

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4463238号  
(P4463238)

(45) 発行日 平成22年5月19日(2010.5.19)

(24) 登録日 平成22年2月26日(2010.2.26)

(51) Int.Cl.

F I

G 1 1 B 7/135 (2006.01)

G 1 1 B 7/135 A

G O 2 B 13/00 (2006.01)

G O 2 B 13/00

G O 2 B 13/18 (2006.01)

G O 2 B 13/18

請求項の数 1 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2006-127768 (P2006-127768)  
 (22) 出願日 平成18年5月1日(2006.5.1)  
 (65) 公開番号 特開2007-299486 (P2007-299486A)  
 (43) 公開日 平成19年11月15日(2007.11.15)  
 審査請求日 平成20年8月21日(2008.8.21)  
 審判番号 不服2009-5410 (P2009-5410/J1)  
 審判請求日 平成21年3月12日(2009.3.12)

早期審理対象出願

(73) 特許権者 000002185  
 ソニー株式会社  
 東京都港区港南1丁目7番1号  
 (74) 代理人 100067736  
 弁理士 小池 晃  
 (74) 代理人 100096677  
 弁理士 伊賀 誠司  
 (74) 代理人 100106781  
 弁理士 藤井 稔也  
 (74) 代理人 100113424  
 弁理士 野口 信博  
 (74) 代理人 100150898  
 弁理士 祐成 篤哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 対物レンズの設計方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光記録媒体に対して、波長が略405nmの光ビームによって情報信号の記録再生を行う光ピックアップに用いられ、

入射側及び出射側の面のいずれもが非球面形状とされ、

開口数(NA)が0.8以上である対物レンズの設計方法であって、

次式(1)、次式(2)、次式(3)、次式(4)、次式(5)及び次式(6)で定めた範囲を選択する対物レンズの設計方法。

【数 1】

$$\frac{Nh}{Ni - Ng} \geq 28.2 \times f \frac{n}{(n-1)} Q \quad \dots (1)$$

$$Q = 1 + \frac{\frac{d}{f} \cdot \{n^2 - k(n+1)\}}{k^2(n+1)^2 - k(n+1)n \cdot \frac{d}{f}} \quad \dots (2)$$

$$k = \frac{n^2}{n^2 - 1} \cdot \frac{r_1}{f} \quad \dots (3)$$

10

$$0.8 \leq \frac{d}{f} \leq 1.6 \quad \dots (4)$$

$$1.05 \leq \frac{n^2}{n^2 - 1} \cdot \frac{r_1}{f} \leq 1.25 \quad \dots (5)$$

20

$$1.5 \leq n \leq 1.75 \quad \dots (6)$$

但し、

Ng : 対物レンズを構成する材料の g 線における屈折率、  
 Nh : 対物レンズを構成する材料の h 線における屈折率、  
 Ni : 対物レンズを構成する材料の i 線における屈折率、  
 f : 対物レンズの焦点距離 (mm)、  
 d : 対物レンズの光軸位置での光軸方向の厚み (mm)、  
 n : 対物レンズを構成する材料の使用波長における屈折率、  
 r<sub>1</sub> : 対物レンズの入射側の面の曲率半径 (mm)

30

である。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光ディスク等の光記録媒体に対して、波長 405 nm 程度の光ビームを用いて情報の記録及び／又は再生を行う光ピックアップに用いられる対物レンズの設計方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、波長 785 nm 程度の光ビームを用いる CD (Compact Disc)、波長 660 nm 程度の波長の光ビームを用いる DVD (Digital Versatile Disc) 等の光ディスクに対して情報信号の記録及び／又は再生を行う光ピックアップがある。

40

【0003】

近年、光ディスクの大容量化の要求に伴い、記録媒体の高密度化、光ディスクの信号記録面上のビームスポットの小径化が進められている。

【0004】

ビームスポット径は、使用する光ビームの波長に比例する一方、対物レンズの開口数 NA に反比例する。そこで、最近では 405 nm 程度の波長の光ビームを出射する光源を用い、NA が 0.8 を越える対物レンズが開発されている。

【0005】

50

しかし、対物レンズのNAが高くなるにつれて焦点深度が狭くなり、僅かな波長変動によって、像点が移動し、ビームスポットがぼけるという問題点が生じる。その一方で、図3に示すように、光源から出射される光ビームには中心波長 $\lambda_0$ に対して $\pm 2\text{ nm}$ 程度の幅があり、図4に示すように、一般的に対物レンズを構成する材料の屈折率は405 nm前後において、波長に対する屈折率の変化量が大きい。よって、光源から出射される光ビームに $\pm 2\text{ nm}$ 程度の差があることにより、図5に示すように、この対物レンズによる像点が移動して、結果として、色収差が発生することによりジッタの劣化の問題が生じたり、この色収差を抑制するために回折光学素子を設ける必要があった。尚、図5中、 $B_0$ は、中心波長 $\lambda_0$ の光ビームを示すものであり、 $B_1$ 、 $B_2$ は、中心波長から $\pm 2\text{ nm}$ 程度の波長の光ビームを示すものである。

10

【0006】

【特許文献1】特開2002-303787号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明の目的は、光ディスク等の光記録媒体に対して、波長405 nm程度の光ビームを用いて情報の記録及び/又は再生を行う光ピックアップにおいて、色収差を小さくすることができ、ビームスポットがぼやけることを防止することを可能とする対物レンズの設計方法を提供することにある。

20

【課題を解決するための手段】

【0008】

この目的を達成するため、本発明に係る対物レンズの設計方法は、光記録媒体に対して、波長が略405 nmの光ビームによって情報信号の記録再生を行う光ピックアップに用いられる対物レンズにおいて、入射側及び出射側の面のいずれもが非球面形状とされ、開口数が0.8以上である対物レンズの設計方法であって、次式(1)、次式(2a)、次式(2b)、次式(2c)、次式(2d)及び次式(2e)で定めた範囲を選択するものである。

【0009】

【数1】

$$\frac{Nh}{Ni - Ng} \geq 28.2 \times f \frac{n}{(n-1)} Q \quad \dots (1)$$

30

$$Q = 1 + \frac{\frac{d}{f} \cdot \{n^2 - k(n+1)\}}{k^2(n+1)^2 - k(n+1)n \cdot \frac{d}{f}} \quad \dots (2a)$$

$$k = \frac{n^2}{n^2 - 1} \cdot \frac{r_1}{f} \quad \dots (2b)$$

40

$$0.8 \leq \frac{d}{f} \leq 1.6 \quad \dots (2c)$$

$$1.05 \leq \frac{n^2}{n^2 - 1} \cdot \frac{r_1}{f} \leq 1.25 \quad \dots (2d)$$

$$1.5 \leq n \leq 1.75 \quad \dots (2e)$$

50

## 【 0 0 1 0 】

但し、この式 ( 1 )、式 ( 2 a ) ~ 次式 ( 2 e ) において、

N g : 対物レンズを構成する材料の g 線における屈折率、  
N h : 対物レンズを構成する材料の h 線における屈折率、  
N i : 対物レンズを構成する材料の i 線における屈折率、  
f : 対物レンズの焦点距離 ( m m )、  
d : 対物レンズの光軸位置での光軸方向の厚み ( m m )、  
n : 対物レンズを構成する材料の使用波長における屈折率、  
 $r_1$  : 対物レンズの入射側の面の曲率半径 ( m m )

である。

10

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 3 】

本発明に係る対物レンズの設計方法は、光ディスク等の光記録媒体に対して、波長 4 0 5 n m 程度の光ビームを用いて情報の記録再生を行う光ピックアップに用いられる対物レンズの設計方法であり、対物レンズを構成する材料として屈折率の波長依存性が所定の範囲とされたものとする事で、色収差を小さくすることができ、ビームスポットがぼやけることを防止することを可能とする。

## 【 発明を実施するための最良の形態 】

## 【 0 0 1 5 】

以下、本発明が適用された対物レンズ、及びこれを用いた光ピックアップ 1 並びに光ディスク装置について、図面を参照して説明する。

20

## 【 0 0 1 6 】

本発明が適用された光ピックアップ 1 は、光ディスクに対して情報記録再生を行うものであり、この光ディスクを回転操作する駆動手段としてのスピンドルモータ、この光ピックアップ 1 を光ディスクの径方向に移動させる送りモータ等とともに光ディスク装置を構成する。そして、光ピックアップ 1 は、スピンドルモータによって回転操作された光ディスクに対して情報の記録再生を行う。ここで用いられる光ディスク 8 は、例えば、発光波長が 4 0 5 n m 程度 ( 青紫色 ) の半導体レーザを用いた高密度記録が可能な高密度記録光ディスク等である。尚、本発明は、上述の光ディスクのみならず光学的に記録・再生が可能な光記録媒体に対して記録及び / 又は再生を行う光ピックアップ及び光ディスク装置並びにこれに用いられる対物レンズにも適用される。

30

## 【 0 0 1 7 】

本発明を適用した光ピックアップ 1 は、図 1 に示すように、波長が略 4 0 5 n m の光ビームを出射する光源部 3 と、光源部 3 から出射された光ビームを 3 ビームに分割する回折光学素子 4 と、回折光学素子 4 により分割された光ビーム及び光ディスク 8 からの反射光を反射又は透過するビームスプリッタ 5 と、コリメータレンズ 6 と、光源部 3 から出射された光ビームを光ディスク 8 の信号記録面に集光する対物レンズ 7 と、光ディスク 8 で反射された戻りの光ビームを検出する光検出器 9 とを備える。

## 【 0 0 1 8 】

光源部 3 は、波長 4 0 5 n m 程度の光ビームを出射する発光部を有する。尚、光源部 3 から出射される光ビームの波長は、これに限られるものではない。回折光学素子 4 は、光源部 3 とビームスプリッタ 5 との間に設けられ、光源部 3 より出射された光ビームを 3 ビームに分割する回折部が設けられている。

40

## 【 0 0 1 9 】

ビームスプリッタ 5 は、回折光学素子 4 とコリメータレンズ 6 との光路上に配置され、光源部 3 に近い側にハーフミラー面 5 a を有する。ビームスプリッタ 5 は、回折光学素子 4 により 3 分割されて出射された光ビームをハーフミラー面 5 a により光ディスク 8 側へ反射する。また、ビームスプリッタ 5 は、光ディスク 8 に反射された戻りの光ビームを透過させて光検出器 9 側に出射させる。すなわち、ビームスプリッタ 5 は、戻りの光ビームの光路を、往路の光ビームの光路から分岐する光学素子である。

50

## 【 0 0 2 0 】

コリメータレンズ 6 は、ビームスプリッタ 5 と対物レンズ 7 との間に配置され、ビームスプリッタ 5 に反射された光ビームを平行光にする。

## 【 0 0 2 1 】

対物レンズ 7 は、コリメータレンズ 6 により略平行光とされた光ビームを光ディスク 8 の信号記録面に集光させる。対物レンズ 7 の入射側には、図示しない開口絞りが設けられ、この開口絞りは、対物レンズ 7 に入射する光ビームの開口数を所望の開口数となるように開口制限を行う。

## 【 0 0 2 2 】

この対物レンズ 7 は、開口数 (NA) が 0.8 以上とされた単玉対物レンズであり、その入射側の第 1 面 7 a 及び出射側の第 2 面 7 b の両面が非球面形状とされ、後述のような屈折率の波長依存性を有する材料により形成されている。対物レンズ 7 は、後述のように所定の条件を満たす材料により形成されることにより、色収差を低減し、適正なビームスポットを得ることができる。

## 【 0 0 2 3 】

光検出器 9 は、光ディスク 8 の信号記録面で反射された光ビームのそれぞれを受光するためのフォトディテクタを有し、情報信号とともにトラッキングエラー信号及びフォーカスエラー信号等の各種信号を検出する。

## 【 0 0 2 4 】

以上のように構成された光ピックアップ 1 は、この光検出器 9 により検出された戻り光により生成されたフォーカスサーボ信号、トラッキングサーボ信号に基づいて、対物レンズ 7 を駆動して、フォーカスサーボ及びトラッキングサーボを行う。対物レンズ 7 が駆動されることにより、光ディスク 8 の信号記録面に対して合焦する合焦位置に移動されて、光ビームが光ディスク 2 の記録面上に合焦されて、光ディスク 2 に対して情報の記録又は再生を行う。

## 【 0 0 2 5 】

ここで、上述した光ピックアップ 1 に用いられる本発明を適用した対物レンズ 7 についてさらに詳細に説明する。

## 【 0 0 2 6 】

単玉対物レンズである対物レンズ 7 の光源側 (入射側) の面である第 1 面 7 a の曲率半径を  $r_1$  とし、光ディスク 8 側 (出射側) の面である第 2 面 7 b の曲率半径を  $r_2$  とし、この対物レンズ 7 の光軸位置での光軸方向の厚み (中心厚さ) を  $d$  (mm) とし、対物レンズ 7 の焦点距離を  $f$  (mm) とし、対物レンズ 7 を構成する材料の使用波長 (405 nm) での屈折率を  $n$  とすると、以下の関係式 (3) が成り立つ。

## 【 0 0 2 7 】

## 【 数 2 】

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) + \frac{(n-1)^2}{n} \cdot \frac{d}{r_1 \cdot r_2} \quad \dots (3)$$

## 【 0 0 2 8 】

式 (3) の両辺を  $n$  で微分し、さらに  $r_2$  を消去すると、次式 (4) が得られる。

## 【 0 0 2 9 】

## 【 数 3 】

$$\frac{d}{f} = \frac{\partial n}{(n-1)} \frac{1}{f} \left\{ 1 + d \cdot \frac{n-1}{n} \cdot \frac{f \cdot n - f - r_1}{r_1 \cdot (d - d \cdot n + r_1 \cdot n)} \right\} \quad \dots (4)$$

## 【 0 0 3 0 】

ここで、変数をまとめて式を整理するために次式 (5) のように「 $k$ 」を設定し、この式 (5) を式 (4) に代入すると、次式 (6) が得られる。

【 0 0 3 1 】

【 数 4 】

$$k = \frac{n^2}{n^2 - 1} \cdot \frac{r_1}{f} \quad \dots (5)$$

$$\partial \left( \frac{1}{f} \right) = \frac{\partial n}{n} \frac{1}{f} \frac{n}{(n-1)} \left\{ 1 + \frac{d/f \cdot \{n^2 - k(n+1)\}}{k^2 (n+1)^2 - k(n+1)n \cdot d/f} \right\} \quad \dots (6)$$

【 0 0 3 2 】

10

ここで、 $d/f$  を 0.8 以上にすることにより、近軸領域の球面収差を小さくすることができる。また、 $d/f$  を 1.6 以下にすることにより、対物レンズ 7 の第 1 面と第 2 面の中心軸ズレが生じた時に発生するコマ収差を小さくすることができる。

【 0 0 3 3 】

ところで、式 (5) で示した  $k$  は、近軸領域でのコマ収差の発生を抑えた設計を行うためには、ほぼ  $d/f$  に依存した関係となり、 $d/f$  が式 (7) の関係を満たし、且つ  $n$  が  $1.5 \leq n \leq 1.75$  の関係を満たすとき、上述した  $k$  は、次式 (8) の関係となる。この屈折率  $n$  の範囲は、第 1 面の曲率半径を大きくして、対物レンズの製造を容易にし、かつ軸外の光学性能において発生する非点収差を抑制するために必要な範囲である。

【 0 0 3 4 】

20

【 数 5 】

$$0.8 \leq d/f \leq 1.6 \quad \dots (7)$$

$$1.05 \leq k \leq 1.25 \quad \dots (8)$$

【 0 0 3 5 】

30

ここで、色収差の値を  $[\text{mm}/\text{nm}]$  として、上述した式 (6) の左辺との関係を次式 (9) のように算出し、さらに、色収差 が焦点距離  $f$  に対して十分に小さいと近似すると、次式 (10) が得られる。この式 (10) を用いて上述した式 (6) は、以下の式 (11) に示すように変形できる。尚、ここで、色収差 は、波長が変化したときの焦点距離の変化量を示すものである。

【 0 0 3 6 】

【数 6】

$$\partial\left(\frac{1}{f}\right) = \frac{1}{f-\Delta} - \frac{1}{f} = \frac{1}{f}\left(1-\frac{\Delta}{f}\right)^{-1} - \frac{1}{f} \quad \dots (9)$$

$$\partial\left(\frac{1}{f}\right) \approx \frac{1}{f}\left(1+\frac{\Delta}{f}\right) - \frac{1}{f} = \frac{\Delta}{f^2} \quad \dots (10)$$

10

$$\Delta \approx \frac{\partial n}{n} f \frac{n}{(n-1)} \left\{ 1 + \frac{d/f \cdot \{n^2 - k(n+1)\}}{k^2(n+1)^2 - k(n+1)n \cdot d/f} \right\} \quad \dots (11)$$

【0037】

僅かな波長変動により像点が移動し、ビームスポットが光ディスクの信号記録層上でぼけるのを防止するためには、色収差を小さくすることが必要であり、次式(12)を満たすことが望ましい。

20

【0038】

【数 7】

$$\Delta \leq 0.0006 [mm/nm] \quad (= 0.6 [\mu m/nm]) \quad \dots (12)$$

【0039】

ここで、式(11)を整理するために、g線(約435.8nm)、h線(約404.7nm)、i線(約365.0nm)のそれぞれでの対物レンズ7を構成する材料の屈折率をNg、Nh、Niとして、これらを用いて次式(13)を定義することができる。但し、式(13)中の g、i は、それぞれg線、i線の波長[nm]であり、g - i は、70.82[nm]である。

30

【0040】

【数 8】

$$\frac{\partial n}{n} = \frac{1}{Nh} \cdot \frac{Ni - Ng}{\lambda_g - \lambda_i} \quad \dots (13)$$

【0041】

式(12)及び式(13)を式(11)に代入すると、次式(14)が得られ、さらに、次式(15)のように変形することができる。

40

【0042】

【数 9】

$$0.0006 \times 70.82 \geq \Delta = \frac{Ni - Ng}{Nh} f \frac{n}{(n-1)} \left\{ 1 + \frac{d/f \cdot \{n^2 - k(n+1)\}}{k^2(n+1)^2 - k(n+1)n \cdot d/f} \right\} \dots (14)$$

$$\frac{Nh}{Ni - Ng} \geq 23.5 \times f \frac{n}{(n-1)} \left\{ 1 + \frac{d/f \cdot \{n^2 - k(n+1)\}}{k^2(n+1)^2 - k(n+1)n \cdot d/f} \right\} \dots (15)$$

10

【0043】

ここで、式(15)の右辺第4項の値を次式(16)で示すようにQとする。Qは、図2に示すように、 $d/f$ の値と、屈折率 $n$ に依存して変化し、 $d/f$ の値を固定すると、 $n$ の増加に伴い単調に増加する。対物レンズ7の第1面の曲率半径を大きくして、対物レンズの製造を容易にするためには $1.5 \leq n$ が必要であり、 $n = 1.5$ におけるQの値は、次式(17)で示すように近似できる。

【0044】

【数10】

$$Q = 1 + \frac{d/f \cdot \{n^2 - k(n+1)\}}{k^2(n+1)^2 - k(n+1)n \cdot d/f} \dots (16)$$

20

$$Q = -0.78 \left( \frac{d}{f} \right)^2 + 1.19 \left( \frac{d}{f} \right) + 0.45 \dots (17)$$

【0045】

尚、図2中において、曲線 $L_1$ は、 $d/f = 0.8$ のときの屈折率 $n$ の変化にともなうQ値の変化を示し、曲線 $L_2$ は、 $d/f = 1.027$ のときの屈折率 $n$ の変化にともなうQ値の変化を示し、曲線 $L_3$ は、 $d/f = 1.177$ のときの屈折率 $n$ の変化にともなうQ値の変化を示し、曲線 $L_4$ は、 $d/f = 1.364$ のときの屈折率 $n$ の変化にともなうQ値の変化を示し、曲線 $L_5$ は、 $d/f = 1.6$ のときの屈折率 $n$ の変化にともなうQ値の変化を示すものである。

30

【0046】

図2に示すように、Qの値が、屈折率 $n$ が図2に示す範囲内においては屈折率 $n$ の増加に対して単調増加することから、 $1.5 \leq n$ の領域では、Qの値は、式(17)で求まる値よりも大きくなるため、この関係と、上述した式(15)とから、次式(18)及び次式(19)の関係が、成り立つ。

【0047】

【数11】

$$\frac{Nh}{Ni - Ng} \geq 23.5 \times f \frac{n}{(n-1)} Q \dots (18)$$

40

$$Q = -0.78 \left( \frac{d}{f} \right)^2 + 1.19 \left( \frac{d}{f} \right) + 0.45 \dots (19)$$

【0048】

50



また、更に優れた記録再生性能を確保するためには、色収差 が次式 ( 2 0 ) を満たすことが望ましい。

【 0 0 4 9 】

【 数 1 2 】

$$\Delta \leq 0.0005 [mm/nm] \quad (= 0.5 [\mu m/nm]) \quad \dots (20)$$

【 0 0 5 0 】

この式 ( 2 0 ) を用いて、上述した場合と同様に式を変形すると、次式 ( 2 1 ) 及び式 ( 2 2 ) が得られる。

【 0 0 5 1 】

【 数 1 3 】

$$\frac{Nh}{Ni - Ng} \geq 28.2 \times f \frac{n}{(n-1)} Q \quad \dots (21)$$

$$Q = -0.78 \left( \frac{d}{f} \right)^2 + 1.19 \left( \frac{d}{f} \right) + 0.45 \quad \dots (22)$$

【 0 0 5 2 】

上述したように、本発明を適用した対物レンズは、上述の式 ( 1 8 ) 及び式 ( 1 9 ) を満足するように形状が構成されるときに対物レンズを構成する材料として屈折率の波長依存性が所定の範囲とされたものと組み合わせることで、色収差を小さくすることができ、ビームスポットのぼやけを低減することを可能とする。

【 0 0 5 3 】

また、本発明を適用した対物レンズは、光源から出射される光ビームの波長が変動した際の焦点距離の変動を抑えることができ、このような場合にも色収差を小さくすることが可能となる。

【 0 0 5 4 】

さらに、本発明を適用した対物レンズは、色収差を小さくし、ビームスポットのぼやけを低減すると同時に、像高特性、および広い偏心トレランスを確保するレンズ設計を可能とする。

【 0 0 5 5 】

また、本発明を適用した対物レンズは、色収差抑制を目的とした回折構造を対物レンズに構成する必要がないため、対物レンズの透過率を高くすることができ、また、色収差抑制を目的とした回折光学素子を光ピックアップに設ける必要がないため、光ビームの利用効率を高めることができ、光源部の出力を低下することができ、光源部の低コスト化を実現できる。また、本発明を適用した対物レンズは、レンズ厚さと焦点距離とを最適に保つことにより、収差特性の良い対物レンズを設計することができる。

【 0 0 5 6 】

また、本発明を適用した対物レンズは、上述の式 ( 2 1 ) 及び式 ( 2 2 ) を満足するよう構成されることにより、さらに、色収差を小さくすることができ、ビームスポットのぼやけがさらに低減された適正なスポット形状を得ることができる。

【 0 0 5 7 】

また、本発明を適用した光ピックアップ及び光ディスク装置は、このような対物レンズを用いることにより、色収差を低減するための回折光学素子等を設けることなく、色収差を低減して、ビームスポットのぼやけを低減して、良好な記録及び/又は再生特性を得ることを可能とする。

【 0 0 5 8 】

尚、以下に具体的数値を挙げて本発明を適用した対物レンズの実施例 1 ~ 4 について説明する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 9 】

以下の実施例において、対物レンズの第 1 面は光源側の面、第 2 面は光ディスク側の面とする。また、光ディスクは、厚さ 87.5 μm の平行平板とする。さらに、設計波長は 405 nm とし、光ディスクの屈折率はいずれも 1.61692 とする。また、f は、対物レンズの焦点距離 (mm) を示し、R は、対物レンズの曲率半径 (mm) を示し、d は、対物レンズの光軸位置での厚み (mm) を示し、n は、対物レンズの使用波長 (405 nm) における屈折率を示し、NA は、光ディスクに対して光ビームを集光するときの対物レンズの開口数を示すものとする。

## 【 0 0 6 0 】

また、この対物レンズの第 1 面及び第 2 面の非球面形状は、以下の式 (23) によって与えられるものとする。尚、式 (23) 中において、h は、光軸からの距離 (mm) を示し、Z(h) は、光軸からの距離が h の位置における面頂点の接平面からの距離 (mm) をしめし、K は、円推定数を示し、A<sub>i</sub> は、i 次の非球面係数を示すものである。

## 【 0 0 6 1 】

## 【 数 1 4 】

$$Z(h) = \frac{h^2/R}{1 + \sqrt{1 - (1+K)h^2/R^2}} + \sum_{i=2} A_i h^i \quad \dots (23)$$

## 【 0 0 6 6 】

## 「実施例 1」

実施例 1 の対物レンズにおいて、f, n, d, NA は、以下の通りである。

f : 2.2 [mm]

n : 1.5966

d : 2.59 [mm]

NA : 0.85

## 【 0 0 6 7 】

また、実施例 1 の対物レンズの入射側の第 1 面の形状を示す R, K, A<sub>i</sub> は、以下の通りである。

< 第 1 面形状 >

R : 1.50042 [mm]

K : -0.70037

A<sub>4</sub> : 1.04045 × 10<sup>-2</sup>

A<sub>6</sub> : -7.13978 × 10<sup>-4</sup>

A<sub>8</sub> : 2.99815 × 10<sup>-3</sup>

A<sub>10</sub> : -1.66248 × 10<sup>-3</sup>

A<sub>12</sub> : 3.28269 × 10<sup>-4</sup>

A<sub>14</sub> : 2.20028 × 10<sup>-4</sup>

A<sub>16</sub> : -1.56511 × 10<sup>-4</sup>

A<sub>18</sub> : 3.94403 × 10<sup>-5</sup>

A<sub>20</sub> : -3.72388 × 10<sup>-6</sup>

## 【 0 0 6 8 】

また、実施例 1 の対物レンズの出射側の第 2 面の形状を示す R, K, A<sub>i</sub> は、以下の通りである。

< 第 2 面形状 >

R : -3.71882 [mm]

K : -86.06624

A<sub>4</sub> : 8.30268 × 10<sup>-2</sup>

A<sub>6</sub> : -8.84698 × 10<sup>-2</sup>

A<sub>8</sub> : 7.27801 × 10<sup>-2</sup>

$$\begin{aligned} A_{10} &: -4.16242 \times 10^{-2} \\ A_{12} &: 1.27658 \times 10^{-2} \\ A_{14} &: -1.36042 \times 10^{-3} \\ A_{16} &: -4.20916 \times 10^{-5} \\ A_{18} &: -4.26946 \times 10^{-5} \\ A_{20} &: 1.06655 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

【0069】

このとき、 $d/f = 1.177$ であり、上述した式(5)に示す $k$ が $k = 1.122$ であり、軸上波面収差は $2.9 \text{ m r m s}$ 、また画角 $0.5^\circ$ における軸外波面収差も $23.9 \text{ m r m s}$ と低く抑えられている。また、 $g$ 線の屈折率 $N_g = 1.5925$ 、 $h$ 線の屈折率 $N_h = 1.5966$ 、 $i$ 線の屈折率 $N_i = 1.6036$ の硝材であれば、 $(N_h / (N_i - N_g)) = 143.8$ となり、式(18)及び式(19)、並びに式(21)及び式(22)の関係を満たす。実際に色収差が $0.44 \text{ um / nm}$ となり、波長変動によるビームスポットのぼやけを抑えることができる。

10

【0074】

「実施例2」

実施例2の対物レンズにおいて、 $f$ 、 $n$ 、 $d$ 、 $NA$ は、以下の通りである。

$$f: 1.765 \text{ [mm]}$$

$$n: 1.5965$$

$$d: 2.078 \text{ [mm]}$$

$$NA: 0.85$$

20

【0075】

また、実施例2の対物レンズの入射側の第1面の形状を示す $R$ 、 $K$ 、 $A_i$ は、以下の通りである。

<第1面形状>

$$R: 1.20743 \text{ [mm]}$$

$$K: -0.63742$$

$$A_4: 1.63026 \times 10^{-2}$$

$$A_6: 6.09412 \times 10^{-4}$$

$$A_8: 3.82809 \times 10^{-3}$$

$$A_{10}: -1.53316 \times 10^{-3}$$

$$A_{12}: 4.04485 \times 10^{-4}$$

$$A_{14}: 2.54213 \times 10^{-4}$$

$$A_{16}: -1.39315 \times 10^{-4}$$

$$A_{18}: 4.31834 \times 10^{-5}$$

$$A_{20}: -6.30045 \times 10^{-6}$$

30

【0076】

また、実施例2の対物レンズの出射側の第2面の形状を示す $R$ 、 $K$ 、 $A_i$ は、以下の通りである。

<第2面形状>

$$R: -2.93725 \text{ [mm]}$$

$$K: -121.9082$$

$$A_4: 1.03086 \times 10^{-1}$$

$$A_6: -9.15242 \times 10^{-2}$$

$$A_8: 6.80729 \times 10^{-2}$$

$$A_{10}: -4.27514 \times 10^{-2}$$

$$A_{12}: 1.32586 \times 10^{-2}$$

$$A_{14}: -3.6774 \times 10^{-4}$$

$$A_{16}: 8.89052 \times 10^{-4}$$

$$A_{18}: -4.08131 \times 10^{-4}$$

40

50

$$A_{20} : -2.15241 \times 10^{-4}$$

【0077】

このとき、 $d/f = 1.177$ であり、上述した式(5)に示す $k$ が $k = 1.125$ であり、軸上波面収差は $4.3 \text{ m r m s}$ 、また画角 $0.5^\circ$ における軸外波面収差も $30.7 \text{ m r m s}$ と低く抑えられている。また、 $g$ 線の屈折率 $N_g = 1.5914$ 、 $h$ 線の屈折率 $N_h = 1.5966$ 、 $i$ 線の屈折率 $N_i = 1.6054$ の硝材であれば、 $(N_h / (N_i - N_g)) = 114.0$ となり、式(18)及び式(19)、並びに式(21)及び式(22)の関係を満たす。波長変動によるビームスポットのぼやけを抑えることができる。実際に色収差が $0.45 \text{ um/nm}$ となり、波長変動によるビームスポットのぼやけを抑えることができる。

10

【0078】

「実施例3」

実施例3の対物レンズにおいて、 $f$ 、 $n$ 、 $d$ 、 $NA$ は、以下の通りである。

$$f : 2.2 \text{ [mm]}$$

$$n : 1.6037$$

$$d : 2.59 \text{ [mm]}$$

$$NA : 0.85$$

【0079】

また、実施例3の対物レンズの入射側の第1面の形状を示す $R$ 、 $K$ 、 $A_i$ は、以下の通りである。

20

<第1面形状>

$$R : 1.50936 \text{ [mm]}$$

$$K : -0.66148$$

$$A_4 : 8.13256 \times 10^{-3}$$

$$A_6 : -2.46944 \times 10^{-4}$$

$$A_8 : 2.32774 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} : -1.3762 \times 10^{-3}$$

$$A_{12} : 2.70202 \times 10^{-4}$$

$$A_{14} : 2.33322 \times 10^{-4}$$

$$A_{16} : -1.69667 \times 10^{-4}$$

$$A_{18} : 4.43575 \times 10^{-5}$$

$$A_{20} : -4.36009 \times 10^{-6}$$

30

【0080】

また、実施例3の対物レンズの出射側の第2面の形状を示す $R$ 、 $K$ 、 $A_i$ は、以下の通りである。

<第2面形状>

$$R : -3.91425 \text{ [mm]}$$

$$K : -75.17455$$

$$A_4 : 9.21876 \times 10^{-2}$$

$$A_6 : -9.89535 \times 10^{-2}$$

$$A_8 : 7.33139 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} : -3.8594 \times 10^{-2}$$

$$A_{12} : 1.15928 \times 10^{-2}$$

$$A_{14} : -1.4702 \times 10^{-3}$$

40

【0081】

このとき、 $d/f = 1.177$ であり、上述した式(5)に示す $k$ が $k = 1.122$ であり、軸上波面収差は $2.2 \text{ m r m s}$ 、また画角 $0.5^\circ$ における軸外波面収差も $25.5 \text{ m r m s}$ と低く抑えられている。また、 $g$ 線の屈折率 $N_g = 1.5996$ 、 $h$ 線の屈折率 $N_h = 1.6037$ 、 $i$ 線の屈折率 $N_i = 1.6108$ の硝材であれば、 $(N_h / (N_i - N_g)) = 143.2$ となり、式(18)及び式(19)、並びに式(21)及

50

び式(22)の関係を満たす。波長変動によるビームスポットのぼやけを抑えることができる。実際に色収差が $0.44 \mu\text{m}/\text{nm}$ となり、波長変動によるビームスポットのぼやけを抑えることができる。

#### 【0082】

「実施例4」

実施例4の対物レンズにおいて、 $f$ 、 $n$ 、 $d$ 、 $NA$ は、以下の通りである。

$f$  :  $2.2$  [mm]

$n$  :  $1.6459$

$d$  :  $2.59$  [mm]

$NA$  :  $0.85$

10

#### 【0083】

また、実施例4の対物レンズの入射側の第1面の形状を示す $R$ 、 $K$ 、 $A_i$ は、以下の通りである。

<第1面形状>

$R$  :  $1.55744$  [mm]

$K$  :  $-0.66079$

$A_4$  :  $7.88222 \times 10^{-3}$

$A_6$  :  $-1.85348 \times 10^{-4}$

$A_8$  :  $2.22664 \times 10^{-3}$

$A_{10}$  :  $-1.38148 \times 10^{-3}$

20

$A_{12}$  :  $2.84263 \times 10^{-4}$

$A_{14}$  :  $2.33304 \times 10^{-4}$

$A_{16}$  :  $-1.71022 \times 10^{-4}$

$A_{18}$  :  $4.40247 \times 10^{-5}$

$A_{20}$  :  $-4.21752 \times 10^{-6}$

#### 【0084】

また、実施例4の対物レンズの出射側の第2面の形状を示す $R$ 、 $K$ 、 $A_i$ は、以下の通りである。

<第2面形状>

$R$  :  $-5.63388$  [mm]

30

$K$  :  $-143.22731$

$A_4$  :  $9.60818 \times 10^{-2}$

$A_6$  :  $-1.03370 \times 10^{-1}$

$A_8$  :  $7.42406 \times 10^{-2}$

$A_{10}$  :  $-3.87024 \times 10^{-2}$

$A_{12}$  :  $1.16908 \times 10^{-2}$

$A_{14}$  :  $-1.504 \times 10^{-3}$

#### 【0085】

このとき、 $d/f = 1.177$ であり、上述した式(5)に示す $k$ が $k = 1.122$ であり、軸上波面収差は $3.1 \text{ m r m s}$ 、また画角 $0.5^\circ$ における軸外波面収差も $25.4 \text{ m r m s}$ と低く抑えられている。また、 $g$ 線の屈折率 $N_g = 1.6417$ 、 $h$ 線の屈折率 $N_h = 1.6459$ 、 $i$ 線の屈折率 $N_i = 1.6532$ の硝材であれば、 $(N_h / (N_i - N_g)) = 143.1$ となり、式(18)及び式(19)、並びに式(21)及び式(22)の関係を満たす。波長変動によるビームスポットのぼやけを抑えることができる。実際に色収差が $0.44 \mu\text{m}/\text{nm}$ となり、波長変動によるビームスポットのぼやけを抑えることができる。

40

#### 【0086】

このように、上述した実施例1~4の対物レンズによれば、 $405 \text{ nm}$ 付近の波長を光源に用いる光ピックアップに用いられた場合に、上述の範囲内の屈折率の波長依存性をもつ硝材を用いていることによって、色収差を小さくすることができ、ビームスポットがぼ

50

やけることを防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【0087】

【図1】本発明が適用された光ピックアップの光学系を示す光路図である。

【図2】Q値の $d/f$ 値及び屈折率の依存性を示す図であり、 $d/f$ 値毎の屈折率の変化に対するQ値の変化を示す図である。

【図3】光源部の波長特性図である。

【図4】対物レンズを構成する材料の波長に応じて屈折率が変化することを示す図である。

【図5】対物レンズにより集光される光ビームの波長に応じて焦点深度が異なることを示す図である。

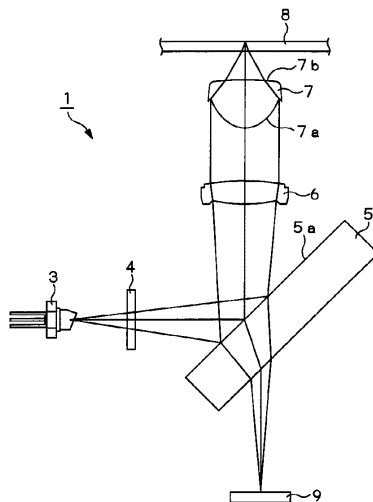
10

【符号の説明】

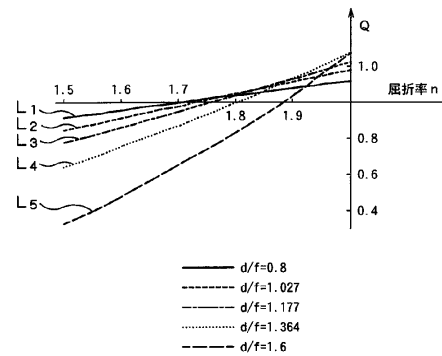
【0088】

- 1 光ピックアップ、 3 光源部、 4 回折光学素子、 5 ビームスプリッタ、  
6 コリメータレンズ、 7 対物レンズ、 8 光ディスク、 9 光検出器

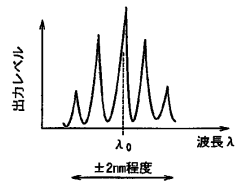
【図1】



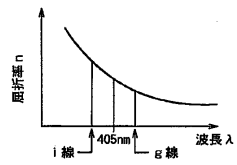
【図2】



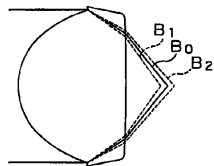
【図 3】



【図 4】



【図 5】



---

フロントページの続き

(72)発明者 齊藤 政宏  
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

合議体

審判長 山田 洋一

審判官 横尾 俊一

審判官 吉 澤 雅博

(56)参考文献 特開2005-322357(JP,A)  
特開2003-167188(JP,A)  
特開2004-335080(JP,A)  
特開2001-324673(JP,A)  
特開2003-091854(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G11B7/135

G02B13/00-13/18