚の違い(0.6mm、0.6mm、1.2mm)、波長の違い(405nm、660nm、785nm)に伴う球面収差が発生する。この球面収差を抑制するためには、DVD或いはCDへの記録、再生又は消去を行うときには、対物レンズへの入射光束を発散光とすることにより補正可能である。即ち、DVD或いはCDへの記録、再生又は消去を行うときは有限系の対物レンズとして使用する。

【0033】

請求項8記載の発明は、請求項1ないし7の何れか一記載の対物レンズにおいて、少なくとも1面が非球面の単レンズとして、ガラス成形又は樹脂成形により作製されている。

【0034】

請求項9記載の発明は、請求項8記載の対物レンズにおいて、 r_1 ；対物レンズの光源側の曲率半径、 r_2 ；対物レンズの光記録媒体側の曲率半径としたとき、条件($r_2 + r_1$) / ($r_2 - r_1$) = 0.7を満足する。

【0035】

請求項10記載の発明は、請求項1ないし7の何れか一記載の対物レンズにおいて、1群2枚の貼り合せ型対物レンズである。

【0036】

請求項11記載の発明は、請求項8ないし10の何れか一記載の対物レンズにおいて、少なくとも1面に、回折面又は位相段差面を有する。

【0037】

請求項12記載の発明の光ピックアップは、波長1, 2の光を発する複数の光源と、これらの光源からの光を光記録媒体上に収束照射する請求項1ないし3、8ないし11の何れか一記載の対物レンズと、を備え、条件(1)(2)の両方を満足する光源の点灯時には、前記対物レンズの光軸を入射光束に対して傾けるようにした。

【0038】

同様に、請求項13記載の発明の光ピックアップは、波長1, 2, 3の光を発する複数の光源と、これらの光源からの光を光記録媒体上に収束照射する請求項4ないし11の何れか一記載の対物レンズと、を備え、条件(1)(2)(3)のうちの2以上を満足する光源の点灯時には、前記対物レンズの光軸を入射光束に対して傾けるようにした。

【0039】

請求項14記載の発明は、請求項12又は13記載の光ピックアップにおいて、前記対物レンズは、前記光記録媒体の半径方向、回転方向の少なくとも一方向に当該対物レンズを傾動させるレンズ駆動装置に搭載されている。

【0040】

請求項15記載の発明は、請求項13又は14記載の光ピックアップにおいて、前記光記録媒体と前記対物レンズとの相対角度、前記光記録媒体と光ピックアップ所定基準面との相対角度、前記対物レンズと前記光ピックアップ所定基準面との相対角度のうち、少なくとも2以上を検出する角度検出手段を備える。

【0041】

請求項16記載の発明は、請求項15記載の光ピックアップにおいて、点灯光源に応じて、前記角度検出手段により検出された相対角度信号に各々所定のゲイン或いはオフセットを与える補正手段を備える。

【0042】

請求項17記載の発明は、請求項13又は14記載の光ピックアップにおいて、前記対物レンズと前記光記録媒体との相対角度に応じて発生するコマ収差量を検知するコマ収差量検知手段を備える。

【0043】

請求項18記載の発明の光ピックアップは、波長1, 2の光を発する複数の光源と、これらの光源からの光を光記録媒体上に収束照射する請求項1記載の対物レンズと、前記2つの波長1, 2の何れの光に対しても各々前記対物レンズに対して無限系の入射光束を形成する光学系と、前記対物レンズを搭載し、条件(1)(2)の両方を満足する

10

20

30

40

50

前記光源の点灯時には、前記対物レンズの光軸を入射光束に対して傾けるよう前記光記録媒体の半径方向、回転方向の少なくとも一方に当該対物レンズを傾動させるレンズ駆動装置と、を備える。

【0044】

請求項19記載の発明は、請求項18記載の光ピックアップにおいて、前記対物レンズは、前記2つの波長1，2における光記録媒体側の開口数が略等しい。

【0045】

請求項20記載の発明は、請求項19記載の光ピックアップにおいて、前記2つの波長1，2の光の前記対物レンズへの入射光束径を略等しくする共通の開口素子を前記光源と前記対物レンズとの間の光路上に備える。

10

【0046】

請求項21記載の発明の光ピックアップは、波長1，2，3の光を発する複数の光源と、これらの光源からの光を光記録媒体上に収束照射する請求項4記載の対物レンズと、基板厚が略等しい2つの前記光記録媒体用の波長光に対しては各々前記対物レンズに対して無限系の入射光束を形成し残りの波長光に対しては前記対物レンズに対して有限系入射光束を形成する光学系と、条件(1)(2)(3)のうちの2以上を満足する光源の点灯時には、前記対物レンズの光軸を入射光束に対して傾けるよう前記対物レンズの光軸を入射光束に対して傾けるよう前記光記録媒体の半径方向、回転方向の少なくとも一方に当該対物レンズを傾動させるレンズ駆動装置と、を備える。

【0047】

請求項22記載の発明の光ピックアップは、波長1，2，3の光を発する複数の光源と、これらの光源からの光を光記録媒体上に収束照射する請求項4記載の対物レンズと、前記光記録媒体側の開口数が略等しい2つの波長光に対しては各々前記対物レンズに対して無限系の入射光束を形成し残りの波長光に対しては前記対物レンズに対して有限系入射光束を形成する光学系と、条件(1)(2)(3)のうちの2以上を満足する光源の点灯時には、前記対物レンズの光軸を入射光束に対して傾けるよう前記対物レンズの光軸を入射光束に対して傾けるよう前記光記録媒体の半径方向、回転方向の少なくとも一方に当該対物レンズを傾動させるレンズ駆動装置と、を備える。

20

【0048】

請求項23記載の発明は、請求項22記載の光ピックアップにおいて、前記光記録媒体側の開口数が略等しい2つの波長光の前記対物レンズへの入射光束径を略等しくする共通の開口素子を前記光源と前記対物レンズとの間の光路上に備える。

30

【0049】

請求項24記載の発明は、請求項18ないし23の何れか一記載の光ピックアップにおいて、前記対物レンズは、最も短波長1の光で無限系入射時に正弦条件を満たすように最適設計されている。

【0050】

請求項25記載の発明は、請求項19又は24記載の光ピックアップにおいて、波長1は略405nm、波長2は略660nmであり、第1，第2の基板厚は略0.6mmであり、2つの波長1，2における前記対物レンズの光記録媒体側の開口数が0.6~0.7である。

40

【0051】

請求項26記載の発明は、請求項21ないし24記載の光ピックアップにおいて、波長1は略405nm、波長2は略660nm、波長3は785nmであり、第1，第2の基板厚は略0.6mm、第3の基板厚は1.2mmであり、2つの波長1，2における前記対物レンズの光記録媒体側の開口数が0.6~0.7であり、残りの波長3における前記対物レンズの光記録媒体側の開口数が0.45~0.55である。

【0052】

請求項27記載の発明は、複数の光源からの光を、各々基板を通して光記録媒体上に収束照射する対物レンズを備える光ピックアップにおいて、 $C_L \times (x = 1, 2, \dots, n)$

50

; 所定の光記録媒体の基板に集光照射させている場合に前記対物レンズが傾いたときに単位角度当たりに発生する3次のコマ収差成分の各最小二乗誤差値(単位;r_{ms})としたとき、前記CLxが最も大きくなる点灯光源において前記対物レンズが傾き調整される。

【 0 0 5 3 】

請求項 2 8 記載の発明は、複数の光源からの光を、各々基板を通して光記録媒体上に収束照射する対物レンズを備える光ピックアップにおいて、 $C D x$ ($x = 1, 2, \dots, n$ の何れか一) ; 前記光記録媒体基板が傾いたときに単位角度当たりに発生する 3 次のコマ収差成分の各最小二乗誤差値 (単位 ; r_{ms}) 、 $C L x$ ($x = 1, 2, \dots, n$ の何れか一) ; 前記光記録媒体に集光照射させている場合に当該対物レンズが傾いたときに単位角度当たりに発生する 3 次のコマ収差成分の各最小二乗誤差値 (単位 ; r_{ms}) 、としたとき、条件 ;

| C L x / C D x | 1 (6)

を満足する光源点灯時には、前記対物レンズを所定位置にホールドし、満足しない光源点灯時には前記対物レンズの光軸を入射光束に対して傾けて使用するようにした。

【 0 0 5 4 】

同様に、請求項 2 9 記載の発明は、複数の光源からの光を、各々基板を通して光記録媒体上に収束照射する対物レンズを備える光ピックアップにおいて、 $C_D x$ ($x = 1, 2, \dots, n$ の何れか一) ; 前記光記録媒体基板が傾いたときに単位角度当りに発生する 3 次のコマ収差成分の各最小二乗誤差値 (単位; rms) 、 $C_L x$ ($x = 1, 2, \dots, n$ の何れか一) ; 前記光記録媒体に集光照射させている場合に当該対物レンズが傾いたときに単位角度当りに発生する 3 次のコマ収差成分の各最小二乗誤差値 (単位; rms) 、としたとき
条件 :

| C L x / C D x | = 1 (7)

を満足する光源点灯時には、前記光源と前記対物レンズとの間に位相補正手段を備える。

【 0 0 5 5 】

従つて、請求項28又は29記載の発明のように、

| C L X / C D X | 1

を満足するような場合は、レンズチルトさせても光記録媒体のチルトによるコマ収差を補正できないため、当該条件を満足する光源点灯時には対物レンズのレンズチルトをホールドさせておき、或いは、他のコマ収差補正手段として液晶などを併用してもよい。

[0 0 5 6]

請求項 30 記載の発明は、請求項 12 ないし 29 の何れか一記載の光ピックアップにおいて、前記波長 1, 2 の光に対して使用される前記光記録媒体の基板厚は略同一である。

【 0 0 5 7 】

請求項 3 1 記載の発明は、請求項 1 2 ないし 1 7、2 1 ないし 2 9 の何れか一記載の光ピックアップにおいて、前記波長 1、2 の光に対して使用される前記光記録媒体の基板厚は略同一、前記波長 3 の光に対して使用される前記光記録媒体の基板厚は前記 1、2 で使用される前記光記録媒体の基板厚の略 2 倍である。

【 0 0 5 8 】

請求項 3 2 記載の発明の光情報処理装置は、請求項 1 ないし 1 1 の何れか一記載の対物レンズを備える光ピックアップ又は請求項 1 2 ないし 3 1 の何れか一記載の光ピックアップを用いて、前記光記録媒体に対して情報の記録、再生又は消去を行う。

【発明の効果】

【 0 0 5 9 】

本発明によれば、使用波長或いは基板厚みの異なる複数の光記録媒体に対して、レンズチルト駆動させながらコマ収差補正を行う場合に、何れの光記録媒体に対しても良好なスポット特性を得ることができる。

【 0 0 6 0 】

また、本発明によれば、使用波長或いは基板厚みの異なる複数の光記録媒体に対して、

レンズチルト駆動させながらディスクチルトによるコマ収差補正を行う場合に、一般的な正弦条件を満たす対物レンズを用いながら何れの光記録媒体に対しても良好なスポット特性を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0061】

以下、本発明の対物レンズ、当該対物レンズを用いた光ピックアップ、並びに当該光ピックアップを備える光情報処理装置の実施の形態を示す。なお、以下の説明は青色系／DVD／CDの3世代互換の場合について説明するが、青色系／DVD或いは青色系／CDのような3世代のうちの2世代を選択してもよい。

【0062】

10

[対物レンズの実施の形態]

<対物レンズの第1の実施の形態>

本実施の形態を図2ないし図6に基づいて説明する。本実施の形態は、使用波長1；405nm、基板厚；0.6mm、開口数NA；0.65の青色系光記録媒体と、使用波長2；660nm、基板厚；0.6mm、開口数NA；0.65のDVD系光記録媒体と、使用波長3；785nm、基板厚；1.2mm、開口数NA；0.50のCD系光記録媒体の3種類の光記録媒体について記録、再生又は消去を行う光ピックアップに用いられる対物レンズに関する。

【0063】

まず、図2(a)、表1(a)を用いて、使用波長1；405nmの青色系光記録媒体1aに対して使用した場合の対物レンズ2Aの光学的性能を示す。本実施の形態の対物レンズ2Aは、開口数NA；0.65、焦点距離f；3.05mm、d線の屈折率nd；1.50、アッペ数d；60の硝種(500000.600000)を用いている。

【0064】

また、本実施の形態の対物レンズ2Aは、そのレンズ面の非球面形状は、光軸方向の座標；X、光軸直交方向の座標；Y、近軸曲率半径；R、円錐定数；K、高次の係数；A，B，C，D，E，F，…を用いて、以下の周知の非球面式；

$$X = \left(Y^2 / R \right) / [1 + \{ 1 - (1 + K) Y / R^2 \} + A Y^4 + B Y^6 + C Y^8 + D Y^{10} + E Y^{12} + F Y^{14} + G Y^{16} + H Y^{18} + J Y^{20} + \dots]$$

で表し、R，K，A，B，C，D，…を与えて形状を特定する。

【0065】

表1(a)に、具体的データを示す。表中の記号は、以下の通りである。「OBJ」は物点(光源としての半導体レーザ)を意味するが、対物レンズ2Aは「無限系」であり、曲率半径；RDY及び厚さ；THIの「INFINITY(無限大)」は光源が無限遠にあることを意味する。また、「STO」は入射瞳面であり、その曲率半径は「INFINIT」で、厚さは設計上「0」としている。ここで、特に断らない限り、長さの次元をもつ量の単位は「mm」である。

【0066】

「S2」は対物レンズ2Aの「光源側面」、「S3」は「光記録媒体側面」を意味する。対物レンズ2Aの肉厚は1.85mmであり、S3の欄の「曲率半径の右側」に記載された厚さ；1.694869mmは「ワーキングディスタンス」を示す。「S4」は光記録媒体1の光照射側基板の光源側面、「IMG」は同記録面に合致した面であり、これらの面S4，IMGの間隔、即ち、光照射側基板厚は0.6mm、n；1.62である。

【0067】

「EPD；入射瞳径」は入射光束径(3.965mm)を表し、「WL；波長」は使用波長(405nm)を表す。なお、非球面係数の表示において、例えば「D；-222984-04」とあるのは、「D = -222984 × 10⁻⁴」を意味する。

【0068】

また、本実施の形態の対物レンズ2Aは、CD×(x=1, 2, 3)；第1，第2，第3の基板が傾いたときに単位角度当たりに発生する3次のコマ収差成分の各最小二乗誤差値

20

30

40

50

(単位 ; rms)、 $C_L \times (x = 1, 2, 3)$; 光記録媒体に集光照射させている場合に当該対物レンズが傾いたときに単位角度当たりに発生する 3 次のコマ収差成分の各最小二乗誤差値 (単位 ; rms) 、としたとき、条件 ;

$$\begin{array}{l|l} | C_L 1 / C_D 1 | & 1 \\ | C_L 2 / C_D 2 | & 1 \\ | C_L 3 / C_D 3 | & 1 \end{array}$$

を満足している。

【0069】

次に、使用波長 660 nm の DVD 系光記録媒体 1b に適用する場合について、図 2 (b) 及び表 1 (b) を用いて説明する。対物レンズ 2A の形状は、図 2 (a)、表 1 (a) の場合と同じであるが、屈折率、ワーキングディスタンスは異なる。また、DVD 系光記録媒体 1b に対しては有限系入射で使用するものであり、物点「OBJ」(光源としての半導体レーザ) から第 1 面「STO」の単一の開口部までの距離 410 mm にしている。これは、波面収差が最小となるように選択された値である。10

【0070】

また、使用波長 785 nm の CD 系光記録媒体 1c に適用する場合について、図 2 (c) 及び表 1 (c) を用いて説明する。対物レンズ 2A の形状は、図 2 (a)、表 1 (a) の場合と同じであるが、屈折率、ワーキングディスタンス、光照射側基板の厚みは異なる。また、CD 系光記録媒体 1c に対しては有限系入射で使用するものであり、物点「OBJ」(光源としての半導体レーザ) から第 1 面「STO」の単一の開口部までの距離 75.0 mm にしている。DVD 系の場合と同様に波面収差が最小となるように選択された値である。20

【0071】

【表1】

(a) 波長405nmでのレンズデータ

面	RDY(曲率半径)	THI(厚さ)	硝材(屈折率)
OBJ	INFINITY	INFINITY	
STO	INFINITY	0.0	
S2	1.81 K : -0.657289 A :0.354834E-02 B :0.415933E-03 C :0.593078E-04 D :0.130958E-04	1.85 -11	500000.600000(1.514) 1.694869
S3	K : -2.376950 A :0.134002E-01 B :-.226791E-02 C :0.286787E-03 D :-.222984E-04		
S4	INFINITY	0.6	PC(1.621)
IMG	INFINITY	0.0	
EPD:入射瞳径(mm)		3.97	
WL:波長(nm)		405	

10

(b) 波長660nmでのレンズデータ

面	RDY(曲率半径)	THI(厚さ)	硝材(屈折率)
OBJ	INFINITY	410.0	
STO	INFINITY	0.0	
S2	1.81 K : -0.657289 A :0.354834E-02 B :0.415933E-03 C :0.593078E-04 D :0.130958E-04	1.85 -11	500000.600000(1.497) 1.80273
S3	K : -2.376950 A :0.134002E-01 B :-.226791E-02 C :0.286787E-03 D :-.222984E-04		
S4	INFINITY	0.6	PC(1.579)
IMG	INFINITY	0.0	
EPD:入射瞳径(mm)		4.06	
WL:波長(nm)		660	

20

(c) 波長785nmでのレンズデータ

面	RDY(曲率半径)	THI(厚さ)	硝材(屈折率)
OBJ	INFINITY	75.0	
STO	INFINITY	0.0	
S2	1.81 K : -0.657289 A :0.354834E-02 B :0.415933E-03 C :0.593078E-04 D :0.130958E-04	1.85 -11	500000.600000(1.494) 1.562067
S3	K : -2.376950 A :0.134002E-01 B :-.226791E-02 C :0.286787E-03 D :-.222984E-04		
S4	INFINITY	1.2	PC(1.573)
IMG	INFINITY	0.0	
EPD:入射瞳径(mm)		3.28	
WL:波長(nm)		785	

40

【0072】

図3(a)(b)、図4(a)(b)、図5(a)(b)は、本実施の形態(実施例1)の対物レンズを用いて、青色系光記録媒体、DVD系光記録媒体、CD系光記録媒体について所定の波長を用いて使用したときに発生する光記録媒体チルトによる収差特性、レンズチルトによる収差特性を示す。また、図3(c)、図4(c)、図5(c)は光記録媒体のチルトに伴うコマ収差をレンズチルトで補正したときの収差特性図を示している。

50

何れの波長においても良好に補正できていることが判る。

【0073】

図3(d)、図4(d)、図5(d)は、光記録媒体チルトを補正するために対物レンズに必要なレンズ駆動量を示している。例えば、青色光記録媒体が1deg傾いたときは、対物レンズを反対方向に0.8deg傾ければよい。DVD系光記録媒体が1deg傾いたときは、対物レンズを反対方向に0.6deg傾ければよい。またCD系光記録媒体が1deg傾いたときは、対物レンズを反対方向に0.6deg傾ければよい。

【0074】

<対物レンズの第2の実施の形態>

本実施の形態を図6ないし図9に基づいて説明する。本実施の形態は、使用波長 1 ; 10
405nm、基板厚；0.6mm、開口数NA；0.70の青色系光記録媒体1aと、使用波長 2 ; 660nm、基板厚；0.6mm、開口数NA；0.65のDVD系光記録媒体1bと、使用波長 3 ; 785nm、基板厚；1.2mm、開口数NA；0.50のCD系光記録媒体1cの3種類の光記録媒体について記録、再生又は消去を行う光ピックアップに用いられる対物レンズ2Bに関する。

【0075】

本実施の形態の対物レンズ2Bは、焦点距離f；3.05mm、d線の屈折率nd；1.55、アッペ数d；60の硝種(550000.600000)を用いている。また、本実施の形態の対物レンズ2Bは、第1の実施の形態の場合と同じく、青色系光記録媒体1aに対しては無限系で使用し、DVD系光記録媒体1b、CD系光記録媒体1cについては有限系で使用されるレンズである。 20

【0076】

青色系光記録媒体1aでの使用構成を図6(a)、表2(a)に、DVD系光記録媒体1bでの使用構成を図6(b)、表2(b)に、CD系光記録媒体1cでの使用構成を図6(c)、表2(c)に示す。対物レンズ2Bの非球面形状、表2の記載項目は第1の実施の形態の場合と同様である。

【0077】

また、本実施の形態の対物レンズ2Bも、CDx(x=1, 2, 3); 第1, 第2, 第3の基板が傾いたときに単位角度当たりに発生する3次のコマ収差成分の各最小二乗誤差値(単位；rms)、CLx(x=1, 2, 3); 光記録媒体に集光照射させている場合に当該対物レンズが傾いたときに単位角度当たりに発生する3次のコマ収差成分の各最小二乗誤差値(単位；rms)、としたとき、条件； 30

$$\begin{array}{|c|c|} \hline C L 1 / C D 1 & 1 \\ \hline C L 2 / C D 2 & 1 \\ \hline C L 3 / C D 3 & 1 \\ \hline \end{array}$$

を満足している。

【0078】

【表2】

(a) 波長405nmでのレンズデータ

面	RDY(曲率半径)	THI(厚さ)	硝材(屈折率)
OBJ	INFINITY	INFINITY	
STO	INFINITY	0.0	
S2	1.7675 K : -0.646335 A : 0.413393E-02 B : 0.541612E-03 C : 0.568646E-04 D : 0.550310E-05	1.85	500000.600000(1.514)
S3	-25.32997 K : 29.405990 A : 0.114217E-01 B : -0.279145E-02 C : 0.390806E-03 D : -0.238423E-04	1.739096	
S4	INFINITY	0.6	PC(1.621)
IMG	INFINITY	0.0	
EPD:入射瞳径(mm)		3.965	
WL:波長(nm)		405	

10

(b) 波長660nmでのレンズデータ

面	RDY(曲率半径)	THI(厚さ)	硝材(屈折率)
OBJ	INFINITY	2000	
STO	INFINITY	0.0	
S2	1.7675 K : -0.646335 A : 0.413393E-02 B : 0.541612E-03 C : 0.568646E-04 D : 0.550310E-05	1.85	500000.600000(1.497)
S3	-25.32997 K : 29.405990 A : 0.114217E-01 B : -0.279145E-02 C : 0.390806E-03 D : -0.238423E-04	1.82994	
S4	INFINITY	0.6	PC(1.579)
IMG	INFINITY	0.0	
EPD:入射瞳径(mm)		4.060	
WL:波長(nm)		660	

20

(c) 波長785nmでのレンズデータ

面	RDY(曲率半径)	THI(厚さ)	硝材(屈折率)
OBJ	INFINITY	123.0	
STO	INFINITY	0.0	
S2	1.7675 K : -0.646335 A : 0.413393E-02 B : 0.541612E-03 C : 0.568646E-04 D : 0.550310E-05	1.85	500000.600000(1.494)
S3	-25.32997 K : 29.405990 A : 0.114217E-01 B : -0.279145E-02 C : 0.390806E-03 D : -0.238423E-04	1.557836	
S4	INFINITY	1.2	PC(1.573)
IMG	INFINITY	0.0	
EPD:入射瞳径(mm)		3.29	
WL:波長(nm)		785	

30

40

【0079】

図7(a)(b)、図8(a)(b)、図9(a)(b)は、本実施の形態(実施例2)の対物レンズを用いて、青色系光記録媒体、DVD系光記録媒体、CD系光記録媒体について所定の波長を用いて使用したときに発生するレンズチルトによる収差特性、光記録媒体のチルトによる収差特性を示している。また、図7(c)、図8(c)、図9(c)は光記録媒体のチルトに伴うコマ収差をレンズチルトで補正したときの収差特性図である

50

。何れの波長についても良好に補正できている。図7(d)、図8(d)、図9(d)は、光記録媒体チルトを補正するための対物レンズに必要なレンズ駆動量を示している。

【0080】

<対物レンズの第3の実施の形態>

本実施の形態を図10及び図13に基づいて説明する。本実施の形態は、使用波長 1 ; 405 nm、基板厚；0.6 mm、開口数NA；0.65の青色系光記録媒体1aと、使用波長 2 ; 660 nm、基板厚；0.6 mm、開口数NA；0.65のDVD系光記録媒体1bと、使用波長 3 ; 785 nm、基板厚；1.2 mm、開口数NA；0.50のCD系光記録媒体1cの3種類の光記録媒体について記録、再生又は消去を行う光ピックアップに用いられる対物レンズ2Cに関する。

10

【0081】

本実施の形態の対物レンズ2Cが、第1，2の実施の形態（実施例1，2）の対物レンズと異なる点は、単玉対物レンズでなく、1群2枚貼り合わせ型対物レンズを使用している点である。一般に、正の屈折力を持つレンズと負の屈折力を持つレンズを貼り合わせることにより、色収差を軽減できることが知られているが、本実施の形態では、青色波長帯域から赤色波長帯域にかけて色収差を補正している。焦点距離をf；2.5 mm、HOYA社製硝材であるLAC8とEFD8を各々光源側、光記録媒体側に接合させてなる。また、本実施の形態の対物レンズ2Cは、第1の実施の形態の場合と同じく、青色系光記録媒体1aに対しては無限系で使用し、DVD系光記録媒体1b、CD系光記録媒体1cについては有限系で使用されるレンズである。

20

【0082】

青色系光記録媒体1aでの使用構成を図10(a)、表3(a)に、DVD系光記録媒体1bでの使用構成を図10(b)、表3(b)に、CD系光記録媒体1cでの使用構成を図10(c)、表3(c)に示す。対物レンズ2Cの非球面形状、表3の記載項目は第1の実施の形態の場合と同様である。

【0083】

また、本実施の形態の対物レンズ2Cも、CDx(x=1, 2, 3)；第1，第2，第3の基板が傾いたときに単位角度当たりに発生する3次のコマ収差成分の各最小二乗誤差値（単位；rms）、CLx(x=1, 2, 3)；光記録媒体に集光照射させている場合に当該対物レンズが傾いたときに単位角度当たりに発生する3次のコマ収差成分の各最小二乗誤差値（単位；rms）、としたとき、条件；

$$\begin{array}{l|l} | CL1 / CD1 | & 1 \\ | CL2 / CD2 | & 1 \\ | CL3 / CD3 | & 1 \end{array}$$

30

を満足している。

【0084】

【表3】

(a) 波長405nmでのレンズデータ

面	RDY(曲率半径)	THI(厚さ)	硝材(屈折率)
OBJ	INFINITY	INFINITY	
STO	INFINITY	0.0	
S2	1.89755 K : -0.631030 A :0.446405E-02 B :0.535004E-03 C :0.973753E-04 D :0.735799E-05	1.50	LAC8 HOYA(1.735)
S3	-30 -53.32552	0.50 1.651193	EFD8 HOYA(1.729)
S4	K : -7019.412829 A :0.175339E-01 B :-.356736E-02 C :0.746709E-04 D :0.535324E-04		
S5	INFINITY	0.6	PC(1.621)
IMG	INFINITY	0.0	
EPD:入射瞳径(mm)		3.290	
WL:波長(nm)		405	

10

(b) 波長660nmでのレンズデータ

面	RDY(曲率半径)	THI(厚さ)	硝材(屈折率)
OBJ	INFINITY	INFINITY	
STO	INFINITY	0.0	
S2	1.89755 K : -0.631030 A :0.446405E-02 B :0.535004E-03 C :0.973753E-04 D :0.735799E-05	1.50	LAC8 HOYA(1.709)
S3	-30 -53.32552	0.50 1.651193	EFD8 HOYA(1.682)
S4	K : -7019.412829 A :0.175339E-01 B :-.356736E-02 C :0.746709E-04 D :0.535324E-04		
S5	INFINITY	0.6	PC(1.5789)
IMG	INFINITY	0.0	
EPD:入射瞳径(mm)		3.409	
WL:波長(nm)		660	

20

30

(c) 波長785nmでのレンズデータ

面	RDY(曲率半径)	THI(厚さ)	硝材(屈折率)
OBJ	INFINITY	41.8	
STO	INFINITY	0.0	
S2	1.89755 K : -0.631030 A :0.446405E-02 B :0.535004E-03 C :0.973753E-04 D :0.735799E-05	1.50	LAC8 HOYA(1.704)
S3	-30 -53.32552	0.50 1.651193	EFD8 HOYA(1.675)
S4	K : -7019.412829 A :0.175339E-01 B :-.356736E-02 C :0.746709E-04 D :0.535324E-04		
S5	INFINITY	1.2	PC(1.573)
IMG	INFINITY	0.0	
EPD:入射瞳径(mm)		2.76	
WL:波長(nm)		785	

40

【0085】

図11(a)(b)、図12(a)(b)、図13(a)(b)は、本実施の形態(実施例3)の対物レンズを用いて、青色系光記録媒体、DVD系光記録媒体、CD系光記録媒体について所定の波長を用いて使用したときに発生するレンズチルトによる収差特性、

50

光記録媒体のチルトによる収差特性を示している。また、図11(c)、図12(c)、図13(c)は光記録媒体のチルトに伴うコマ収差をレンズチルトで補正したときの収差特性図を示している。青色、DVDについては良好に補正できていることが判る。一方、CD系については補正効果が殆どない。しかしながら、前述したようにCD世代は低NA、長波長のため光記録媒体のチルトによって発生するコマ収差量そのものが小さいため、青色やDVDのような補正効果が得られなくても良いといえる。図11(d)、図12(d)は、光記録媒体チルトを補正するための対物レンズに必要なレンズ駆動量を示している。一方、CDではレンズチルトさせても光記録媒体チルトによるコマ収差は補正できないため、あえて傾動させずに所定位置に固定するような方法をとってもよい。

【0086】

10

<他のコマ収差補正手段の併用>

なお、図13(c)のようにレンズチルトでは補正できないコマ収差(|CLx / CDx| > 1)に対しては他のコマ収差補正手段(位相補正手段)を併用してもよい。例えば、液晶などの位相補正を行う手段を具備して、レンズチルトでは補正できない光源点灯時には、レンズチルトはホールドし、光記録媒体チルトによって発生するコマ収差と逆極性のコマ収差を液晶によって与えればよい。

【0087】

20

<対物レンズについての補足>

なお、第1, 2の実施の形態(実施例1, 2)では両面非球面の単玉対物レンズについて、第3の実施の形態(実施例3)では貼り合せの両面非球面対物レンズについて説明したが、非球面は1面だけに使用した対物レンズであってもよい。また、対物レンズの表面に、回折面或いは位相段差面を設けてもよい。これにより、自由度が増すため、性能確保がさらに容易となる。これらの回折面、位相段差は特定の波長、例えば波長660nmのみに作用するような形状を選択することも可能である。また、回折面の次数も任意に選択できる。

【0088】

30

[光ピックアップの実施の形態]

<光ピックアップの第1の実施の形態>

本実施の形態を、図14ないし図24に基づいて説明する。

【0089】

<全体構成>

図14は、光記録媒体に対して記録又は再生、消去可能な光ピックアップの構成例を示す概略図である。固定光学系3からの光を対物レンズ2により光記録媒体1上に集光させ、その光記録媒体1からの反射光を固定光学系3内に配置されている検出系(図示せず)からの信号に基づいて情報の記録、再生が行われる。また、固定光学系3とは別に、対物レンズ2を傾動させるレンズ駆動装置としてのアクチュエータ部4と、光記録媒体1のチルトを検出するチルト検出部5が設置されており、チルト検出部5により検出されたチルト量に応じて、アクチュエータ部4はチルトされて、対物レンズ2の光軸が常に光記録媒体1の面に対して所定角度となるように制御される。

【0090】

40

以下に、固定光学系3、アクチュエータ部4、チルト検出部5の各々の構成、動作について説明する。

【0091】

<固定光学系構成>

図15は本実施の形態における固定光学系3の構成例を示す概略ブロック図である。本実施の形態の光ピックアップ11は、青色波長帯域の使用波長 $1 = 405\text{ nm}$ の光源12、赤色波長帯域の使用波長 $2 = 660\text{ nm}$ の光源13、及び、赤外波長帯域の使用波長 $3 = 785\text{ nm}$ の光源14を備え、NA0.65、光照射側基板厚0.6mmの青色系光記録媒体1aと、NA0.65、光照射側基板厚0.6mmのDVD系光記録媒体1bと、NA0.50、光照射側基板厚1.2mmのCD系光記録媒体1cとの各々に対し

50

て、記録、再生又は消去が可能な光ピックアップである。

【0092】

本実施の形態の光ピックアップ11は、青色波長帯域の半導体レーザ（光源）12、コリメータレンズ15、偏光ビームスプリッタ16、ダイクロイックプリズム17，18、偏向プリズム19、1/4波長板20、開口部21、開口切換手段22、対物レンズ2（前述の対物レンズに関する第1～第3の実施の形態で示したようなレンズを用いればよい）、検出レンズ23、光束分割手段24、受光素子25より構成される青色波長帯域の光が通過する青色光学系26と、ホログラムユニット27、カップリングレンズ28、ダイクロイックプリズム17，18、偏向プリズム19、1/4波長板20、開口部21、開口切換手段22、対物レンズ2Aから構成される赤色波長帯域の光が通過するDVD系の赤色光学系29と、ホログラムユニット30、カップリングレンズ31、ダイクロイックプリズム18、偏向プリズム19、1/4波長板20、開口部21、開口切換手段22、対物レンズ2Aから構成される赤外波長帯域の光が通過するCD系の赤外光学系32から構成されている。即ち、ダイクロイックプリズム17，18、偏向プリズム19、1/4波長板20、開口部21、開口切換手段22、対物レンズ2Aは2乃至3つの光学系の共通部品である。

10

【0093】

また、ホログラムユニット27は、半導体レーザ（光源）13のチップ、ホログラム33及び受光素子34を一体化して構成されたものである。同様に、ホログラムユニット30は、半導体レーザ（光源）14のチップ、ホログラム35及び受光素子36を一体化して構成されたものである。

20

【0094】

また、光記録媒体1a，1b，1cは前述したように各々使用波長が異なる光記録媒体で、光記録媒体1aは基板厚さが0.6mmの青色系光記録媒体、光記録媒体1bは基板厚さが0.6mmのDVD系光記録媒体、光記録媒体1cは基板厚さが1.2mmのCD系光記録媒体である。記録、再生又は消去時には何れかの光記録媒体1a，1b又は1cのみが図示しない回転機構にセットされて高速回転される。

20

【0095】

また、開口部21は、対物レンズ2をフォーカス方向、トラック方向に可動させるアクチュエータ部4上の当該対物レンズ2を保持するボビン上で規制することが可能であり、具体的な光学部品を用いる必要はない。

30

【0096】

このような構成において、各波長帯域毎の光学系動作例について説明する。まず、青色波長帯域の使用波長 $\lambda = 405\text{ nm}$ の光源12、NA0.65、光照射側基板厚0.6mmの青色系光記録媒体1aに記録、再生又は消去を行う場合について説明する。波長405nmの半導体レーザ12から出射した直線偏光の発散光は、コリメータレンズ15で略平行光とされ、偏光ビームスプリッタ16、ダイクロイックプリズム17，18を透過し、偏向プリズム19で光路を90度偏向され、1/4波長板20を通過し円偏光とされ、開口部21を透過し、開口切換手段22においてNA0.65に制限され、対物レンズ2Aに入射し、光記録媒体1a上に微小スポットとして集光される。このスポットにより、情報の再生、記録又は消去が行われる。

40

【0097】

光記録媒体1aで反射した光は、往路とは反対回りの円偏光となり、再び略平行光とされ、1/4波長板20を通過して往路と直交した直線偏光になり、偏向プリズム19、ダイクロイックプリズム18，17を通過し偏光ビームスプリッタ16で反射されて、検出レンズ23で収束光とされ、光束分割手段24により複数の光路に偏向分割され受光素子25に至る。受光素子25からは、情報信号、サーボ信号が検出される。

【0098】

次に、赤色波長帯域の使用波長660nmの光源13、NA0.65、光照射側基板厚0.6mmのDVD系光記録媒体1bに記録、再生又は消去を行う場合について説明する

50

。ホログラムユニット27の半導体レーザ13のチップから出射された660nmの光は、ホログラム33を透過し、カップリングレンズ28で所定の発散光とされ、青色波長帯域の光は透過し赤色波長帯域の光は反射させるダイクロイックプリズム17によって偏向プリズム19の方向に反射され、ダイクロイックプリズム18通過後、偏向プリズム19によって光路が90度偏向され、1/4波長板20を通過し円偏光とされ、開口部21においてNA0.65に制限され、対物レンズ2Aに入射し、光記録媒体1A上に微小スポットとして集光される。このスポットにより、情報の再生、記録又は消去が行われる。

【0099】

光記録媒体1Aで反射した光は、偏向プリズム19で偏向され、ダイクロイックプリズム18通過後、ダイクロイックプリズム17で反射され、カップリングレンズ28で収束光とされ、ホログラム33により半導体レーザ13と同一キャン内にある受光素子34方向に回折されて受光素子34に受光される。受光素子34からは、情報信号、サーボ信号が検出される。

【0100】

さらに、赤外波長帯域の使用波長785nmの光源14、NA0.50、光照射側基板厚1.2mmのCD系光記録媒体1cに記録、再生又は消去を行う場合について説明する。ホログラムユニット30の半導体レーザ14から出射された785nmの光は、ホログラム35を透過し、カップリングレンズ31で所定の発散状ビームに変換され、青色と赤色波長域の光は透過し赤外波長域の光は反射させるダイクロイックプリズム18によって偏向プリズム19の方向に反射され、偏向プリズム19によって光路が90度偏向され、波長板20を通過し橙円偏光或いは円偏光とされ、開口部21を通過し、開口切換手段22でNA0.50に制限され、対物レンズ2Aに入射し、光記録媒体1c上に微小スポットとして集光される。このスポットにより、情報の再生、記録或いは消去が行われる。

【0101】

光記録媒体1cで反射した光は、偏向プリズム19で偏向され、ダイクロイックプリズム18で反射され、カップリングレンズ31で収束光とされ、ホログラム35により半導体レーザ14と同一キャン内にある受光素子36方向に回折されて受光素子36に受光される。受光素子36からは、情報信号、サーボ信号が検出される。

【0102】

<チルト補正 - 4軸アクチュエータ>

図16は、アクチュエータ部4の構成例を示す概略斜視図である。対物レンズ2と、この対物レンズ2を保持する対物レンズ保持体41とを備えている。また、対物レンズ保持体41を支持するベース部42と、このベース部42と対物レンズ保持体41との間に介在される弾性支持機構43,44とを備えている。弾性支持機構43,44は、対物レンズ保持体41をフォーカス方向、トラッキング方向、ラジアルチルト方向、タンジェンシャルチルト方向の計4方向に動けるよう、ベース部42に対して弾性的に支持している。ここで、フォーカス方向とは図16のZ軸方向（対物レンズ2の光軸方向）をいい、トラッキング方向とは図16のX軸方向（光記録媒体1の半径方向）をいう。また、ラジアルチルト方向とは図16のY軸回りのチルト方向（光記録媒体1の半径方向に対するチルトの方向）をいい、タンジェンシャルチルト方向とは図16のX軸回りのチルト方向（光記録媒体1の回転方向に対するチルトの方向）をいう。また、図16には図示しない駆動手段を備えており、この駆動手段は、例えば対物レンズ保持体41に設けられた永久磁石と、ベース部42に対して相対的に固定された駆動コイルとからなるいわゆるボイスコイルモータによって構成されている。そして、この駆動手段は、駆動コイルへの入力電流に応じて、対物レンズ保持体41を上記4方向に駆動するようになっている。駆動手段の駆動コイルへの入力電流を制御して、光記録媒体1の情報記録面における記録トラック上に所定のレーザ光スポットを追従させるフォーカスサーボ及びトラッキングサーボを行うと共に、レーザ光の入射方向（即ち、対物レンズ2の光軸）が光記録媒体1の情報記録面にコマ収差を抑制する方向にチルトサーボを行うように構成されている。

【0103】

10

20

30

40

50

<チルト検出光学系>

図17は、チルト検出部5としてのチルト検出光学系の構成例を示す概略図である。チルト検出光学系(チルト検出部5)の要部は、半導体レーザ51、コリメータレンズ52、ハーフミラー53、1/4波長板20、偏光ビームスプリッタ54、第1の受光素子55、第2の受光素子56より構成されている。半導体レーザ51から出射した直線偏光の発散光は、ハーフミラー53で光路を90度偏向されコリメータレンズ52で略平行光とされる。続く1/4波長板105の光源側の面には、所定のコートがされており、ハーフミラー53からの光の一部は反射され、残りの成分は透過させる。1/4波長板20を透過した光は、1/4波長板20を通過することにより円偏光とされ、光記録媒体1で反射される。光記録媒体1からの反射光は、往路とは反対回りの円偏光となり、1/4波長板20を再度通過して往路と直交した直線偏光になる。即ち、1/4波長板20表面で反射した光と、1/4波長板20を通過して光記録媒体1で反射した光は、偏光方向が直交した状態で、コリメータレンズ52に反射光として入射する。そして、各反射光はほぼ同一光路を辿り、ハーフミラー53を通過し偏光ビームスプリッタ54に入射する。ここで、1/4波長板20表面からの反射光と光記録媒体1からの反射光は偏光ビームスプリッタ54により光路が分離される。光記録媒体1からの反射光は偏光ビームスプリッタ54で反射され第1の受光素子55に、1/4波長板20からの反射光は偏光ビームスプリッタ54を透過し第2の受光素子56に至る。

10

20

30

40

【0104】

ここで、チルト信号：受光素子分割方法と出力信号の演算方法について説明する。即ち、図17及び図18を参照し、第1、第2の受光素子55、56からの出力値についての演算手段の詳細な構成を説明するが、ここでは簡単のために一方向、例えばラジアル方向の場合に限定して説明するものとする。具体的には、本来、第1の受光素子55(第2の受光素子56も同様)は図19に示すような受光部55c～55fに分割された4分割受光素子を用いるのであるが、ここでは一方向に限定して話を進めるため、受光部55a、55bのみを有する2分割受光素子(第2の受光素子56にあっては、受光部56a、56bのみを有する2分割受光素子)を用いるものとする。

20

30

40

【0105】

まず、光記録媒体1のチルト量を検出するために、光記録媒体1からの反射光を検出する受光素子55は一対の受光部55a、55bからなる。一対の受光部55a、55bは、光記録媒体1の半径方向に沿って配置されている。従って、光記録媒体1がチルトすると、その方向に応じて一対の受光部55a、55bの一方からの検出信号のレベルがその他方に比べて大きくなる。一対の受光部55a、55bは、各々、プリアンプ61、62に接続されている。このプリアンプ61、62は、これらのプリアンプ61、62からの出力信号の差を差出力信号として出力する差分回路63に接続されている。差分回路63からの差出力信号を演算することにより光記録媒体1の傾き量が求められる。光記録媒体1の反射率が変動し、或いは、光源301から発光される光線の光強度が時間とともに変動し、その結果、プリアンプ311、312からの検出信号の特性が変化すると、この特性の変化は、後段の回路で補正される。即ち、プリアンプ61、62からの信号が加算回路64で加算され、加算出力が割算回路65に入力される。割算回路65では、加算出力を基準として差分回路63からの差出力が規格化され、差出力に含まれる変動成分が除去されてこの割算回路65からは、光記録媒体1のチルト信号が発生される。

30

40

【0106】

対物レンズ2及び1/4波長板20を搭載したアクチュエータ部4のチルト量を検出するために、アクチュエータ部4に設置されている1/4波長板20から反射された光線を検出する第2の受光素子56は一対の受光部56a、56bからなる。対物レンズ2が傾けられると、その傾く方向に応じてこの一対の受光部56a、56bの一方から発生される検出信号のレベルが他方から発生される信号レベルに比して大きくなる。この一対の受光部56a、56bは、各々プリアンプ66、67に接続されている。このプリアンプ66、67は、同様にこれらのプリアンプ66、67からの出力信号の差を差出力信号とし

50

て出力する差分回路 6 8 に接続されている。差分回路 6 8 からの差出力信号を演算することによりアクチュエータ部 4、即ち対物レンズ 2 のチルト量が求められる。光源 5 1 から発光される光線の光強度が時間とともに変動されてプリアンプ 6 6、6 7 からの検出信号の特性が変化されるが、この特性の変化は、後段の回路で補正される。即ち、プリアンプ 6 6、6 7 からの信号が同様に加算回路 6 9 で加算され、加算出力が割算回路 7 0 に入力される。割算回路 7 0 では、加算出力を基準として差分回路 6 8 からの差出力が規格化され、差出力に含まれる変動成分が除去されてこの割算回路 7 0 からは、対物レンズ 2 のチルト信号が出力される。

【 0 1 0 7 】

光記録媒体 1 及び対物レンズ 2 のチルト量に相当するチルト信号を出力する割算回路 6 5、7 0 は、差分回路 7 2 に接続され、そのチルト信号の差がこの差分回路 7 2 から発生する。この差分回路 7 2 からの差出力は、光記録媒体 1 に対する対物レンズ 2 の相対チルト量に相当している。差分回路 7 2 の前段にはスイッチ 7 1 が設置されており、後述するように制御手順に応じて対物レンズチルト信号と相対チルト信号を選択してチルト制御を行う。

【 0 1 0 8 】

なお、図 3 (d)、図 4 (d)、図 5 (d)、図 7 (d)、図 8 (d)、図 9 (d)、図 1 1 (d)、図 1 2 (d) に示したように光記録媒体 1 のチルトを補正するための対物レンズ 2 に必要なチルト量は光記録媒体 1 の種類によって、極性・傾きが異なるが、本実施の形態では、

- (1) 光記録媒体 1 と対物レンズ 2 との相対角度、
- (2) 光記録媒体 1 と光ピックアップ 1 1 の所定基準面との相対角度
- (3) 対物レンズ 2 と光ピックアップ 1 1 の所定基準面との相対角度

を検出している（角度検出手段）ため、予め記憶されているマップに基づき制御してやればよい。例えば、図 3 (a)において光記録媒体 1 と光ピックアップ 1 1 の所定基準面との相対角度が 0 . 6 deg 傾いているという信号をまず検出した場合、引き続き、対物レンズ 2 と光ピックアップ 1 1 の所定基準面との相対角度を 0 . 6 deg になるようにフィードバックしてやればよい。

【 0 1 0 9 】

また、演算時に、所定のゲイン（図示せず）を加えてもよい（補正手段）。さらに点光源に応じてゲインを切換えるてもよい（補正手段）。例えば、上述の通り、光記録媒体 1 の種類に応じて補正レンズチルト量が異なるため、常に同等レベルの信号が出力されるように上述の（2）（3）の何れかにゲインを加えてもよい。

【 0 1 1 0 】

また、光ピックアップ 1 1 の組付調整時に発生する対物レンズ 2 への入射光束の傾き誤差や、対物レンズ 2 の製造誤差に伴うコマ収差を補正するように、レンズチルトアクチュエータ 4 はその組付時に傾き調整される。この傾き調整は、レンズチルトによるコマ収差劣化が大きい点灯光源に対して行うのが望ましい。一方、他の波長については組付調整されないが、本実施の形態によれば、予め光ピックアップ組付工程の段階で、対物レンズ 2 への入射光束の傾き誤差や、対物レンズ 2 の製造誤差に伴うコマ収差を補正するための対物レンズ最適位置を確認しておき、その位置に図 3 (d)、図 4 (d)、図 5 (d)、図 7 (d)、図 8 (d)、図 9 (d)、図 1 1 (d)、図 1 2 (d) の関係をオフセットさせることで、組付製造誤差分のコマ収差もレンズチルトにより合わせて補正することが可能となる。むろん、前者の傾き調整を行わずに、前者もチルト信号のオフセットにより補正する方法をとってもよい。

【 0 1 1 1 】

< チルト検出の他の構成 >

なお、本実施の形態の光ピックアップ 1 1 においては、アクチュエータ部 4 の駆動信号として、対物レンズ 2 、光記録媒体 1 とのチルト角度を用いたが、対物レンズ 2 と光記録媒体 1 との相対チルトによって発生するコマ収差を補正する方法であってもよい。

10

20

30

40

50

【0112】

コマ収差検出の方法について説明する。光記録媒体1には、図20に示すような案内溝81が形成されている。この案内溝81からの反射光には、直接の反射光である0次光と、回折された±1次回折光とが含まれ、これらの光が干渉し合っている。図21は、受光素子56の受光面で受光される0次光(直進光)と±1次回折光とを、受光素子56の受光面の上から見た図である。0次光(直進光)と1次回折光とは、重なる部分があり、この重なる部分を干渉領域82と呼ぶ。

【0113】

この干渉領域82が、光記録媒体1のチルトに伴いどのように変化するかを、図22及び図23を用いて説明する。図22は、光記録媒体1が半径方向(ラジアル方向)に傾いていたときの干渉領域82の変化を示している。チルトに伴い図22の左右で光量に偏りが生じる。これは、光記録媒体1の傾きにより、光記録媒体1上に投影されるスポットにコマ収差が発生するためである。この偏りは、一方の干渉領域82と、他方の干渉領域82とで、逆方向に生じる。図22では、チルトが大きくなるほど図22中右側の領域が強くなり、左側の領域が徐々に弱くなっていくのがわかる。同様に、図23は光記録媒体1が回転方向(タンジェンシャル方向)に傾いたときの干渉領域82の変化を示している。

【0114】

よって、このような光量分布の変化を検知してやればよい。例えば、図24に示すように、干渉領域82のパターン変化が検出できるような複数分割の受光素子83を用いればよい。

【0115】

<光ピックアップの第2の実施の形態>

本実施の形態を図32ないし図34に基づいて説明する。本実施の形態は、使用波長1；405nm、開口数NA；0.65、光照射側基板厚；0.6mmの青色系光記録媒体と使用波長2；660nm、開口数NA；0.65、光照射側基板厚；0.6mmのDVD系光記録媒体との2種類の光記録媒体について、記録、再生又は消去を行う光ピックアップに関する。

【0116】

図32は、図15に対応する本実施の形態の光ピックアップ200の構成例を示す概略プロック図である。本実施の形態の光ピックアップ200は、青色波長帯域の半導体レーザ201、コリメートレンズ202、偏光ビームスプリッタ203、ダイクロイックプリズム204、偏向プリズム205、1/4波長板206、開口207、対物レンズ208、検出レンズ210、光束分割手段211、受光素子212より構成される青色波長帯域の光が通過する無限系の青色光学系と、ホログラムユニット221、コリメートレンズ222、位相補正素子223、ダイクロイックプリズム204、偏向プリズム205、1/4波長板206、開口207、対物レンズ208から構成される赤色波長帯域の光が通過する無限系のDVD系光学系とから構成されている。即ち、ダイクロイックプリズム204、偏向プリズム205、1/4波長板206、開口207、対物レンズ208は2つの光学系の共通光路中にある。また、ホログラムユニット221は、DVD波長帯域のレーザチップ221aと受光素子221bとを検出用ホログラム221cを有するホログラム221dと一緒に構成したものである(図33参照)。

【0117】

ここで、対物レンズ208は、使用波長1；405nm、開口数NA；0.65、光照射側基板厚；0.6mmの青色系光記録媒体209aに対し、無限系入射により正弦条件を満たすように最適設計されている。また、青色系とDVD系の開口数NAが0.65と等しいため、対物レンズ208への入射光束径は略等しくすればよく、開口(開口素子)207を共用して対物レンズ208の直前に配置している。

【0118】

また、光記録媒体209a, 209bは各々使用波長が異なる光記録媒体で、光記録媒体209aは基板厚さが0.6mmの青色系光記録媒体、光記録媒体209bは基板厚さ

10

20

30

40

50

が0.6mmのDVD系光記録媒体である。記録又は再生時には何れか一方の光記録媒体209a又は209bのみが図示しない回転機構にセットされて高速回転される。

【0119】

また、ディスクチルト補正手段として、対物レンズ208を光ディスクの半径方向ないしは接線方向に傾けることが可能な対物レンズチルトアクチュエータ（レンズ駆動装置）224を備えている。

【0120】

このような構成において、使用波長1;405nm、開口数NA;0.65、光照射側基板厚；0.6mmの青色系光記録媒体209aを対象として記録、再生又は消去する場合についてその動作例を説明する。波長405nmの半導体レーザ201から出射した直線偏光の発散光は、コリメートレンズ202で略平行光とされ、偏光ビームスプリッタ203、ダイクロイックプリズム204を透過し、偏向プリズム205で光路を90度偏向され、1/4波長板206を通過し円偏光とされ、開口207を通り、対物レンズ208に入射し、光記録媒体209a上に微小スポットとして集光される。このスポットにより、情報の再生、記録又は消去が行われる。光記録媒体209aから反射した光は、往路とは反対回りの円偏光となり、再び略平行光とされ、1/4波長板206を通過して往路と直交した直線偏光になり、偏光ビームスプリッタ203で反射され、集光レンズ210で収束光とされ、光束分割手段211により複数の光路に偏向分割され受光素子212に至る。受光素子212からは、情報信号、サーボ信号が検出される。

【0121】

次に、使用波長2;660nm、開口数NA;0.65、光照射側基板厚；0.6mmのDVD系光記録媒体209bを対象として記録、再生又は消去する場合についてその動作例を説明する。近年、DVDの光ピックアップには受発光素子を1つのキャン（パッケージ）の中に設置し、ホログラムを用いて光束の分離を行うホログラムユニットが一般的に用いられるようになってきた。本実施の形態でもDVD系にはホログラムユニット221を利用するもので、このホログラムユニット221のレーザチップ221aから出射された660nmの光は、ホログラム221dを透過し、コリメートレンズ222で略平行光とされ、青色で最適化された対物レンズ108を赤色波長域で利用した場合に発生する色収差を補正するよう位相補正素子223によって球面収差が付加され、青色波長域の光は透過し赤色波長域の光は反射させるダイクロイックプリズム204によって偏向プリズム205の方向に反射され、偏向プリズム205によって光路が90度偏向され、1/4波長板206を通過し円偏光とされ、開口207を通り、対物レンズ208に入射し、光記録媒体209b上に微小スポットとして集光される。このスポットにより、情報の再生、記録又は消去が行われる。光記録媒体209bから反射した光は、偏向プリズム205で偏向され、ダイクロイックプリズム204で反射され、コリメートレンズ222で収束光とされ、ホログラム221dによりレーザチップ221aと同一キャン内にある受光素子221b方向に回折されて受光素子221bに受光される。受光素子221bからは、収差信号、情報信号、サーボ信号が検出される。

【0122】

ここに、コマ収差補正のための対物レンズチルトアクチュエータ224について説明する。この対物レンズチルトアクチュエータ224の構成自体は図16に示したアクチュエータ部4の構成と同じであるので、図示及び説明を省略する。

【0123】

そこで、青色系に対しては、このような対物レンズチルトアクチュエータ224を用いて対物レンズ208を傾けることで、ディスクチルトで発生するコマ収差をキャンセルすることができる。また、DVD系については無限系の光学系として、図34(b)に示すように対物レンズ208の傾きによりコマ収差を発生させることができる。よって、青色の時と同様に、図34(a)の光ディスク209bの傾きによって発生するコマ収差に対して、光ディスク209bと対物レンズ208を平行とすることによりコマ収差をキャンセルすることが可能となる。その様子を図34(c)に示す。

10

20

30

40

50

【0124】

ここに、無限系の青色波長で最適化された対物レンズ208を無限系のDVD赤色波長で使用した場合には、DVDの開口数NAないしはディスク基板厚、又は開口数NAと基板厚との両方を設計波長である青色と略同一にすることが必要である。双方の開口数NAないしは基板厚が大きく異なると、DVD無限系使用時の収差劣化が大きくなり、前述の位相補正素子223での補正が困難若しくは不可能となる。また、基板厚を同一にすることで、青色、DVDの光ディスク基板の製造インフラを共通化できるため、新規青色用光ディスクの製造コストを安く抑えることが可能である。開口数NAについても、青色での開口数NAをDVDに対して小さくした場合、光ディスク上の集光スポットを十分小さくすることができず、大容量化という所期の目的を果たすことが困難となる。また、開口数NAをDVDよりも大きくした場合、前述のDVD無限系使用時の収差劣化が大きくなるという問題に加えて、ディスクチルトによるコマ収差の発生が増大してディスクチルトマージンが減少してしまい、本実施の形態によるチルト補正手段をもってしてもマージン内に補正することが非常に困難となってしまうからである。

10

【0125】

<光ピックアップの第3の実施の形態>

本実施の形態を図35に基づいて説明する。本実施の形態は、第2の実施の形態に対してCD用光学系を追加し、3波長光ピックアップ300とした構成であり、第2の実施の形態とはCD用光学系が追加されている点で異なる。即ち、本実施の形態は、使用波長1；405nm、開口数NA；0.65、光照射側基板厚；0.6mmの青色系光記録媒体と使用波長2；660nm、開口数NA；0.65、光照射側基板厚；0.6mmのDVD系光記録媒体と使用波長3；785nm、開口数NA；0.50、光照射側基板厚；1.2mmのCD系光記録媒体との3種類の光記録媒体について、記録、再生又は消去を行う光ピックアップに関する。

20

【0126】

図35は、図32と同様に本実施の形態の光ピックアップ300の構成例を示す概略ブロック図である。本実施の形態の光ピックアップ230では、まず、波長1；405nmの半導体レーザ201、コリメートレンズ202、偏光ビームスプリッタ203、ダイクロイックプリズム204，301、偏向プリズム205、波長板206、開口切換素子207、対物レンズ208、検出レンズ210、光束分割手段211、受光素子212を備えて波長405nmの光が通過する無限系の青色光学系が構成されている。また、ホログラムユニット221、コリメートレンズ222、位相補正素子223、ダイクロイックプリズム204，301、偏向プリズム205、波長板206、開口切換素子207、対物レンズ208を備えて波長660nmの光が通過する無限系のDVD光学系が構成されている。

30

【0127】

さらに、ホログラムユニット302、カップリングレンズ303、ダイクロイックプリズム301、偏向プリズム205、波長板206、開口切換素子207、対物レンズ208を備えて波長785nmの光が通過する有限系のCD光学系が構成されている。

40

【0128】

即ち、図35に示すダイクロイックプリズム204，301、プリズム205、波長板206、開口切換素子207、対物レンズ208は、2ないし3つの光学系に用いられる共通部品である。

【0129】

ここで、本実施の形態の対物レンズ208は、使用波長1；405nm、開口数NA；0.65、光照射側基板厚；0.6mmの青色系光記録媒体209aに対し、無限系入射により正弦条件を満たすように最適設計されている。また、青色用とDVD用の開口数NAが0.65と等しいため、対物レンズ208への入射光束径は略等しくすればよく、開口切換素子（開口素子）207を共用して対物レンズ208の直前に配置している。

【0130】

50

また、光記録媒体 209a は基板厚さが 0.6 mm の青色系光記録媒体、光記録媒体 209b は基板厚さが 0.6 mm の DVD 系光記録媒体で、光記録媒体 209c は基板厚さが 1.2 mm の CD 系光記録媒体である。記録又は再生時には何れかの光記録媒体 209a, 209b 又は 209c のみが図示しない回転機構にセットされて高速回転される。また、ディスクチルト補正手段として、対物レンズ 208 を光ディスク 209 の半径方向又は接線方向に傾けることが可能な対物レンズチルトアクチュエータ 224 を備えている。

【0131】

このような構成において、青色用光学系動作、DVD 用光学系動作は、第 2 の実施の形態の場合と同様であるので、説明を省略し、使用波長 3 ; 780 nm、開口数 NA ; 0.50、光照射側基板厚；1.2 mm の CD 系光記録媒体 209c を記録、再生又は消去する CD 用光学系動作についてのみ説明する。なお、DVD 系と同様に CD 系のピックアップも受発光素子を 1 つのキャップの中に設置し、ホログラムを用いて光束の分離を行うホログラムユニットが一般的に用いられる。図 32 に示したホログラムユニット 221 と同様に、半導体レーザ 302a、ホログラム 302d 及び受光素子 302c を一体化したホログラムユニット 302 が構成される。このホログラムユニット 302 の半導体レーザ 302a から出射された 780 nm の光は、ホログラム 302d を透過し、カップリングレンズ 303 で所定の発散状ビームに変換され、青色と赤色波長域の光は透過し赤外波長域の光は反射させるダイクロイックプリズム 301 によってプリズム 205 の方向に反射され、偏向プリズム 205 によって光路が 90 度偏向され、波長板 206 を通過し橜円偏光或いは円偏光とされ、開口切換素子 207 で開口数 NA ; 0.50 に制限され、対物レンズ 208 に入射し、光記録媒体 209c 上に微小スポットとして集光される。このスポットにより、情報の再生、記録或いは消去が行われる。

【0132】

光記録媒体 209c から反射した光は、プリズム 205 で偏向され、ダイクロイックプリズム 301 で反射され、カップリングレンズ 303 で収束光とされ、受光素子 302c 方向に回折されて受光素子 302c に受光される。受光素子 302c からは、収差信号、情報信号、サーボ信号が検出される。

【0133】

本実施の形態の場合も、コマ収差補正のための対物レンズチルトアクチュエータ 221 の構成、チルト補正動作は第 2 の実施の形態の場合と同様であるため、説明を省略する。

【0134】

ここに、本実施の形態では、最短波長の無限系の青色波長で最適化された対物レンズ 208 を無限系の DVD 赤色波長で使用した場合には、DVD の開口数 NA ないしはディスク基板厚又は開口数 NA と基板厚との両方を設計波長である青色と略同一にすることが必要である。双方の開口数 NA ないしは基板厚が大きく異なると、DVD 無限系使用時の収差劣化が大きくなり、前述の位相補正素子 223 での補正が困難若しくは不可能となる。また、基板厚を同一にすることで、青色、DVD の光ディスク基板の製造インフラを共通化できるため、新規青色用光ディスクの製造コストを安く抑えることが可能である。開口数 NA についても、青色での開口数 NA を DVD に対して小さくした場合、光ディスク上の集光スポットを十分小さくすることができず、大容量化という所期の目的を果たすことが困難となる。また、開口数 NA を逆に DVD よりも大きくした場合、前述の DVD 無限系使用時の収差劣化が大きくなるという問題に加えて、ディスクチルトによるコマ収差の発生が増大してディスクチルトマージンが減少してしまい、本実施の形態によるチルト補正手段をもってしてもマージン内に補正することが非常に困難となってしまうからである。

【0135】

また、開口数 NA を等しくした場合、対物レンズ 208 への入射光束径は波長による屈折率差による差があるが、この差はわずかであるため、入射光束径は略等しくすればよく、单一の開口素子 207 を共用することが可能であり、部品点数増を抑えられる。また、開口数 NA と基板厚が異なる CD 系では、ディスクチルトによるコマ収差の発生が少なく

10

20

30

40

50

、十分なチルトマージンがあるため、対物レンズ208の傾斜によるチルト補正の可否は考慮する必要が無い。そのため、無限系の青色波長で最適化された対物レンズ208をCD系で使用する場合には、CD光学系を最も収差が良好になる倍率の有限系とすればよい。

【0136】

[光情報処理装置の実施の形態]

本実施の形態の光情報処理装置の構成例を図25の概略斜視図を参照して説明する。本実施の形態の光情報処理装置91は、適用波長、開口数NAの異なる複数種類の光記録媒体1a, 1b又は1cに対して、図15(図32或いは図35)に示したような構成の光ピックアップ11(200或いは300)を用いて情報の記録、再生又は消去を互換性を持って行う装置である。本実施の形態において、光記録媒体1(1a, 1b又は1c)はディスク状であって、保護ケース93内に格納されている。光記録媒体1(1a, 1b又は1c)は保護ケース93ごと、挿入口94から当該光情報処理装置91内に対して矢印「入」方向へ挿入セットされ、スピンドルモータ95により回転され、光ピックアップ11により情報の記録や再生、或いは消去が行われる。なお、光記録媒体1(1a, 1b又は1c)は保護ケース93に入れられている必要はなく裸の状態であってもよい。

【0137】

対物レンズ2や光ピックアップ11として、前述の実施の形態で説明したもの用いることにより、収差補正素子を必要とすることなく、青色系/DVD/CDの3世代(或いは、青色系/DVDの2世代)において、球面収差が十分に抑制された対物レンズ及び光ピックアップを備える光情報処理装置91が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0138】

【図1】本発明の特徴として対物レンズのレンズチルト1degで発生するコマ収差を示す特性図である。

【図2】対物レンズの第1の実施の形態を示す説明図である。

【図3】本実施の形態における青色系光記録媒体に対するディスクチルト、レンズチルト、チルト補正及びレンズチルト量の特性図である。

【図4】本実施の形態におけるDVD系光記録媒体に対するディスクチルト、レンズチルト、チルト補正及びレンズチルト量の特性図である。

【図5】本実施の形態におけるCD系光記録媒体に対するディスクチルト、レンズチルト、チルト補正及びレンズチルト量の特性図である。

【図6】対物レンズの第2の実施の形態を示す説明図である。

【図7】本実施の形態における青色系光記録媒体に対するディスクチルト、レンズチルト、チルト補正及びレンズチルト量の特性図である。

【図8】本実施の形態におけるDVD系光記録媒体に対するディスクチルト、レンズチルト、チルト補正及びレンズチルト量の特性図である。

【図9】本実施の形態におけるCD系光記録媒体に対するディスクチルト、レンズチルト、チルト補正及びレンズチルト量の特性図である。

【図10】対物レンズの第3の実施の形態を示す説明図である。

【図11】本実施の形態における青色系光記録媒体に対するディスクチルト、レンズチルト、チルト補正及びレンズチルト量の特性図である。

【図12】本実施の形態におけるDVD系光記録媒体に対するディスクチルト、レンズチルト、チルト補正及びレンズチルト量の特性図である。

【図13】本実施の形態におけるCD系光記録媒体に対するディスクチルト、レンズチルト及びチルト補正の特性図である。

【図14】光ピックアップの第1の実施の形態を示す概略的な全体構成図である。

【図15】その固定光学系の詳細を示す構成図である。

【図16】そのアクチュエータ部の構成例を示す概略斜視図である。

【図17】チルト検出光学系の構成例を示す概略図である。

10

20

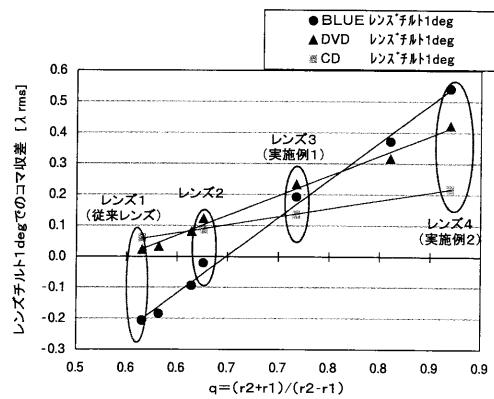
30

40

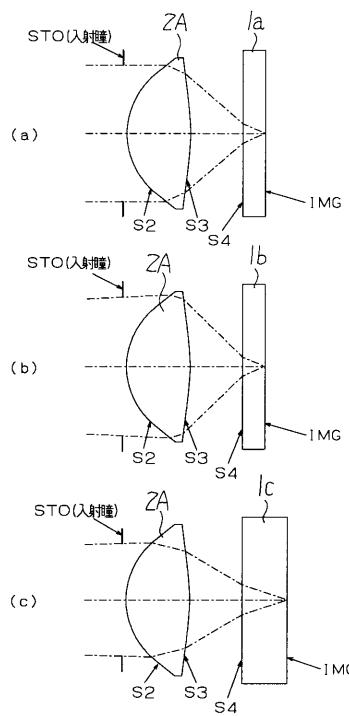
50

- 【図18】チルト信号算出用の回路構成例を示す概略回路図である。
- 【図19】4軸アクチュエータ用の受光素子の構成例を示す正面図である。
- 【図20】光記録媒体と干渉領域との関係を示す説明図である。
- 【図21】干渉領域に関する説明図である。
- 【図22】ラジアルチルトに伴う干渉領域の変化の様子を示す説明図である。
- 【図23】タンジェンシャルチルトに伴う干渉領域の変化の様子を示す説明図である。
- 【図24】受光素子のパターン構成例を示す正面図である。
- 【図25】光情報処理装置の実施の形態を示す概略斜視図である。
- 【図26】一般に想定される青色系／DVD／CD互換光ピックアップのブロック構成図である。 10
- 【図27】対物レンズの従来例を示す構成図である。
- 【図28】従来の光源波長・波面収差特性図である。
- 【図29】従来における青色系光記録媒体に対するディスクチルト、レンズチルト及びチルト補正の特性図である。
- 【図30】従来におけるDVD系光記録媒体に対するディスクチルト、レンズチルト及びチルト補正の特性図である。 20
- 【図31】従来におけるCD系光記録媒体に対するディスクチルト、レンズチルト及びチルト補正の特性図である。
- 【図32】光ピックアップの第2の実施の形態を示す構成図である。
- 【図33】そのホログラムユニットの構成例を示す正面図である。
- 【図34】DVD無限系のディスクチルト、レンズチルト及びチルト補正の特性図である。
- 【図35】光ピックアップの第3の実施の形態を示す構成図である。
- 【符号の説明】
- 【0139】
- | | |
|--------|-----------------|
| 1 | 光記録媒体 |
| 2 | 対物レンズ |
| 2A, 2B | 単レンズ |
| 2C | 1群2枚の貼り合せ型対物レンズ |
| 4 | レンズ駆動装置 |
| 5 | チルト検出手段 |
| 11 | 光ピックアップ |
| 12～14 | 光源 |
| 200 | 光ピックアップ |
| 201 | 光源 |
| 207 | 開口素子 |
| 208 | 対物レンズ |
| 209 | 光記録媒体 |
| 221a | 光源 |
| 224 | レンズ駆動装置 |
| 300 | 光ピックアップ |
| 302a | 光源 |

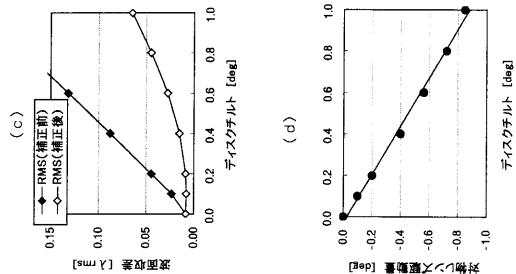
【図1】



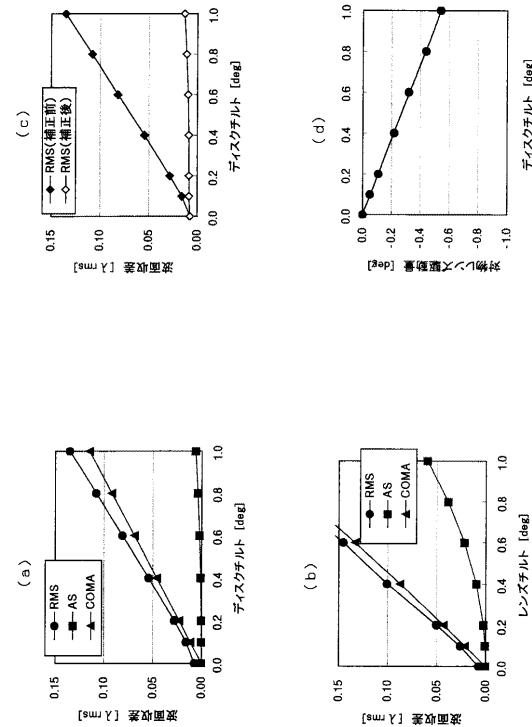
【図2】



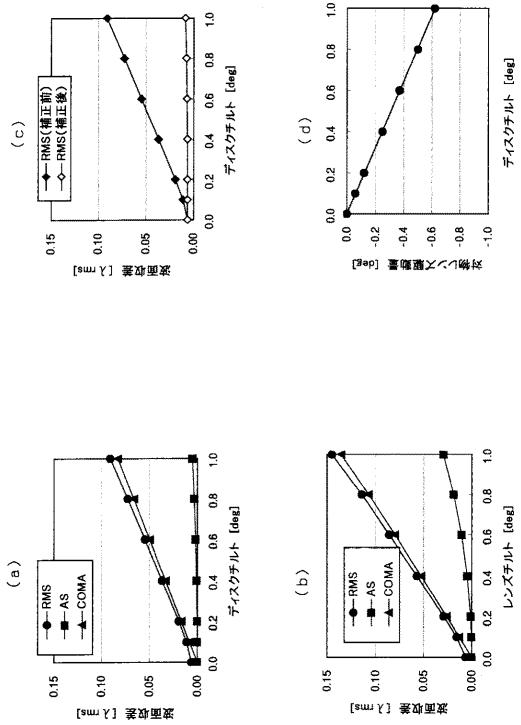
【図3】



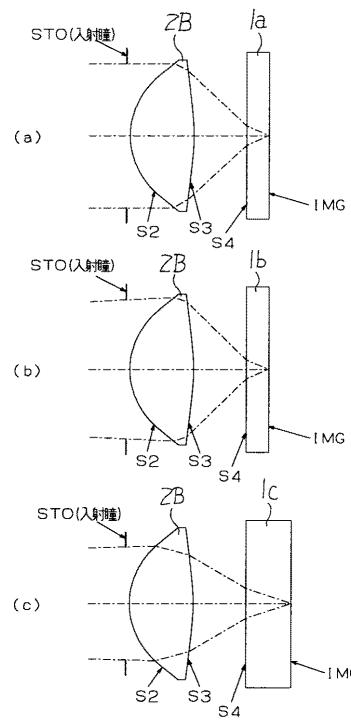
【図4】



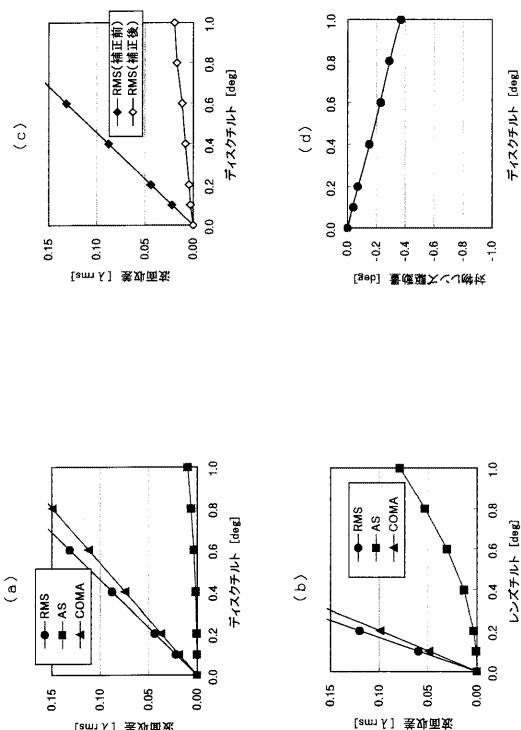
【図5】



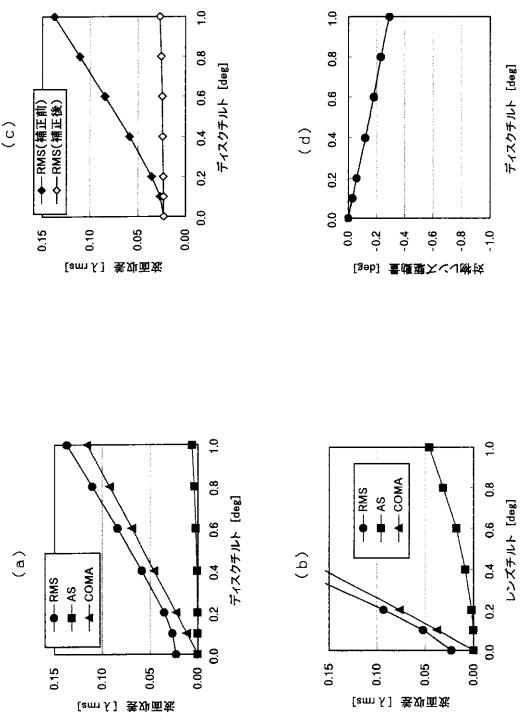
【図6】



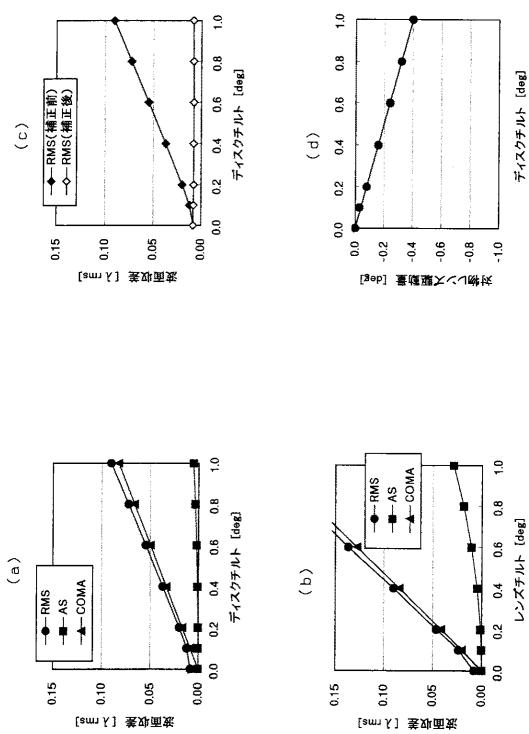
【図7】



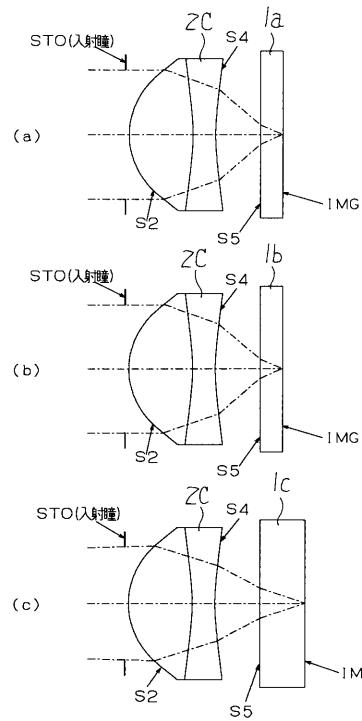
【図8】



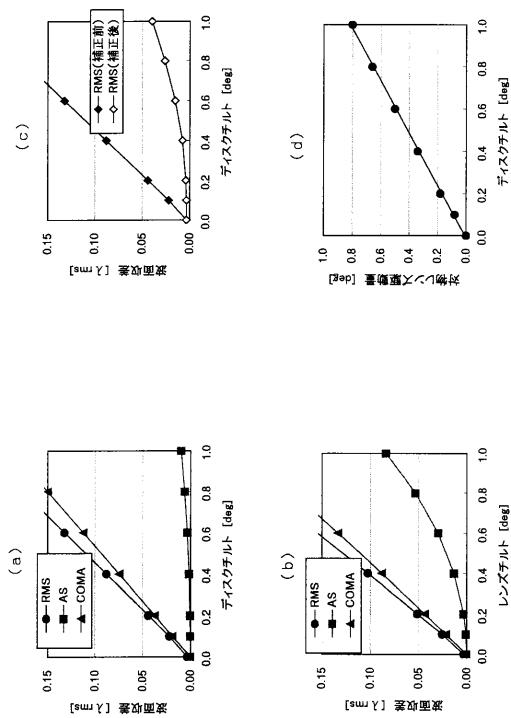
【図9】



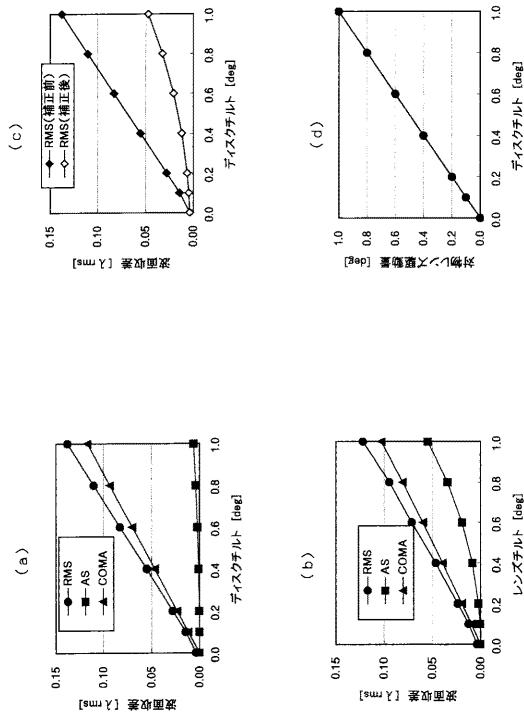
【図10】



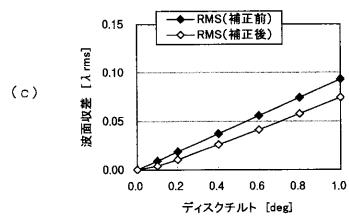
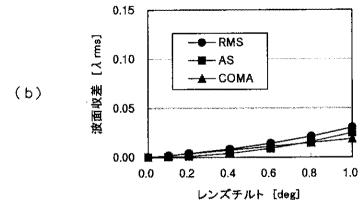
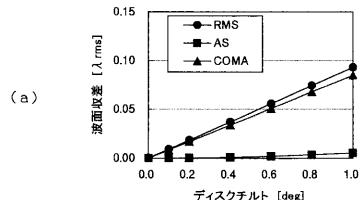
【図11】



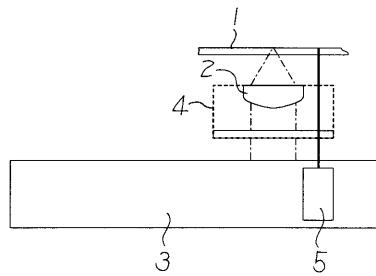
【図12】



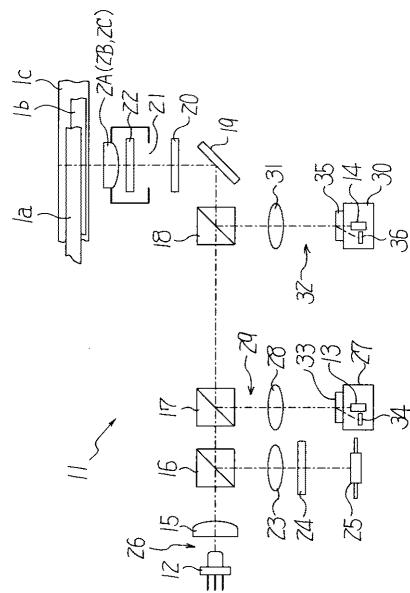
【図13】



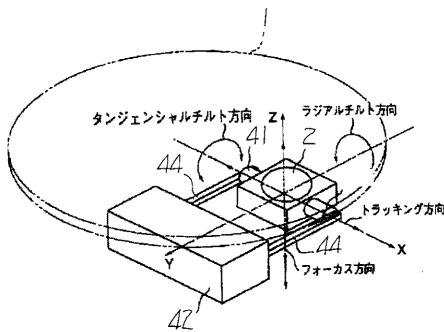
【図14】



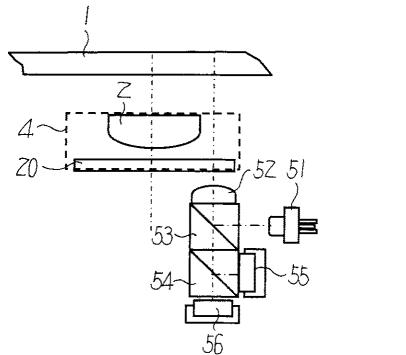
【図15】



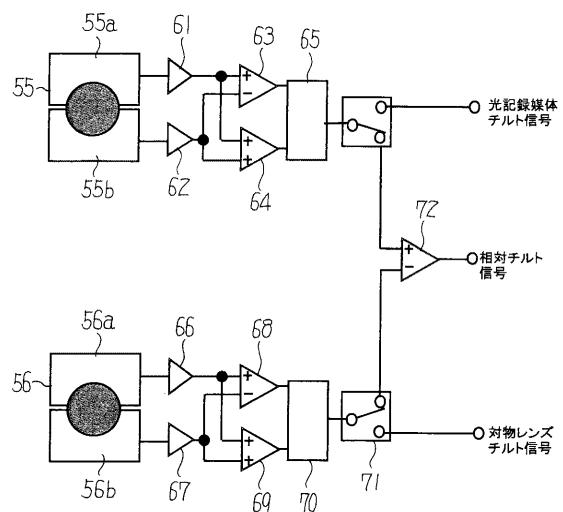
【図16】



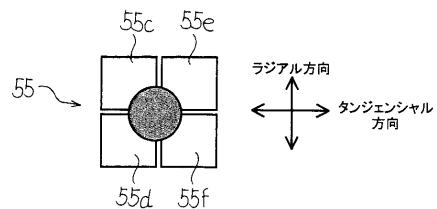
【図17】



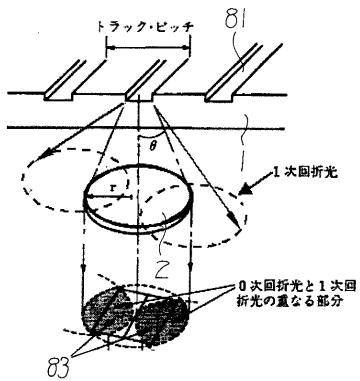
【図18】



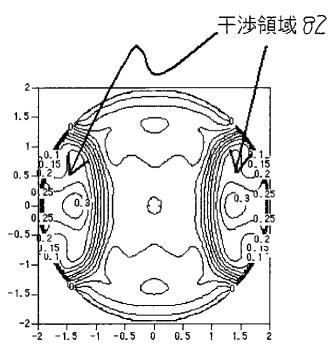
【図19】



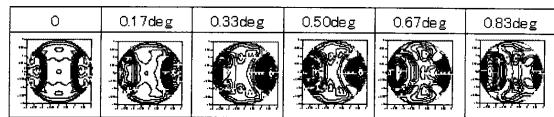
【図20】



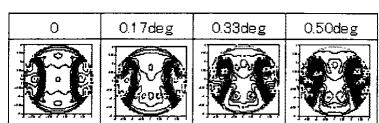
【図21】



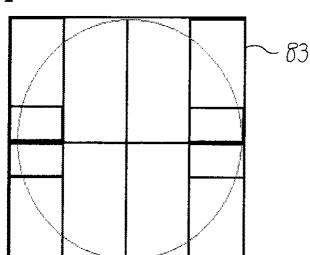
【図22】



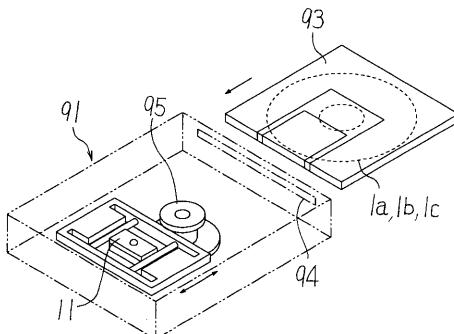
【図23】



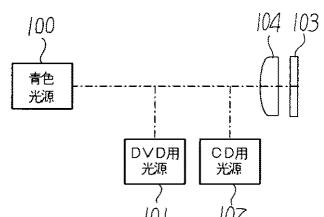
【図24】



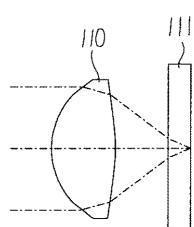
【図25】



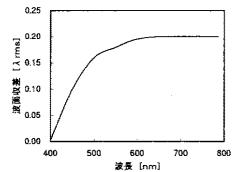
【図26】



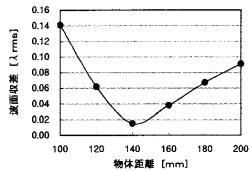
【図27】



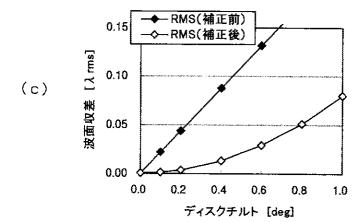
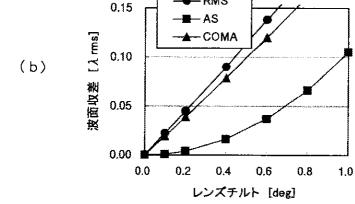
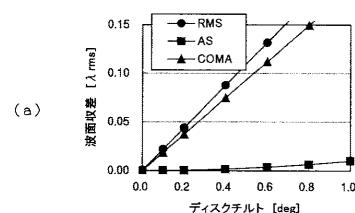
【図28】



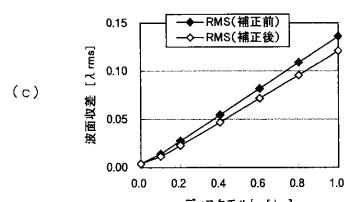
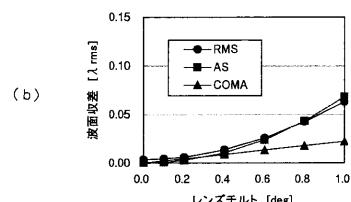
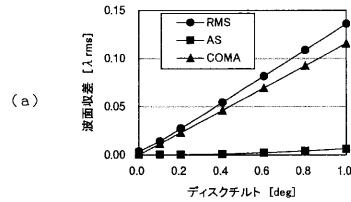
【図29】



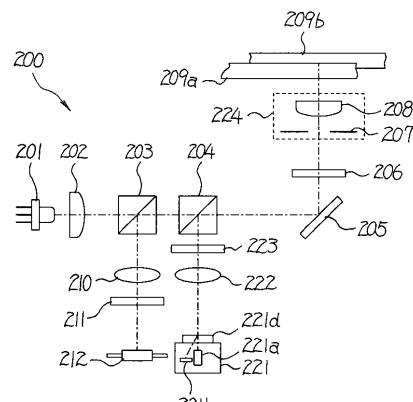
【図30】



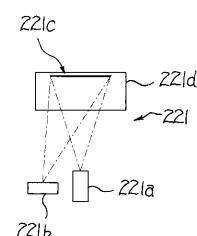
【図31】



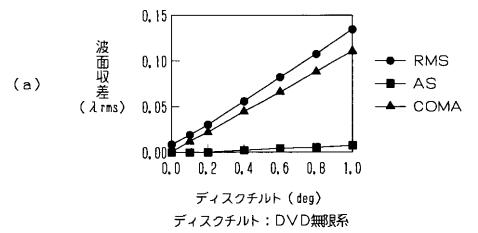
【図32】



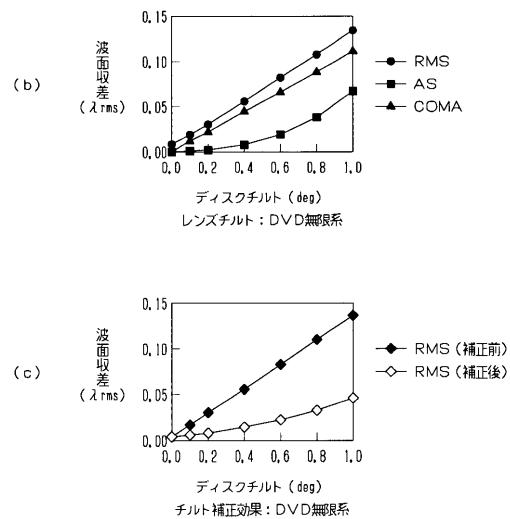
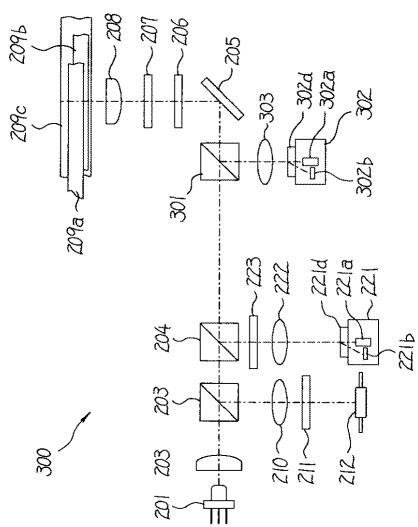
【図33】



【図34】



【 図 3 5 】



フロントページの続き(51)Int.Cl.⁷

F I

テーマコード(参考)

G 1 1 B 7/125

B

F ターム(参考) 5D789 AA41 BA01 EC04 EC27 EC37 EC45 EC47 FA08 JA09 JA44
JA58 JB02 JB06 JC07 MA15