

(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.C1.

F 1

G02B 13/00	(2006.01)	G02B 13/00
G02B 13/18	(2006.01)	G02B 13/18
G11B 7/135	(2006.01)	G11B 7/135
		A
		G11B 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
 大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号
 (74) 代理人 100078134
 弁理士 武 顯次郎
 (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 濱川 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、

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

10

20

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 C D (Compact Disc : C D - R などの C D も含む) や D V D (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、 C D や D V D 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 10 ようにした互換型光ディスク装置が提案されている。 C D や D V D 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 C D と D V D 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、 C D では、透明基板の厚さが 1.2mm 、 D V D 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。 20

【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なされた光ディスク装置が提案されている。 30

【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 (D V D) 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 (C D) 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) 。 40

【0005】

また、他の代表例は、薄い透明基板の D V D 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 C D 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 D V D 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 C D に対し、上記長波長のレーザービームの上記回折光と同一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、 D V D に対して上記の短波長のレーザービームを用いるのは、 C D に比べて D V D の記録密度 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N Aに反比例する）。

【0007】

なお、レンズ面に輪帯状位相シフタ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₁が640nmのレーザ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）をもつて形成し、かかる段差d_iにより、夫々の屈折面によってDVDのレーザビームが基準レンズ面に対してこの波長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。10

【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ある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。20

【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）のレーザビームとCDに用いる長波長（780nm）のレーザビームに対し、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、これら使用レーザビームに対して回折効率がバランスするようになっている）。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。30

【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のレーザビームの波長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のレーザビームに対して、波面収差を充分に低減することができない。40

【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、

出射面が单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

いづ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を提供するものである。

【発明の効果】

【0019】

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。

【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、いづ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】

このことは、基板の厚さが異なる光ディスクのいづれに対しても、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 2a 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 2a 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

10

20

30

40

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P₁を通る光線が光軸OAを横切る点(集光点)P₅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P₂、対物レンズ1からの出射点をP₃、透明基板2への入射点をP₄とし、

点P₁～入射点P₂：空間距離 = S_{1h} 屈折率 = n₁

入射点P₂～出射点P₃：空間距離 = S_{2h} 屈折率 = n₂

出射点P₃～入射点P₄：空間距離 = S_{3h} 屈折率 = n₃

入射点P₄～集光点P₅：空間距離 = S_{4h} 屈折率 = n₄

とすると、点P₁から集光点P₅までの光路長L_h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_h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P₅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ー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P₅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P₅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、光通信などで異なる波長のレーザービームを同一のレンズもしくは光学系を通過させるような場合にも適用可能である。

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はレーザービームである。

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ービーム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t₁は0.6mmであり、このときのレーザービーム4としては、波長λ₁=655nmのレーザービームが開口数NA=0.63の光束として用いられる。かかる条件のもとに、かかるレーザービームは、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、CD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CD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=0.47~0.63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。

【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】

$$Z_B = \frac{Ch^2}{1 + \sqrt{1 - (K+1)C^2 \cdot h^2}} + A_4 \cdot h^4 + A_6 \cdot h^6 + A_8 \cdot h^8 + A_{10} \cdot h^{10} \quad 20$$

$$\text{但し, } C = -0.12301 \quad K = 3.312138 \quad A_4 = 0.01628151$$

$$A_6 = -0.004311717 \quad A_8 = 0.000682316 \quad A_{10} = -0.00004157469$$

【0033】

で表わされるようとする。

【0034】

なお、数6において、上記係数C, K, A₄, A₆, A₈, A₁₀の値を代入して任意の光線高さ h (0)に対する距離 Z_B を求めるとき、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。

10

20

30

40

【表1】

表1

$h(\text{mm})$	$Z_A(\text{mm})$	$h(\text{mm})$	$Z_A(\text{mm})$	$h(\text{mm})$	$Z_A(\text{mm})$	$h(\text{mm})$	$Z_A(\text{mm})$
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
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
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
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		

【0036】

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_1 、 e 間の距離、即ち、中心厚 t_0 は2.2 mmであって、波長 $\lambda_1 = 655 \text{ nm}$ (D V D)での屈折率nは1.54014であり、波長 $\lambda_2 = 790 \text{ nm}$ (C D)での屈折率nは1.5365である。

【0037】

41

(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への入射レーザビームが入射角 0° である場合(即ち、光軸OAに平行な平行光)について、D V D(波長 $\lambda_1 = 655 \text{ nm}$)、C D(波長 $\lambda_2 = 790 \text{ nm}$)ともに、R M S(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、D V D, C D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 λ_1, λ_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 λ_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 λ_i を用いた場合について、これら波長 λ_i の入射レーザビームが入射角0°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 λ_i （ $i = 1, 2, \dots$ ）、全ての波長にわたる個々のR M S波面収差の二乗の総和を W_i^2 、波長 λ_i の光ビームのR M S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、D V Dの波面収差を W_1 、C D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 λ_i のレーザビームを用いる場合、夫々の波長 λ_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、D V Dの波面収差 W_1 とC D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R M S波面収差の測定結果を示すものであって、横軸に像高(m m)を取り、縦軸にR M S波面収差を取っている。ここで、入射角は0°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D V D(波長 $\lambda_1 = 655 \text{ nm}$)に対するR M S波面収差を示しており、像高=0 mmのときには、R M S波面収差=0.02130₁であった。また、図4(b)はC D(波長 $\lambda_2 = 790 \text{ nm}$)に対するR M S波面収差を示しており、像高=0 mmのときには、R M S波面収差=0.02410₂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、 D V D , C D について、 R M S 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。

【 0 0 4 6 】

(ii) D V D , C D 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

【 0 0 4 7 】

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。

【 0 0 4 8 】

(iii) D V D , C D について、 W_{\max} / W_{\min} 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

【 0 0 4 9 】

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 D V D , C D 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 (= 0 mm) 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。

【 0 0 5 0 】

図 5 (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 は $0.85 \mu m$ である。また、図 5 (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 c は $1.37 \mu m$ であった。このように、 D V D , C D 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

【 0 0 5 1 】

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。

【 0 0 5 2 】

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、 D V D , C D 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。

【 0 0 5 3 】

40

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 O A 側から j 番目の区間での点 a , b 間の距離を次の関数 $Z_{A,j}$ で、即ち、

【数10】

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

【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, A₄, A₆, A₈, A₁₀, A₁₂, A₁₄, A₁₆を示すと、次の表2に示すようになる。

【表2】

表2

区間j	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

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

【0056】

30

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11】

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

但し、 $C = -0.0747792$ $K = 15.7398$ $A_4 = 0.012308$

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

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=0mmのときには、RMS波面収差=0.01945 λ_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=0mmのときには、RMS波面収差=0.02525 λ_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 λ_1 , 0.02525 λ_2 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。

【0062】

(ii) DVD, CDについて、上記数8により、

【数12】

30

$$\sqrt{(W_1^2 + W_2^2)/2} = \sqrt{(0.01945^2 + 0.02525^2)/2} \\ = 0.02254$$

【0063】

40

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。

【0064】

(iii) DVD, CDについて、Wmax/Wmin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。

【0066】

図7(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 d_p は $0.89\mu m$ である。また、図7(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 d_c は $1.30\mu m$ であった。このように、DVD、CD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。

【0067】

なお、一例として、先の特開2001-51192号公報に記載のDVDとCDとの収差をみると、

10

$$\begin{array}{ll} \text{DVD : } 0.001 & \text{CD : } 0.047 \\ \text{DVD : } 0.019 & \text{CD : } 0.037 \end{array}$$

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

の2つの例が挙げられているが、いずれにおいても、CD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13】

$$\sqrt{(W_{1z}^2 + W_{2z}^2)/2}$$

20

【0068】

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_{max}/W_{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。

【0069】

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2001-51192号公報では、単に入射レーザビームをDVD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、CD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。

30

【0070】

以上の参考例及び実施形態では、DVDとCDとで基板厚さが夫々 0.6mm と 1.2mm と異なることによる波面収差が 655nm と 790nm 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10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11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、高い光利用効率が得られることがある。

40

【0071】

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 $N.A. = 0.47$ から開口数 $N.A. = 0.63$ までの対物レンズ1の外側領域はDVDのみに使用され、CD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

50

に D V D のときの波長 655 nm の光を透過し、 C D のときの波長 790 nm 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 655 nm の光には作用しないが、波長 790 nm の光に作用するような回折格子を形成して、波長 655 nm の光利用効率を落とさずに、波長 790 nm の光利用効率を落とすようにしてもよい。

【 0 0 7 2 】

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 0.015 mm 以上となるようにするのが望ましい。10

【 0 0 7 3 】

また、以上の実施形態では、 D V D と C D 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。

【 0 0 7 4 】

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、 1 20
1 は D V D レーザ、 1 2 は C D レーザ、 1 3 , 1 4 はハーフプリズム、 1 5 はコリメータレンズ、 1 6 は検出レンズ、 1 7 は光検出器、 1 8 は回折格子、 1 9 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。

【 0 0 7 5 】

同図において、 D V D ディスク 2 を記録または再生する場合には、 D V D レーザ 1 1 を駆動する。 D V D レーザ 1 1 から発生される波長 655 nm のレーザビームが、ハーフプリズム 1 3 で反射し、ハーフプリズム 1 4 を透過してコリメータレンズ 1 5 に入射する。コリメータレンズ 1 5 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、 D V D 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、 D V D 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 1 5 に入射する。30
コリメータレンズ 1 5 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 1 4 , 1 3 を透過し、検出レンズ 1 6 を通って光検出器 1 7 に到達する。光検出器 1 7 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 1 9 を駆動する。

【 0 0 7 6 】

C D ディスク 3 を記録または再生する場合には、 C D レーザ 1 2 を駆動する。 C D レーザ 1 2 から発生される波長 790 nm のレーザビームが回折格子 1 8 を通り、ハーフプリズム 1 4 で反射されてコリメータレンズ 1 5 に入射する。コリメータレンズ 1 5 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、 C D 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、 C D 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 1 5 に入射する。コリメータレンズ 1 5 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 1 4 , 1 3 を透過し、検出レンズ 1 6 を通って光検出器 1 7 に到達する。光検出器 1 7 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

【 0 0 7 7 】

なお、 C D ディスク 3 の場合のトラッキング誤差信号は、 C D レーザ 1 2 からのレーザ

ビームを、回折格子18により、0次光と±1次光の3ビームに分岐し、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つて、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655nm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790nm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

一ホ動作が行なわれ、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 D V D の透明基板

2 a 情報記録面

3 C D の透明基板

3 a 情報記録面

4 , 5 レーザビーム

1 1 D V D レーザ

1 2 C D レーザ

1 3 , 1 4 ハーフプリズム

1 5 コリメータレンズ

1 6 検出レンズ

1 7 光検出器

1 8 回析格子

1 9 アクチュエータ

2 0 アクチュエータ駆動回路

2 1 信号処理回路

2 2 レーザ駆動回路

2 3 システム制御回路

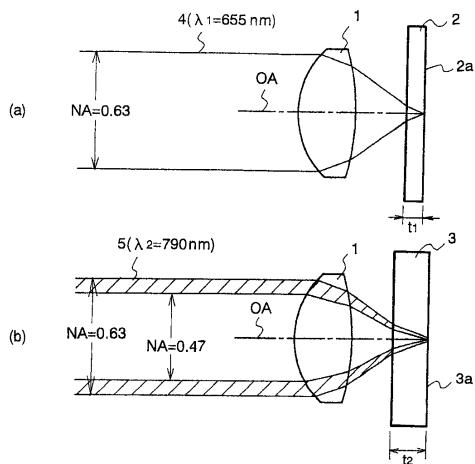
2 4 ディスク判別手段

10

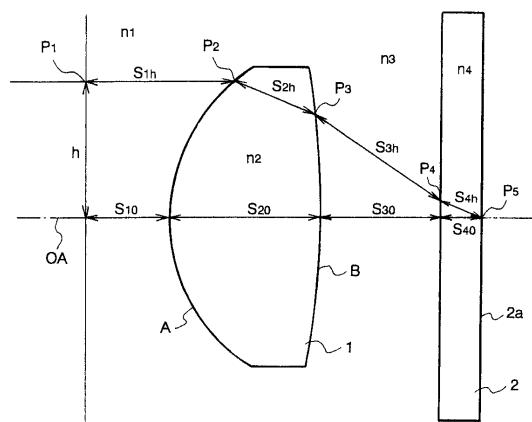
20

30

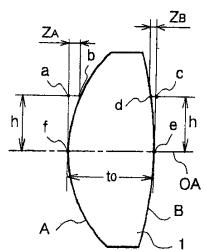
【図1】



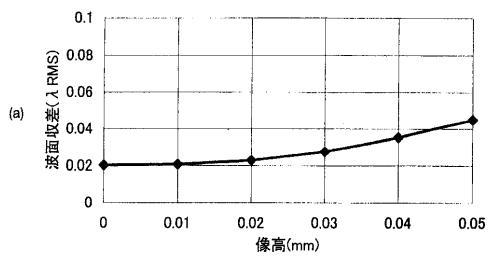
【図3】



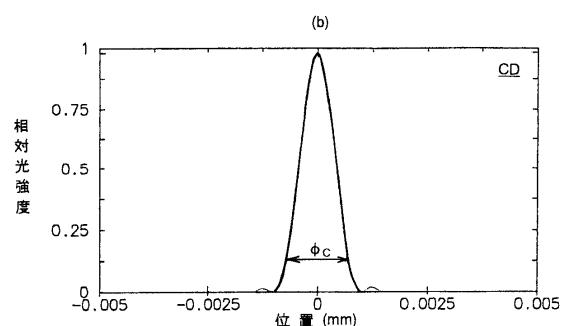
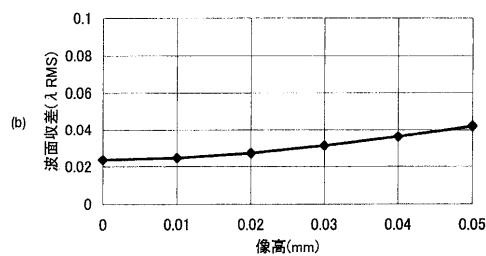
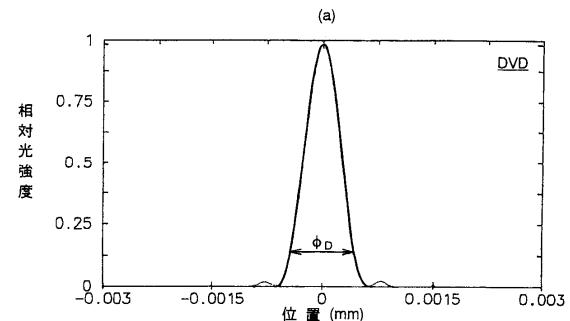
【図2】



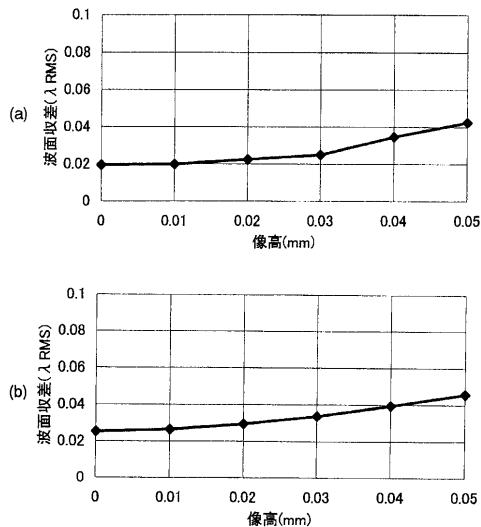
【図4】



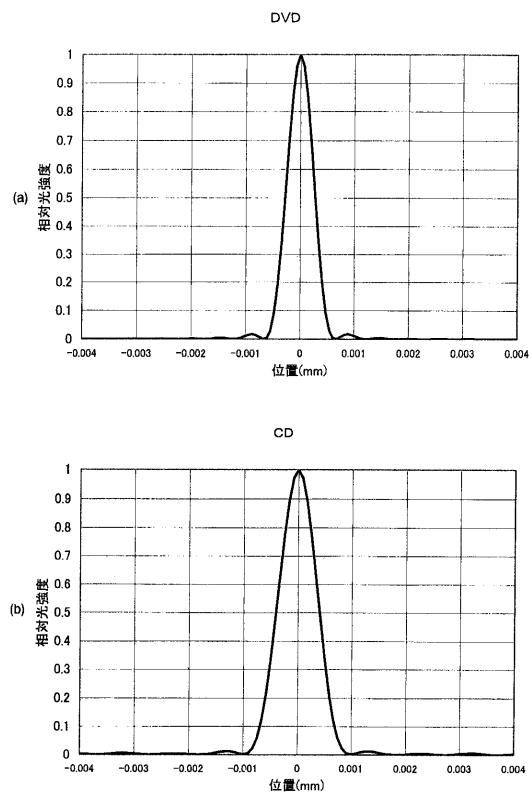
【図5】



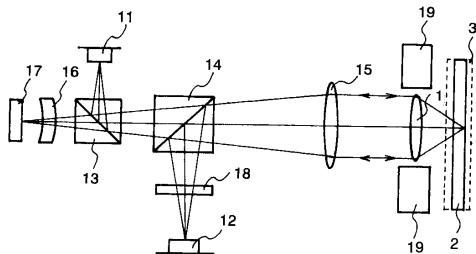
【図6】



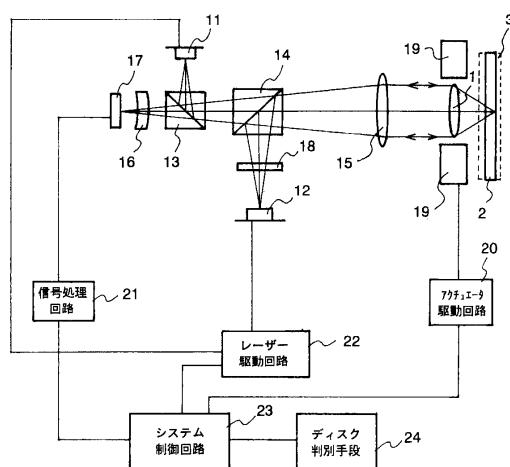
【図7】



【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