

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3974102号  
(P3974102)

(45) 発行日 平成19年9月12日(2007.9.12)

(24) 登録日 平成19年6月22日(2007.6.22)

(51) Int. Cl.

F I

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

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 1 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2003-386578 (P2003-386578)

(22) 出願日 平成15年11月17日(2003.11.17)

(62) 分割の表示 特願2002-267451 (P2002-267451)  
の分割

原出願日 平成14年9月12日(2002.9.12)

(65) 公開番号 特開2004-126618 (P2004-126618A)

(43) 公開日 平成16年4月22日(2004.4.22)

審査請求日 平成17年9月8日(2005.9.8)

(31) 優先権主張番号 特願2002-4993 (P2002-4993)

(32) 優先日 平成14年1月11日(2002.1.11)

(33) 優先権主張国 日本国(JP)

早期審査対象出願

前置審査

(73) 特許権者 000005810

日立マクセル株式会社

大阪府茨木市丑寅1丁目1番88号

(74) 代理人 100078134

弁理士 武 顕次郎

(72) 発明者 杉 靖幸

大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立  
マクセル株式会社内

(72) 発明者 丸山 竹介

大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立  
マクセル株式会社内

審査官 瀬川 勝久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 対物レンズ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

正のパワーを有し、透明基板の厚さが異なる複数種類の光記録媒体毎に、該基板の厚さが大きい光記録媒体に長い波長の光ビームを対応させ、基板の厚さが小さい光記録媒体に短い波長の光ビームを対応させるように、異なる波長の単色光の光ビームを、固有の開口数を以って、該透明基板を介して集光させ、該光記録媒体の該透明基板に設けられた情報記録面にそれぞれ光スポットを形成する該光ビームの波長に応じた屈折率を有する対物レンズであって、

出射面が単一の非球面からなり、

入射面において、異なる種類の光記録媒体の情報記録面上に集光させる異なる波長の光ビームが対応して集光する異なる光ビームが共用する開口数に相当するレンズ面領域が、光軸から半径方向に複数の区間に区分され、

該区間にはそれぞれ、該光ビームの波長に対応する屈折率に応じて、該光ビームの波長の違いによって発生する色収差と該光記録媒体の透明基板の厚みの違いによって発生する波面収差とを相殺しあう光線高さ  $h$  の4次以上の項を含む非球面形状が設定されており、

いずれの種類の該光記録媒体に対しても、該当する光ビームを、該情報記録面にRMS波面収差比が、該光ビームの波面収差のうちの最大のRMS波面収差を  $W_{max}$  とし、最小のRMS波面収差を  $W_{min}$  として、

$$1 \quad W_{max} / W_{min} < 1.6$$

を満たすように集光することを特徴とする対物レンズ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、主にＣＤ（Compact Disc：ＣＤ－ＲなどのＣＤも含む）やＤＶＤ（Digital Versatile Disc）など種類が異なる光記録媒体に対応できる互換型の記録再生装置に用いる対物レンズに関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、ＣＤやＤＶＤなどの種類が異なる光ディスクをともに再生することができるようにした互換型光ディスク装置が提案されている。ＣＤやＤＶＤなど（以下、これらをまとめて光ディスクという）は、いずれも透明な基板が用いられ、この透明基板の一方の面に情報記録面が設けられており、かかる基板を２枚、それらの情報記録面を向かい合わせにして、貼り合わせた構成をなすか、あるいは、かかる透明基板を透明な保護基板と、透明基板の情報記録面が保護基板と向かい合うようにして、貼り合わせた構成をなしている。かかる構成の光ディスクから光ディスク装置で情報信号を再生する場合には、光源からのレーザービームを光ディスクの情報記録面に透明基板を介して集光させる必要がある。このレーザービームは後に述べるようにＣＤとＤＶＤとでは互いに波長が異なっている。このレーザービームを集光させるために、光ディスク装置では、対物レンズが使用されているが、ＣＤでは、透明基板の厚さが1.2mm、ＤＶＤでは、透明基板の厚さが0.6mmと光ディスクの種類（レーザービームの波長の違い）に応じて情報記録面が設けられている透明基板の厚さが異なるものであり、このような種類が異なる光ディスクを再生する光ディスク装置では、このように使用する光ディスクの種類に応じて透明基板の厚さが異なっても、レーザービームを情報記録面に集光させることが必要である。

【0003】

このような光ディスク装置としては、ピックアップに光ディスクの種類毎に対物レンズを設け、使用する光ディスクの種類に応じて該当する対物レンズに交換したり、光ディスクの種類毎にピックアップを設け、使用する光ディスクの種類に応じてピックアップを交換したりすることが考えられるが、コストの面や装置の小型化を実現するために、対物レンズとして、光ディスクのいずれの種類にも同じレンズを用いることができるようにした光ディスク装置が提案されている。

【0004】

かかる対物レンズの一代表例は、正の屈折力を有するレンズであって、半径方向に３以上の輪帯状レンズ面に区分され、１つおきの輪帯状レンズ面と他の１つおきの輪帯状レンズ面とは屈折力を異にして、同じ波長のレーザービームに対し、１つおきの輪帯状レンズ面が、例えば、薄い透明基板（0.6mm）の光ディスク（ＤＶＤ）の情報記録面にレーザービームを集光させ、他の１つおきの輪帯状レンズ面が、例えば、厚い透明基板（1.2mm）の光ディスク（ＣＤ）の情報記録面にレーザービームを集光させるようにしたものである（例えば、特許文献１参照）。

【0005】

また、他の代表例は、薄い透明基板のＤＶＤに対しては、短波長（635nmまたは650nm）のレーザービームを使用し、厚い透明基板のＣＤに対しては、長波長（780nm）のレーザービームを使用する光ディスク装置において、これらレーザービームに共通に使用する対物レンズであって、正のパワーを有する屈折レンズの一方の面に輪帯状の微細な段差が密に設けられてなる回折レンズ構造が形成されたものである（例えば、特許文献２参照）。

【0006】

かかる回折レンズ構造は、薄い透明基板のＤＶＤに対し、上記短波長のレーザービームの回折光を情報記録面に集光し、厚い透明基板のＣＤに対し、上記長波長のレーザービームの上記回折光と同次数の回折光を情報記録面に集光するように設けられている。なお、ＤＶＤに対して上記の短波長のレーザービームを用いるのは、ＣＤに比べてＤＶＤの記録密度

10

20

30

40

50

は高く、このために、ビームスポットを小さく絞る必要があるためである（よく知られているように、光スポットの大きさは、波長に比例し、開口数  $NA$  に反比例する）。

【0007】

なお、レンズ面に輪帯状位相シフトを設けた輪帯位相補正レンズ方式の対物レンズも提案されている（例えば、特許文献3参照）。

【0008】

これは、DVDに使用する波長  $\lambda_1$  が640nmのレーザービームで波面収差をなくすようにしたレンズ面を基準として、半径方向に複数の輪帯状の屈折面に区分し、これら屈折面を夫々この基準レンズ面から所定の段差（レンズ中心から  $i$  番目の段差を  $d_i$  とする）をもって形成し、かかる段差  $d_i$  により、夫々の屈折面によってDVDのレーザービームが基準レ 10  
ンズ面に対してこの波長  $\lambda_1$  の整数  $m_i$  倍だけ位相シフトすることにより、CD系の波面収差を低減するものである。

【特許文献1】特開平9-145995号公報

【特許文献2】特開2000-81566号公報

【特許文献3】特開2001-51192号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

上記いずれの従来例でも、DVD、CDともに共通の対物レンズを用いることができるから、対物レンズを含めてDVD、CD毎に使用部材を交換するための手段などが不要となり、コストの面や構成の簡略化の点で有利となるが、上記特許文献1では、DVD、CD 20  
毎に対物レンズでの利用する輪帯状レンズ面が異なるため、入射レーザービームに対して無効となる部分が多く、光利用効率が著しく低いという問題がある。換言すれば、レンズ面の輪帯区間毎に固有の焦点を持たせたために、1つの単色光をレンズ面全域で受けてひとつの焦点に結ばせることが出来ない点で利用効率が低下しているということになる。

【0010】

また、上記特許文献2では、回折レンズ構造による回折光を利用しているため、異なる波長に夫々対する回折効率を同時に100%にすることはできないという問題がある（なお、これでは、DVDに用いる短波長（635nmまたは650nm）のレーザービームとCDに用 30  
いる長波長（780nm）のレーザービームに対し、それらの間のほぼ705nmの波長で回折効率が100%となるようにして、これら使用レーザービームに対して回折効率がバランスするようにしている）。また、レンズ面に回折レンズ構造を設けるため、微小な段差が必要になるが、製造上の誤差の影響を受け易く、回折構造が設計からズレた場合、回折効率の劣化を招くことになる。このように、回折効率の劣化やそもそも回折効率が100%に達しないということは、入射光の全てを光ディスクの透明基板に設けられた情報記録面に集光することはできないことを意味しており、これが光量損失となる。

【0011】

さらに、特許文献3では、即ち、輪帯位相補正レンズ方式では、光利用効率は高いが、DVDのレーザービームに対して波面収差をなくすように設計したレンズ面を基準面とし、これより、CDのレーザービームに対する波面収差を低減するように、この基準面からDVD 40  
のレーザービームの波長  $\lambda_1$  の整数  $m_i$  倍の段差  $d_i$  だけ窪ませて屈折面としている。しかし、もとよりDVDを基準として、単なる段差を設けるだけでは、CDのレーザービームに対して、波面収差を十分に低減することができていない。

【0012】

本発明の目的は、かかる問題を解消し、透明基板の厚さが異なる複数種の光記録媒体夫々に対し、可及的に波面収差が低減された状態で、しかも、高い光利用効率で光ビームを情報記録面に集光させることができるようにした対物レンズを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0013】

上記目的を達成するために、本発明は、正のパワーを有し、透明基板の厚さが異なる複 50

数種類の光記録媒体毎に、該基板の厚さが大きい光記録媒体に長い波長の光ビームを対応させ、基板の厚さが小さい光記録媒体に短い波長の光ビームを対応させるように、異なる波長の単色光の光ビームを、固有の開口数を以って、該透明基板を介して集光させ、該光記録媒体の該透明基板に設けられた情報記録面にそれぞれ光スポットを形成する該光ビームの波長に応じた屈折率を有する対物レンズであって、

出射面が単一の非球面からなり、

入射面において、異なる種類の光記録媒体の情報記録面上に集光させる異なる波長の光ビームが対応して集光する異なる光ビームが共用する開口数に相当するレンズ面領域が、光軸から半径方向に複数の区間に区分され、

該区間にはそれぞれ、該光ビームの波長に対応する屈折率に応じて、該光ビームの波長の違いによって発生する色収差と該光記録媒体の透明基板の厚みの違いによって発生する波面収差とを相殺しあう光線高さ  $h$  の 4 次以上の項を含む非球面形状が設定されており、

10

いずれの種類の該光記録媒体に対しても、該当する光ビームを、該情報記録面に R M S 波面収差比が、該光ビームの波面収差のうちの最大の R M S 波面収差を  $W_{\max}$  とし、最小の R M S 波面収差を  $W_{\min}$  とし、

$$1 \quad W_{\max} / W_{\min} < 1.6$$

を満たすように集光することを特徴とする対物レンズを提供するものである。

【発明の効果】

【0019】

20

本発明によれば、透明基板の厚さが異なる 2 種類以上の光ディスクに対して、回折レンズ構造を用いずに、屈折作用によって記録または再生に必要な開口 (NA) で全ての光束を所望とする位置に可及的に少ない収差で集光させることができ、光利用効率をより高めることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

いま、厚さ  $t_1$  の透明基板を用いた第 1 の光ディスクに対し、これを用いる光ディスク装置での対物レンズが良好に収差補正され、この基板に設けられた情報記録面にレーザビームが良好に集光するものとする。かかる光ディスク装置にこの透明基板とは異なる厚さ  $t_2$  の透明基板を用いた第 2 の光ディスクを使用した場合、この透明基板の厚さ  $t_2$  が厚さ  $t_1$  と異なるために、この対物レンズと厚さ  $t_2$  の透明基板とによって波面収差が生じ、この厚さ  $t_2$  の透明基板に設けられている情報記録面にレーザビームが良好に集光しない。

30

【0021】

一方、かかる対物レンズと透明基板からなる光学系に異なる波長のレーザビームを用いると、色収差が生ずるが、本発明は、かかる色収差を利用して上記の波面収差を低減するものであって、基板の厚みが異なる光ディスク毎に異なる波長のレーザビームを用い、基板の厚みが異なることによって生ずる波面収差をレーザビームの波長の違いによって生ずる色収差でもって相殺し、いずれの厚みの基板に対しても、総合的な収差が許容範囲内になるようにするものである。

【0022】

40

このことは、基板の厚さが異なる光ディスクのいずれに対しても、その基板の厚さに対応する波長のレーザビームを用いた場合、このレーザビームの対物レンズと基板を通った全ての光線がこの基板の情報記録面上で良好に集光するような光路長を経るようにするものである。

【0023】

いま、図 3 において、対物レンズ 1 を用いて基板 2 の情報記録面 2 a にレーザビームを集光させる場合についてみる。ここで、対物レンズ 1 の面 A は光入射側面、面 B は光出射側面であり、基板 2 の情報記録面 2 a は対物レンズ 1 側とは反対側にある。

【0024】

図 3 は、対物レンズ 1 に入射するレーザビームは平行光とし (従って、図 3 に示す光学

50

系は、いわゆる無限光学系である)、対物レンズ1の光軸OAからこれに垂直な方向の距離(光線高さ)hの位置P<sub>1</sub>を通る光線が光軸OAを横切る点(集光点)P<sub>5</sub>に達するまでの光路を模式的に示すものである。ここで、かかる光路での対物レンズ1への入射点をP<sub>2</sub>、対物レンズ1からの出射点をP<sub>3</sub>、透明基板2への入射点をP<sub>4</sub>とし、

点P<sub>1</sub>~入射点P<sub>2</sub>:空間距離=S<sub>1h</sub> 屈折率=n<sub>1</sub>  
 入射点P<sub>2</sub>~出射点P<sub>3</sub>:空間距離=S<sub>2h</sub> 屈折率=n<sub>2</sub>  
 出射点P<sub>3</sub>~入射点P<sub>4</sub>:空間距離=S<sub>3h</sub> 屈折率=n<sub>3</sub>  
 入射点P<sub>4</sub>~集光点P<sub>5</sub>:空間距離=S<sub>4h</sub> 屈折率=n<sub>4</sub>  
 とすると、点P<sub>1</sub>から集光点P<sub>5</sub>までの光路長L<sub>h</sub>は、

【数5】

10

$$L_h = n_1 \times S_{1h} + n_2 \times S_{2h} + n_3 \times S_{3h} + n_4 \times S_{4h}$$

【0025】

で表わされる。なお、光軸OA上での光路長L<sub>h</sub>は、この数5において、h=0の場合である。

【0026】

20

この数5は任意の光線高さhについて該当するものであり、収差補正されている場合には、夫々の光線高さhに対する集光点P<sub>5</sub>が夫々の許容範囲内で情報記録面2a上にある。すなわち、本発明は、例えば厚さが異なる複数の基板夫々毎に異なる波長のレーザビームを用いることにより、色収差と波面収差とが相殺し合って夫々の光線高さhに対する集光点P<sub>5</sub>が夫々の許容範囲内で情報記録面2a上にあるようにするものである。本発明の実施形態としては、対物レンズ1のレンズ面形状をこれを実現する形状とするものである。これにより、基板の厚さが異なるいずれの光ディスクに対しても、情報記録面に良好な光スポットを形成することが可能となる。なおこのことは、ディスク基板の厚みが異なっていなくても、つまり、厚みが同じで波長が異なるような場合でも前記集光点P<sub>5</sub>を夫々の許容範囲内にすることにより適用可能である。また、光記録媒体に限らず、光通信など

30

【0027】

以下、本発明の実施形態を、透明基板の厚さが異なる2種類の光ディスク、即ち、DVDとCDとを例に、図面を用いて説明する。

【0028】

図1は本発明による対物レンズの基本構成を備えた参考例の作用を示す図であって、同図(a)はDVDに対するもの、同図(b)はCDに対するものであり、1はこの実施形態の対物レンズ、2はDVDの透明基板(以下、DVD基板という)、3はCDの透明基板(以下、CD基板という)、4,5はレーザビームである。

40

【0029】

まず、図1(a)において、対物レンズ1が図示しない光ディスク装置の光ヘッドに設けられており、DVDがこの光ディスク装置に装着されて、対物レンズ1によって平行光として入射されるレーザビーム4が集光されることにより、記録再生が行なわれる。ここで、DVD基板2の厚さt<sub>1</sub>は0.6mmであり、このときのレーザビーム4としては、波長λ<sub>1</sub>=655nmのレーザビームが開口数NA=0.63の光束として用いられる。かかる条件のもとに、かかるレーザビームは、DVD基板2の対物レンズ1側とは反対側の面の情報記録面2aに集光される。

【0030】

図1(b)は上記と同じ光ディスク装置にCDが装着され、同じ対物レンズ1を用いて

50

記録再生が行なわれる場合を示す。ここで、C D基板3の厚さ $t_2$ は1.2mmであり、このときのレーザビーム5としては、波長 $\lambda_2 = 790\text{nm}$ のレーザビームがほぼ開口数 $NA = 0.63$ の光束として用いられるが、実質的には、開口数 $NA = 0.47$ の光束がC D基板3の情報記録面3aに集光し、ハッチングして示すほぼ $NA = 0.47 \sim 0.63$ の対物レンズ1の光軸OAから離れた部分を通る光束はこの情報記録面3aで集光しない。このように、この開口数 $NA$ がほぼ0.47までの上記のレンズ領域は、DVD, CDの共通使用領域となる。

#### 【0031】

このように、この参考例は、DVD, CDともに収差が良好に低減されて、情報記録面2a, 3aで良好な光スポットが得られるようにするものであるが、このために、DVD, CDの両方共に、任意の光線高さ $h$ に対して上記数5で示す光路長 $L_h$ が収差を低減して許容値内とするような値とするように、対物レンズ1のレンズ面形状を設定するものである。以下、かかるレンズ面形状の一具体例を図2により説明する。

10

#### 【0032】

図2において、対物レンズ1の光出射側面Bについて、光線高さ $h$ の点をc、この点cから光軸OAに平行な方向での光出射側面B上の点をdとすると、この光出射側面Bの面形状は、任意の光線高さ $h$ に対する点c, d間の距離 $Z_B$ により、

#### 【数6】

$$Z_B = \frac{Ch^2}{1 + \sqrt{1 - (K+1)C^2 \cdot h^2}} + A_4 \cdot h^4 + A_6 \cdot h^6 + A_8 \cdot h^8 + A_{10} \cdot h^{10}$$

20

但し、 $C = -0.12301$

$K = 3.312138$

$A_4 = 0.01628151$

$A_6 = -0.004311717$

$A_8 = 0.000682316$

$A_{10} = -0.00004157469$

#### 【0033】

で表わされるようにする。

#### 【0034】

30

なお、数6において、上記係数 $C, K, A_4, A_6, A_8, A_{10}$ の値を代入して任意の光線高さ $h$  ( $0$ ) に対する距離 $Z_B$ を求めると、その値は負の値となるが、これは光出射側面B上の点dが点c、従って、この光出射側面Bの光軸OAが通る面頂点eよりも入射面側(図2での左側)に位置することを示している。距離 $Z_B$ が正の値である場合には、逆の右側に位置することを示している。

#### 【0035】

次に、対物レンズ1の光入射側面Aについて、光線高さ $h$ の点をa、この点aから光軸OAに平行な方向での光入射側面A面上の点をbとすると、光入射側面Aの面形状は、光線高さ $h$  (mm) とこの光線高さ $h$ に対する点a, b間の距離 $Z_A$  (mm) とが次の表1に示す関係となるレンズ面形状に設定される。

40

【表 1】

表 1

h(mm)	ZA(mm)	h(mm)	ZA(mm)	h(mm)	ZA(mm)	h(mm)	ZA(mm)	
0.00	0.000000	0.54	0.070725	1.08	0.287733	1.62	0.670934	
0.02	0.000095	0.56	0.076008	1.10	0.298787	1.64	0.688969	
0.04	0.000378	0.58	0.081490	1.12	0.310076	1.66	0.707293	10
0.06	0.000851	0.60	0.087172	1.14	0.321601	1.68	0.725908	
0.08	0.001513	0.62	0.093056	1.16	0.333364	1.70	0.744816	
0.10	0.002365	0.64	0.099141	1.18	0.345367	1.72	0.764020	
0.12	0.003405	0.66	0.105429	1.20	0.357611	1.74	0.783521	
0.14	0.004635	0.68	0.111921	1.22	0.370098	1.76	0.803322	
0.16	0.006055	0.70	0.118619	1.24	0.382830	1.78	0.823424	
0.18	0.007664	0.72	0.125522	1.26	0.395809	1.80	0.843830	
0.20	0.009462	0.74	0.132634	1.28	0.409037	1.82	0.864540	
0.22	0.011451	0.76	0.139954	1.30	0.422515	1.84	0.885559	20
0.24	0.013629	0.78	0.148855	1.32	0.436245	1.86	0.906886	
0.26	0.015998	0.80	0.156597	1.34	0.450229	1.88	0.928525	
0.28	0.018557	0.82	0.164550	1.36	0.463024	1.90	0.950477	
0.30	0.021308	0.84	0.172714	1.38	0.477531	1.92	0.972744	
0.32	0.024249	0.86	0.181092	1.40	0.492299	1.94	0.995329	
0.34	0.027382	0.88	0.189684	1.42	0.507330	1.96	1.018233	
0.36	0.030707	0.90	0.198492	1.44	0.522625	1.98	1.041459	
0.38	0.034224	0.92	0.207517	1.46	0.538186	2.00	1.065009	30
0.40	0.037934	0.94	0.216760	1.48	0.552559	2.02	1.088887	
0.42	0.041838	0.96	0.226225	1.50	0.568667	2.04	1.113094	
0.44	0.045936	0.98	0.235911	1.52	0.585050	2.06	1.137635	
0.46	0.050229	1.00	0.245821	1.54	0.600234	2.08	1.162512	
0.48	0.054718	1.02	0.255956	1.56	0.617173	2.10	1.187732	
0.50	0.059403	1.04	0.266319	1.58	0.634395	2.12	1.213298	
0.52	0.065640	1.06	0.276910	1.60	0.653186			

## 【 0 0 3 6 】

40

対物レンズ 1 の上記数 6 で表わされる光出射側面 B も、また、上記表 1 の点列データで表わされる光入射側面 A も、連続した非球面をなすものである。また、対物レンズ 1 の光軸上の面頂点 f , e 間の距離、即ち、中心厚  $t_0$  は 2.2 mm であって、波長  $\lambda_1 = 655 \text{ nm}$  (DVD) での屈折率  $n$  は 1.54014 であり、波長  $\lambda_2 = 790 \text{ nm}$  (CD) での屈折率  $n$  は 1.5365 である。

## 【 0 0 3 7 】

(i) ここで、収差を評価するための上記の収差の許容値としては、対物レンズ 1 への入射レーザービームが入射角  $0^\circ$  である場合 (即ち、光軸 OA に平行な平行光) について、DVD (波長  $\lambda_1 = 655 \text{ nm}$ ) , CD (波長  $\lambda_2 = 790 \text{ nm}$ ) とともに、RMS (Root Mean Square) 波面収差で 0.035 、好ましくは、0.033 、さらに好ましくは、0.030 とする。

50

この参考例では、DVD、CDの波面収差がかかる許容値以下となるように、光出射面Bと光入射面Aを上記の面形状に設定しているものである。

【0038】

この第1の実施形態では、2種類の異なる波長 $\lambda_1, \lambda_2$ を用いた場合を示しているが、一般に、 $n$ 種類（但し、 $n$ は2以上の整数）の異なる波長 $\lambda_i$ （但し、 $i = 1, 2, \dots, n$ ）を用いる場合も、同様である。

【0039】

(ii)また、このように $n$ 種類の波長 $\lambda_i$ を用いた場合について、これら波長 $\lambda_i$ の入射レーザービームが入射角 $0^\circ$ である場合の夫々の波面収差を $W_i$ とすると、これら収差は、

【数7】

10

$$\sqrt{(\sum W_i^2)/i} \leq W_0$$

【0040】

（但し、 $i$ 番目の該光ビームの波長を $\lambda_i$ （ $i = 1, 2, \dots$ ）、全ての波長にわたる個々のRMS波面収差の二乗の総和を $W_i^2$ 、波長 $\lambda_i$ の光ビームのRMS波面収差を $W_i$ とする）

20

を満足するようにする。このときの許容値 $W_0$ としては、0.028、好ましくは0.026、さらに好ましくは0.025、さらに好ましくは0.023とする。上記参考例では、DVDの波面収差を $W_1$ 、CDの波面収差を $W_2$ とし、かつ $i = 1, 2$ であるから、上記数7は、

【数8】

$$\sqrt{(W_1^2 + W_2^2)/2} \leq W_0$$

30

【0041】

となる。

【0042】

(iii)あるいはまた、異なる $n$ 種類の波長 $\lambda_i$ のレーザービームを用いる場合、夫々の波長 $\lambda_i$ のうちで最大の波面収差を $W_{\max}$ 、最小の波面収差を $W_{\min}$ とすると、

$$1 - W_{\max} / W_{\min} < W_{th}$$

とする。この場合の許容値 $W_{th}$ としては、1.8、好ましくは1.6、さらに好ましくは1.4とする。上記第1の実施形態の場合には、DVDの波面収差 $W_1$ とCDの波面収差 $W_2$ とのいずれか一方が最大波面収差 $W_{\max}$ となり、他方が最小波面収差 $W_{\min}$ とする。

【0043】

40

図4はこの参考例でのRMS波面収差の測定結果を示すものであって、横軸に像高（mm）を取り、縦軸にRMS波面収差を取っている。ここで、入射角は $0^\circ$ であり、像高 = 0 mmは入射ビームが平行光であることを示しており、像高が大きくなるほど、平行光からずれてくることになる。

【0044】

図4（a）はDVD（波長 $\lambda_1 = 655 \text{ nm}$ ）に対するRMS波面収差を示しており、像高 = 0 mmのときには、RMS波面収差 = 0.02130  $\lambda_1$ であった。また、図4（b）はCD（波長 $\lambda_2 = 790 \text{ nm}$ ）に対するRMS波面収差を示しており、像高 = 0 mmのときには、RMS波面収差 = 0.02410  $\lambda_2$ であった。

【0045】

50

かかる数値を評価するために、上記の各条件式に挿入すると、

(i) まず、DVD, CD について、RMS 波面収差が 0.02130, 0.02410 と上記の許容値 0.035、好ましくは、0.033、さらに好ましくは、0.030 よりも小さい。

【0046】

(ii) DVD, CD について、上記数 8 により、

【数 9】

$$\sqrt{(W_1^2 + W_2^2)/2} = \sqrt{(0.02130^2 + 0.02410^2)/2}$$

$$= 0.0226$$

10

【0047】

であるから、上記の許容値 0.028、好ましくは 0.026、さらに好ましくは 0.025、さらに好ましくは 0.023 以下となっている。

【0048】

(iii) DVD, CD について、Wmax / Wmin をみると、

$$W_{\max} / W_{\min} = 0.02410 / 0.02130 = 1.1315$$

となるから、上記の許容値 1.8、好ましくは 1.6、さらに好ましくは 1.4 以下となっている。

20

【0049】

図 5 は上記数 6 で示す面形状の光出射側面 B と上記表 1 で示す面形状の入射側面 A とを有する対物レンズ 1 を用いたことによる DVD, CD の情報記録面上での光スポットの計算結果に示す図であって、横軸は情報記録面での光軸を基準点とした光軸に垂直方向の位置を距離 (mm) で表わしたものであり、縦軸はこの基準点 (= 0mm) での光強度を 1 としたときの各位置の相対的光強度を表わしている。

【0050】

図 5 (a) は DVD に対する光スポットを示すものであって、相対的光強度が  $1/e^2$  (= 13.5%) となる光スポット直径  $\phi_d$  は  $0.85 \mu m$  である。また、図 5 (b) は CD に対する光スポットを示すものであって、相対的光強度が  $1/e^2$  となる光スポット直径  $\phi_c$  は  $1.37 \mu m$  であった。このように、DVD, CD とともに、情報記録面に良好な光スポットが得られるものであった。

30

【0051】

次に、本発明による対物レンズの実施形態について説明する。

【0052】

この実施形態は、その基本的構成は上記の参考例と同様であるが、光入射面 A を光軸から半径方向に複数の区間に区分し、夫々の区間の面形状を、DVD, CD とともに収差が許容値内に良好に低減されるように、設定するものである。

【0053】

この実施形態の光入射面 A の面形状を図 2 を用いて説明する。いま、この光入射面 A の光線高さ h 方向 (半径方向) の光軸 OA 側から j 番目の区間での点 a, b 間の距離を次の関数  $Z_{Aj}$  で、即ち、

40

## 【数 10】

$$Z_{A,j} = B + \frac{C h^2}{1 + \sqrt{1 - (K+1) C^2 \cdot h^2}} + A_4 \cdot h^4 + A_6 \cdot h^6 + A_8 \cdot h^8 \\ + A_{10} \cdot h^{10} + A_{12} \cdot h^{12} + A_{14} \cdot h^{14} + A_{16} \cdot h^{16}$$

## 【0054】

10

で表わされる。なお、数 10 での光源高さ  $h$  は、 $j$  番目の区間でのものである。

## 【0055】

そして、DVD、CD ともに収差を許容値内に良好に低減するための数 10 での区間毎に、その範囲 ( $h$  の範囲) とその各定数  $B, C, K, A_4, A_6, A_8, A_{10}, A_{12}, A_{14}, A_{16}$  を示すと、次の表 2 に示すようになる。

## 【表 2】

表 2

区間	$h$ の範囲	B	C	K	A4
1	0~0.464667	0	4.45390E-01	-6.67483	0.030017
2	0.464667~0.687967	0.00108409	4.46999E-01	-8.52884E-01	-1.11390E-03
3	0.687967~0.904685	0.00216818	4.45826E-01	-5.85171E-01	2.36910E-03
4	0.904685~1.414529	0.00325226	4.46759E-01	-6.51167E-01	9.59140E-04
5	1.414529~1.519145	0.00216818	4.28660E-01	-3.27869E-01	6.74850E-03
6	1.519145~1.589366	0.00108409	4.42061E-01	-5.75461E-01	2.50970E-03
7	1.589366~1.847991	0.00103073	4.45481E-01	-6.24870E-01	1.77360E-03
8	1.847991~2.2	-0.00113744	4.45319E-01	-6.13552E-01	1.64620E-03

20

A6	A8	A10	A12	A14	A16
1.026695	-14.364412	106.233381	-431.806672	895.812958	-725.25403
8.21580E-03	9.75070E-03	-3.03780E-02	-4.03770E-02	1.80080E-01	-1.49931E-01
-5.00360E-03	4.59410E-03	3.04280E-03	-8.16540E-03	6.55040E-03	-2.40830E-03
4.83750E-04	2.53240E-04	-1.24670E-04	-1.01670E-04	7.59740E-05	-1.37590E-05
3.92010E-04	-1.18360E-03	-4.24370E-04	7.93880E-05	1.45720E-04	-3.75090E-05
1.75070E-04	-2.24990E-04	-1.73810E-05	6.71230E-07	1.64740E-05	-3.96660E-06
1.24130E-04	-7.34610E-05	2.76610E-05	-9.44330E-06	1.32750E-06	-6.17570E-08
1.15930E-04	-7.50480E-05	2.80220E-05	-9.53270E-06	1.33720E-06	-6.23130E-08

30

## 【0056】

また、この実施形態での光出射面 B の面形状  $Z_B$  は、次の数 11 で表わされる。

40

## 【数 1 1】

$$Z_B = \frac{Ch^2}{1 + \sqrt{1 - (K+1)C^2 \cdot h^2}} + A_4 \cdot h^4 + A_6 \cdot h^6 + A_8 \cdot h^8 + A_{10} \cdot h^{10}$$

$$\text{但し、} C = -0.0747792 \quad K = 15.7398 \quad A_4 = 0.012308$$

$$A_6 = -0.0037652 \quad A_8 = 0.00068571 \quad A_{10} = -0.000048284$$

10

## 【0057】

また、対物レンズ1の光軸上の面頂点f，e間の距離、即ち、中心厚さ $t_0$ は2.2mmであって、波長 $\lambda_1 = 655\text{nm}$ （DVD）での屈折率 $n$ は1.604194であり、波長 $\lambda_2 = 790\text{nm}$ （CD）での屈折率 $n$ は1.599906である。

## 【0058】

ここで、収差を評価するための上記収差の許容値としては、上記参考例と同様である。

## 【0059】

図6はこの実施形態でのRMS波面収差の測定結果を示すものであって、横軸，縦軸は図4と同様である。

20

## 【0060】

図6（a）はDVD（波長 $\lambda_1 = 655\text{nm}$ ）に対するRMS波面収差を示しており、像高 $= 0\text{mm}$ のときには、RMS波面収差 $= 0.01945\lambda_1$ であった。また、図6（b）はCD（波長 $\lambda_2 = 790\text{nm}$ ）に対するRMS波面収差を示しており、像高 $= 0\text{mm}$ のときには、RMS波面収差 $= 0.02525\lambda_2$ であった。

## 【0061】

かかる数値を評価するために、参考例と同様、上記の各条件式に挿入すると、

（i）まず、DVD，CDについて、RMS波面収差が $0.01945\lambda_1$ ， $0.02525\lambda_2$ と上記の許容値 $0.035\lambda$ 、好ましくは、 $0.033\lambda$ 、さらに好ましくは、 $0.030\lambda$ よりも小さい。

## 【0062】

（ii）DVD，CDについて、上記数8により、

30

## 【数 1 2】

$$\sqrt{(W_1^2 + W_2^2)/2} = \sqrt{(0.01945^2 + 0.02525^2)/2}$$

$$= 0.02254$$

## 【0063】

であるから、上記の許容値 $0.028\lambda$ 、好ましくは $0.026\lambda$ 、さらに好ましくは $0.025\lambda$ 、さらに好ましくは $0.023\lambda$ 以下となっている。

40

## 【0064】

（iii）DVD，CDについて、 $W_{\max}/W_{\min}$ をみると、

$$W_{\max}/W_{\min} = 0.02525/0.01945 = 1.298$$

となるから、上記の許容値1.8、好ましくは1.6、さらに好ましくは1.4以下となっている。

## 【0065】

図7は上記数11で示す面形状の光出射側面Bと上記数10及び表2で示す面形状の入射側面Aとを有する対物レンズ1を用いたことによるDVD，CDの情報記録面上での光

50

スポットの計算結果に示す図であって、横軸，縦軸は図 5 と同様である。

【 0 0 6 6 】

図 7 ( a ) は D V D に対する光スポットを示すものであって、相対的光強度が  $1/e^2$  ( = 13.5% ) となる光スポット直径  $d_0$  は  $0.89\mu\text{m}$  である。また、図 7 ( b ) は C D に対する光スポットを示すものであって、相対的光強度が  $1/e^2$  となる光スポット直径  $d_0$  は  $1.30\mu\text{m}$  であった。このように、D V D , C D とともに、情報記録面に良好な光スポットが得られるものであった。

【 0 0 6 7 】

なお、一例として、先の特開 2 0 0 1 - 5 1 1 9 2 号公報に記載の D V D と C D との収差をみると、

D V D : 0.001  $\lambda_1$                       C D : 0.047  $\lambda_2$

D V D : 0.019  $\lambda_1$                       C D : 0.037  $\lambda_2$

但し、 $\lambda_1 = 640\text{nm}$                        $\lambda_2 = 780\text{nm}$

の 2 つの例が挙げられているが、いずれにおいても、C D については、上記の許容値 0.035 を越えるものである。また、これらの

【 数 1 3 】

$$\sqrt{(W_1^2 + W_2^2) / 2}$$

【 0 0 6 8 】

は、上記夫々について、0.0332, 0.0294 となり、いずれも上記の許容値 0.028、好ましくは 0.026、さらに好ましくは 0.025、さらに好ましくは 0.023 を越えているし、さらに、これらの  $W_{\text{max}} / W_{\text{min}}$  も夫々、47, 1.947 となり、いずれも上記の許容値 1.8、好ましくは 1.6、さらに好ましくは 1.4 を越えている。

【 0 0 6 9 】

このように、上記参考例、実施形態とも、収差を上記の許容値内に抑えることができるものであるが、これは、収差がかかる許容値内に収まるように、波面収差が色収差でキャンセルし合うレンズ面形状としていることによるものである。これに対し、先の特開 2 0 0 1 - 5 1 1 9 2 号公報では、単に入射レーザビームを D V D レーザビームの波長の整数倍分位相シフトすることにより、C D の収差低減を図るようにしたものであるから、いずれか 1 つの波長に対しては、収差を充分小さく抑えることができるとしても、全ての波長に対して、上記のような小さい値の許容値内に収差を同時に納めることができないのである。

【 0 0 7 0 】

以上の参考例及び実施形態では、D V D と C D とで基板厚さが夫々  $0.6\text{mm}$  と  $1.2\text{mm}$  と異なることによる波面収差が  $655\text{nm}$  と  $790\text{nm}$  との波長の差による色収差により打ち消して総合的な収差が低減されていることが、図 5 及び図 7 に示す光スポット及び図 4 , 図 6 に示す波面収差のグラフから明らかである。また、以上の参考例及び実施形態では、対物レンズ 1 の光入射側面 A の面形状は上記表 1 に示す点列データ、数 1 0 及び表 2 で与えられ、光出射側面 B の面形状は上記数 6 , 数 1 1 に示す非球面の式により与えられるので、先の従来例のような回折レンズ構造を用いておらず、また、記録または再生に必要な開口 ( N A ) に対してほぼ全ての光束を集光することができるので、高い光利用効率を得られることになる。

【 0 0 7 1 】

なお、以上の参考例及び実施形態では、図 1 に示すように、ほぼ開口数  $NA = 0.47$  から開口数  $NA = 0.63$  までの対物レンズ 1 の外側領域は D V D のみに使用され、C D では使用しないので、かかる外側領域での光入射側面 A , 光出射側面 B のいずれか一方または双方

10

20

30

40

50

にDVDのときの波長655nmの光を透過し、CDのときの波長790nmの光を透過しない薄膜処理を施したり、あるいは、かかる外側領域での光入射側面A、光出射側面Bのいずれか一方または双方に波長655nmの光には作用しないが、波長790nmの光に作用するような回折格子を形成して、波長655nmの光利用効率を落とさずに、波長790nmの光利用効率を落とすようにしてもよい。

#### 【0072】

即ち、以上の参考例及び実施形態のごとく、異なる開口数の系に共用する際に、開口数に応じた絞りを設定できない場合には、開口数の小さな光学系においては、余分の光束をも受容することになるので、開口数の大きな光学系に合致して設計されたレンズの外側領域部分を通過する光が、開口数が小さな光学系に悪影響を及ぼさないような配慮をすることが望ましい。例えば、レンズの外側領域を通過した光がディスク面には集光しないように、横収差量が0.015mm以上となるようにするのが望ましい。

10

#### 【0073】

また、以上の実施形態では、DVDとCDとの2種類の光ディスクを例としたが、本発明は、これに限らず、これら以外の種類が異なる光ディスクであってもよいし、また、基板の厚みが異なる3種類以上の光ディスクに対しても、適用可能であり、夫々毎に使用するレーザビームの波長を異ならせ、これらに応じて、色収差が波面収差を打ち消すように、レンズ面形状を設定すればよい。

#### 【0074】

図8は本発明による対物レンズを用いた光ヘッドの一具体例を示す構成図であって、11はDVDレーザ、12はCDレーザ、13、14はハーフプリズム、15はコリメータレンズ、16は検出レンズ、17は光検出器、18は回折格子、19はアクチュエータであり、図1に対応する部分には同一符号をつけている。

20

#### 【0075】

同図において、DVDディスク2を記録または再生する場合には、DVDレーザ11を駆動する。DVDレーザ11から発生される波長655nmのレーザビームが、ハーフプリズム13で反射し、ハーフプリズム14を透過してコリメータレンズ15に入射する。コリメータレンズ15を通過して平行光となってレーザビームは、対物レンズ1に入射して集光され、DVDディスク2の情報記録面に光スポットを形成する。そして、DVDディスク2で反射した反射光が対物レンズ1により平行光となり、コリメータレンズ15に入射する。コリメータレンズ15はこの平行光を収束光にし、この収束光はハーフプリズム14、13を透過し、検出レンズ16を通過して光検出器17に到達する。光検出器17の検出出力信号は信号処理回路（図示せず）に供給され、情報記録再生信号やフォーカス誤差信号、トラッキング誤差信号が得られる。図示しないシステム制御回路は、得られたフォーカス誤差信号とトラッキング誤差信号をもとに、適正なフォーカス位置とトラッキング位置に対物レンズ1が位置するように、アクチュエータ駆動回路（図示せず）を制御してアクチュエータ19を駆動する。

30

#### 【0076】

CDディスク3を記録または再生場合には、CDレーザ12を駆動する。CDレーザ12から発生される波長790nmのレーザビームが回折格子18を通り、ハーフプリズム14で反射されてコリメータレンズ15に入射する。コリメータレンズ15を通過して平行光となったレーザビームは、対物レンズ1に入射して集光され、CDディスク3の情報記録面に光スポットを形成する。そして、CDディスク3で反射した反射光が対物レンズ1により平行光となり、コリメータレンズ15に入射する。コリメータレンズ15はこの平行光を収束光にし、この収束光はハーフプリズム14、13を透過し、検出レンズ16を通過して光検出器17に到達する。光検出器17の検出出力信号は図示しない信号処理回路に供給され、情報記録再生信号やフォーカス誤差信号、トラッキング誤差信号が得られる。

40

#### 【0077】

なお、CDディスク3の場合のトラッキング誤差信号は、CDレーザ12からのレーザ

50

ビームを、回折格子 18 により、0 次光と±1 次光の 3 ビームに分歧し、これら ±1 次光によりトラッキング誤差信号を得るようにしている。

【0078】

このようにして得られたトラッキング誤差信号とフォーカス誤差信号とにより、DVD ディスク 2 と同様にして、適正なフォーカス位置とトラッキング位置に対物レンズ 1 が位置するように、アクチュエータ 19 を駆動する。

【0079】

なお、この具体例において、対物レンズ 1 の代わりに、コリメータレンズ 15 あるいはハーフプリズム 14 など両ディスクに共通する光学系において、本発明における対物レンズと同様の機能を持つように光学設計することもできる。また、図示しないが、本発明の対物レンズと同等の機能を有する他の光学要素をハーフプリズム 14 からディスク 2 またはディスク 3 に至る光路に配置することによってもよい。

10

【0080】

なお、コリメータレンズ 15 は必ずしも必要ではなく、いわゆる有限系の光学系でも、本発明は適用可能である。

【0081】

図 9 は本発明による対物レンズを用いた光ディスク装置の一具体例を示す構成図であって、20 はアクチュエータ駆動回路、21 は信号処理回路、22 はレーザ駆動回路、23 はシステム制御回路、24 はディスク判別手段であり、図 8 に対応する部分には同一符号をつけている。

20

【0082】

同図において、光ピックアップ装置部分については、図 8 に示す構成と同様である。

【0083】

まず、装着されたディスクの種類をディスク判別手段 24 により判別する。そのディスク判別方法としては、ディスクの基板の厚さを光学的にもしくは機械的な方法で検出する方法、ディスクまたはディスクのカートリッジに予め記録された識別マークを検出する方法などが考えられる。もしくは、ディスクの厚さ、種類を仮定してディスクの信号を再生し、正常な信号が得られなければ、別の厚さ、種類のディスクであると判断する方法でもよい。ディスク判別結果は、ディスク判別手段 24 からシステム制御回路 23 に伝達される。

30

【0084】

DVD ディスクであると判別された場合には、システム制御回路 23 よりレーザ駆動回路 22 に対して DVD レーザを点灯させるような信号が伝達され、レーザ駆動回路 22 により DVD レーザ 11 が点灯される。これにより、光ヘッドでは、図 8 に示した光ヘッドの具体例と同様に、波長 655 nm のレーザビームが光検出器 17 に到達する。この光検出器 17 からの検出信号が信号処理回路 21 に送られて情報記録再生信号とフォーカス誤差信号とトラッキング誤差信号とが生成され、システム制御回路 23 に送られる。システム制御回路 23 では、これらフォーカス誤差信号とトラッキング誤差信号とに基づいて、アクチュエータ駆動回路 20 を制御し、この制御に基づいてアクチュエータ駆動回路 20 がアクチュエータ 19 を駆動して対物レンズ 1 をフォーカス方向及びトラッキング方向に移動させる、いわゆるサーボ回路の動作により、フォーカス制御及びトラッキング制御が正規に行なわれて、対物レンズ 1 が DVD ディスク 2 に対して正しい位置に位置するように、上記の各回路及びアクチュエータ 19 が動作するものとし、その結果、情報記録再生信号が良好に得られる。

40

【0085】

装着されたディスクが CD ディスク 3 であると判別された場合には、システム制御回路 23 より、レーザ駆動回路 22 に対して CD レーザ 12 を点灯させるような信号が伝達される。これにより、CD レーザ 12 から波長 790 nm のレーザビームが発生する。これ以降の動作は図 8 に光ヘッドの場合と同様であり、このレーザビームが光検出器 17 に到達し、上記の DVD ディスク 2 の場合と同様に、各回路やアクチュエータ 19 が作動してサ

50

ーボ動作が行なわれ、情報記録再生信号が良好に得られる。

【図面の簡単な説明】

【0086】

【図1】本発明による対物レンズの実施形態を示す図である。

【図2】図1に示す実施形態のレンズ面形状の一具体例を示す図である。

【図3】対物レンズと光ディスクの透明基板とからなる光学系での光路長を説明するための図である。

【図4】図1に示す参考例の波面収差の測定結果の一具体例を示すグラフ図である。

【図5】図1に示す参考例を用いた光ディスク装置での種類が異なる光ディスクに対する光スポットの計算結果を示す図である。

10

【図6】本発明による対物レンズの実施形態の波面収差の測定結果の一具体例を示すグラフ図である。

【図7】本発明による対物レンズの実施形態を用いた光ディスク装置での種類が異なる光ディスクに対する光スポットの計算結果を示す図である。

【図8】本発明による光ヘッドの一具体例を示す図である。

【図9】本発明による光ディスク装置の一具体例を示す図である。

【符号の説明】

【0087】

1 実施形態の対物レンズ

2 DVDの透明基板

20

2a 情報記録面

3 CDの透明基板

3a 情報記録面

4, 5 レーザビーム

11 DVDレーザ

12 CDレーザ

13, 14 ハーフプリズム

15 コリメータレンズ

16 検出レンズ

17 光検出器

30

18 回析格子

19 アクチュエータ

20 アクチュエータ駆動回路

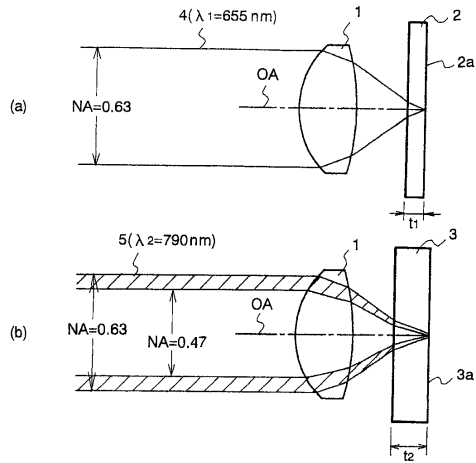
21 信号処理回路

22 レーザ駆動回路

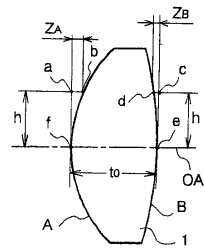
23 システム制御回路

24 ディスク判別手段

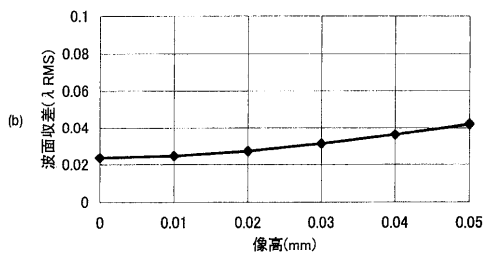
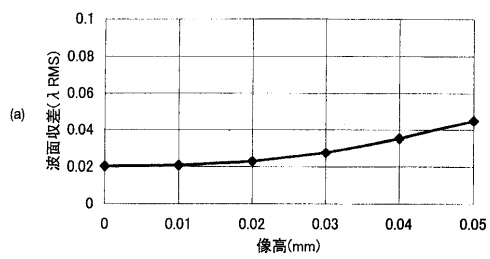
【図 1】



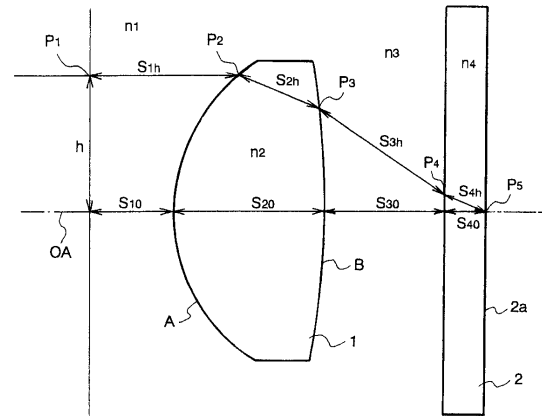
【図 2】



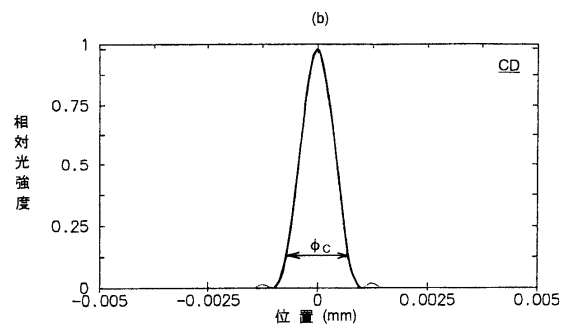
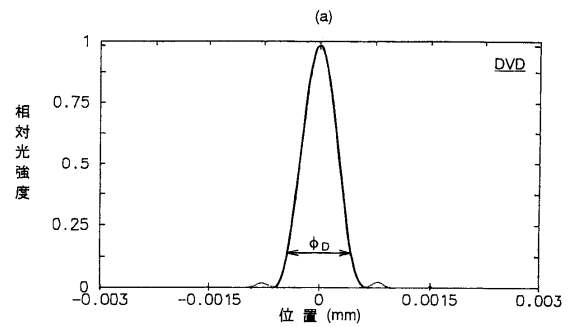
【図 4】



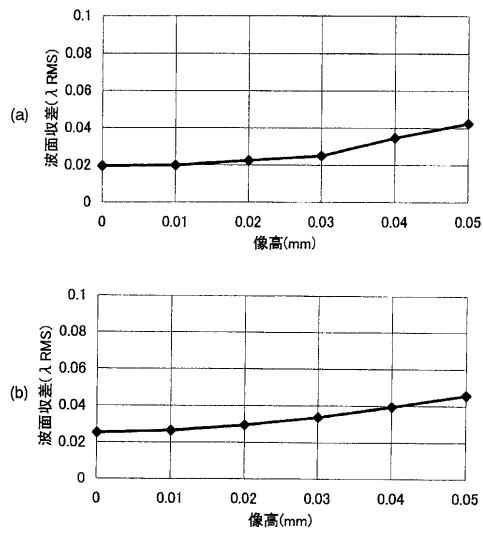
【図 3】



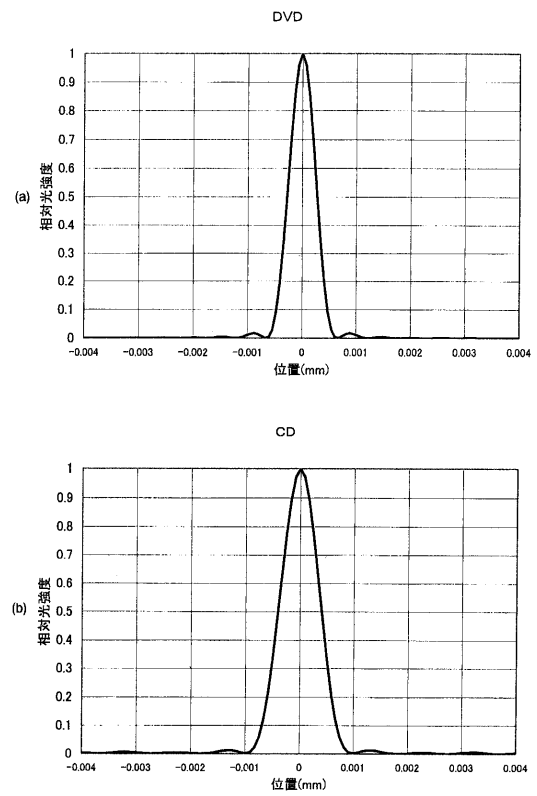
【図 5】



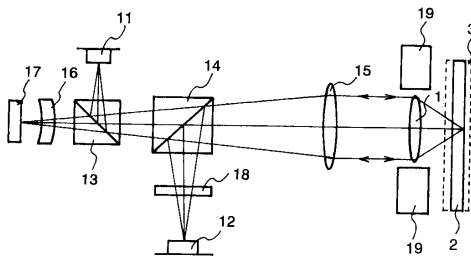
【図 6】



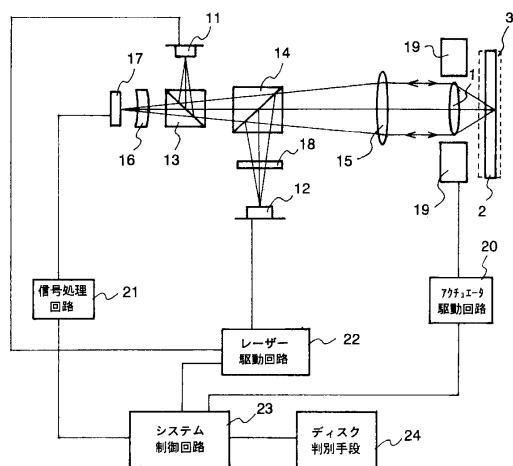
【図 7】



【図 8】



【図 9】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2001-344798(JP,A)  
特開2001-051192(JP,A)  
特開平08-334690(JP,A)  
特開平10-255305(JP,A)  
特開平11-016190(JP,A)  
特開平10-233034(JP,A)  
特開平10-124912(JP,A)  
特開2000-348376(JP,A)  
特開2002-175639(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G02B 9/00-17/08