

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4359894号
(P4359894)

(45) 発行日 平成21年11月11日(2009.11.11)

(24) 登録日 平成21年8月21日(2009.8.21)

(51) Int.Cl. F I
G 1 1 B 7/135 (2006.01) G 1 1 B 7/135 Z
 G 1 1 B 7/135 A

請求項の数 10 (全 91 頁)

(21) 出願番号	特願2006-8412 (P2006-8412)	(73) 特許権者	00001270
(22) 出願日	平成18年1月17日 (2006.1.17)		コニカミノルタホールディングス株式会社
(62) 分割の表示	特願2000-13071 (P2000-13071) の分割		東京都千代田区丸の内一丁目6番1号
原出願日	平成12年1月21日 (2000.1.21)	(74) 代理人	100107272
(65) 公開番号	特開2006-107734 (P2006-107734A)		弁理士 田村 敬二郎
(43) 公開日	平成18年4月20日 (2006.4.20)	(74) 代理人	100109140
審査請求日	平成19年1月15日 (2007.1.15)		弁理士 小林 研一
(31) 優先権主張番号	特願平11-41925	(72) 発明者	大田 耕平
(32) 優先日	平成11年2月19日 (1999.2.19)		東京都八王子市石川町2970番地 コニ カミノルタオプト株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	荒井 則一
(31) 優先権主張番号	特願平11-95347		東京都八王子市石川町2970番地 コニ カミノルタオプト株式会社内
(32) 優先日	平成11年4月1日 (1999.4.1)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ピックアップ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光情報記録媒体に対して情報を記録および/または再生する光ピックアップ装置であつて、

透明基板を有する第2光情報記録媒体に対して、情報を記録および/または再生するための波長 1 の光束を出射する第1の光源と、

透明基板を有する第1光情報記録媒体に対して、情報を記録および/または再生するための波長 2 (ここで、 $1 < 2$) の光束を出射する第2の光源と、

前記第1光情報記録媒体の透明基板よりも厚くかつ前記第2光情報記録媒体の透明基板よりも厚い透明基板を有する第3光情報記録媒体に対して、情報を記録および/または再生するための波長 3 (ここで、 $2 < 3$) の光束を出射する第3の光源と、

前記各光源から出射された光束が入射され、該光束を前記各光情報記録媒体に集光させるための対物レンズと、を備え、

前記第3光情報記録媒体に対して情報を記録および/または再生するために必要な前記対物レンズの像側開口数をNA3としたとき、

前記対物レンズは、前記第3光情報記録媒体に対して情報を記録および/または再生する際に、前記NA3よりも大きな像側開口数の領域を通過する光束が、フレアとなるように構成されており、

以下の条件式(1)及び(2)を満たすことを特徴とする光ピックアップ装置。

$$m_1 \quad m_2 \quad (1)$$

m_1 m_3 (2)

ただし、 m_1 は前記第 1 の光源からの光束を用いる際の前記対物レンズの倍率、 m_2 は前記第 2 の光源からの光束を用いる際の前記対物レンズの倍率、 m_3 は前記第 3 の光源からの光束を用いる際の前記対物レンズの倍率である。

【請求項 2】

以下の条件式 (3) 及び (4) を満たすことを特徴とする請求項 1 に記載の光ピックアップ装置。

$$m_1 > m_2 \quad (3)$$

$$m_1 > m_3 \quad (4)$$

【請求項 3】

前記第 1 の光源から出射される前記波長 1 の光束は、青色レーザからの光束であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 4】

前記対物レンズが回折構造を有することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 5】

前記回折構造は、前記第 1 光情報記録媒体と前記第 3 光情報記録媒体の前記透明基板の厚さの違いに基づいて発生する前記波長 2 の光束と前記波長 3 の光束の球面収差を補正することを特徴とする請求項 4 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 6】

前記回折構造は、前記第 2 光情報記録媒体、前記第 1 光情報記録媒体及び前記第 3 光情報記録媒体の前記透明基板の厚さの違いに基づいて発生する前記波長 1 の光束、前記波長 2 の光束及び前記波長 3 の光束の球面収差を補正することを特徴とする請求項 4 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 7】

前記第 3 の光源から出射された光束を発散光として前記対物レンズに入射するためのカップリングレンズを有することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 8】

前記対物レンズが単玉で構成されることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 9】

前記対物レンズが 2 つのレンズからなることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 10】

前記第 2 の光源および前記第 3 の光源がユニット化されていることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、異なる光情報記録媒体に対して情報の記録および/または再生を行う光ピックアップ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、短波長赤色レーザの実用化に伴い、CD (コンパクトディスク) と同程度の大きさで大容量化させた高密度の光情報記録媒体 (光ディスクともいう) である DVD が製品化されている。DVD 用記録再生装置では、650nm の半導体レーザを使用したときの対物レンズの光ディスク側の開口数 NA を 0.6 ~ 0.65 としている。DVD はトラックピッチ 0.74 μm 、最短ビット長 0.4 μm であり、CD のトラックピッチ 1.6 μm 、最短ビット長 0.83 μm に対して半分以下に高密度化されている。また、DVD に

10

20

30

40

50

おいては、光ディスクが光軸に対して傾いたときに生じるコマ収差を小さく抑えるために、透明基板厚は0.6mmとCDの透明基板厚の半分になっている。

【0003】

また、上述したCD、DVDの他に、光源波長や透明基板厚さが異なるなど種々の規格の光ディスク、例えばCD-R、RW（追記型コンパクトディスク）、VD（ビデオディスク）、MD（ミニディスク）、MO（光磁気ディスク）なども商品化されて普及している。さらに半導体レーザーの短波長化が進み、発振波長400nm程度の短波長青色レーザーが実用化されようとしている。波長が短くなることでたとえDVDと同じ開口数を用いても光情報記録媒体の更なる大容量化が可能となる。

【0004】

また、上述のような従来の光情報記録媒体であるCDと同程度の大きさで、記録再生が可能なCD-Rや、記録密度を高めたDVDなど、記録面の透明基板の厚みや記録再生用レーザー光の波長の異なる複数の光情報記録媒体の開発が進み、これらの光情報記録媒体に対して、同一の光ピックアップでの記録再生を可能とすることが求められている。このため、使用波長に応じた複数のレーザー光源を備えながら、同一の対物レンズで記録面へ必要な開口数でレーザー光を収束する光ピックアップが、各種提案されている（例えば特開平8-55363号公報、同平10-92010号公報など）。

【0005】

これらのうち、特開平9-54973号公報には、635nmを透過光（0次回折光）、785nmは-1次回折光を利用したホログラム光学素子を用いた光学系および635nmを+1次回折光、785nmは透過光（0次回折光）を利用したホログラム光学素子を用いた光学系が開示されている。また、特開平10-283668号公報には、650nmではホログラム型リングレンズを100%透過し、780nmでは、ホログラム型リングレンズで1次回折される光学系が開示されている。

【0006】

しかしながら、これらのホログラム素子ならびにホログラム型リングレンズにおいて、一方の波長で0次光の回折効率をほぼ100%とした場合に、どうしても、他方の波長での、+1次回折光もしくは-1次回折光の回折効率には限界があり、所望の高い回折効率は得られず、光量のロスが生じ、光量の利用効率が悪くなってしまうという問題があった。光量のロスが生じる場合、特に情報の記録時においては、より高パワーのレーザーが必要になってしまう。

【0007】

また、ホログラム素子ならびにホログラム型リングレンズにおいて、一方の波長で0次光の回折効率をほぼ100%とし、他方の波長で、できるだけ0次光を透過させず、+1次回折光もしくは-1次回折光の回折効率を大きくする場合、ホログラムの深さが3.8~5.18μmと深くなってしまっていた。このため、特に対物レンズに、ホログラム光学素子もしくはホログラム型リングレンズの機能を一体化させた場合、金型の加工、成形が非常に困難であるという問題も有していた。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明者等は先に、同心円状に分割された複数の輪帯からなり、各輪帯は、波長の異なる複数の光源、及び/または、記録面の厚みの異なる透明基板に対してほぼ回折限界に収差補正され、構成が簡素化された光ピックアップを構成できる対物レンズを提案した（特願平9-286954号）。この対物レンズは、使用波長及び/または透明基板の厚みに応じて自動的に必要な開口を得られるという機能を有している。しかし、レーザー光源と光検出器が一体となったレーザー/検出器集積ユニットを使用した場合、光検出器に入射するフレア光により、正確な検出が出来ない場合が生じるという問題があった。これは特に、ホログラムを利用して光束を偏向し光検出器に導く方式のレーザー/検出器集積ユニットにおいて顕著である。また、DVD系の記録可能なディスク（DVD-RAM、DVD-R

10

20

30

40

50

、DVD-RW、DVD+RW等)や、CD系の記録可能なディスク(CD-R、CD-RW等)に高速記録する場合、専用レンズを使った光学系と比べて、一部の光がフレアとなるため光量の利用効率が悪く、レーザ光源のパワーを大きくする必要があった。

【0009】

本発明の目的は、互いに異なる3つの波長の光をそれぞれ用いる、異なる種類の光情報記録媒体の記録及び/または再生を、1つの光ピックアップ装置で可能とする、光ピックアップ装置を提供することである。

【0010】

さらには、互いに異なる少なくとも3つの波長の光を用い、異なる種類の光情報記録媒体に適用する場合であっても、大きな球面収差や色収差を発生させることなくそれぞれの異なる光情報記録媒体に対して、情報の記録および/または再生を、1つのピックアップ装置で可能とすることを目的とする。しかも、簡単な構成である光ピックアップ装置を提供することも目的とする。特に、厚さの異なる透明基板を有する異なる種類の光情報記録媒体を用いる場合には、球面収差の問題がさらに深刻になるが、そのような場合であっても、大きな球面収差や色収差を発生させることなくそれぞれの異なる光情報記録媒体に対して、情報を記録および/または再生を、1つの光ピックアップ装置で行えるようにすることも目的とする。

【0011】

さらに、複数のレーザや複数の検出器の集積ユニットを用いたピックアップ装置においても、検出に悪影響を与えてしまうようなフレア光が光検出器上に照射されることなく、光検出器による光の検出が良好に行え、検出におけるS字特性も良好とすることを目的とする。さらに、光量のロスが少なく、光量の利用効率に優れた光ピックアップ装置を提供することも本発明の目的である。

【0012】

使用波長および透明基板厚さが異なるDVDおよびCDの両方に対して、大きな球面収差や色収差を発生させることなく一つの対物レンズを使用して情報を記録および/または再生するための互換性のある光学系が種々提案されている。しかしながら、実用化されているものは、光源からの発散光束をカップリングレンズでその発散度を弱めるかもしくは平行光束とするかあるいは弱い収束光束とし、対物レンズと光情報記録媒体の透明基板とを介して情報記録面に光束を収束させる構成になっており、カップリングレンズと対物レンズの2つのレンズを必要としている。そのため、光ピックアップ装置を小型薄型化するのが困難で、しかもコストが高くなるという問題がある。

【0013】

一方、前述の様にCDやDVD以外の様々な光ディスクが普及してきており、これらの光ディスクに対しても互換性がある、しかも構成が簡単な光学系およびこれを備えた光ピックアップ装置が必要とされている。かかる光ピックアップ装置を提供することも本発明の目的である。

【課題を解決するための手段】

【0014】

請求項1に記載の光ピックアップ装置は、光情報記録媒体に対して情報を記録および/または再生する光ピックアップ装置であって、透明基板を有する第2光情報記録媒体に対して、情報を記録および/または再生するための波長 λ_1 の光束を出射する第1の光源と、透明基板を有する第1光情報記録媒体に対して、情報を記録および/または再生するための波長 λ_2 (ここで、 $\lambda_1 < \lambda_2$)の光束を出射する第2の光源と、前記第1光情報記録媒体の透明基板よりも厚くかつ前記第2光情報記録媒体の透明基板よりも厚い透明基板を有する第3光情報記録媒体に対して、情報を記録および/または再生するための波長 λ_3 (ここで、 $\lambda_2 < \lambda_3$)の光束を出射する第3の光源と、前記各光源から出射された光束が入射され、該光束を前記各光情報記録媒体に集光させるための対物レンズと、を備え、前記第3光情報記録媒体に対して情報を記録および/または再生するために必要な前記対物レンズの像側開口数をNA3としたとき、前記対物レンズは、前記第3光情報記録媒

10

20

30

40

50

体に対して情報を記録および/または再生する際に、前記N A 3よりも大きな像側開口数の領域を通過する光束が、フレアとなるように構成されており、以下の条件式(1)及び(2)を満たすことを特徴とする光ピックアップ装置である。

$$m_1 \quad m_2 \quad (1)$$

$$m_1 \quad m_3 \quad (2)$$

ただし、 m_1 は前記第1の光源からの光束を用いる際の前記対物レンズの倍率、 m_2 は前記第2の光源からの光束を用いる際の前記対物レンズの倍率、 m_3 は前記第3の光源からの光束を用いる際の前記対物レンズの倍率である。

【0015】

請求項2に記載の発明は、以下の条件式(3)及び(4)を満たすことを特徴とする請求項1に記載の光ピックアップ装置である。

$$m_1 > m_2 \quad (3)$$

$$m_1 > m_3 \quad (4)$$

【0016】

請求項3に記載の発明は、前記第1の光源から出射される前記波長1の光束は、青色レーザからの光束であることを特徴とする請求項1または2に記載の光ピックアップ装置である。

【0020】

請求項4に記載の発明は、前記対物レンズが、回折構造を有することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置である。

【0021】

請求項5に記載の発明は、前記回折構造が、前記第1光情報記録媒体と前記第3光情報記録媒体の前記透明基板の厚さの違いに基づいて発生する前記波長2の光束と前記波長3の光束の球面収差を補正することを特徴とする請求項4に記載の光ピックアップ装置である。

【0022】

請求項6に記載の発明は、前記回折構造が、前記第2光情報記録媒体、前記第1光情報記録媒体及び前記第3光情報記録媒体の前記透明基板の厚さの違いに基づいて発生する前記波長1の光束、前記波長2の光束及び前記波長3の光束の球面収差を補正することを特徴とする請求項4に記載の光ピックアップ装置である。

【0023】

請求項7に記載の発明は、前記第3の光源から出射された光束を発散光として前記対物レンズに入射するためのカップリングレンズを有することを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置である。

【0024】

請求項8に記載の発明は、前記対物レンズが単玉で構成されることを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置である。

【0025】

請求項9に記載の発明は、前記対物レンズが2つのレンズからなることを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置である。請求項10に記載の発明は、前記第2の光源および前記第3の光源がユニット化されていることを特徴とする請求項1乃至9のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置である。

【0026】

また、本発明の光ピックアップ装置において、前記第1の光源からの光束、前記第2の光源からの光束及び前記第3の光源からの光束の少なくとも一つが前記回折部を通過することにより、該光束のn次回折光量が該光束の他のいずれの次数の回折光量よりも大きい少なくとも1つの次数の回折光が発生され、前記第1の光源からの光束、前記第2の光源からの光束及び前記第3の光源からの光束の少なくとも他の一つの光束が前記回折部を通過することにより、該光束のn次回折光量が該光束の他のいずれの次数の回折光量よりも

10

20

30

40

50

大きい少なくとも1つの次数の回折光が発生されることが好ましい。ここで、 n は0以外の整数である。

【0027】

なお、 n 次回折光量が他のいずれの次数の回折光量よりも大きいとは、所定の波長の光に対して、 n 次の回折光の回折効率が、 n 次以外の他の次数のそれぞれの回折光の回折効率よりも高いということである。また、 n 次の n は符号まで含むものであり、本発明の回折部を通過した第1の光束において、+1次の回折光を、他の次数の回折光に比して多く発生させた場合は、回折部を通過した第2の光束においても、+1次の回折光を、他の次数の回折光に比して多く発生させる事を意図し、回折部を通過した第2の光束において、-1次の回折光を、他の次数の回折光に比して多く発生させる事まで含むものではない。

10

【0028】

なお、 n 次回折光が、1次回折光もしくは-1次回折光であると、 ± 1 次より高次の回折光を用いる場合と比較して光量の損失が少なくなり好ましい。

【0029】

また、 $m1$ と $m2$ との差の絶対値が、 $0 \sim 1/15$ であることが好ましい。より好ましくは、 $0 \sim 1/18$ である。

【0030】

本発明における情報記録媒体には、例えば、CD、CD-R、CD-RW、CD-Video、CD-ROM等の各種CD、DVD、DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-R、DVD-RW等の各種DVD、或いはMD、LD、MO等のディスク状の情報記録媒体が挙げられる。一般に、情報記録媒体の情報記録面上には透明基板が存在する。もちろん、これらに限られるものではなく、ブルーレーザを用いるような光情報記録媒体も含まれる。

20

【発明の効果】

【0031】

本発明の光ピックアップ装置によれば、互いに異なる3つの波長の光をそれぞれ用いる、異なる種類の光情報記録媒体の記録及び/または再生が、簡単な構成の1つの光ピックアップ装置で可能となる。また、コリメータ等のカップリングレンズの部品点数の削減が可能となるので、光ピックアップ装置を薄型化することができ、しかもコストが高いといった問題を解消することができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0032】

以下、好適な実施の形態について、図面を参照しつつ説明する。

【0033】

本発明の第1の実施の形態の光学系は、基本的には両面非球面の単玉レンズであり、一方の非球面上には回折輪帯（輪帯状の回折面）を設けてある。一般に非球面屈折面では、ある主波長光に対して球面収差を補正した場合、主波長光より短い波長光に対しては球面収差がアンダー（補正不足）となる。これとは逆に、回折面を有するレンズである回折レンズでは、ある主波長光で球面収差を補正した場合、主波長光より短い波長で球面収差をオーバー（補正過剰）とすることが可能である。従って、屈折による非球面レンズの非球面係数と、回折レンズの位相差関数の係数を適当に選んで、屈折パワーと回折パワーとを組み合わせることにより、異なる2波長光の両方で、球面収差を良好に補正することが可能である。

40

【0034】

また、一般に、回折輪帯のピッチは、後述の実施例で詳述する位相差関数若しくは光路差関数を使って定義される。具体的には、位相差関数 B は単位をラジアンとして以下の〔数1〕で表され、光路差関数 b は単位をmmとして〔数2〕で表わされる。

【0035】

【数 1】

$$\Phi_B = \sum_{i=1}^{\infty} B_{2i} h^{2i}$$

10

【0036】

【数 2】

$$\Phi_b = \sum_{i=1}^{\infty} b_{2i} h^{2i}$$

20

これら 2 つの表現方法は、単位が異なるが、回折輪帯のピッチを表わす意味では同等である。即ち、主波長（単位 mm）に対し、位相差関数の係数 B に、 $\lambda/2$ を掛ければ光路差関数の係数 b に換算でき、また逆に光路差関数の係数 b に、 $2/\lambda$ を掛ければ位相差関数の係数 B に換算できる。

【0037】

今、説明を簡単にする為、1 次回折光を用いる回折レンズについて述べることにすると、光路差関数なら、関数値が主波長の整数倍を超える毎に輪帯が刻まれ、位相差関数なら、関数値が 2λ の整数倍を超える毎に輪帯が刻まれることになる。

30

【0038】

例えば、屈折パワーのない円筒状の両平面の物体側面に回折輪帯を刻んだレンズを想定し、主波長を $0.5 \mu = 0.0005 \text{ mm}$ 、光路差関数の 2 次係数（2 乗項）を -0.05 （位相差関数の 2 次係数に換算すると -628.3 ）、他の次数の係数を全て零とすると、第 1 輪帯の半径は $h = 0.1 \text{ mm}$ であり、第 2 輪帯の半径は $h = 0.141 \text{ mm}$ ということになる。また、この回折レンズの焦点距離 f については、光路差関数の 2 次係数 $b_2 = -0.05$ に対して、 $f = -1 / (2 \cdot b_2) = 10 \text{ mm}$ となることが知られている。

40

【0039】

今、上記の定義を基にした場合、位相差関数若しくは光路差関数の 2 次係数を零でない値とすることにより、光軸に近い、いわゆる近軸領域での色収差を補正することができる。また、位相差関数若しくは光路差関数の 2 次以外の係数、例えば、4 次係数、6 次係数、8 次係数、10 次係数等を零でない値とすることにより、2 波長間での球面収差を制御することができる。尚、ここで、制御するということは、2 波長間で、球面収差の差を極めて小さくすることもできるし、光学的仕様に必要な差を設けることも可能であるということの意味する。

【0040】

上記の具体的な適用としては、波長の違う 2 光源からのコリメート光（平行光）を同時

50

に対物レンズに入射させ、光ディスク上に結像させるときは、まず、位相差関数若しくは光路差関数の2次係数を使って近軸の軸上色収差を補正するとともに、位相差関数若しくは光路差関数の4次以降の係数を使って球面収差の2波長間での差を許容内になるよう小さくするのがよい。

【0041】

また、別の例として、波長の違う2光源からの光を一つの対物レンズを使い、一方の波長の光に対しては、 t_1 の厚み(透明基板の厚み)のディスクに対して収差が補正されるようにし、もう一方の波長の光に対しては、 t_2 の厚みのディスクに対して収差が補正されるようにする仕様の場合について考えてみる。この場合、主に位相差関数若しくは光路差関数の4次以降の係数を使うことにより、球面収差の2波長間での差を設け、それぞれの厚みに対しては、それぞれの波長で球面収差が補正されるようにすることができる。また、いずれの場合にも屈折面は球面であるよりも非球面であるほうが、2波長間での収差補正をし易い。

10

【0042】

上記の非球面屈折面は、異なる波長に対してはそれぞれ屈折力が異なり、集光点が異なるので、それぞれの集光点をそれぞれ基板厚の異なる光ディスクに対応させることができる。この場合、短い方の光源波長は700nm以下であり、長い方の光源波長は600nm以上であり、その波長差が80nm以上であることが好ましい。また、その波長差が400nm以下であることがより好ましく、更に好ましくは、その波長差が100nm以上200nm以下である、そして、回折面は、異なる2波長光に対し、ほぼその中間の波長で回折効率が最大であることが望ましいが、どちらか一方の波長で最大の回折効率を有するものであってもよい。

20

【0043】

上記球面収差の補正と同一の作用を利用することにより、光学面上に回折輪帯レンズを設け、異なる2波長の光源の各々に対して、ある1つの同次数の回折光により軸上色収差を補正することができる。すなわち、異なる2波長の光源の光に対する軸上色収差を $\pm / (2NA^2)$ の範囲に補正することができる。ただし、 λ は2波長のうち長いほうの波長、NAは長いほうの波長に対応する像側開口数とする。

【0044】

また、上記異なる2波長の光源の波長差が80nm以上であり、対物レンズの硝材のアップ数を d としたとき、

30

$$d > 50 \quad \dots (1)$$

を満足することが望ましい。上記条件(1)は、異なる2波長の光源に対して軸上色収差を補正した場合に、2次スペクトルを小さくするための条件である。

【0045】

次に、薄肉単玉レンズの一方の面に回折面が設けられている場合に、単玉レンズ全体を、回折レリーフを外したベースとなる屈折レンズと回折面との合成と考えるとこの合成レンズの色収差について検討する。ある波長 x と波長 y ($x < y$)とでの色消し条件は次式となる。

【0046】

$$f_R \cdot R + f_D \cdot D = 0$$

40

ただし、 f_R 、 f_D ：それぞれ屈折レンズ、回折面の焦点距離

R 、 D ：それぞれ屈折レンズ、回折面のアップ数で、次式で定まる。

$$R = (n_0 - 1) / (n_x - n_y)$$

$$D = 0 / (x - y)$$

【0047】

ただし、 n_0 ：基準波長での屈折率、 λ_0 ：基準波長

【0048】

このとき、ある波長 z に対する色収差 f は次式となる。

$$f = f (R - D) / (R - D) \quad \dots (2)$$

50

ただし、 R 、 D ：それぞれ屈折レンズ、回折面の部分分散比で次式で定まる。

【0049】

$$R = (n_x - n_z) / (n_x - n_y)$$

【0050】

$$D = (x - z) / (x - y)$$

ただし、 n_z ：波長 z での屈折率

【0051】

例として、 $\lambda = x = 635 \text{ nm}$ 、 $y = 780 \text{ nm}$ 、 $z = 650 \text{ nm}$ とし、ベースとなる屈折レンズの硝材をホーヤ社 BSC7 ($d = 64.2$)としてみると、

$$R = 134.5, \quad D = -4.38, \quad R = 0.128, \quad D = 0.103$$

となり、 $f = 0.18 \times 10^{-3} f$ となる。

【0052】

また、ベースとなる屈折レンズの硝材をホーヤ社 EFD1 ($d = 29.5$)に変えてみると、

$$R = 70.5, \quad R = 0.136 \text{ となり、} \quad f = 0.44 \times 10^{-3} f \text{ となる。}$$

【0053】

このように式(2)においては、右辺分母($R - D$)は $|D|$ が $|R|$ より十分小さいため、屈折レンズの硝材を変えることによる色収差 f の変化にとっては、屈折レンズのアップ数 R の変化が支配的である。一方、 R と D とは波長によってのみ定まり、右辺分子($R - D$)は、その変化の寄与が右辺分母($R - D$)に比べて小さい。

【0054】

上記により、回折面を有するレンズにおいては、2次スペクトル f を小さく抑えるには、屈折レンズの材料としてアップ数 R の大きい材料を選ぶことが有効であることがわかる。条件式(1)は光源の波長変化などに対応できるよう、2次スペクトルを抑えるのに有効な限界を示す。

【0055】

また、回折面を使用せずに、2種類の材料の屈折レンズを貼合わせて色消しを行う場合は、それぞれの材料について、 $R = a + b \cdot R + R$ (a, b は定数)と表したとき、 R は小さく、異常分散性が無いならば2次スペクトル f は2つの屈折レンズのアップ数 R にはよらない。したがって、式(1)は回折光学系に特有の条件であることがわかる。

【0056】

本実施の形態の回折レンズを簡易に製造するためには、対物レンズをプラスチック材料で構成することが望ましい。条件式(1)を満たすプラスチック材料としては、アクリル系、ポリオレフィン系が用いられるが、耐湿性、耐熱性などから、ポリオレフィン系が好ましい。

【0057】

次に、本発明の第2の実施の形態の対物レンズおよびこれを備えた光ピックアップ装置の構成を具体的に説明する。

【0058】

図48に、本実施の形態の光ピックアップ装置の概略構成図を示す。光ピックアップ装置により情報記録および/または再生する光情報記録媒体である光ディスク20は、透明基板の厚さ t_1 の第1光ディスク(例えばDVD)及び第2光ディスク(例えば青色レーザ使用次世代高密度光ディスク)と、 t_1 とは異なる透明基板の厚さ t_2 を有する第3光ディスク(例えばCD)の3種であるとして説明する。ここでは、透明基板の厚さ $t_1 = 0.6 \text{ mm}$ 、 $t_2 = 1.2 \text{ mm}$ である。

【0059】

図示の光ピックアップ装置は、光源として第1光源である第1半導体レーザ11(波長 $\lambda_1 = 610 \text{ nm} \sim 670 \text{ nm}$)と、第2光源である青色レーザ12(波長 $\lambda_2 = 400 \text{ nm}$)

10

20

30

40

50

m ~ 440 nm) と、第3光源である第2半導体レーザー13 (波長 $\lambda_3 = 740 \text{ nm} \sim 870 \text{ nm}$) とを有しているとともに、光学系の一部として対物レンズ1を有している。第1光源、第2光源及び第3光源は、情報を記録および/または再生する光ディスクに応じて選択使用される。

【0060】

第1半導体レーザー11、青色レーザー12あるいは第2半導体レーザー13から出射された発散光束は、ビームスプリッタ19および絞り3を介し、光ディスク20の透明基板21を透過して、対物レンズ1によってそれぞれの情報記録面22上に集光され、スポットを形成する。

【0061】

各レーザーからの入射光は、情報記録面22上の情報ピットによって変調された反射光となり、ビームスプリッタ18、トーリックレンズ29を介して共通の光検出器30に入射し、その出力信号を用いて、光ディスク20に記録された情報の読み取り信号、合焦検出信号やトラック検出信号が得られる。

【0062】

また、光路内に設けられている絞り3は、この例においては固定の開口数 (NA0.65) を有する絞りであり、余分な機構を必要とせず、低コスト化を実現できるものである。なお、第3光ディスクの記録および/または再生時には不要光 (NA0.45以上) を除去できるように、絞り3の開口数を可変としてもよい。

【0063】

対物レンズ1の光学面に実使用開口の外側の一部の光束を遮蔽するように輪帯状のフィルターを一体に形成することで、実使用開口の外側のフレア光を安価な構成で容易に除去することも可能である。

【0064】

本実施の形態のように有限共役型の光学系を用いる場合には、集光性能を維持するため、光源と集光光学系との関係を一定に保つ必要があり、合焦やトラッキングのための移動は、光源11、12、13と対物レンズ1とを1つのユニットとして行うことが望ましい。

【0065】

次に、本発明の第3の実施の形態の対物レンズおよびこれを含む光ピックアップ装置の構成を具体的に説明する。

【0066】

図49に、本実施の形態の光ピックアップ装置の概略構成図を示す。図49の光ピックアップ装置はレーザー、光検出器およびホログラムをユニット化したレーザー/検出器集積ユニット40を用いた例であり、図48と同じ構成要素は同じ符号で示す。この光ピックアップ装置においては、第1半導体レーザー11、青色レーザー12、第1の光検出手段31、第2の光検出手段32、ホログラムビームスプリッタ23がレーザー/検出器集積ユニット40としてユニット化されている。

【0067】

第1光ディスクを再生する場合、第1半導体レーザー11から出射された光束は、ホログラムビームスプリッタ23を透過し、絞り3によって絞られ、対物レンズ1により第1光ディスク20の透明基板21を介して情報記録面22に集光される。そして、情報記録面22で情報ピットにより変調されて反射した光束は、再び対物レンズ1、絞り3を介してホログラムビームスプリッタ23のディスク側の面で回折され、第1半導体レーザー11に対応した第1の光検出器31上へ入射する。そして、第1の光検出器31の出力信号を用いて、第1光ディスク20に記録された情報の読み取り信号、合焦検出信号やトラック検出信号が得られる。

【0068】

第2光ディスクを再生する場合、青色レーザー12から出射された光束は、ホログラムビームスプリッタ23のレーザー側の面で回折され、上記の第1半導体レーザー11からの光束

10

20

30

40

50

と同じ光路を取る。すなわち、このホログラムビームスプリッタ23の半導体レーザ側の面は、光合成手段としての機能を果たす。さらに絞り3、対物レンズ1を介して第2光ディスク20の透明基板21を介して情報記録面22に集光される。そして、情報記録面22で情報ピットにより変調されて反射した光束は、再び対物レンズ1、絞り3を介して、ホログラムビームスプリッタ23のディスク側の面で回折されて青色レーザ12対応した第2の光検出器32上へ入射する。そして、第2の光検出器32の出力信号を用いて、第2光ディスク20に記録された情報の読み取り信号、合焦検出信号やトラック検出信号が得られる。

【0069】

さらに、第3光ディスクを再生する場合、第2半導体レーザ13、第3の光検出手段33、およびホログラムビームスプリッタ24がユニット化されたレーザ/検出器集積ユニット41が使用される。第2半導体レーザ13から出射された光束は、ホログラムビームスプリッタ24を透過し、出射光の合成手段であるビームスプリッタ19で反射し、絞り3によって絞られ、対物レンズ1により光ディスク20の透明基板21を介して情報記録面22に集光される。そして、情報記録面22で情報ピットにより変調されて反射した光束は、再び対物レンズ1、絞り3、ビームスプリッタ19を介してホログラムビームスプリッタ24で回折されて第3の光検出器33上へ入射する。そして、第3の光検出機33の出力信号を用いて、第3光ディスク20に記録された情報の読み取り信号、合焦検出信号やトラック検出信号が得られる。

【0070】

第2および第3の実施の形態の光ピックアップ装置においては、対物レンズ1の非球面屈折面に光軸4と同心の輪帯状回折面が構成されている。一般に非球面屈折面だけで対物レンズを構成すると、ある波長 a に対して球面収差を補正した場合、 a よりも短い波長 b に対しては球面収差がアンダーとなる。一方回折面を使用すると、ある波長 a に対して球面収差を補正した場合、 a よりも短い波長 b に対しては球面収差がオーバーとなる。従って、屈折面による非球面光学設計と、回折面の位相差関数の係数を適当に選んで、屈折パワーと回折パワーとを組み合わせることにより、異なる波長間での球面収差を補正することが可能となる。また、非球面屈折面では、波長が異なると屈折力も変化し集光位置も異なる。よって、非球面屈折面を適当に設計することで、異なる波長に対しても各透明基板21の情報記録面22に集光させることができる。

【0071】

また、第2および第3の実施の形態の対物レンズ1では、非球面屈折面と輪帯状回折面の位相差関数とを適当に設計することで、第1半導体レーザ11、青色レーザ12あるいは第2半導体レーザ13から出射した各光束に対して、光ディスク20の透明基板21厚さの違いにより発生する球面収差を補正している。さらに、輪帯状回折面において、輪帯の位置を表す位相差関数が、冪級数の4乗以降の項の係数を用いると球面収差の色収差を補正することが可能となる。なお、第3光ディスク(CD)については実使用上の開口はNA0.45であり、第3光ディスクではNA0.45以内で球面収差を補正し、NA0.45より外側の領域の球面収差をフレアとしている。これらの補正により各光ディスク20に対して、情報記録面22上の集光スポットの収差が回折限界(0.07 rms)とほぼ同程度あるいはそれ以下になっている。

【0072】

上記のような第2および第3の実施の形態の光ピックアップ装置は、例えばCD、CD-R、CD-RW、CD-Video、CD-ROM、DVD、DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-R、DVD-RW、MD等の、任意の異なる2つまたはそれ以上の複数の光情報記録媒体に対して、コンパチブルなプレーヤ、またはドライブ等、あるいはそれらを組み込んだAV機器、パソコン、その他の情報端末等、の音声および/または画像の記録、および/または、音声および/または画像の再生装置に搭載することができる。

【0073】

次に、本発明の第4の実施の形態の対物レンズおよびこれを含む光ピックアップ装置の

10

20

30

40

50

構成を具体的に説明する。

【 0 0 7 4 】

図 6 7 は本実施の形態の光ピックアップ装置 1 0 の概略構成図である。図 6 7 においては、第 2 および第 3 の実施の形態と共通の部材については同じ符号を用いることがある。図 6 7 において光ピックアップ装置 1 0 は、光情報記録媒体である複数の光ディスク 2 0 を記録 / 再生するものである。以下、この複数の光ディスク 2 0 は、透明基板の厚さ t_1 の第 1 光ディスク (DVD) および第 2 光ディスク (青色レーザ使用次世代高密度光ディスク) と、 t_1 とは異なる透明基板の厚さ t_2 を有する第 3 光ディスク (CD) として説明する。ここでは、透明基板の厚さ $t_1 = 0.6 \text{ mm}$ 、 $t_2 = 1.2 \text{ mm}$ である。

【 0 0 7 5 】

光ピックアップ装置 1 0 は、光源として第 1 光源である第 1 半導体レーザ 1 1 (波長 $\lambda_1 = 610 \text{ nm} \sim 670 \text{ nm}$) と第 2 光源である青色レーザ 1 2 (波長 $\lambda_2 = 400 \text{ nm} \sim 440 \text{ nm}$) 及び第 3 光源である第 2 半導体レーザ 1 3 (波長 $\lambda_3 = 740 \text{ nm} \sim 870 \text{ nm}$) とを有している。これら第 1 光源、第 2 光源及び第 3 光源は、記録 / 再生する光ディスクに応じて排他的に使用される。

【 0 0 7 6 】

集光光学系 5 は、第 1 半導体レーザ 1 1、青色レーザ 1 2 あるいは第 2 半導体レーザ 1 3 から出射された光束を、光ディスク 2 0 の透明基板 2 1 を介して、それぞれの情報記録面 2 2 上に集光させ、スポットを形成する手段である。本実施の形態では、集光光学系 5 として、光源から出射された光束を平行光 (略平行でよい) に変換するコリメータレンズ 2 と、コリメータレンズ 2 によって平行光とされた光束を集光させる対物レンズ 1 とを有している。

【 0 0 7 7 】

対物レンズ 1 の両面には、光軸 4 と同心の輪帯状回折面が構成されている。一般に非球面屈折面だけで集光光学系 5 を構成すると、ある波長 a に対して球面収差を補正した場合、 a よりも短い波長 b に対しては球面収差がアンダーとなる。一方、回折面を使用すると、ある波長 a に対して球面収差を補正した場合、 a よりも短い波長 b に対しては球面収差がオーバーとなる。従って、屈折面による非球面光学設計と、回折面の位相関数の係数を適当に選んで、屈折パワーと回折パワーとを組み合わせることにより、異なる波長間での球面収差を補正することが可能となる。また非球面屈折面では、波長が異なると屈折力も変化し集光位置も異なる。よって、非球面屈折面を適当に設計することで、異なる波長に対しても各透明基板の情報記録面 2 2 に集光させることができる。

【 0 0 7 8 】

上記の輪帯状回折面では、第 1 半導体レーザ 1 1、青色レーザ 1 2 あるいは第 2 半導体レーザ 1 3 から出射した各光束に対して 1 次回折光を利用して収差補正を行っている。同次数の回折光を対応させると、異なる次数の回折光を対応させる場合に比べて光量損出が少なく、さらに、高次の回折光を対応させるよりも、1 次回折光を用いると光量損出が少ない。したがって、本実施の形態の対物レンズ 1 は、DVD-RAM などの高密度な情報を記録する光ディスクに情報を記録する光ピックアップ装置において有効となる。また、回折面は、異なる 3 つの波長光に対し、その中間の波長で回折効率が最大であることが望ましいが、両端の波長で最大の回折効率を有するものであってもよい。

【 0 0 7 9 】

また、非球面屈折面と輪帯状回折面の位相差関数とを適当に設計することで、第 1 半導体レーザ 1 1、青色レーザ 1 2 あるいは第 2 半導体レーザ 1 3 から出射した各光束に対して、光ディスク 2 0 の透明基板 2 1 厚さの違いにより発生する球面収差を補正している。さらに、対物レンズ 1 に形成された輪帯の位置を表す位相差関数において、冪級数の 4 乗以降の項の係数を用いると球面収差の色収差を補正することが可能となる。なお、第 3 光ディスク (CD) については実使用上の開口は $NA0.45$ であり、 $NA0.45$ 以内で球面収差を補正し、 $NA0.45$ より外側の領域の球面収差をフレアとしている。 $NA0.45$ 以内の領域を通過する光束が情報記録面で光スポットを形成し、 $NA0.45$ の外

10

20

30

40

50

側を通るフレア光は、悪影響を与えないように情報記録面で光スポットから間隔を隔てたところを通る。これらの補正により各光ディスク20に対して、情報記録面22上の集光スポットの収差が回折限界(0.07 rms)とほぼ同程度あるいはそれ以下になっている。

【0080】

本実施の形態では、光路内に設けられた絞り3は固定の開口数(NA0.65)を有しており、余分な機構を必要とせず、低コスト化を実現できるものである。なお、第3光ディスクの記録/再生時には不要光(NA0.45以上)を除去できるように、絞り3の開口数を可変としてもよい。また、ビームスプリッタ6、7は、各レーザ光の光軸を合わせるためのものである。光検出器(図示せず)は、周知のように、各光源ごとにそれぞれ設けても良く、1つの光検出器で3つの光源11、12、13に対応する反射光を受光するようにしても良い。

10

【0081】

次に、本発明の第5の実施の形態の対物レンズについて説明する。

【0082】

本実施の形態では、対物レンズの輪帯状回折面において、輪帯の位置を表す位相差関数が冪級数の2乗の項の係数を用いる点のみにおいて、上述した第4の実施の形態の対物レンズと異なっており、これによって軸上色収差をも補正することが可能となっている。また、本実施の形態の対物レンズによると、第4の実施の形態と同様に各光ディスク20に対して、情報記録面22上の集光スポットの収差が回折限界(0.07 rms)とほぼ同程度あるいはそれ以下となっている。

20

【0083】

次に、本発明の第6の実施の形態の光ピックアップ装置について説明する。

【0084】

本実施の形態の光ピックアップ装置では、第1光ディスク(例えばDVD)と第2光ディスク(例えば、青色レーザ使用次世代高密度光ディスク)に対しては、光源から射出された光束をカップリングレンズによって平行光とし、第3光ディスク(例えばCD)に対しては、光源から射出された光束をカップリングレンズによって発散光とし、それぞれ対物レンズによって集光させる。第1および第2光ディスクの透明基板21の厚さは0.6mmであり、第3光ディスクの透明基板21の厚さは1.2mmである。

30

【0085】

本実施の形態では、第1光ディスクと第2光ディスクとの両方の球面収差を回折面の効果により回折限界以内に補正し、また、第3光ディスクに対しては第1および第2光ディスクよりディスク厚が大きいことによって生じる球面収差を主として対物レンズに発散光束が入射することによって生じる球面収差によって打ち消し、第3光ディスクの記録/再生に必要な所定の開口数NA、例えばNA0.5或いはNA0.45以下における球面収差を回折限界以内に補正するようにしている。

【0086】

従って、 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 ($\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$) の各波長に対応する光情報記録媒体に対して、記録/再生を行うのに必要な所定の開口数をNA1、NA2、NA3とすると、それぞれの波長に対して、NA1の範囲で波面収差のRMSを $0.07 \lambda_1$ 以下、NA2の範囲で $0.07 \lambda_2$ 以下、NA3の範囲で $0.07 \lambda_3$ 以下に補正することができる。

40

【0087】

また、第3光ディスクに対しては、所定の開口数NAよりも大きい開口数NAの光束によってビームスポット径が小さくなり過ぎることは好ましくない。そのため、第4の実施の形態と同様に必要な開口数よりも大きな開口数では球面収差をフレアとすることが好ましい。

【0088】

上記のような異なる波長光の3光源を有する第4~第6の実施の形態の光ピックアップ装置は、例えばCD、CD-R、CD-RW、CD-Video、CD-ROM、DVD

50

、DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-R、DVD-RW、MD等の、任意の異なる2つ以上の複数の光情報記録媒体に対して、コンパクトなプレーヤ、またはドライブ等、あるいはそれらを組み込んだAV機器、パソコン、その他の情報端末等、の音声および/または画像の記録、および/または、音声および/または画像の再生装置に搭載することができる。

【実施例】

【0089】

以下、本発明の対物レンズについての実施例について説明する。

実施例1～8

【0090】

実施例1～8の対物レンズは、第1の実施の形態に係る対物レンズの具体例であり、次の〔数3〕で表される非球面形状を屈折面に有している。

【0091】

【数3】

$$Z = \frac{h^2/R_0}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa) (h/R_0)^2}} + \sum_{i=2}^{\infty} A_{2i} h^{2i}$$

10

20

ただし、Zは光軸方向の軸、hは光軸と垂直方向の軸（光軸からの高さ：光の進行方向を正とする）、R0は近軸曲率半径、 κ は円錐係数、Aは非球面係数、2iは非球面のべき数である。また、実施例1～3、6～8では回折面が単位をラジアンとした位相差関数Bとして〔数1〕で表され、同様に実施例4、5では回折面が単位をmmとした光路差関数bとして〔数2〕で表わされる。

【0092】

【数1】

$$\Phi_B = \sum_{i=1}^{\infty} B_{2i} h^{2i}$$

30

【0093】

40

【数 2】

$$\Phi_b = \sum_{i=1}^{\infty} b_{2i} h^{2i}$$

10

(実施例 1)

【0094】

図 1 に、実施例 1 の対物レンズである回折光学レンズ（回折面を有する対物レンズ）の光路図を示す。また、図 2 に、実施例 1 の回折光学レンズについての $\lambda = 635 \text{ nm}$ に対する開口数 0.60 までの球面収差図を示す。また、図 3 および図 4 に、実施例 1 の回折光学レンズについての波長 $\lambda = 780 \text{ nm}$ に対する開口数 0.45 および 0.60 までの球面収差図をそれぞれ示す。なお、図 1 の回折光学レンズは、レンズ全面にブレード型の同心円状の輪帯回折部を有しているが、図面において回折部のレリーフ形状は省略されている。また、以降の多くの図面においても、回折部のレリーフ形状は省略されている。

20

【0095】

実施例 1 の回折光学レンズによると、図 2 に示すように、波長 $\lambda = 635 \text{ nm}$ に対しては $\text{NA} 0.60$ までの全開口がほぼ無収差である。また、図 3 に示すように、波長 $\lambda = 780 \text{ nm}$ に対しては、実使用範囲である $\text{NA} 0.45$ までがほぼ無収差である。その外側の $\text{NA} 0.45 \sim 0.60$ の部分については、図 4 に示すように球面収差は大きくアンダーとされ、フレアとなっている。これによって、波長 $\lambda = 780 \text{ nm}$ について、適正なスポット径を得ることが可能となっている。

【0096】

図 5、図 6 に、実施例 1 の回折光学レンズについての $\lambda = 635 \text{ nm}$ および波長 $\lambda = 780 \text{ nm}$ に対する波面収差図をそれぞれ示す。これらの図から分かるように、実施例 1 の回折光学レンズによると、いずれの波長に対しても、光軸上ではほぼ無収差となり、像高 0.03 mm においても、実用上無収差に近いレベルとなっている。

30

【0097】

以下、実施例 1 のレンズデータを示す。〔表 1〕中、 R は曲率半径、 d は面間隔、 n は主波長での屈折率、 σ はアッベ数を示す。

【0098】

実施例 1

【0099】

光源波長 $\lambda_1 = 635 \text{ nm}$ のとき焦点距離 $f_1 = 3.34$ 開口数 $\text{NA}_1 = 0.60$ 無限仕様

40

【0100】

光源波長 $\lambda_2 = 780 \text{ nm}$ のとき焦点距離 $f_2 = 3.36$ 開口数 $\text{NA}_2 = 0.45$ 無限仕様

【0101】

本実施例は、 λ_1 の光束において +1 次回折光を他の次数の回折光に比して多く発生させ、 λ_2 の光束においても、+1 次回折光を他の次数の回折光に比して多く発生させる。

λ_1 に対する +1 次回折光の回折効率を 100% とすれば、 λ_2 に対する回折効率は 84% となる。また、 λ_2 に対する +1 次回折光の回折効率を 100% とすれば、 λ_1 に対する回折効率は 89% となる。

50

【 0 1 0 2 】

【 表 1 】

面No.	R	d ₁	d ₂	n ₁	n ₂	v _d	n _d
1 (非球面1・回折面)	2.126	2.2	2.2	1.53829	1.53388	56	1.5404
2 (非球面2)	-7.370	1.0	1.0				
3 } カバーガラス	∞	0.6	1.2	1.58139	1.57346	30	1.585
4 }	∞						

(添字1は $\lambda_1=635\text{ nm}$ のとき、2は $\lambda_2=780\text{ nm}$ のとき、 v_d , n_d はd線に対するものを示す。)

非球面係数

非球面1

$$= -0.17021$$

$$A4 = -0.0032315$$

$$A6 = -0.00058160$$

$$A8 = -4.6316 \times 10^{-5}$$

$$A10 = -3.79858 \times 10^{-5}$$

$$A12 = -6.0308 \times 10^{-6}$$

非球面2

$$= -11.653$$

$$A4 = 0.038456$$

$$A6 = -0.020800$$

$$A8 = 0.0078648$$

$$A10 = -0.0019431$$

$$A12 = 0.00024343$$

【 0 1 0 3 】

回折面係数

$$B2 = -96.766$$

$$B4 = -2.9950$$

$$B6 = 2.1306$$

$$B8 = -0.12614$$

$$B10 = -0.095285$$

【 0 1 0 4 】

(実施例2、実施例3)

【 0 1 0 5 】

次に、実施例2、実施例3について説明する。図7および図8に、実施例2の対物レンズである回折光学レンズの $\lambda = 405\text{ nm}$ および 635 nm に対する光路図をそれぞれ示す。また、図9および図10に、実施例2の回折光学レンズについての $\lambda = 405\text{ nm}$ および 635 nm に対する開口数0.60までの球面収差図をそれぞれ示す。また、図11および図12に、実施例2の回折光学レンズについての波長 $\lambda = 405\text{ nm}$ および 635 nm に対する波面収差図をそれぞれ示す。

【 0 1 0 6 】

また、図13および図14に、実施例3の対物レンズである回折光学レンズの $\lambda = 405\text{ nm}$ および 635 nm に対する光路図をそれぞれ示す。また、図15および図16に、実施例3の回折光学レンズについての $\lambda = 405\text{ nm}$ および 635 nm に対する開口数0.60までの球面収差図をそれぞれ示す。また、図17および図18に、実施例3の回折光学レンズについての波長 $\lambda = 405\text{ nm}$ および 635 nm に対する波面収差図をそれぞれ示す。

【 0 1 0 7 】

実施例2、3においては、波長 $\lambda = 405\text{ nm}$ および波長 $\lambda = 635\text{ nm}$ に対し、基板厚は共に0.6mm、NAは0.60であり、波面収差は光軸上はほぼ無収差、像高0.03mmにおいても、実用上無収差に近いレベルとなっている。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 8 】

以下、実施例 2、3 のレンズデータを示す。

【 0 1 0 9 】

実施例 2

【 0 1 1 0 】

光源波長 1 = 4 0 5 n m のとき

焦点距離 f 1 = 3 . 2 3 開口数 N A 1 = 0 . 6 0 無限仕様

【 0 1 1 1 】

光源波長 2 = 6 3 5 n m のとき

焦点距離 f 2 = 3 . 3 4 開口数 N A 2 = 0 . 6 0 無限仕様

10

【 0 1 1 2 】

本実施例は、 1 の光束において + 1 次回折光を他の次数の回折光に比して多く発生させ、 2 の光束においても、 + 1 次回折光を他の次数の回折光に比して多く発生させる。

【 0 1 1 3 】

【 表 2 】

面No.	R	d ₁	d ₂	n ₁	n ₂	v d	n d
1 (非球面 1・回折面)	2.128	2.2	2.2	1.55682	1.53829	56	1.5405
2 (非球面 2)	-7.359	1.0	1.0				
3 } カバーガラス	∞	0.6	0.6	1.62230	1.58139	30	1.585
4 }	∞						

20

(添字 1 は λ₁ = 405nm のとき、 2 は λ₂ = 635nm のとき、 v d , n d は d 線に対するものを示す。)

非球面係数

非球面 1

= - 0 . 1 5 0 7 9

A 4 = - 0 . 0 0 2 1 2 3 0

A 6 = - 0 . 0 0 0 7 6 5 2 8

A 8 = - 8 . 8 4 9 5 7 × 1 0 ⁻⁵

A 10 = - 3 . 4 9 8 0 3 × 1 0 ⁻⁵

A 12 = - 2 . 3 8 9 1 6 × 1 0 ⁻⁶

非球面 2

= - 3 . 8 2 8 8

A 4 = 0 . 0 3 6 9 6 2

A 6 = - 0 . 0 2 0 8 5 8

A 8 = 0 . 0 0 7 9 7 3 2

A 10 = - 0 . 0 0 1 8 7 1 3

A 12 = 0 . 0 0 0 2 2 5 0 4

30

【 0 1 1 4 】

回折面係数

B 2 = 0 . 0

B 4 = - 6 . 7 1 6 9

B 6 = 2 . 0 7 9 1

B 8 = - 0 . 3 1 9 7 0

B 10 = 0 . 0 0 0 1 6 7 0 8

40

【 0 1 1 5 】

実施例 3

【 0 1 1 6 】

光源波長 1 = 4 0 5 n m のとき

焦点距離 f 1 = 3 . 3 1 開口数 N A 1 = 0 . 6 0 無限仕様

【 0 1 1 7 】

光源波長 2 = 6 3 5 n m のとき

50

焦点距離 $f_2 = 3.34$ 開口数 $NA_2 = 0.60$ 無限仕様

【0118】

本実施例は、1の光束において+1次回折光を他の次数の回折光に比して多く発生させ、2の光束においても、+1次回折光を他の次数の回折光に比して多く発生させる。

【0119】

【表3】

面No.	R	d_1	d_2	n_1	n_2	νd	$n d$
1 (非球面1・回折面)	2.300	2.2	2.2	1.55682	1.53829	56	1.5404
2 (非球面2)	-7.539	1.0	1.0				
3 } カバーガラス	∞	0.6	0.6	1.62230	1.58139	30	1.585
4 }	∞						

10

(添字1は $\lambda_1=405nm$ のとき、2は $\lambda_2=635nm$ のとき、 νd 、 $n d$ はd線に対するものを示す。)

非球面係数

20

非球面1

非球面2

$= -0.19029$
 $A_4 = 0.00030538$
 $A_6 = -0.0010619$
 $A_8 = -7.5747 \times 10^{-5}$
 $A_{10} = -6.7599 \times 10^{-5}$
 $A_{12} = -3.3788 \times 10^{-6}$

$= 6.4430$
 $A_4 = 0.037045$
 $A_6 = -0.021474$
 $A_8 = 0.0078175$
 $A_{10} = -0.0016064$
 $A_{12} = 0.00014332$

【0120】

回折面係数

$B_2 = -96.766$
 $B_4 = -2.9950$
 $B_6 = -0.25560$
 $B_8 = -0.08789$
 $B_{10} = 0.014562$

30

【0121】

(実施例4、実施例5)

【0122】

次に、色収差補正を行った実施例4、実施例5について説明する。図19に、実施例4の対物レンズである回折光学レンズの光路図をそれぞれ示す。また、図20に、実施例4の回折光学レンズについての $\lambda = 635nm$ 、 $650nm$ および $780nm$ に対する開口数0.50までの球面収差図をそれぞれ示す。また、図21に、実施例5の対物レンズである回折光学レンズの光路図をそれぞれ示す。また、図22に、実施例5の回折光学レンズについての $\lambda = 635nm$ 、 $650nm$ および $780nm$ に対する開口数0.50までの球面収差図をそれぞれ示す。

40

【0123】

図20および図22から分かるように、実施例4、5の回折光学レンズによると、波長 $\lambda = 635nm$ 、波長 $\lambda = 780nm$ に対しては、ほぼ完全に色によるずれは補正され、波長 $\lambda = 650nm$ に対しても、実用上全く問題はない程度に補正されている。

【0124】

以下、実施例4、5のレンズデータを示す。

50

【 0 1 2 5 】

実施例 4

【 0 1 2 6 】

光源波長 $\lambda_1 = 635 \text{ nm}$ のとき焦点距離 $f_1 = 3.40$ 開口数 $NA_1 = 0.50$ 無限仕様

【 0 1 2 7 】

光源波長 $\lambda_2 = 780 \text{ nm}$ のとき焦点距離 $f_2 = 3.41$ 開口数 $NA_2 = 0.50$ 無限仕様

【 0 1 2 8 】

本実施例は、 λ_1 の光束において + 1 次回折光を他の次数の回折光に比して多く発生させ、 λ_2 の光束においても、+ 1 次回折光を他の次数の回折光に比して多く発生させる。

【 0 1 2 9 】

【表 4】

面 No.	R	d_1	d_2	n_1	n_2	νd	$n d$
1 (非球面 1・回折面)	2.442	1.90	1.90	1.5417	1.5373	56	1.5438
2 (非球面 2)	-5.990	1.68	1.68				
3 } カバーガラス	∞	1.20	1.20	1.5790	1.5708	30	1.5830
4 }	∞						

(添字 1 は $\lambda_1 = 635 \text{ nm}$ のとき、2 は $\lambda_2 = 780 \text{ nm}$ のとき、 νd 、 $n d$ は d 線に対するものを示す。)

非球面係数

非球面 1

$$= -0.53245$$

$$A_4 = 0.24033 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -0.91472 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 0.15590 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = -0.11131 \times 10^{-3}$$

非球面 2

$$= 7.3988$$

$$A_4 = 0.90408 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -0.18704 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = -0.47368 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} = 0.16891 \times 10^{-3}$$

【 0 1 3 0 】

回折面係数

$$b_2 = -0.36764 \times 10^{-2}$$

$$b_4 = -0.91727 \times 10^{-4}$$

$$b_6 = -0.34903 \times 10^{-4}$$

$$b_8 = 0.77485 \times 10^{-5}$$

$$b_{10} = -0.15750 \times 10^{-5}$$

【 0 1 3 1 】

実施例 5

【 0 1 3 2 】

光源波長 $\lambda_1 = 635 \text{ nm}$ のとき焦点距離 $f_1 = 3.40$ 開口数 $NA_1 = 0.50$ 無限仕様

【 0 1 3 3 】

光源波長 $\lambda_2 = 780 \text{ nm}$ のとき焦点距離 $f_2 = 3.40$ 開口数 $NA_2 = 0.50$ 無限仕様

【 0 1 3 4 】

本実施例は、 λ_1 の光束において + 1 次回折光を他の次数の回折光に比して多く発生させ、 λ_2 の光束においても、+ 1 次回折光を他の次数の回折光に比して多く発生させる。

【 0 1 3 5 】

【表 5】

面No.	R	d ₁	d ₂	n ₁	n ₂	v d	n d
1 (非球面1)	2.160	1.80	1.80	1.5417	1.5373	56	1.5438
2 (非球面2・回折面)	-11.681	1.64	1.64				
3 } カバーガラス	∞	1.20	1.20	1.5790	1.5708	30	1.5830
4 }	∞						

(添字1は $\lambda_1=635\text{nm}$ のとき、2は $\lambda_2=780\text{nm}$ のとき、v d, n d はd線に対するものを示す。)

10

非球面係数

非球面 1

$$= -0.17006$$

$$A4 = -0.30563 \times 10^{-2}$$

$$A6 = -0.45199 \times 10^{-3}$$

$$A8 = 0.58811 \times 10^{-5}$$

$$A10 = -0.13002 \times 10^{-4}$$

非球面 2

$$= -40.782$$

$$A4 = 0.73447 \times 10^{-2}$$

$$A6 = 0.85177 \times 10^{-3}$$

$$A8 = -0.82795 \times 10^{-3}$$

$$A10 = 0.23029 \times 10^{-3}$$

20

【 0 1 3 6 】

回折面係数

$$b2 = -0.74461 \times 10^{-2}$$

$$b4 = 0.11193 \times 10^{-2}$$

$$b6 = -0.85257 \times 10^{-3}$$

$$b8 = 0.50517 \times 10^{-3}$$

$$b10 = -0.11242 \times 10^{-3}$$

【 0 1 3 7 】

(実施例 6 ~ 8)

30

【 0 1 3 8 】

次に、実施例 6 ~ 8 について説明する。図 2 3、図 3 0 および図 3 7 に、実施例 6 ~ 8 の対物レンズである回折光学レンズの $\lambda = 650 \text{ nm}$ に対する光路図をそれぞれ示す。また、図 2 4、図 3 1 および図 3 8 に、実施例 6 ~ 8 の回折光学レンズの $\lambda = 780 \text{ nm}$ ($NA = 0.5$) に対する光路図をそれぞれ示す。また、図 2 5、図 3 2 および図 3 9 に、実施例 6 ~ 8 の回折光学レンズについての $\lambda = 650 \pm 10 \text{ nm}$ に対する開口数 0.60 までの球面収差図をそれぞれ示す。また、図 2 6、図 3 3 および図 4 0 に、実施例 6 ~ 8 の回折光学レンズについての $\lambda = 780 \pm 10 \text{ nm}$ に対する開口数 0.50 までの球面収差図をそれぞれ示す。また、図 2 7、図 3 4 および図 4 1 に、実施例 6 ~ 8 の回折光学レンズについての $\lambda = 780 \text{ nm}$ に対する開口数 0.60 までの球面収差図をそれぞれ示す。

40

【 0 1 3 9 】

また、図 2 8、図 3 5 および図 4 2 に、実施例 6 ~ 8 の回折光学レンズについての $\lambda = 650 \text{ nm}$ に対する波面収差 rms 図をそれぞれ示す。また、図 2 9、図 3 6 および図 4 3 に、実施例 6 ~ 8 の回折光学レンズについての $\lambda = 780 \text{ nm}$ に対する波面収差 rms 図をそれぞれ示す。また、図 4 4、図 4 5 および図 4 6 に、実施例 6 ~ 8 の回折光学レンズについての回折輪帯数と光軸からの高さとの関係を示すグラフをそれぞれ示す。ここで、回折輪帯数は、位相差関数を 2 で割った値として定義される。

【 0 1 4 0 】

50

実施例 6 ~ 8 では、球面収差図に示されたとおり、波長 = 650 nm に対しては NA 0.60 までの全開口がほぼ無収差となっている。また、波長 = 780 nm に対しては、実使用範囲である NA 0.50 までがほぼ無収差となっているが、その外側の NA 0.50 ~ 0.60 の部分については球面収差が大きく、フレアとなっている。これによって、波長 = 780 nm について、適正なスポット径を得ることが可能となっている。

【0141】

以下、実施例 6 ~ 8 のレンズデータを示す。〔表 6〕~〔表 8〕、更に〔表 15〕~〔表 18〕中、STO は絞り、IMA は像面を表しており、絞りを含めた形で表現している。また、OBJ は、物点（光源）を表しており、以下の各表においても同じである。

【0142】

実施例 6

【0143】

光源波長 = 650 nm のとき

焦点距離 $f = 3.33$ 像側開口数 $NA = 0.60$ 無限仕様

【0144】

光源波長 = 780 nm のとき

焦点距離 $f = 3.37$ 像側開口数 $NA = 0.50$ ($NA = 0.60$) 無限仕様

w (780 nm の光束の結像面での 13.5% 強度のビーム径) = 1.20 μm

【0145】

本実施例は、図 44 に見るように、1 の光束においても、2 の光束においても、光軸からの高さが有効径のおよそ半分以下の中心部では、-1 次回折光を他の次数の回折光に比して多く発生させ、光軸からの高さが有効径のおよそ半分以上の周辺部では、+1 次回折光を他の次数の回折光に比して多く発生させる。ただし、本実施例において、輪帯ピッチを整数倍して、 ± 1 次回折光ではなく、高次の同次回折光を発生させるようにしてもよい。

【0146】

また、本実施例において、図 27 に示されるように、第 2 の光情報記録媒体では、 $NA_1 = 0.6$ のとき、球面収差は +29 μm であり、 $NA_2 = 0.5$ のとき、球面収差は +1 μm である。

また、本実施例において、開口数 (NA) 0.4 における回折部のピッチは 14 μm である。

【0147】

10

20

30

【表 6】

10

面no.	R	d	n($\lambda=650\text{nm}$)	n($\lambda=780\text{nm}$)
OBJ	Infinity	Infinity		
STO	Infinity	0.0		
2(非球面1・回折面)	2.057515	2.2	1.54113	1.53728
3(非球面2)	-7.8997731	1.0287		
4	Infinity	d4	1.57789	1.57079
5	Infinity	d5		
IMA	Infinity			

20

	d4	d5
$\lambda=650\text{nm}$ のとき	0.6	0.7500
$\lambda=780\text{nm}$ のとき	1.2	0.35

30

40

非球面係数

非球面 1

$$= -1.07952$$

$$A4 = 0.51919725 \times 10^{-2}$$

$$A6 = 0.10988861 \times 10^{-2}$$

$$A8 = -0.44386519 \times 10^{-3}$$

非球面 2

$$= -3.452929$$

$$A4 = 0.15591292 \times 10^{-1}$$

$$A6 = -0.44528738 \times 10^{-2}$$

$$A8 = 0.65423404 \times 10^{-3}$$

50

$$A_{10} = 5.4053137 \times 10^{-5} \quad A_{10} = -4.7679992 \times 10^{-5}$$

【0148】

回折面係数

$$B_2 = 29.443104$$

$$B_4 = -14.403683$$

$$B_6 = 3.9425951$$

$$B_8 = -2.1471955$$

$$B_{10} = 0.31859248$$

【0149】

実施例7

10

【0150】

光源波長 = 650 nm のとき

$$\text{焦点距離 } f = 3.33 \quad \text{像側開口数 } NA = 0.60 \quad \text{無限仕様}$$

【0151】

光源波長 = 780 nm のとき

$$\text{焦点距離 } f = 3.37 \quad \text{像側開口数 } NA = 0.50 \quad (NA = 0.60) \quad \text{有限仕様}$$

【0152】

本実施例は、図45に見るように、1の光束においても、2の光束においても、全面的に、+1次回折光を他の次数の回折光に比して多く発生させる。ただし、本実施例において、輪帯ピッチを整数倍して、+1次回折光ではなく、高次の同次回折光を発生させるようにしてもよい。

20

【0153】

【表7】

10

面no.	R	d	n($\lambda=650\text{nm}$)	n($\lambda=780\text{nm}$)
OBJ	Infinity	d0		
STO	Infinity	0.0		
2(非球面1・回折面)	2.145844	2.2	1.54113	1.53728
3(非球面2)	-7.706496	1.0326		
4	Infinity	d4	1.57789	1.57079
5	Infinity	d5		
IMA	Infinity			

20

	$\lambda=650\text{nm}$ のとき	$\lambda=780\text{nm}$ のとき
d	Infinity	64.5
d4	0.60	1.20
d5	0.70	0.35

30

40

非球面係数

非球面 1

$$= -1.801329$$

$$A4 = 0.1615422 \times 10^{-1}$$

$$A6 = -0.4937969 \times 10^{-3}$$

$$A8 = 0.11038322 \times 10^{-3}$$

非球面 2

$$= -8.871647$$

$$A4 = 0.1492511 \times 10^{-1}$$

$$A6 = -0.4447445 \times 10^{-2}$$

$$A8 = 0.60067143 \times 10^{-3}$$

50

$$A_{10} = -2.1823306 \times 10^{-5} \quad A_{10} = -3.4684206 \times 10^{-5}$$

【0154】

回折面係数

$$B_2 = -17.150237$$

$$B_4 = -4.1227045$$

$$B_6 = 1.1902249$$

$$B_8 = -0.26202222$$

$$B_{10} = 0.018845315$$

【0155】

実施例 8

【0156】

光源波長 = 650 nm のとき

$$\text{焦点距離 } f = 3.33 \quad \text{像側開口数 } NA = 0.60 \quad \text{無限仕様}$$

【0157】

光源波長 = 780 nm のとき

$$\text{焦点距離 } f = 3.35 \quad \text{像側開口数 } NA = 0.50 \quad (NA = 0.60) \quad \text{無限仕様}$$

$$w \text{ (780 nm の光束の結像面での } 13.5\% \text{ 強度のビーム径)} = 1.27 \mu\text{m}$$

【0158】

本実施例は、図 46 に見るように、1 の光束においても、2 の光束においても、ごく周辺部のみ -1 次回折光を他の次数の回折光に比して多く発生させ、他は +1 次回折光を他の次数の回折光に比して多く発生させる。ただし、本実施例において、輪帯ピッチを整数倍して、±1 次回折光ではなく、高次の同次回折光を発生させるようにしてもよい。

【0159】

また、本実施例において、図 41 に示されるように、第 2 の光情報記録媒体では、 $NA_1 = 0.6$ のとき、球面収差は +68 μm であり、 $NA_2 = 0.5$ のとき、球面収差は +9 μm である。

【0160】

また、本実施例において、開口数 (NA) 0.4 におけるピッチは 61 μm である。

【0161】

【表 8】

面no.	R	d	n($\lambda = 650\text{nm}$)	n($\lambda = 780\text{nm}$)
OBJ	Infinity	d0		
STO	Infinity	0.0		
2(非球面1・回折面)	2.10598	2.2	1.54113	1.53728
3(非球面2)	-7.90392	1.0281		
4	Infinity	d4	1.57789	1.57079
5	Infinity	d5		
IMA	Infinity			

	d4	d5
$\lambda = 650\text{nm}$ のとき	0.6	0.70
$\lambda = 780\text{nm}$ のとき	1.2	0.34

非球面係数

非球面 1

$$= -1.2532$$

$$A4 = 0.1007 \times 10^{-1}$$

$$A6 = -0.85849 \times 10^{-3}$$

$$A8 = -1.5773 \times 10^{-5}$$

非球面 2

$$= -9.151362$$

$$A4 = 0.133327 \times 10^{-1}$$

$$A6 = -0.378682 \times 10^{-2}$$

$$A8 = 0.3001 \times 10^{-3}$$

10

20

30

40

50

$$A_{10} = 3.2855 \times 10^{-5} \quad A_{10} = 4.02221 \times 10^6$$

【0162】

回折面係数

$$B_2 = 3.4251 \times 10^{-21}$$

$$B_4 = 0.0763977$$

$$B_6 = -5.5386$$

$$B_8 = 0.05938$$

$$B_{10} = 0.2224$$

ここで、実施例6～8に基づいて、レンズに入射する半導体レーザの波長の変動要因について考察する。半導体レーザの波長の個体ばらつきは、 ± 2 から3nm程度、多モード発振の幅が ± 2 nm程度、書き込み時のモードホップが2nm程度と考えられる。これらの要因による半導体レーザの波長変動に伴う、レンズの球面収差の変動を考慮した場合について説明する。

10

【0163】

つまり、異なる2波長の光源に対し、光ディスクの透明基板の厚みがそれぞれで異なる場合、実施例6に関するデータから理解されるように、異なる2波長の光源からの無限光（平行光束）に対して無収差に補正したレンズでは、1つの光源での波長10nm程度の変化に対し、球面収差変動が比較的大きい。実施例6では、650nmの波長においては波面収差が0.001 rmsであるが、640nmおよび660nmの波長においては、波面収差が0.035 rms程度に劣化する。もちろん、レーザの波長がよく管理された光学系に対しては、実施例6も十分実用に供することができる。これに対し、実施例7のレンズのように、どちらか一方の光源からの無限光に対してほぼ無収差で、もう一方の波長の光源からの有限光（非平行光束）に対してほぼ無収差に補正したレンズでは、1つの光源の波長10nm程度の変化に対し、球面収差変動を極めて小さく抑えることが可能となる。

20

【0164】

次に、本実施の形態の回折光学系（回折光学レンズを有する光学系）の性能の温度変化について考察する。まず、半導体レーザの波長は、温度が30℃上昇すると6nm程度伸びる傾向がある。これに対し、回折光学系がプラスチックレンズで構成されている場合、30℃温度が上昇すると、屈折率が0.003ないし0.004程度減少する傾向がある。実施例6のような、2つの波長のどちらの無限光に対しても無収差に補正したレンズでは、半導体レーザの波長の温度変化による要因とプラスチックレンズの屈折率の温度変化による要因とが補償効果を起こし、温度変化に極めて強い光学系を作り出すことができる。また、実施例6において、素材がガラスである場合も、温度変化に対し許容幅のある光学系にすることは可能である。また、実施例7においても、実施例6には及ばないものの、30℃の温度変化で、波面収差の劣化は0.035 rms程度であり、実用上十分な温度補償ができています。

30

【0165】

上述の温度変化の補償効果について更に説明する。波長の異なる2つの光源により、透明基板の厚さが異なる2種類の光情報記録媒体の記録及び/または再生する場合において、回折パターンを有する対物レンズを用いることにより、それぞれの光ディスクの情報記録面に必要とされる開口数ないしそれ以上の開口数においても波面収差のrms値がそれぞれの波長の0.07以下とすることができるので、専用の対物レンズと同等の結像特性を得ることができる。低価格でコンパクトな光ピックアップ装置とするために、光源には半導体レーザが用いられ、対物レンズにはプラスチックレンズが用いられることが多い。

40

【0166】

レンズ用のプラスチック材料には種々のものがあるが、屈折率の温度変化や線膨張係数がガラスに比べて大きい。特に、屈折率の温度変化がレンズの諸特性に影響を及ぼす。25℃近傍の屈折率の温度変化としては、光ピックアップの光学素子として用いられるプラスチック材料では、 $-0.0002/\text{℃}$ ないし $-0.00005/\text{℃}$ である。さらに、低

50

複屈折材料は - 0 . 0 0 0 1 / のものが多い。また、レンズ用の熱硬化性プラスチックはさらに温度変化に対して屈折率の変化が大きく、上記範囲を外れるものもある。

【 0 1 6 7 】

半導体レーザに関しても、現在の技術で製作されるものについては、発振波長に温度依存性があり、25 近傍の発振波長の温度変化は、0 . 0 5 nm / ないし 0 . 5 nm / である。

【 0 1 6 8 】

光情報記録媒体の情報を再生または光情報記録媒体に情報を記録するための光束の波面収差が温度により変化し rms 値が波長の 0 . 0 7 以上となると光ピックアップ装置としての特性を維持することが困難であり、特に、より高密度の光情報媒体において波面収差の温度変化について留意する必要がある。プラスチックレンズの温度変化による波面収差の変化では焦点ズレと球面収差の変化の双方が起こっているが、前者は光ピックアップ装置において焦点制御を行うので、後者が重要である。ここで、プラスチック材料は温度変化 T () があつたときの屈折率の変化量を n としたときに、

$$- 0 . 0 0 0 2 / < n / T < - 0 . 0 0 0 0 5 /$$

の関係を満たし、半導体レーザは、温度変化 T があつたときの発振波長の変化量を 1 としたときに、

$$0 . 0 5 \text{ nm} / < 1 / T < 0 . 5 \text{ nm} /$$

の関係を満たすと、プラスチックレンズの屈折率の温度変化による波面収差の変動と、半導体レーザ光源の波長の温度変化とによる波面収差の変動とが打ち消しあう方向に作用し、補償効果を得ることができる。

【 0 1 6 9 】

また、環境温度変化が T () あつたときに、波面収差の 3 次の球面収差成分の変化量を W S A 3 (rms) とすると、これは対物レンズを通過する光束の対物レンズの光情報媒体側の開口数 (NA) の 4 乗に比例し、プラスチックレンズの焦点距離 f (mm) に比例し、波面収差を波長単位で評価しているので光源の波長 (mm) に反比例する。したがって、次式が成立する。

$$W S A 3 = k \cdot (N A) ^ 4 \cdot f \cdot T / \quad (a 1)$$

ここで、k は対物レンズの種類に依存する量である。

ちなみに、プラスチック製の両面非球面对物レンズで、焦点距離 3 . 3 6 mm、光情報媒体側の開口数が 0 . 6 で入射光束が平行光の場合に最適化されているものが、MOC/GRIN'97 Technical Digest C5 p40-p43、"The Temperature characteristics of a new optical system with quasi-finite conjugate plastic objective for high density optical disk use" に記載されているが、この文献の中のグラフから、30 の温度変化で W S A 3 が 0 . 0 4 5 rms だけ変化しており、DVD 用途であることから、波長は、= 6 5 0 nm と考えられる。以上のデータを式 (a 1) に代入すると、k = 2 . 2 x 1 0 ^ - 6 が得られる。また、温度変化による波長変化の影響に関しては記載がないが、発振波長の温度変化が小さい場合、回折を使用しない対物レンズについては、温度による屈折率変化の影響のほうが大きい。

【 0 1 7 0 】

DVD について記録及び / または再生する光ピックアップ装置に関しては、k が上記値以下であることが必要となる。透明基板の厚さが異なる 2 種類の光情報記録媒体の記録及び / または再生する場合に、回折パターンを有する対物レンズにおいて、温度変化による波長変化の影響も無視することはできなくなる。特に k に関し、焦点距離、プラスチック材料の屈折率の温度変化、透明基板の厚さの差、二つの光源の発振波長の差等により k の値は異なるが、実施例 6 においては、半導体レーザの波長の温度変化による要因とプラスチックレンズの屈折率の温度変化による要因とが補償効果を起こし、対物レンズがプラスチックレンズであっても温度変化による波面収差の変化は少なくシミュレーションによると、

$$k = 2 . 2 \times 1 0 ^ - 6 / \quad , \quad k = 0 . 4 \times 1 0 ^ - 6 /$$

となる。

【0171】

kとしては、 $0.3 < k < 2.2$ の範囲を取ることができる。したがって、式(a1)より、

【0172】

$$k = WSA3 \cdot / \{ f \cdot (NA1)^4 \cdot T(NA) \} \quad (a2)$$

であるから、

$$0.3 \times 10^{-6} / < WSA3 \cdot / \{ f \cdot (NA1)^4 \cdot T \} < 2.2 \times 10^{-6} / \quad (a3)$$

となる。式(a3)において、kの値が上限を越えると、温度変化により光ピックアップ装置としての特性を維持することが困難となり易く、また、下限を越えると、温度変化に対しての変動は少ないが、波長だけが変化した場合において光ピックアップ装置としての特性を維持することが困難となり易い。

【0173】

また、実施例8においては、実施例6と比較して、一方の波長、即ち、780nmの波長の性能を許容範囲内でやや悪くすることにより、もう一方の波長、即ち、650nmの波長近傍 ± 10 nmでの球面収差変動を小さくすることができる。実施例6においては、波長640nm若しくは660nmでの波面収差は0.035 rms程度であるが、実施例8においては、波長640nm若しくは660nmでの波面収差は0.020 rms程度に向上させることができる。この二つの要因はトレードオフの関係があるが、バランスを保つことが重要であり、0.07 rmsを超えると、レンズ性能が悪化し、光ディスク用光学系として用いることは困難となってくる。

【0174】

次に、実施例6に基づいて、波長変化に対する、マージナル光線の球面収差の変化量と軸上色収差の変化量との関係について説明する。実施例6のように透明基板の厚さが薄い方の情報記録媒体には短い方の波長の光束を使用し、透明基板の厚さが厚い方の情報記録媒体には長い方の波長の光束を使用する一つの光ピックアップ装置で、それら光束に使用される対物レンズでは、回折面の作用によって、或る波長に対して波長が長くなった場合に球面収差をアンダー側に変位させることで、透明基板厚の差によって生じる球面収差を補正することができる。

【0175】

この対物レンズにおいて、少なくとも一方の光源の使用波長の微小な変化に対する、マージナル光線の球面収差の変化量と軸上色収差の変化量とを、それぞれSA、CAとすれば、

$$-1 < SA / CA < -0.2$$

を満たすことが望ましい。この式は使用波長が変化した時の、マージナル光線の球面収差の変化量と軸上色収差の変化量との比を示し、この条件式の下限を上回ること、回折輪帯の間隔を大きくでき、回折効率の高い回折面が製造し易く、条件式の上限を下回ること、回折面が負で大きな屈折力を持つことを抑制でき、また軸上色収差の波長変化が過大にならず、モードポップ等の波長変化に対して焦点位置の変動を抑えることができる。なお、波長の微小な変化とは、10nm以下程度の変化を意味する。実施例6では図25に見るように、波長650nmにおいてSA/CAの値は-0.7である。

【0176】

ここで、回折パワーとレンズ形状との関係について説明する。図47に、回折パワーとレンズ形状との関係を模式的に示す。図47(a)は回折パワーがすべての部分で正のレンズ形状を示す図であり、図47(b)は回折パワーがすべての部分で負のレンズ形状を示す図である。実施例6のレンズは、図47(c)に示すように、回折パワーが光軸付近では負のパワーであり、途中で正のパワーに切り替わるように設計されている。これにより、回折輪帯のピッチが細くなりすぎないようにすることができる。また、実施例8のように、レンズの周辺部付近で回折パワーが、正のパワーから負のパワーに切り替わるよ

10

20

30

40

50

うに設計することにより、2波長間で、良好な収差を得ることもできる。図47(d)のように、例えば、回折パワーが光軸付近では正のパワーであり、途中で負のパワーに切り替わるようにできる。

【0177】

図47(c)では、回折面はブレード化された複数の回折輪帯を有し、光軸に近い側の回折輪帯ではその段差部が光軸から離れた側に位置し、光軸から離れた側の回折輪帯ではその段差部が光軸に近い側に位置している。また、図47(d)では、回折面はブレード化された複数の回折輪帯を有し、光軸に近い側の回折輪帯ではその段差部が光軸に近い側に位置し、光軸から離れた側の回折輪帯ではその段差部が光軸から離れた側に位置している。

10

【0178】

実施例9、10

【0179】

実施例9、10の対物レンズは、上述した〔数3〕で表される非球面形状を屈折面に有しており、実施例9は2光源対応の有限共役型、実施例10は、第2の実施の形態に係る対物レンズの具体例であり、3光源対応の有限共役型である。また、実施例9、10では回折面が単位をラジアンとした位相差関数 B として上述の〔数1〕で表される。

【0180】

図50および図51に、実施例9の対物レンズの $\lambda = 650 \text{ nm}$ および $\lambda = 780 \text{ nm}$ における光路図を示す。また、図52に、実施例9の対物レンズについての $\lambda = 650 \text{ nm}$ に対する開口数0.60までの球面収差図を示す。また、図53および図54に、実施例9の対物レンズについての波長 $\lambda = 780 \text{ nm}$ に対する開口数0.45および0.60までの球面収差図をそれぞれ示す。また、図55、図56に、実施例9の対物レンズについての $\lambda = 650 \text{ nm}$ および波長 $\lambda = 780 \text{ nm}$ に対する波面収差図をそれぞれ示す。

20

【0181】

図57～図59に、実施例10の対物レンズの $\lambda = 650 \text{ nm}$ 、 $\lambda = 400 \text{ nm}$ および $\lambda = 780 \text{ nm}$ における光路図を示す。また、図60、図61に、実施例10の対物レンズについての $\lambda = 650 \text{ nm}$ および $\lambda = 400 \text{ nm}$ に対する開口数0.65までの球面収差図を示す。また、図62および図63に、実施例10の対物レンズについての波長 $\lambda = 780 \text{ nm}$ に対する開口数0.45および0.65までの球面収差図をそれぞれ示す。また、図64～図66に、実施例10の対物レンズについての $\lambda = 650 \text{ nm}$ 、 $\lambda = 400 \text{ nm}$ および波長 $\lambda = 780 \text{ nm}$ に対する波面収差図をそれぞれ示す。

30

【0182】

実施例9、10の対物レンズによると、何れの実施例でも、780nm波長光に対しては、実使用上のNA0.45を超える光束では大きな球面収差を生じ、フレアとして情報の記録および/または再生には寄与しない。

【0183】

以下、実施例9、10のレンズデータを示す。〔表9〕、〔表10〕中、 r はレンズの曲率半径、 d は面間隔、 n は各波長での屈折率、 σ はアッベ数を示す。また、参考として、 d 線 ($\lambda = 587.6 \text{ nm}$)での屈折率と、 σ (d (アッベ数))を記す。また、面No.の数字は、絞りを含めて表示しており、また、本実施例では、便宜上、光ディスクの透明基板に相当する部分の前後2か所に空気間隔を分けて表現している。

40

【0184】

実施例9

$f = 3.33$ 像側 NA 0.60 倍率 -0.194 (波長 $\lambda = 650 \text{ nm}$ のとき)

$f = 3.35$ 像側 NA 0.45 (NA 0.60) 倍率 -0.195 (波長 $\lambda = 780 \text{ nm}$ のとき)

【0185】

【表9】

面No.	r	d	n ($\lambda=650\text{nm}$)	n ($\lambda=780\text{nm}$)	$n d$ (参考)	$v d$
光源	∞	20.0				
絞り	∞	0.0				
2(非球面1・回折面)	2.330785	2.2	1.53771	1.53388	1.5404	56.0
3(非球面2)	-5.175275	1.7467				
4	∞	d4	1.58030	1.57346	1.585	29.9
5	∞	d5				
像点	∞					

10

	d4	d5
$\lambda=650\text{nm}$ のとき	0.6	0.7500
$\lambda=780\text{nm}$ のとき	1.2	0.3964

非球面1 = -0.1295292 回折面1 B2 = 0
A4 = -0.0045445253 B4 = -7.6489594
A6 = -0.0011967305 B6 = 0.9933123
A8 = -0.00011777995 B8 = -0.28305522
A10 = $-5.3843777 \times 10^{-5}$ B10 = 0.011289605
A12 = $-9.0807729 \times 10^{-6}$

20

【0186】

非球面2 = -5.161871
A4 = 0.019003845
A6 = -0.010002187
A8 = 0.004087239
A10 = -0.00085994626
A12 = 7.5491556×10^{-5}

30

【0187】

実施例10
f = 3.31 像側 NA 0.65 倍率 -0.203 (波長 = 650nmのとき)
f = 3.14 像側 NA 0.65 倍率 -0.190 (波長 = 400nmのとき)
f = 3.34 像側 NA 0.45(NA 0.65) 倍率 -0.205 (波長 = 780nmのとき)

【0188】

【表 10】

面No.	r	d	n ($\lambda = 650\text{nm}$)	n ($\lambda = 400\text{nm}$)	n ($\lambda = 780\text{nm}$)
光源	∞	20.0			
絞り	∞	0.0			
2(非球面1・回折面1)	2.450359	2.2	1.87707	1.92261	1.86890
3(非球面2・回折面2)	9.108348	1.4503			
4	∞	d4	1.58030	1.62441	1.57346
5	∞	d5			
像点	∞				

	$\lambda = 650\text{nm}$ のとき	$\lambda = 400\text{nm}$ のとき	$\lambda = 780\text{nm}$ のとき
d4	0.6	0.6	1.2
d5	0.7500	0.5540	0.4097

非球面 1 = -0.08796008 回折面 1 B2 = 0
A4 = -0.010351744 B4 = -61.351934
A6 = 0.0015514472 B6 = 5.9668445
A8 = -0.00043894535 B8 = -1.2923244
A10 = 5.481801×10^{-5} B10 = 0.041773541
A12 = $-4.2588508 \times 10^{-6}$

【 0 1 8 9 】

非球面 2 = -302.6352 回折面 2 B2 = 0
A4 = 0.002 B4 = 341.19136
A6 = -0.0014 B6 = -124.16233
A8 = 0.0042 B8 = 49.877242
A10 = -0.0022 B10 = -5.9599182
A12 = 0.0004

【 0 1 9 0 】

なお、上記実施例 10 の対物レンズの具体例は、第 3 の実施の形態にも同様に適用できる。

【 0 1 9 1 】

実施例 11 ~ 14

【 0 1 9 2 】

実施例 11 ~ 14 の対物レンズは、上述した〔数 3〕で表される非球面形状を屈折面に有しており、また、実施例 11 ~ 13 では回折面が単位をラジアンとした位相差関数 B として上述の〔数 1〕で表され。実施例 14 では回折面が単位を mm とした光路差関数 b として上述の〔数 2〕で表わされる。

【 0 1 9 3 】

これら実施例 11 ~ 14 の対物レンズ特性を得るに当たって、第 1 光ディスク (DVD) 用の光源波長を 650 nm、第 2 光ディスク (青色レーザ使用次世代高密度光ディスク) 用の光源波長を 400 nm とし、第 1 および第 2 光ディスクの透明基板厚さ t1 は共に t1 = 0.6 mm である。また、t1 とは異なる透明基板の厚さ t2 = 1.2 mm を有する第 3 光ディスク (CD) 用の光源波長は 780 nm とした。また、光源波長 400 nm、650 nm、780 nm に対応する開口数 NA として、0.65、0.65、0.5 をそれぞれ想定している。

【 0 1 9 4 】

10

20

30

40

50

(実施例 1 1)

【0195】

実施例 1 1 は、第 4 の実施の形態に係わる対物レンズの具体例であり、対物レンズには平行光が入射するように構成されている。この実施例では、回折面の位相差関数の係数に 2 乗項が含まれず (B2 = 0)、2 乗項以外の項の係数だけを使用している。

【0196】

図 6 8 ~ 図 7 0 に、実施例 1 1 の対物レンズの $r = 650 \text{ nm}$ 、 $r = 400 \text{ nm}$ および $r = 780 \text{ nm}$ における光路図を示す。また、図 7 1 および図 7 2 に、実施例 1 1 の対物レンズについての $r = 650 \text{ nm}$ および $r = 400 \text{ nm}$ に対する開口数 0.65 までの球面収差図を示す。また、図 7 3 および図 7 4 に、実施例 1 1 の対物レンズについての波長 $\lambda = 780 \text{ nm}$ に対する開口数 0.45 および 0.65 までの球面収差図をそれぞれ示す。また、図 7 5 ~ 図 7 7 に、実施例 1 1 の対物レンズについての $r = 650 \text{ nm}$ 、 $r = 400 \text{ nm}$ および $r = 780 \text{ nm}$ に対する波面収差図をそれぞれ示す。

10

【0197】

以下、実施例 1 1 のレンズデータを示す。〔表 1 1〕中、r はレンズの曲率半径、d は面間隔、n は各波長での屈折率を示す。また、面No.の数字は、絞りを含めて表示している。

【0198】

実施例 1 1

- f = 3.33 像側 NA 0.65 (波長 = 650nm のとき)
- f = 3.15 像側 NA 0.65 (波長 = 400nm のとき)
- f = 3.37 像側 NA 0.45 (NA 0.65) (波長 = 780nm のとき)

20

【0199】

【表 1 1】

面No.	r	d	$n_{(\lambda=650\text{nm})}$	$n_{(\lambda=400\text{nm})}$	$n_{(\lambda=780\text{nm})}$
絞り	∞	0.0			
2(非球面1・回折面1)	2.177303	2.2	1.80256	1.84480	1.79498
3(非球面2・回折面2)	6.457315	0.6985			
4	∞	d4	1.58030	1.62441	1.57346
5	∞	d5			
像点	∞				

30

	$\lambda = 650\text{nm}$ のとき	$\lambda = 400\text{nm}$ のとき	$\lambda = 780\text{nm}$ のとき
d4	0.6	0.6	1.2
d5	0.7500	0.6228	0.3995

40

- 非球面 1 $A4 = -0.1847301$ 回折面 1 $B2 = 0$
- $A4 = -0.0090859227$ $B4 = -69.824562$
- $A6 = 0.0016821871$ $B6 = 0.35641549$
- $A8 = -0.00071180761$ $B8 = 0.6877372$
- $A10 = 0.00012406905$ $B10 = -0.18333885$
- $A12 = -1.4004589 \times 10^{-5}$

【0200】

- 非球面 2 $A4 = 0.002$ 回折面 2 $B2 = 0$
- $B4 = 745.72117$

50

【表 1 2】

面No.	r	d	$(\lambda = 650\text{nm})$	$(\lambda = 400\text{nm})$	$(\lambda = 780\text{nm})$
光源	∞	20.0			
絞り	∞	0.0			
2(非球面1・回折面1)	2.450359	2.2	1.87707	1.92261	1.86890
3(非球面2・回折面2)	9.108348	1.4503			
4	∞	d4	1.58030	1.62441	1.57346
5	∞	d5			
像点	∞				

10

	$\lambda = 650\text{nm}$ のとき	$\lambda = 400\text{nm}$ のとき	$\lambda = 780\text{nm}$ のとき
d4	0.6	0.6	1.2
d5	0.7500	0.5540	0.4097

非球面 1 = -0.08796008 回折面 1 B2 = 0

A4 = -0.010351744 B4 = -61.351934

A6 = 0.0015514472 B6 = 5.9668445

A8 = -0.00043894535 B8 = -1.2923244

A10 = 5.481801×10^{-5} B10 = 0.041773541

A12 = $-4.2588508 \times 10^{-6}$

20

【 0 2 0 8 】

非球面 2 = -302.6352 回折面 2 B2 = 0

A4 = 0.002 B4 = 341.19136

A6 = -0.0014 B6 = -124.16233

A8 = 0.0042 B8 = 49.877242

A10 = -0.0022 B10 = -5.9599182

A12 = 0.0004

30

【 0 2 0 9 】

実施例 1 2 のような対物レンズと 3 つの光源とを有する光ピックアップ装置において、透明基板厚さの違いにより発生する球面収差及び波長の違いにより発生する球面収差の色収差について各ディスクともに補正することが可能である。また、図 8 4 から明らかなように、第 3 光ディスクでは実使用上の開口数 NA 0.45 の外側をフレアとしている。

【 0 2 1 0 】

(実施例 1 3)

【 0 2 1 1 】

また、実施例 1 3 の対物レンズは、第 4 の実施の形態に係わる対物レンズの他の具体例であり、無限距離からの平行光が入射するように構成されている。この実施例では、回折面の位相差関数の係数として 2 乗項および 2 乗項以外の項が使用されている。

40

【 0 2 1 2 】

図 8 8 ~ 図 9 0 に、実施例 1 3 の対物レンズの $\lambda = 650\text{nm}$ 、 $\lambda = 400\text{nm}$ および $\lambda = 780\text{nm}$ における光路図を示す。また、図 9 1 および図 9 2 に、実施例 1 3 の対物レンズについての $\lambda = 650\text{nm}$ および $\lambda = 400\text{nm}$ に対する開口数 0.60 までの球面収差図を示す。また、図 9 3 および図 9 4 に、実施例 1 3 の対物レンズについての波長 $\lambda = 780\text{nm}$ に対する開口数 0.45 および 0.60 までの球面収差図をそれぞれ示す。また、図 9 5 ~ 図 9 7 に、実施例 1 3 の対物レンズについての $\lambda = 650\text{nm}$ 、 $\lambda = 4$

50

00nmおよび780nmに対する波面収差図をそれぞれ示す。

【0213】

以下、実施例13のレンズデータを示す。

【0214】

実施例13

f = 3.31 像側 NA 0.60 (波長 = 650nmのとき)

f = 3.14 像側 NA 0.60 (波長 = 400nmのとき)

f = 3.34 像側 NA 0.45(NA 0.60) (波長 = 780nmのとき)

【0215】

【表13】

面No.	r	d	$n_{(\lambda=650nm)}$	$n_{(\lambda=400nm)}$	$n_{(\lambda=780nm)}$
絞り	∞	0.0			
2(非球面1・回折面1)	2.016831	2.2	1.53771	1.55765	1.53388
3(非球面2・回折面2)	-12.04304	0.7555			
4	∞	d4	1.58030	1.62441	1.57346
5	∞	d5			
像点	∞				

	$\lambda=650nm$ のとき	$\lambda=400nm$ のとき	$\lambda=780nm$ のとき
d4	0.6	0.6	1.2
d5	0.7500	0.7500	0.3409

非球面1 = -0.3363369

回折面1 B2 = -177.66083

A4 = -0.0025421455

B4 = -46.296284

A6 = -0.0010660122

B6 = -6.8014831

A8 = 4.7189743×10^{-5}

B8 = 1.6606499

A10 = 1.5406396×10^{-6}

B10 = -0.39075825

A12 = $-7.0004876 \times 10^{-6}$

【0216】

非球面2 = 43.44262

回折面2 B2 = 241.52445

A4 = 0.002

B4 = 402.41974

A6 = -0.0014

B6 = -191.87213

A8 = 0.0042

B8 = 64.779696

A10 = -0.0022

B10 = -8.6741764

A12 = 0.0004

【0217】

本実施例では、回折面の位相差関数の係数として2乗項および2乗項以外の項が使用されているために、透明基板厚さの違いにより発生する球面収差及び波長の違いにより発生する球面収差の色収差と軸上色収差について各ディスクともに補正することが可能となっている。また、図94から明らかなように、第3光ディスクでは実使用上の開口数NA0.45の外側をフレアとしている。

【0218】

(実施例14)

【0219】

実施例14の対物レンズは、第6の実施の形態に係わる対物レンズの具体例であり、無限距離から波長400nmと650nmの平行光が入射し、有限距離から波長780nm

10

20

30

40

50

の発散光が入射するように構成されている。この実施例では、回折面の光路差関数の係数として2乗項および2乗項以外の項が使用されている。

【0220】

図98に、実施例14の対物レンズの $\lambda = 400\text{nm}$ における光路図を示す。また、図99および図101に、実施例14の対物レンズについての $\lambda = 400\text{nm} \pm 10\text{nm}$ 、 $\lambda = 650\text{nm} \pm 10\text{nm}$ および $\lambda = 780\text{nm} \pm 10\text{nm}$ に対する開口数0.65までの球面収差図を示す。

【0221】

以下、実施例14のレンズデータを示す。

【0222】

実施例14

f = 像側 NA 0.65 (波長 = 650nmのとき)

f = 像側 NA 0.65 (波長 = 400nmのとき)

f = 像側 NA 0.45 (NA 0.65) (波長 = 780nmのとき)

【0223】

【表 1 4】

面No.	r	d	n (λ =400nm)	n (λ =650nm)	n (λ =780nm)
光源	∞	d0			
絞り	∞	0			
2(非球面1・回折面)	2.15759	2.400	1.561	1.541	1.537
3(非球面2)		0.976			
4	∞	d4	1.622	1.578	1.571
5	∞	d5			
像点	∞				

10

20

	λ =400nmのとき	λ =650nmのとき	λ =780nmのとき
d0	∞	∞	75.17
d4	0.6	0.6	1.2
d5	0.649	0.733	0.532
焦点距離	3.33	3.44	3.46

30

40

非球面 1 = -2.0080
 A4 = 0.18168×10^{-1}
 A6 = -0.91791×10^{-3}
 A8 = 0.16455×10^{-3}
 A10 = -0.11115×10^{-4}

回折面 b2 = -0.51589×10^{-3}
 b4 = -0.24502×10^{-3}
 b6 = 0.49557×10^{-4}
 b8 = -0.14497×10^{-4}

【 0 2 2 4 】

50

$$\begin{aligned} \text{非球面 2} &= 3.1831 \\ A4 &= 0.14442 \times 10^{-1} \\ A6 &= -0.17506 \times 10^{-2} \\ A8 &= 0.21593 \times 10^{-4} \\ A10 &= 0.12534 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

【 0 2 2 5 】

なお、本発明は上記実施例に限定されるものではない。回折を対物レンズの両面に形成したが、光ピックアップ装置の光学系内の光学素子のある一面に設けてもよい。また輪帯状回折面をレンズ面全体に形成したが、部分的に回折面を形成しても良い。さらに、青色レーザ使用次世代高密度光ディスクとして、光源波長400nm、透明基板の厚さ0.6mmと仮定して光学設計を進めたが、これ以外の仕様である光ディスクに関しても本発明は適用が可能である。

10

【 0 2 2 6 】

次に、本発明の第7の実施の形態について説明する。

【 0 2 2 7 】

図117は、本実施の形態の対物レンズ及びこれを含む光ピックアップ装置の概略構成である。図117のように、第1の半導体レーザ111と第2の半導体レーザ112が光源としてユニット化されている。コリメータ13と対物レンズ16との間にビームスプリッタ120が配置され、コリメータ13でほぼ平行にされた光がビームスプリッタ120を通過し対物レンズ16へ向かう。また、情報記録面22から反射した光束が光路変更手段としてのビームスプリッタ120で光検出器30に向かうように光路を変える。対物レンズ16はその外周にフランジ部16aを有し、このフランジ部16aにより対物レンズ16を光ピックアップ装置に容易に取り付けることができる。また、フランジ部16aは対物レンズ16の光軸に対し略垂直方向に延びた面を有するから、更に精度の高い取付が容易にできる。

20

【 0 2 2 8 】

第1の光ディスクを再生する場合、第1半導体レーザ111から出射された光束は、コリメータ13を透過し平行光束となる。さらにビームスプリッタ120を経て絞り17によって絞られ、対物レンズ16により第1の光ディスク20の透明基板21を介して情報記録面22に集光される。そして、情報記録面22で情報ビットにより変調されて反射した光束は、再び対物レンズ16、絞り17を介して、ビームスプリッタ120で反射され、シリンドリカルレンズ180により非点収差が与えられ、凹レンズ50を経て、光検出器30上へ入射し、光検出器30から出力される信号を用いて、第1の光ディスク20に記録された情報の読み取り信号が得られる。

30

【 0 2 2 9 】

また、光検出器30上でのスポットの形状変化、位置変化による光量変化を検出して、合焦検出やトラック検出を行う。この検出に基づいて2次元アクチュエータ150が第1の半導体レーザ111からの光束を第1の光ディスク20の情報記録面22上に結像するように対物レンズ16を移動させるとともに、第1の半導体レーザ111からの光束を所定のトラックに結像するように対物レンズ16を移動させる。

40

【 0 2 3 0 】

次に、第2の光ディスクを再生する場合、第2の半導体レーザ112から出射された光束は、コリメータ13を透過し平行光束となる。さらにビームスプリッタ120を経て絞り17によって絞られ、対物レンズ16により第2の光ディスク20の透明基板21を介して情報記録面22に集光される。そして、情報記録面22で情報ビットにより変調されて反射した光束は、再び対物レンズ16、絞り17を介して、ビームスプリッタ120で反射され、シリンドリカルレンズ180により非点収差が与えられ、凹レンズ50を経て、光検出器30上へ入射し、光検出器30から出力される信号を用いて、第2の光ディスク20に記録された情報の読み取り信号が得られる。また、光検出器30上でのスポットの形状変化、位置変化による光量変化を検出して、合焦検出やトラック検出を行う。この

50

検出に基づいて2次元アクチュエータ15が第1の半導体レーザ112からの光束を第2光ディスク20の情報記録面22上に結像するように対物レンズ16を移動させるとともに、第2の半導体レーザ112からの光束を所定のトラックに結像するように対物レンズ16を移動させる。

【0231】

対物レンズ(回折レンズ)16は、第1の光ディスク、第2の光ディスクの記録及び/または再生に必要な開口数のうち大きい方の開口数(最大開口数)まで、それぞれの半導体レーザからの入射光に対して、それぞれの波長()に対して0.07 rms以下であるように設計されている。このため、それぞれの光束の結像面上の波面収差は、0.07 rms以下となっている。従って、結像面上及び検出器30上でどちらの光ディスクの記録及び/または再生時にフレアがなく、合焦誤差検出やトラック誤差検出の特性が良好となる。

10

【0232】

なお、第1の光ディスクをDVD(光源波長650nm)、第2の光ディスクをCD(光源波長780nm)とするケースや、第1の光ディスクを次世代高密度光ディスク(光源波長400nm)、第2の光ディスクをDVD(光源波長650nm)のケースが想定されるが、特に、それぞれの光ディスクの必要開口数に大きな差がある場合には、上記のような場合には、必要なスポット径に比較してスポットが小さすぎる場合もある。このときは本明細書の他の箇所で説明している開口制限手段を導入し、所望のスポット径とすればよい。

20

【0233】

以下、第7の実施の形態に係わる対物レンズの具体例として、球面収差補正レンズの実施例15、16、17、18を説明する。各実施例で波面収差が、最大開口数に対し0.07 rms以下に補正されている。なお、以下において像側とは光情報記録媒体側の意味である。

【0234】

実施例15

【0235】

図118に、実施例15の対物レンズである回折光学レンズ(回折面を有する対物レンズ)の光路図を示す。また、図119に、実施例15の回折光学レンズについての波長() = 640, 650, 660 nmに対する開口数0.60までの球面収差図を示す。また、図120は光情報記録媒体の透明基板が図118より厚い場合の実施例15の回折光学レンズの光路図を示す。図121に、図120の場合の回折光学レンズについての波長 = 770, 780, 790 nmに対する開口数0.60までの球面収差図をそれぞれ示す。

30

【0236】

実施例15の回折光学レンズによると、図119に示すように、波長 = 650 nmに対してはNA0.60までの全開口がほぼ無収差である。また、図120、図121に示すように、透明基板が厚い場合で、波長 = 780 nmに対しては、NA0.60までがほぼ無収差である。なお、 = 780 nmのときの所定開口数は0.45である。

40

【0237】

以上のように、実施例15では、実施例1, 6, 8と比べて、光情報記録媒体の透明基板が厚く波長が780 nmの場合の球面収差を透明基板がこれよりも薄く波長が650 nmの場合と同じ開口数(NA0.60)まで補正できる。

【0238】

以下、実施例15のレンズデータを示す。

【0239】

光源波長 = 650 nmのとき
 焦点距離 $f = 3.33$ 像側開口数 $NA = 0.60$ 無限仕様(平行光束入射)

【0240】

50

光源波長 = 780 nm のとき
 焦点距離 $f = 3.38$ 像側開口数 $NA = 0.60$ 無限仕様
 【0241】
 【表15】

面no	R	d	$n=(\lambda=650\text{nm})$	$n=(\lambda=780\text{nm})$
OBJ	Infinity	Infinity		
STO	Infinity	0.0		
2(非球面1・回折面)	2.06085	2.2	1.54113	1.53728
3(非球面2)	-6.98986	1.059		
4	Infinity	d4	1.57787	1.57084
5	Infinity	d5		

10

	d4	d5
$\lambda=650\text{nm}$ のとき	0.6	0.700
$\lambda=780\text{nm}$ のとき	1.2	0.364

20

非球面係数

非球面 1

$$K = -1.0358$$

$$A_4 = 4.8632 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 5.3832 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -1.5773 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = 3.8683 \times 10^{-7}$$

【0242】

非球面 2

$$K = -9.256352$$

$$A_4 = 1.5887 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -5.97422 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 1.11613 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} = -9.39682 \times 10^{-5}$$

【0243】

回折面係数 (基準波長 650 nm)

$$b_2 = 6.000 \times 10^{-3}$$

$$b_4 = -1.317 \times 10^{-3}$$

$$b_6 = 1.5274 \times 10^{-4}$$

$$b_8 = -6.5757 \times 10^{-5}$$

$$b_{10} = 6.221 \times 10^{-6}$$

【0244】

実施例 16

30

40

50

【 0 2 4 5 】

図 1 2 2 に、実施例 1 6 の対物レンズである回折光学レンズ（回折面を有する対物レンズ）の光路図を示す。また、図 1 2 3 に、実施例 1 6 の回折光学レンズについての波長（ λ ） = 6 4 0 , 6 5 0 , 6 6 0 nm に対する開口数 0 . 6 0 までの球面収差図を示す。また、図 1 2 4 は光情報記録媒体の透明基板が図 1 2 2 より厚い場合の実施例 1 6 の回折光学レンズの光路図を示す。図 1 2 5 に、図 1 2 4 の場合の回折光学レンズについての波長（ λ ） = 7 7 0 , 7 8 0 , 7 9 0 nm に対する開口数 0 . 6 0 までの球面収差図をそれぞれ示す。

【 0 2 4 6 】

実施例 1 6 の回折光学レンズによると、図 1 2 3 に示すように、波長（ λ ） = 6 5 0 nm に対しては NA 0 . 6 0 までの全開口がほぼ無収差である。また、図 1 2 4、図 1 2 5 に示すように、透明基板が厚い場合で、波長（ λ ） = 7 8 0 nm に対しては、NA 0 . 6 0 までがほぼ無収差である。なお、波長（ λ ） = 7 8 0 nm のときの所定開口数は 0 . 4 5 である。

10

【 0 2 4 7 】

以上のように、実施例 1 6 では、実施例 1 , 6 , 8 と比べて、光情報記録媒体の透明基板が厚く波長が 7 8 0 nm の場合の球面収差を透明基板がこれよりも薄く波長が 6 5 0 nm の場合と同じ開口数（NA 0 . 6 0）まで補正できる。なお、実施例 1 5 , 1 6 では、透明基板の厚さの差による球面収差を NA 0 . 6 まで補正するために、回折による球面収差の補正作用が強いことが必要であるが、このため輪帯ピッチが狭くなるが、回折の近軸パワーを負にしてピッチの減少を緩和している。

20

【 0 2 4 8 】

以下、実施例 1 6 のレンズデータを示す。

【 0 2 4 9 】

光源波長（ λ ） = 6 5 0 nm のとき
 焦点距離 $f = 3 . 3 3$ 像側開口数 NA = 0 . 6 0 無限仕様

【 0 2 5 0 】

光源波長（ λ ） = 7 8 0 nm のとき
 焦点距離 $f = 3 . 3 6$ 像側開口数 NA = 0 . 6 0 無限仕様

【 0 2 5 1 】

【表 1 6】

面no	R	d	n=(λ=650nm)	n=(λ=780nm)
OBJ	Infinity	Infinity		
STO	Infinity			
2(非球面1・回折面)	2.09216	2.200	1.54113	1.53728
3(非球面2)	-7.49521	1.042		
4	Infinity	d4	1.57787	1.57084
5	Infinity	d5		

10

	d4	d5
λ=650nmのとき	0.6	0.699
λ=780nmのとき	1.2	0.345

20

非球面係数

非球面 1

$$K = -1.1331$$

$$A_4 = 4.5375 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 1.2964 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = -3.6164 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = 2.0765 \times 10^{-5}$$

【0 2 5 2】

非球面 2

$$K = -4.356298$$

$$A_4 = 1.57427 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -4.91198 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 7.72605 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = -5.75456 \times 10^{-5}$$

【0 2 5 3】

回折面係数 (基準波長 650 nm)

$$b_2 = 2.1665 \times 10^{-3}$$

$$b_4 = -2.0272 \times 10^{-3}$$

$$b_6 = 5.5178 \times 10^{-4}$$

$$b_8 = -1.8391 \times 10^{-4}$$

$$b_{10} = 1.8148 \times 10^{-5}$$

【0 2 5 4】

実施例 1 7

【0 2 5 5】

図 1 2 6 に、実施例 1 7 の対物レンズである回折光学レンズ (回折面を有する対物レンズ) の光路図を示す。また、図 1 2 7 に、実施例 1 7 の回折光学レンズについての波長 (

30

40

50

) = 640, 650, 660 nm に対する開口数 0.60 までの球面収差図を示す。また、図 128 は光情報記録媒体の透明基板が図 126 より厚い場合の実施例 17 の回折光学レンズの光路図を示す。図 129 に、図 128 の場合の回折光学レンズについての波長 = 770, 780, 790 nm に対する開口数 0.60 までの球面収差図をそれぞれ示す。

【0256】

実施例 17 の回折光学レンズによると、図 127 に示すように、波長 = 650 nm に対しては NA 0.60 までの全開口がほぼ無収差である。また、図 128、図 129 に示すように、透明基板が厚い場合で、波長 = 780 nm に対しては、NA 0.60 までがほぼ無収差である。なお、 $\lambda = 780 \text{ nm}$ のときの所定開口数は 0.45 である。また、実施例 15 ~ 17 は軸上色収差が異なり、また、輪帯ピッチも変わっている。

10

【0257】

以上のように、実施例 17 では、実施例 1, 6, 8 と比べて、光情報記録媒体の透明基板が厚く波長が 780 nm の場合の球面収差を透明基板がこれよりも薄く波長が 650 nm の場合と同じ開口数 (NA 0.60) まで補正できる。

【0258】

以下、実施例 17 のレンズデータを示す。

【0259】

光源波長 $\lambda = 650 \text{ nm}$ のとき
 焦点距離 $f = 3.33$ 像側開口数 $NA = 0.60$ 無限仕様

20

【0260】

光源波長 $\lambda = 780 \text{ nm}$ のとき
 焦点距離 $f = 3.34$ 像側開口数 $NA = 0.60$ 無限仕様

【0261】

【表 17】

面no	R	d	$n = (\lambda = 650\text{nm})$	$n = (\lambda = 780\text{nm})$
OBJ	Infinity	Infinity		
STO	Infinity			
2(非球面1・回折面)	2.14757	2.200	1.54113	1.53728
3(非球面2)	-7.74682	1.0333		
4	Infinity	d4	1.57787	1.57084
5	Infinity	d5		

30

	d4	d5
$\lambda = 650\text{nm}$ のとき	0.6	0.700
$\lambda = 780\text{nm}$ のとき	1.2	0.327

40

$$K = -1.0751$$

$$A_4 = 5.0732 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 4.3722 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -1.4774 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = 9.6694 \times 10^{-7}$$

【0262】

非球面2

$$K = -10.41411$$

$$A_4 = 1.59463 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -6.02963 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 1.11268 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} = -9.3151 \times 10^{-5}$$

【0263】

回折面係数(基準波長650nm)

$$b_2 = -2.000 \times 10^{-3}$$

$$b_4 = -1.4462 \times 10^{-3}$$

$$b_6 = 1.1331 \times 10^{-4}$$

$$b_8 = -6.6211 \times 10^{-5}$$

$$b_{10} = 6.8220 \times 10^{-6}$$

【0264】

実施例18

【0265】

図130に、実施例18の対物レンズである回折光学レンズ(回折面を有する対物レンズ)の光路図を示す。また、図131に、実施例18の回折光学レンズについての波長() = 390, 400, 410 nmに対する開口数0.70までの球面収差図を示す。また、図132は光情報記録媒体の透明基板が図130より厚い場合の実施例18の回折光学レンズの光路図を示す。図133に、図132の場合の回折光学レンズについての波長 = 640, 650, 660 nmに対する開口数0.70までの球面収差図をそれぞれ示す。

【0266】

実施例18の回折光学レンズによると、図131に示すように、波長 = 400 nmに対してはNA0.70までの全開口がほぼ無収差である。また、図132、図133に示すように、透明基板が厚い場合で、波長 = 650 nmに対しては、NA0.70までがほぼ無収差である。

【0267】

以上のように、実施例17では、実施例1, 6, 8と比べて、光情報記録媒体の透明基板が厚く波長が650 nmの場合の球面収差を透明基板がこれよりも薄く波長が400 nmの場合と同じ開口数(NA0.70)まで補正できる。

【0268】

以下、実施例18のレンズデータを示す。

【0269】

光源波長 = 400 nmのとき

焦点距離 $f = 3.33$ 像側開口数 $NA = 0.70$ 無限仕様

【0270】

光源波長 = 650 nmのとき

焦点距離 $f = 3.43$ 像側開口数 $NA = 0.70$ 無限仕様

【0271】

10

20

30

40

【表 18】

面no	R	d	n=(λ=400nm)	n=(λ=650nm)
OBJ	Infinity	Infinity		
STO	Infinity			
2(非球面1・回折面)	2.65858	2.40	1.71657	1.68987
3(非球面2)	-15.86969	1.297		
4	Infinity	d4	1.62158	1.57787
5	Infinity	d5		

10

	d4	d5
λ=400nmのとき	0.1	0.704
λ=650nmのとき	0.6	0.469

20

非球面係数

非球面 1

$$K = 0.0$$

$$A_4 = -7.9616 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -5.7265 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 8.3209 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = -4.1599 \times 10^{-5}$$

【0272】

非球面 2

$$K = 0.0$$

$$A_4 = 3.11131 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -1.18548 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = 1.63937 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} = -6.60514 \times 10^{-5}$$

【0273】

回折面係数(基準波長400nm)

$$b_2 = -1.4046 \times 10^{-3}$$

$$b_4 = -8.6959 \times 10^{-4}$$

$$b_6 = 2.3488 \times 10^{-4}$$

$$b_8 = -5.2455 \times 10^{-5}$$

$$b_{10} = 3.6385 \times 10^{-6}$$

【0274】

次に、上述の実施例1～3, 14～18の各回折光学レンズの複数の輪帯のピッチについて説明する。複数の輪帯は光軸を中心としたほぼ同心円状に形成されており、レンズの像側の最大開口数に対応する輪帯のピッチPf(mm)、最大開口数の1/2の開口数に対応する輪帯のピッチPh(mm)、及び((Ph/Pf)-2)の各値を表19に示す

30

40

50

。【0275】
【表19】

実施例	Pf	Ph	Ph/Pf-2
1	0.009	0.110	10.2
2	0.067	0.255	1.8
3	0.012	0.032	0.67
14	0.039	0.221	3.7
15	0.027	0.091	1.4
16	0.014	0.353	23.2
17	0.010	0.065	4.5
18	0.011	0.060	3.5

10

20

30

40

$$0.4 \leq (Ph/Pf) - 2 \leq 25 \quad (b1)$$

【0276】

本発明者らの更なる検討によれば、上述の式(b1)が成立すると、即ち、この式の下
限以上であると、高次の球面収差を補正する回折の作用が弱まることなく、従って、透
明基板の厚さが異なることによって生じる2波長間の球面収差の差を回折の作用で補正で
き、また、上限以下であると、回折輪帯のピッチが過小となる箇所が生じ難くなり、回折
効率の高いレンズを製造することが可能となることが判明した。

50

【 0 2 7 7 】

また、上記関係式は、次の式 (b 2) が好ましく、式 (b 3) が更に好ましい。

【 0 2 7 8 】

$$0.8 \leq | (P h / P f) - 2 | \leq 6.0 \quad (b 2)$$

【 0 2 7 9 】

$$1.2 \leq | (P h / P f) - 2 | \leq 2.0 \quad (b 3)$$

【 0 2 8 0 】

次に、本発明の第 8 の実施の形態について説明する。

【 0 2 8 1 】

波長 650 nm の光源を使つての DVD の記録再生に必要な対物レンズの光情報記録媒体側の必要開口数 NA 1 は 0.6 程度であり、波長 780 nm の光源を使つての CD の再生に必要な対物レンズの光情報記録媒体側の必要開口数 NA 2 は 0.45 程度 (記録のときは 0.5 程度) である。したがって、上述の収差補正のための回折パターンは、開口数 NA 1 までは必須ではない。

10

【 0 2 8 2 】

さらに、光軸近傍は焦点深度が深く、球面収差量も少ないので、回折パターンは必須ではない。

【 0 2 8 3 】

必要最低限の部分に回折パターンを形成し、残りの部分を屈折面とすることで、金型加工時のツールの損傷、成形時の離型性の向上、CD 側で必要以上に集光スポットが絞られることに起因するディスクの厚みに誤差があるときや、ディスクが傾いたときの性能劣化を防ぐことができる。

20

【 0 2 8 4 】

このためには、対物レンズの回折パターンは光軸に対して回転対称であり、前記第 1 の光源からの光束の前記対物レンズの回折パターンの最も光軸から離れた円周からの + 1 次回折光は、光情報記録媒体の開口数が NA H 1 の光束に変換され、前記第 1 の光源からの光束の前記対物レンズの回折パターンの最も光軸側の円周からの + 1 次回折光は、光情報記録媒体側の開口数が NA L 1 の光束に変換されるとき、下記の条件を満足すれば良い。

$$NA H 1 < NA 1$$

$$0 < NA L 1 < NA 2$$

30

【 0 2 8 5 】

第 1 の光情報記録媒体が DVD で、第 1 の光源の波長 λ_1 が 650 nm、第 2 の光情報記録媒体が CD で第 2 の光源の波長 λ_2 が 780 nm の場合、

$$NA H 1 \text{ は } 0.43 \text{ から } 0.55$$

$$NA L 1 \text{ は } 0.10 \text{ から } 0.40$$

であることが好ましい。

【 0 2 8 6 】

回折パターンを有する部分についての対物レンズの光学設計は、第 1 の光源から対物レンズに入射する光束の + 1 次回折光がほぼ無収差の集光スポットとなるように行われる。一方、回折パターンのない部分についての対物レンズの光学設計は、第 1 の光源から対物レンズに入射する光束がほぼ無収差の集光スポットとなるように行われる。

40

【 0 2 8 7 】

両者の集光位置は、ほぼ一致する必要がある。さらに、それぞれの光束の位相も揃っていることが重要である。なお、位相に関しては、k を小さな整数としたとき、2k ずついても、設計波長での集光特性は殆ど変わらないが、|k| の絶対値が大きくなると、波長変動に弱くなってしまふ。|k| は 1 ~ 10 であることが好ましい。

【 0 2 8 8 】

このとき、第 2 の光源からの光束のうち、対物レンズの回折パターンの最も光軸から離れた円周からの + 1 次回折光は光情報記録媒体側の開口数が NA H 2 の光束に変換され、同時に回折パターンの最も光軸側の円周からの + 1 次回折光は、光情報記録媒体側の開口

50

数が $NAL2$ の光束に変換され、

【0289】

第2光情報記録媒体の記録再生が可能となるようなスポットを、第2の光源からの光束のうち、対物レンズを通ったときの開口数が $NAH2$ 以下の光束を利用して光情報記録媒体の情報記録面上に形成するように、回折パターンを有する部分からの光束と、回折パターンのない部分からの光束との集光位置と位相差が最適となるように、対物レンズを通った光束の球面収差の設定がなされている。

【0290】

実際には、前記第1の光源からの光束のうち、対物レンズを通ったときの開口数が $NA1$ 以下の光束が第1光情報記録媒体の透明基板を介した最良像点における波面収差が 0.07 rms 以下であり、かつ、前記第2の光源からの光束のうち、対物レンズを通ったときの開口数が $NAH2$ 以下の光束が第2光情報記録媒体の透明基板を介した最良像点における波面収差が 0.07 rms 以下であることが望ましい。

10

【0291】

なお、特に、第1の光源からの光束のうち、対物レンズを通ったときの開口数が $NA1$ 以下の光束が、第1光情報記録媒体の透明基板を介した最良像点における波面収差の球面収差成分は 0.05 rms 以下であることが望ましい。

【0292】

第1の光源と対物レンズの間および第2の光源と対物レンズの間に少なくとも一つのコリメータを含み、第1の光源から対物レンズに入射する光束および第2の光源から対物レンズに入射する光束が、それぞれ平行光であるような光ピックアップ装置とすることで、ピックアップの調整が容易となる。

20

【0293】

また、第1の光源からの光束と第2の光源からの光束に対してコリメータを共通にすることで、光ピックアップ装置のコストダウンを図ることができる。

【0294】

なお、第1の光源と第2の光源が別のパッケージである場合、コリメータに対してそれぞれの光源の位置を対物レンズに入射する光束がそれぞれ平行光となるように設定すれば良い。

【0295】

また、第1の光源と第2の光源とが同じパッケージである場合、それぞれの光源の位置の光軸方向の差を適切に設定して、対物レンズへの入射光がそれぞれ平行光となるようにしても良いし、その調整ができない場合、コリメータの色収差が最適化されたものを用いて対物レンズへの入射光がそれぞれ平行光になるようにしても良い。

30

【0296】

さらに、対物レンズに入射する光束が、収束光束であっても発散光束であっても良く、特に第1の光源から対物レンズに入射する光束よりも第2の光源から対物レンズに入射する光束をより発散度の強いものとすることによって、発散度の差によるアンダーの球面収差が発生し、回折パターンで補正する球面収差量を減らすことができる。

【0297】

図114は、開口数 $NAH2$ 、 $NAL2$ が同じであり、近軸色収差を補正しない場合とした場合 ($fB = 0$) に、第2光源からの光束について、第2光情報記録媒体 (CD) の透明基板を通過した光束の球面収差を表す模式図である。

40

【0298】

$NAH2$ 以下の第2光情報記録媒体の再生に寄与する光束の収束位置は、回折パターンによって補正されていない場合、B点にあるが、回折パターンによって補正され、 fB をほぼ0にされてA点に収束する。しかし、 $NAH2$ より外側では回折パターンによって補正されず、その収差は屈折面のみによる収差曲線Sを示すことになる。

【0299】

図から明らかなように、光束の収束点と $NAH2$ における球面収差の跳びは、近軸色収

50

差の補正量 f_B だけ大きくなり、 NA_H2 から NA_1 までのフレア成分が収束する位置は、 NA_H2 以下の第2光情報記録媒体の再生に寄与する光束の収束位置と大きく離れるため、光検出器上においてフレア成分の影響が小さくなる。

【0300】

また、1と2で近軸色収差を補正することで、1近傍と2近傍においても、近軸色収差は小さくなり、光情報記録媒体への情報記録時に、レーザのパワー変動で発振波長が変化しても、焦点ずれが起きにくくなり、高速記録が可能となる。

【0301】

前述のように NA_H2 から NA_1 までのフレア成分の収束位置と NA_H2 以下の光束の収束位置とを離れたものとするためには、前記の回折パターンの外側に、第2の回折パターンを配設し、第1光源からの光束に対しては第2の回折パターンの+1次回折光が前記の収束位置に集光され、第2光源からの光束は第2の回折パターンでは回折されずに透過するように第2の回折パターンを設計することによって、図115に示す収差補正状況にすることができる。

10

【0302】

すなわち、同図(a)は第1光源からの光束の収差補正状況を示し、 NA_H1 以上においても以下においても、比較的大きく設定された屈折面による収差は、+1次回折光の補正効果により、無収差で収束位置に集光されている。しかし、同図(b)のように、第2光源からの光束は、 NA_H2 より外側の回折パターン部分を通る光束では、回折作用を受けない0次光となるので、その収差補正状況は回折パターンによる補正を受けない収差がそのまま表れるため、 NA_H2 における球面収差の跳びが大きくなり、フレア成分の収束位置と情報の再生に寄与する光束の収束位置が大きく離れるため、光検出器上においてフレア成分の影響が小さくなる。

20

【0303】

また、この第2の回折パターンでは、第1の光源からの光束は回折されず、第2の光源からの光束は、主に-1次回折光となるように第2の回折パターンを設計しても良い。これにより、図113で見るように、 NA_H2 から NA_1 までの光束の、回折による球面収差をよりオーバーにすることによって、第2の光源について、対物レンズを通ったときの開口数が NA_H2 以下の光束の第2光情報記録媒体の透明基板を通ったときの球面収差は良好に補正され、一方、 NA_H2 より外側の光束のオーバーの球面収差を大きくすることが出来る。その結果、図116(b)に見るように、 NA_H2 における球面収差の跳びが大きくなり、フレア成分の収束位置と情報の再生に寄与する光束の収束位置が大きく離れるため、光検出器上においてフレア成分の影響が小さくなる。

30

【0304】

同様に、光源から対物レンズまでの光路中に第1光源からの光束は透過し、第2光源の光束のうち、前記第1の回折パターンの光軸とは反対側の領域を通過する光束を透過させない開口制限手段を設け、光検出器上へ到達するフレア成分を減ずることで、その影響を小さくすることができる。

【0305】

この開口制限手段は、第1の光源からの出射光束と、第2光源からの出射光束とを光合波手段により合波した後の光路中に、第1光源からの光束は透過し、第2光源の光束のうち、前記第1の回折パターンの光軸とは反対側の領域を通過する光束を反射または吸収する輪帯フィルターを配設すれば良い。

40

【0306】

このようなフィルターには、例えば多層膜を利用したダイクロイックフィルターを利用することができる。勿論、対物レンズのいずれかの面に、上述のフィルター効果を持たせることもできる。

【0307】

また、この開口制限手段は、第1光源からの光束は透過し、第2光源の光束のうち、前記回折パターンの光軸とは反対側の領域を通過する光束を回折させる輪帯フィルターであ

50

っても良い。

【0308】

以下、図面を参照して本発明の第8の実施の形態にかかる第1～第7の光ピックアップ装置を具体的に説明する。

【0309】

図102に示す第1の光ピックアップ装置は、第1の光ディスクの再生用の第1光源である半導体レーザ111と、第2の光ディスク再生用の半導体レーザ112とを有している。

【0310】

まず第1の光ディスクを再生する場合、第1半導体レーザ111からビームを出射し、出射された光束は、両半導体レーザ111、112からの出射光の合成手段であるビームスプリッタ190を透過し、偏光ビームスプリッタ120、コリメータ130、1/4波長板14を透過して円偏光の平行光束となる。この光束は絞り170によって絞られ、対物レンズ160により第1の光ディスク200の透明基板210を介して情報記録面220に集光される。

10

【0311】

そして情報記録面220で情報ビットにより変調されて反射した光束は、再び対物レンズ160、絞り170、1/4波長板140、コリメータ130を透過して、偏光ビームスプリッタ120に入射し、ここで反射してシリンドリカルレンズ18により非点収差が与えられ、光検出器300上へ入射し、その出力信号を用いて、第1の光ディスク200に記録された情報の読み取り信号が得られる。

20

【0312】

また、光検出器300上でのスポットの形状変化、位置変化による光量変化を検出して、合焦検出やトラック検出を行う。この検出に基づいて2次元アクチュエータ150が第1の半導体レーザ111からの光束を第1の光ディスク200の記録面220上に結像するように対物レンズ160を移動させると共に、半導体レーザ111からの光束を所定のトラックに結像するように対物レンズ160を移動させる。

【0313】

第2の光ディスクを再生する場合、第2半導体レーザ112からビームを出射し、出射された光束は、光合成手段であるビームスプリッタ190で反射され、上記第1半導体111からの光束と同様、偏光ビームスプリッタ120、コリメータ130、1/4波長板140、絞り170、対物レンズ160を介して第2の光ディスク200の透明基板210を介して情報記録面220に集光される。

30

【0314】

そして、情報記録面220で情報ビットにより変調されて反射した光束は、再び対物レンズ160、絞り170、1/4波長板140、コリメータ130、偏光ビームスプリッタ120、シリンドリカルレンズ180を介して、光検出器300上へ入射し、その出力信号を用いて、第2の光ディスク200に記録された情報の読み取り信号が得られる。

【0315】

また、第1の光ディスクの場合と同様、光検出器300上でのスポットの形状変化、位置変化による光量変化を検出して、合焦検出やトラック検出を行い、2次元アクチュエータ150により、合焦、トラッキングのために対物レンズ160を移動させる。

40

【0316】

図103の第2の光ピックアップ装置は、記録再生用の光学系に適した構成であるが、再生の場合について説明する。なお、以下の実施例において、図102の光ピックアップ装置と同一部材は同一符号で示す。

【0317】

第1の光ディスクを再生する場合、第1半導体レーザ111からビームを出射し、出射された光束は、偏光ビームスプリッタ121で反射され、コリメータ131、1/4波長板141を透過して円偏光の平行光となる。さらに、光合成手段であるビームスプリッタ

50

190を透過し、絞り170によって絞られ、対物レンズ160により第1の光ディスク200の透明基板210を介して情報記録面220に集光される。

【0318】

そして情報記録面220で情報ビットにより変調されて反射した光束は、再び対物レンズ160、絞り170を介して、さらにビームスプリッタ190、1/4波長板141、コリメータ131を透過して、偏光ビームスプリッタ121に入射し、ここを透過して非点収差が与えられ、光検出器301上へ入射し、その出力信号を用いて、第1の光ディスク200に情報記録された情報の読み取り信号が得られる。

【0319】

また、光検出器301上でのスポットの形状変化、位置変化による光量変化を検出して、合焦検出やトラック検出を行う。この検出に基づいて2次元アクチュエータ150が第1の半導体レーザ111からの光束を第2の光ディスク200の記録面220上に結像するように対物レンズ160を移動させると共に、半導体レーザ111からの光束を所定のトラックに結像するように対物レンズ160を移動させる。

10

【0320】

第2の光ディスクを再生する場合、第2半導体レーザ112からビームを出射し、出射された光束は、偏光ビームスプリッタ122で反射され、コリメータ132、1/4波長板142を透過して円偏光の平行光となる。さらに、光合成手段であるビームスプリッタ190で反射され、絞り170、対物レンズ160により第2の光ディスク200の透明基板210を介して情報記録面220に集光される。

20

【0321】

そして情報記録面220で情報ビットにより変調されて反射した光束は、再び対物レンズ160、絞り170を介してビームスプリッタ190で反射され、1/4波長板142、コリメータ132を透過して、偏光ビームスプリッタ122に入射し、ここを透過して非点収差が与えられ、光検出器302上へ入射し、その出力信号を用いて、第2の光ディスク200に情報記録された情報の読み取り信号が得られる。

【0322】

また、光検出器302上でのスポットの形状変化、位置変化による光量変化を検出して、合焦検出やトラック検出を行う。この検出に基づいて2次元アクチュエータ150が第2の半導体レーザ112からの光束を第1の光ディスク200の記録面220上に結像するように対物レンズ160を移動させると共に、半導体レーザ112からの光束を所定のトラックに結像するように対物レンズ160を移動させることは同様である。

30

【0323】

図104の第3の光ピックアップ装置は、記録再生用の光学系に適した構成であるが、再生の場合について説明する。

【0324】

第1の光ディスクを再生する場合、第1半導体レーザ111からビームを出射し、発散光束の発散度を小さくするカップリングレンズ60、光合成手段であるビームスプリッタ190、ビームスプリッタ120を透過し、さらにコリメータ130、1/4波長板140を透過して円偏光の平行光となる。さらに、絞り170によって絞られ、対物レンズ160により第1の光ディスク200の透明基板210を介して情報記録面220に集光される。

40

【0325】

そして情報記録面220で情報ビットにより変調されて反射した光束は、再び対物レンズ160、絞り170を介して、1/4波長板140、コリメータ130を透過して、ビームスプリッタ120に入射し、ここで反射され、シリンドリカルレンズ180で非点収差が与えられ、凹レンズ50を介して光検出器301上へ入射し、その出力信号を用いて、第1の光ディスク200に情報記録された情報の読み取り信号が得られる。

【0326】

また、光検出器301上でのスポットの形状変化、位置変化による光量変化を検出して

50

、合焦検出やトラック検出を行う。この検出に基づいて2次元アクチュエータ150が第1の半導体レーザ111からの光束を第1光ディスク200の記録面220上に結像するように対物レンズ160を移動させると共に、半導体レーザ111からの光束を所定のトラックに結像するように対物レンズ160を移動させる。

【0327】

第2の光ディスクを再生するための第2半導体レーザ112は、レーザ/検出器集積ユニット400に光検出器302およびホログラム230とユニット化されている。「ユニット」あるいは「ユニット化」とは、ユニット化されている部材や手段が一体となって光ピックアップ装置に組込ができるようになっていていることを意味し、装置の組立て時には1部品として組付けることができる上タイトされている。

10

【0328】

第2半導体レーザ112から出射された光束は、ホログラム230を透過し、光合成手段であるビームスプリッタ190で反射され、ビームスプリッタ120、コリメータ130、1/4波長板140を透過し平行光束となる。さらに絞り170、対物レンズ160を介して第2の光ディスク200の透明基板210を介して情報記録面220に集光される。

【0329】

そして、情報記録面220で情報ピットにより変調されて反射した光束は、再び対物レンズ160、絞り170を介し、1/4波長板140、コリメータ130、ビームスプリッタ120を透過し、ビームスプリッタ190で反射され、ホログラム230で回折されて光検出器302上へ入射し、その出力信号を用いて、第2光ディスク200に記録された情報の読み取り信号が得られる。

20

【0330】

また、光検出器302上でのスポットの形状変化、位置変化による光量変化を検出して、合焦検出やトラック検出を行い、2次元アクチュエータ150により、合焦、トラッキングのために対物レンズ160を移動させる。

【0331】

図105の第4の光ピックアップ装置においては、第1の光ディスクを再生する場合、第1半導体レーザ111は、レーザ/検出器集積ユニット410に光検出器301およびホログラム231とユニット化され、第1半導体レーザ111から出射された光束は、ホログラム231を透過し、光合成手段であるビームスプリッタ190、コリメータ130を透過し平行光束となる。さらに絞り170によって絞られ、対物レンズ160により第1の光ディスク200の透明基板210を介して情報記録面220に集光される。

30

【0332】

そして、情報記録面220で情報ピットにより変調されて反射した光束は、再び対物レンズ160、絞り170を介して、コリメータ130、ビームスプリッタ190を透過し、ホログラム231で回折されて光検出器301上へ入射し、その出力信号を用いて、第1光ディスク200に記録された情報の読み取り信号が得られる。

【0333】

また、光検出器302上でのスポットの形状変化、位置変化による光量変化を検出して、合焦検出やトラック検出を行い、2次元アクチュエータ150により、合焦、トラッキングのために対物レンズ160を移動させる。

40

【0334】

第2の光ディスクを再生する場合、第2半導体レーザ112は、レーザ/検出器集積ユニット42に光検出器302およびホログラム232とユニット化され、第2半導体レーザ112から出射された光束は、ホログラム232を透過し、光合成手段であるビームスプリッタ190で反射され、コリメータ130を透過して平行光束となる。さらに絞り170、対物レンズ160を介して第2の光ディスク200の透明基板210を介して情報記録面220に集光される。

【0335】

50

そして、情報記録面 220 で情報ピットにより変調されて反射した光束は、再び対物レンズ 160、絞り 170 を介して、コリメータ 130 を透過し、ビームスプリッタ 190 で反射され、ホログラム 232 で回折されて光検出器 302 上へ入射し、その出力信号を用いて、第 2 光ディスク 200 に記録された情報の読み取り信号が得られる。

【0336】

また、光検出器 302 上でのスポットの形状変化、位置変化による光量変化を検出して、合焦検出やトラック検出を行い、この検出に基づいて 2 次元アクチュエータ 150 により、合焦、トラッキングのために対物レンズ 160 を移動させる。

【0337】

図 106 の第 5 の光ピックアップ装置においては、第 1 半導体レーザ 111、第 2 半導体レーザ 112、光検出手段 30、ホログラム 230 がレーザ/検出器集積ユニット 430 としてユニット化されている。

10

【0338】

第 1 の光ディスクを再生する場合、第 1 半導体レーザ 111 から出射された光束は、ホログラム 230、コリメータ 130 を透過し平行光束となる。さらに絞り 170 によって絞られ、対物レンズ 160 により第 1 の光ディスク 200 の透明基板 210 を介して情報記録面 220 に集光される。

【0339】

そして、情報記録面 220 で情報ピットにより変調されて反射した光束は、再び対物レンズ 160、絞り 170 を介して、コリメータ 130 を透過し、ホログラム 230 で回折されて光検出器 300 上へ入射し、その出力信号を用いて、第 1 光ディスク 200 に記録された情報の読み取り信号が得られる。

20

【0340】

また、光検出器 300 上でのスポットの形状変化、位置変化による光量変化を検出して、合焦検出やトラック検出を行い、2 次元アクチュエータ 150 により、合焦、トラッキングのために対物レンズ 160 を移動させる。

【0341】

第 2 の光ディスクを再生する場合、第 2 半導体レーザ 112 から出射された光束は、ホログラム 230、コリメータ 130 を透過してほぼ平行光束となる。さらに絞り 170、対物レンズ 160 を介して第 2 の光ディスク 200 の透明基板 210 を介して情報記録面 220 に集光される。

30

【0342】

そして、情報記録面 220 で情報ピットにより変調されて反射した光束は、再び対物レンズ 160、絞り 170 を介して、コリメータ 130 を透過し、ホログラム 230 で回折されて光検出器 300 上へ入射し、その出力信号を用いて、第 2 の光ディスク 200 に記録された情報の読み取り信号が得られる。

【0343】

また、光検出器 300 上でのスポットの形状変化、位置変化による光量変化を検出して、合焦検出やトラック検出を行い、この検出に基づいて 2 次元アクチュエータ 150 により、合焦、トラッキングのために対物レンズ 160 を移動させる。

40

【0344】

図 107 の第 6 の光ピックアップ装置においては、第 1 半導体レーザ 111、第 2 半導体レーザ 112、第 1 の光検出手段 301、第 2 の光検出手段 302、ホログラム 230 がレーザ/検出器集積ユニット 430 としてユニット化されている。

【0345】

第 1 の光ディスクを再生する場合、第 1 半導体レーザ 111 から出射された光束は、ホログラム 230 のディスク側の面、コリメータ 130 を透過し平行光束となる。さらに絞り 170 によって絞られ、対物レンズ 160 により第 1 の光ディスク 200 の透明基板 210 を介して情報記録面 220 に集光される。

【0346】

50

そして、情報記録面 220 で情報ピットにより変調されて反射した光束は、再び対物レンズ 160、絞り 170 を介して、コリメータ 130 を透過し、ホログラム 230 のディスク側の面で回折され、第 1 の光源に対応した光検出器 301 上へ入射し、その出力信号を用いて、第 1 の光ディスク 200 に記録された情報の読み取り信号が得られる。

【0347】

また、光検出器 301 上でのスポットの形状変化、位置変化による光量変化を検出して、合焦検出やトラック検出を行い、2次元アクチュエータ 150 により、合焦、トラッキングのために対物レンズ 160 を移動させる。

【0348】

第 2 の光ディスクを再生する場合、第 2 半導体レーザ 112 から出射された光束は、ホログラム 230 の半導体レーザ側の面で回折され、コリメータ 130 を透過してほぼ平行光束となる。このホログラムの半導体レーザ側の面は、光合成手段としての機能を果たす。さらに絞り 170、対物レンズ 160 を介して第 2 の光ディスク 200 の透明基板 210 を介して情報記録面 220 に集光される。

10

【0349】

そして、情報記録面 220 で情報ピットにより変調されて反射した光束は、再び対物レンズ 160、絞り 170 を介して、コリメータ 130 を透過し、ホログラム 230 のディスク側の面で回折されて第 2 の光源に対応した光検出器 302 上へ入射し、その出力信号を用いて、第 2 の光ディスク 200 に記録された情報の読み取り信号が得られる。

【0350】

20

また、光検出器 302 上でのスポットの形状変化、位置変化による光量変化を検出して、合焦検出やトラック検出を行い、この検出に基づいて 2次元アクチュエータ 150 により、合焦、トラッキングのために対物レンズ 160 を移動させる。

【0351】

図 108 の第 7 の光ピックアップ装置は、記録再生用の光学系に適した構成であるが、再生の場合について説明する。

【0352】

第 1 の光ディスクを再生する場合、第 1 半導体レーザ 111 からビームを出射し、発散光束の発散度を小さくするカップリングレンズ 60、光合成手段であるビームスプリッタ 190、ビームスプリッタ 120 を透過し、さらにコリメータ 130、1/4 波長板 140 を透過して円偏光の平行光となる。さらに、絞り 170 によって絞られ、対物レンズ 160 により第 1 の光ディスク 200 の透明基板 210 を介して情報記録面 220 に集光される。

30

【0353】

そして情報記録面 220 で情報ピットにより変調されて反射した光束は、再び対物レンズ 160、絞り 170 を介して、1/4 波長板 140、コリメータ 130 を透過して、ビームスプリッタ 120 に入射し、ここで反射され、シリンドリカルレンズ 180 で非点収差が与えられ、凹レンズ 50 を介して光検出器 301 上へ入射し、その出力信号を用いて、第 1 の光ディスク 200 に情報記録された情報の読み取り信号が得られる。

【0354】

40

また、光検出器 301 上でのスポットの形状変化、位置変化による光量変化を検出して、合焦検出やトラック検出を行う。この検出に基づいて 2次元アクチュエータ 150 が第 1 の半導体レーザ 111 からの光束を第 1 光ディスク 200 の記録面 220 上に結像するように対物レンズ 160 を移動させると共に、半導体レーザ 111 からの光束を所定のトラックに結像するように対物レンズ 160 を移動させる。

【0355】

第 2 の光ディスクを再生するための第 2 半導体レーザ 112 は、レーザ/検出器集積ユニット 400 に光検出器 302 およびホログラム 230 とユニット化されている。

【0356】

第 2 半導体レーザ 112 から出射された光束は、ホログラム 230 を透過し、光合成手

50

段であるビームスプリッタ190で反射され、ビームスプリッタ120、コリメータ130、1/4波長板140を透過し平行光束となる。さらに絞り170、対物レンズ160を介して第2の光ディスク200の透明基板210を介して情報記録面220に集光される。

【0357】

そして、情報記録面220で情報ピットにより変調されて反射した光束は、再び対物レンズ160、絞り170を介し、1/4波長板140、コリメータ130、ビームスプリッタ120を透過し、ビームスプリッタ190で反射され、ホログラム230で回折されて光検出器302上へ入射し、その出力信号を用いて、第2光ディスク200に記録された情報の読み取り信号が得られる。

10

【0358】

また、光検出器302上でのスポットの形状変化、位置変化による光量変化を検出して、合焦検出やトラック検出を行い、2次元アクチュエータ150により、合焦、トラッキングのために対物レンズ160を移動させる。

【0359】

透明基板の厚さ t_1 が第1の光ディスクとほぼ同じで、波長 λ_1 の第1の光源で記録再生するために必要な前記対物レンズの光情報記録媒体側の必要開口数NAも第1の光ディスクと同程度の第3のSuper RENS方式のディスクを記録再生する場合について説明する。

【0360】

Super RENS方式のディスクは、現在精力的に検討が進められているもので、その構成の1例を図109に示す。その記録再生は近接場光学に基づき、再生信号としては反射光を利用する方式と透過光を利用する方式があり、本実施例の構成は透過光を利用して再生信号を得る方式を示す。

20

【0361】

Super RENS方式の第3のディスクを記録再生する場合には、第1半導体レーザー111からビームを出射し、発散光束の発散度を小さくするカップリングレンズ60、光合成手段であるビームスプリッタ190、ビームスプリッタ120を透過し、さらにコリメータ130、1/4波長板140を透過し平行光束となる。さらに絞り170によって絞られ、対物レンズ160により第1の光ディスク200の透明基板210、第1の保護膜240を介して非線形光学膜250に集光される。非線形光学膜250には、微小な開口が形成され、第2の保護膜260を介して情報記録層上の情報記録面220にエネルギーが伝達される。そして、情報記録面220で情報ピットにより変調されて透過した光は、第3の保護膜270を透過し、対物レンズとは反対側の集光レンズ90で集められ、光検出器305に到達し、その出力信号により、第3の光ディスク200に情報記録された情報の読み取り信号が得られる。

30

【0362】

一方、非線形光学膜250から反射された光束は、再び対物レンズ160、絞り170を介して、1/4波長板140、コリメータ130を透過して、ビームスプリッタ120に入射し、ここで反射され、シリンドリカルレンズ180で非点収差が与えられ、凹レンズ50を介して光検出器301上へに入射する。光検出器301上でのスポットの形状変化、位置変化による光量変化を検出して、合焦検出やトラック検出を行う。この検出に基づいて2次元アクチュエータ150が第1の半導体レーザー111からの光束を第1の光ディスク200の非線形光学膜250上に結像する用に対物レンズ160を移動させると共に、半導体レーザー111からの光束を所定のトラックに結像するように対物レンズ160を移動させる。

40

【0363】

前述の光ピックアップ装置の対物レンズとして、第1の光源から無収差の平行光束が入射し、DVDの透明基板を通して無収差のスポットを形成するように設計された専用対物レンズを使って、対物レンズに第2の光源から無収差の平行光が入射し、CDの透明基板

50

を通過してスポットを形成した場合、

- (1) 対物レンズの屈折率の波長依存性
- (2) 光情報記録媒体の透明基板厚みの差
- (3) 透明基板屈折率の波長依存性

により球面収差が発生するが、(2)によるものがほとんどであることは既に述べた。

【0364】

この(2)の要因による球面収差は、CDの記録再生に必要な開口数 NA_2 において、ほぼ $|t_2 - t_1|$ および $(NA_2)^4$ に比例する。図110は、対物レンズに波長 $\lambda_1 = 650\text{ nm}$ の平行光束が入射したときにDVDの透明基板を通して無収差となるように設計された専用レンズについて、透明基板がCDの厚さで、波長 $\lambda_2 = 780\text{ nm}$ の光源を使用したときの、対物レンズから出射する光束の開口数を 0.45 としたときの結像倍率 M_2 と波面収差との関係を示したものである。結像倍率 M_2 が0の場合は、DVDと同様、対物レンズに平行光束が入射する。

10

【0365】

図示のように、 $M_2 = 0$ のときは、約 0.13 rms の球面収差が発生し、回折限界性能のマレシャルの限界 0.07 rms より大きい。従って、何らかの手段によりDVD、CD双方とも波面収差がマレシャルの限界以下となるように球面収差を設定する必要が生じる。

【0366】

この対物レンズにおいて、結像倍率を負にして行くと、対物レンズで負の球面収差が発生し、 $M = 0.06$ のとき極小値となり、マレシャル限界内の値になる。このように、結像倍率によって、補正しなければならない球面収差量は異なり、図示の例においては、 $M = 0.06$ のときはあえて他の手段によって球面収差を補正する必要はない。また、CD-Rの情報記録に必要な NA が 0.5 のときは、さらに補正する球面収差は大きくなる。

20

【0367】

次に、上述の各光ピックアップ装置において、好ましいコリメート調整手段について説明する。説明を簡単にするために、コリメータと対物レンズからなる集光光学系を使用した光ピックアップ装置について考察する。コリメータと光源の距離は、コリメータの光軸上の焦点位置に光源を配置することで所望の平行光がコリメータより出射する。コリメータのバックフォーカス、半導体レーザの取り付け位置と発光点との間隔、コリメータや半導体レーザをマウントする光ピックアップ装置のハウジングの製造バラツキが小さく押さえられているため、半導体レーザとコリメータの間隔を調整しなくても、実用上問題ない精度の平行光が得られる。

30

【0368】

ところで、波長の異なる2つの光源により、透明基板の厚さが異なる2種類の光情報記録媒体の記録及び/または再生する場合において、回折パターンを有する対物レンズを用い、さらにそれぞれの光源に対して0でない同じ次数の回折光を利用する場合において、レーザの発振波長の変動により球面収差の変動が既存の両面非球面对物レンズと比較して大きい。特に、実施例6のような対物レンズでは、 650 nm の波長においては波面収差が 0.001 rms であるが波長が $\pm 10\text{ nm}$ 変化すると 0.035 rms 程度に劣化する。このとき発生するのは球面収差である。半導体レーザには発振波長の個体差があり、光ピックアップ装置に個体差の大きい半導体レーザを適用すると、回折パターンを有する対物レンズの球面収差の規格が厳しくなるといった問題が生じる。

40

【0369】

光ピックアップ装置に用いられる対物レンズでは、入射光束が平行光から発散光になると負の3次球面収差が増加し、平行光束から収束光になると正の3次球面収差が増加するのであるが、対物レンズへの入射光束の発散度を変えることで、3次の球面収差をコントロールすることができる。実施例6のような対物レンズにおいては、半導体レーザの発振波長の個体差で発生する球面収差の主成分は3次の球面収差であることから、対物レンズ

50

への入射光束の発散度を変えることにより、集光光学系全体の3次の球面収差を設計値通りにすることができる。

【0370】

なお、集光光学系にコリメータ等のカップリングレンズがあれば、これを光軸方向に動かすことで、対物レンズの3次の球面収差をコントロールすることができる。また、コリメータ等のカップリングレンズがある場合は、半導体レーザを光軸方向に動かすことで同様に目的が達成される。もちろん、コリメータ等のカップリングレンズがある場合も、半導体レーザを光軸方向に動かしてもよい。

【0371】

実施例19

10

【0372】

以下、第8の実施の形態に係わる対物レンズの具体例として、球面収差補正レンズの実施例19を図111及び表20、表21に示す。

【0373】

表20中、 r_i は屈折面の曲率半径、 d_i 、 d_i' は面間隔、 n_i 、 n_i' は主波長での屈折率を示す。また、面形状式を次の〔数4〕に示す。

【0374】

〔数4〕

20

$$X = \frac{h^2/r}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa) (h/r)^2}} + \sum_j A_j h^{p_j}$$

但し、 X は光軸方向の軸、 h は光軸と垂直方向の軸、光の進行方向を正とし、 r は近軸曲率半径、 κ は円錐形数、 A_j は非球面係数、 p_j ($p_i \geq 3$)は非球面べき数である。

【0375】

また、回折面は光路差関数として数1に示す通りである。単位はmmとして表している。

30

【0376】

【表 20】

波長				635nm	780nm
焦点距離				3.370	3.397
絞り径				Φ 4.04mm	
対物レンズ横倍率				0	
面番号	r_i	d_i	d_i'	n_i	n_i'
1	∞				
2	2.131	2.6		1.5300	1.5255
3	-6.373	1.5657	1.2052		
4	∞	0.6	1.2	1.5787	1.5709
5	∞				

d_i, n_i は、第1光情報記録媒体 ($t_1 = 0.6\text{mm}$) のときの値

d_i', n_i' は、第2光情報記録媒体 ($t_2 = 1.2\text{mm}$) のときの値

10

20

d_i, n_i は、第1光情報記録媒体 ($t_1 = 0.6\text{mm}$) のときの値

【0377】

d_i', n_i' は、第2光情報記録媒体 ($t_2 = 1.2\text{mm}$) のときの値

【0378】

【表 2 1】

第2面	第1分割面 (非球面係数)	$0 \leq H \leq 1.6984$ $\kappa = -3.6612 \times 10^{-1}$ $A_1 = -3.2000 \times 10^{-3} \quad P1 = 4.0$ $A_2 = -9.5500 \times 10^{-4} \quad P2 = 6.0$ $A_3 = 9.4024 \times 10^{-5} \quad P3 = 8.0$ $A_4 = -2.8750 \times 10^{-5} \quad P4 = 10.0$
	(回折面係数)	$B_2 = 0$ $B_4 = -8.3027 \times 10^{-4}$ $B_6 = -1.6462 \times 10^{-4}$ $B_8 = 1.3105 \times 10^{-5}$
	第2分割面 (非球面係数)	$1.6984 \leq H$ $\kappa = -9.8006 \times 10^{-1}$ $A_1 = 6.0790 \times 10^{-3} \quad P1 = 4.0$ $A_2 = 2.8149 \times 10^{-4} \quad P2 = 6.0$ $A_3 = 6.6735 \times 10^{-6} \quad P3 = 8.0$ $A_4 = -2.8790 \times 10^{-6} \quad P4 = 10.0$
第3面	非球面係数	$\kappa = -2.4934 \times 10$ $A_1 = 9.6641 \times 10^{-3} \quad P1 = 4.0$ $A_2 = -3.7568 \times 10^{-3} \quad P2 = 6.0$ $A_3 = 7.9367 \times 10^{-4} \quad P3 = 8.0$ $A_4 = -7.3523 \times 10^{-5} \quad P4 = 10.0$

10

20

30

上記実施例のレンズ断面図を図111に、その球面収差を図112に示す。図111において、第2面S2の光軸を含む部分S2dは回折パターンを有し、その外側の部分S2rは非球面屈折面である。図112(a)は波長635nm、第1光情報記録媒体(t1=0.6mm)での球面収差図で十分に収差補正されている。同図(b)は波長780nm、第2光情報記録媒体(t2=1.2mm)での球面収差図であり、第1分割面S2dを通る光束は回折の効果により球面収差が補正されており、第2分割面S2rを通る光束はフレア光となり絞りと同様の効果になっている。

【0379】

上記実施例のレンズは、NAH2=0.5とし、NAL2=0の対物レンズである。このレンズの回折パターン部分は、光軸を中心とした輪帯上のパターンとなり、そのステップ数は13程度となる。また、回折パターン部の最も光軸から離れた円周部分と屈折面との境界は、約21μmの段差を持っている。

40

【0380】

NAH2=0.45とした場合においては、回折パターンのステップ数は9程度で、上記段差量は13μm程度である。段差量、回折パターンのステップ数は、ほぼNAH2の4乗に比例する。

【0381】

この例のようにNAL2=0の場合には、補正する球面収差に比例して回折パターンのステップ数が増加してしまう。

【0382】

50

本発明の対物レンズにおいては、回折パターンの光軸方向の深さは $2\ \mu\text{m}$ 以下でも良好な効果を得ることができるが、やはり回折パターンのステップ数が多いと、金型加工、成形が難しくなるので、できるだけステップ数が少ないことが望ましい。

【0383】

これは、(1)CDの結像倍率をDVDの結像倍率よりやや小さくし、補正すべき球面収差量をあらかじめ小さくする。好ましくは、 $m\text{CD}(\text{CDの記録・再生時の倍率}) - m\text{DVD}(\text{DVDの記録・再生時の倍率})$ が、 $-1/15 \sim 0$ であることが好ましい、(2)深度の深い開口数の小さい部分には回折パターンを設けない、等によって達成できる。

【0384】

例えば、DVDの結像倍率を0、CDの結像倍率を -0.03 とすれば補正すべき球面収差は半分になるので、CD-R対応のため、NAH2を0.5としても、ステップ数は7程度で、段差量も $11\ \mu\text{m}$ 程度となる。

【0385】

段差量が小さい場合、段差S2sの形状は回折パターン部S2dから屈折面部S2rへ滑らかに移行するものであっても良い。

【0386】

また、DVDの結像倍率、CDの結像倍率とも0の場合においては、例えば $\text{NAL}2 = 0.36$ とすれば、開口数がNAL2以下の光束の波面収差の残留球面収差成分WSA(NAL2)は約 $0.053\ \text{rms}$ である。これに最適な回折パターンを付けることで、DVDの波面収差をほぼ0に保ちながらNAH2までの波面収差のRMS値を小さく

【0387】

開口数がNAH2以下の光束の波面収差の残留球面収差成分WSA(NAH2)は、以下の式で近似できる。

【0388】

$$\text{WSA}(\text{NAH}2) = (\text{NAL}2 / \text{NAH}2)^2 \times \text{WSA}(\text{NAL}2)$$
 よって、 $\text{NAH}2 = 0.45$ のとき、上記値は $0.034\ \text{rms}$ 、 $\text{NAH}2 = 0.5$ のとき $0.027\ \text{rms}$ となり、マレシャルの限界値より十分小さい。

【0389】

このとき、NAL2以下ではオーバーの球面収差が発生しているため、NAL2からNAH2までの球面収差を0とするのではなく、NAL2以下の光束のベストフォーカスにほぼ一致するようにすれば良い。このベストフォーカス位置は近軸焦点よりオーバーな位置であるため、回折パターンで補正する球面収差量は小さくてすむ。また、NAL2以下の光束に対しては、回折パターンは不要である。この二つの効果で、 $\text{NAH}2 = 0.5$ のとき、回折パターンのステップ数は約6、 $\text{NAH}2 = 0.45$ のときは回折パターンのステップ数は4ですむ。

【0390】

勿論、CDの結像倍率をDVDの結像倍率より小さくすることで、回折パターンをさらに少なくでき、最低2ステップあれば、DVDとCDの互換再生が可能となる。

【0391】

ところで、透明基板厚が $0.1\ \text{mm}$ の高密度光情報記録媒体が提案されている。この記録再生には青色半導体レーザを使用し、2枚玉の対物レンズを用い、NA1として0.85が必要とされている。一方において、CD-RWは透明基板厚が $1.2\ \text{mm}$ で波長 $780\ \text{nm}$ の光源を用い、NA2は0.55とされている。この互換光学系では、DVD、CD-R(NAH2=0.5)の場合と比較して、NA2が大きく、 $t1 - t2$ も大きいため、球面収差の補正量も2.7倍大きい。そのため、回折パターンのステップ数も35程度になる。

【0392】

さらに、近軸の色収差を補正するには、回折パターンのステップ数が増加する。またNA1まで近軸色収差を含めて補正するとなると、数百のステップ数になる。このような場

10

20

30

40

50

合、回折パターンを複数の光学面に施すことも可能である。

【0393】

また、必要に応じて、 NA_{L2} から NA_{H2} までのある部分を屈折面としても良い。

【0394】

さらに、 $t_1 > t_2$ である場合には、発生する球面収差の符号が逆になるので、-1次光を利用することになる。

【0395】

同様に、DVDとCDの場合も、対物レンズのCDの結像倍率がDVDの結像倍率よりかなり小さくなり、アンダーの球面収差が残る場合も、同様に-1次光を利用することになる。

10

【0396】

なお、現在重要関心事であるDVDとCDについて、記録または波長の異なる2つのレーザを使って単一の対物レンズで実施する例について示した。既に説明したとおり、第1の光源の波長を t_1 とし、第2の光源の波長を t_2 ($t_2 > t_1$)とした場合、 $t_1 < t_2$ である場合は+1次回折光を利用し、 $t_1 > t_2$ である場合は-1次回折光を利用した第1の回折パターンを導入するのであるが、DVD(第1の光源を利用)とCD(第2の光源を利用)の場合は前者である。

【0397】

ところで、青色半導体レーザ、SHGレーザ等、近年様々な波長の光源が実用化され、今後とも多くの新しい光情報記録媒体が登場すると思われる。この場合、光情報記録媒体の記録密度から必要となるスポットサイズが決まるが、記録または記録再生に必要なNAは、使用する光源の波長によって変化する。このため、光情報記録媒体の透明基板の厚さ、必要NAが2つの光情報記録媒体にたいして、以下の4つに分類される。

20

(1) $t_1 < t_2$, $NA_1 > NA_2$

(2) $t_1 < t_2$, $NA_1 < NA_2$

(3) $t_1 > t_2$, $NA_1 > NA_2$

(4) $t_1 > t_2$, $NA_1 < NA_2$

【0398】

以上の説明においては、特に(1)のケースについて使用する第1の回折パターンのそれぞれの光源に対する回折次数、第1の回折パターンの範囲(NA_{H1} , NA_{L1} , NA_{H2} , NA_{L2})、回折パターン部と透過部が同一位置に集光する必要のある光源の種類とNA範囲、各光源に対しての球面収差を設定するNAの範囲、各光源に対して波面収差が 0.07 rms 以下である必要性があるNAの範囲、第2の回折パターンのそれぞれの光源に対する回折次数と第1の回折パターンと同一位置に集光させる必要性、開口制限を導入する場合の、どちらの光源からの光束を制限するかの条件等について詳述したが、(2)(3)(4)の場合については、(1)の詳述から容易に遂行しえるので、詳細な説明は省略した。

30

【0399】

また、レンズの製作時には、回折パターンを刻んだ金型により、プラスチック材料やガラス材料を一体成形することも可能であり、ガラスないしプラスチックの母材に紫外線硬化樹脂等により、本発明の回折パターンを含む光学面を形成しても良い。さらに、コーティングや、直接加工により製作しても良い。

40

【0400】

上述のように、本発明の効果を持つ光学面は、対物レンズとは別の光学素子に設け、該光学素子を対物レンズの光源側ないしは光情報記録媒体側に配設しても良い。勿論、コリメータや光合成手段の第一の光源からの光束と第2の光源からの光束とが共に通過する光学面に配設しても良い。しかし、トラッキング等で対物レンズが動く際に、回折パターンの光軸と対物レンズの光軸とが相対的に移動するため、トラッキングの量が制限される。

【0401】

また、説明の都合上、回折パターンは光学軸に対して同心円状としたが、これに制限さ

50

れるものではない。

【0402】

以上の実施例1～19に具体的に示した対物レンズは、いずれも単レンズからなる例を挙げたが、対物レンズが複数のレンズから構成されたものでもよく、その少なくとも1つの面に本発明の回折面を有する場合も本発明に含まれるものである。

【0403】

本発明において、特定次数の回折光を選択的に発生するとは、所定の波長の光に対して、特定次数の回折光の回折効率がその特定次数以外の他の次数のそれぞれの回折光の回折効率よりも高いことをいうことは上述のとおりであるが、互いに異なる2つの波長のそれぞれの光に対して、その特定次数の回折光の回折効率が他の次数のそれぞれの回折光の回折効率よりも10%以上高い効率であることが好ましく、30%以上高い効率であることが更に好ましく、また、その特定次数の回折光の回折効率が50%以上であることが好ましく、更に好ましくは70%以上であることが、光量損失が少なく、実用上も好ましい。

10

【0404】

また、本発明の回折面は、以上の実施の形態およびレンズの具体的な実施例にも示されたように、その回折面があることによって、互いに異なる少なくとも2つの波長の選択的に発生された特定次数の回折光がそれぞれ焦点を結ぶに際して、その回折面が無い場合すなわちその回折面のレリーフを包絡した面をシュミレーション等により想定した場合と比較して球面収差が改善されることが望ましい。

20

【0405】

また、更に、本発明において、互いに異なる少なくとも2つの波長のそれぞれの光（波長）に対して、それぞれ選択的に発生する特定次数の回折光は、その結像面上での波面収差が0.07 rms以下であることが、実用上で有効な所望のスポットを得るうえで好ましい。なお、上述した実施の態様は本発明の技術的思想及び範囲から逸脱しないで当業者により変更が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0406】

【図1】本発明の実施例1の回折光学レンズの光路図である。

【図2】本発明の実施例1の回折光学レンズによる波長 = 635 nm に対する球面収差図である。

30

【図3】本発明の実施例1の回折光学レンズによる波長 = 780 nm に対する NA 0.45 までの球面収差図である。

【図4】本発明の実施例1の回折光学レンズによる波長 = 780 nm に対する NA 0.60 までの球面収差図である。

【図5】本発明の実施例1の回折光学レンズによる波長 = 635 nm に対する波面収差図である。

【図6】本発明の実施例1の回折光学レンズによる波長 = 780 nm に対する波面収差図である。

【図7】本発明の実施例2の回折光学レンズによる波長 = 405 nm に対する光路図である。

40

【図8】本発明の実施例2の回折光学レンズによる波長 = 635 nm に対する光路図である。

【図9】本発明の実施例2の回折光学レンズによる波長 = 405 nm に対する球面収差図である。

【図10】本発明の実施例2の回折光学レンズによる波長 = 635 nm に対する球面収差図である。

【図11】本発明の実施例2の回折光学レンズによる波長 = 405 nm に対する波面収差図である。

【図12】本発明の実施例2の回折光学レンズによる波長 = 635 nm に対する波面収差図である。

50

- 【図13】本発明の実施例3の回折光学レンズによる波長 = 405 nm に対する光路図である。
- 【図14】本発明の実施例3の回折光学レンズによる波長 = 635 nm に対する光路図である。
- 【図15】本発明の実施例3の回折光学レンズによる波長 = 405 nm に対する球面収差図である。
- 【図16】本発明の実施例3の回折光学レンズによる波長 = 635 nm に対する球面収差図である。
- 【図17】本発明の実施例3の回折光学レンズによる波長 = 405 nm に対する波面収差図である。
- 【図18】本発明の実施例3の回折光学レンズによる波長 = 635 nm に対する波面収差図である。
- 【図19】本発明の実施例4の回折光学レンズによる光路図である。
- 【図20】本発明の実施例4の回折光学レンズによる波長 = 635 nm、650 nm、780 nm に対する球面収差図である。
- 【図21】本発明の実施例5の回折光学レンズによる光路図である。
- 【図22】本発明の実施例5の回折光学レンズによる波長 = 635 nm、650 nm、780 nm に対する球面収差図である。
- 【図23】本発明の実施例6の回折光学レンズによる波長 = 650 nm に対する光路図である。
- 【図24】本発明の実施例6の回折光学レンズによる波長 = 780 nm (NA = 0.5) に対する光路図である。
- 【図25】本発明の実施例6の回折光学レンズによる波長 = 650 ± 10 nm に対する開口数 0.60 までの球面収差図である。
- 【図26】本発明の実施例6の回折光学レンズによる波長 = 780 ± 10 nm に対する開口数 0.50 までの球面収差図である。
- 【図27】本発明の実施例6の回折光学レンズによる波長 = 780 nm に対する開口数 0.60 までの球面収差図である。
- 【図28】本発明の実施例6の回折光学レンズによる波長 = 650 nm に対する波面収差 rms 図である。
- 【図29】本発明の実施例6の回折光学レンズによる波長 = 780 nm に対する波面収差 rms 図である。
- 【図30】本発明の実施例7の回折光学レンズによる波長 = 650 nm に対する光路図である。
- 【図31】本発明の実施例7の回折光学レンズによる波長 = 780 nm (NA = 0.5) に対する光路図である。
- 【図32】本発明の実施例7の回折光学レンズによる波長 = 650 ± 10 nm に対する開口数 0.60 までの球面収差図である。
- 【図33】本発明の実施例7の回折光学レンズによる波長 = 780 ± 10 nm に対する開口数 0.50 までの球面収差図である。
- 【図34】本発明の実施例7の回折光学レンズによる波長 = 780 nm に対する開口数 0.60 までの球面収差図である。
- 【図35】本発明の実施例7の回折光学レンズによる波長 = 650 nm に対する波面収差 rms 図である。
- 【図36】本発明の実施例7の回折光学レンズによる波長 = 780 nm に対する波面収差 rms 図である。
- 【図37】本発明の実施例8の回折光学レンズによる波長 = 650 nm に対する光路図である。
- 【図38】本発明の実施例8の回折光学レンズによる波長 = 780 nm (NA = 0.5) に対する光路図である。

10

20

30

40

50

【図 39】本発明の実施例 8 の回折光学レンズによる波長 = 650 ± 10 nm に対する開口数 0.60 までの球面収差図である。

【図 40】本発明の実施例 8 の回折光学レンズによる波長 = 780 ± 10 nm に対する開口数 0.50 までの球面収差図である。

【図 41】本発明の実施例 8 の回折光学レンズによる波長 = 780 nm に対する開口数 0.60 までの球面収差図である。

【図 42】本発明の実施例 8 の回折光学レンズによる波長 = 650 nm に対する波面収差 rms 図である。

【図 43】本発明の実施例 8 の回折光学レンズによる波長 = 780 nm に対する波面収差 rms 図である。

【図 44】本発明の実施例 6 の回折光学レンズについての回折輪帯数と光軸からの高さとの関係を示すグラフである。

【図 45】本発明の実施例 7 の回折光学レンズについての回折輪帯数と光軸からの高さとの関係を示すグラフである。

【図 46】本発明の実施例 8 の回折光学レンズについての回折輪帯数と光軸からの高さとの関係を示すグラフである。

【図 47】本発明の実施例にかかる回折光学レンズについて、回折レンズパワーとレンズ形状との関係を模式的に示す図である。

【図 48】本発明の第 2 の実施の形態にかかる光ピックアップ装置の構成を示す光路図である。

【図 49】本発明の第 3 の実施の形態にかかる光ピックアップ装置の構成を示す光路図である。

【図 50】本発明の実施例 9 の対物レンズの波長 = 650 nm に対する光路図である。

【図 51】本発明の実施例 9 の対物レンズの波長 = 780 nm に対する光路図である。

【図 52】本発明の実施例 9 の対物レンズについての波長 = 650 nm に対する球面収差図である。

【図 53】本発明の実施例 9 の対物レンズについての波長 = 780 nm に対する NA 0.45 までの球面収差図である。

【図 54】本発明の実施例 9 の対物レンズについての波長 = 780 nm に対する NA 0.60 までの球面収差図である。

【図 55】本発明の実施例 9 の対物レンズについての波長 = 650 nm に対する波面収差図である。

【図 56】本発明の実施例 9 の対物レンズについての波長 = 780 nm に対する波面収差図である。

【図 57】本発明の実施例 10 の対物レンズについての波長 = 650 nm に対する光路図である。

【図 58】本発明の実施例 10 の対物レンズについての波長 = 400 nm に対する光路図である。

【図 59】本発明の実施例 10 の対物レンズについての波長 = 780 nm に対する光路図である。

【図 60】本発明の実施例 10 の対物レンズについての波長 = 650 nm に対する球面収差図である。

【図 61】本発明の実施例 10 の対物レンズについての波長 = 400 nm に対する球面収差図である。

【図 62】本発明の実施例 10 の対物レンズについての波長 = 780 nm に対する NA 0.45 までの球面収差図である。

【図 63】本発明の実施例 10 の対物レンズについての波長 = 780 nm に対する NA 0.65 までの球面収差図である。

【図 64】本発明の実施例 10 の対物レンズについての波長 = 650 nm に対する波面収差図である。

10

20

30

40

50

【図65】本発明の実施例10の対物レンズについての波長 = 400nmに対する波面収差図である。

【図66】本発明の実施例10の対物レンズについての波長 = 780nmに対する波面収差図である。

【図67】本発明の第4の実施の形態にかかる光ピックアップ装置の構成を示す図である。

【図68】本発明の実施例11の対物レンズについての波長 = 650nmに対する光路図である。

【図69】本発明の実施例11の対物レンズについての波長 = 400nmに対する光路図である。

【図70】本発明の実施例11の対物レンズについての波長 = 780nmに対する光路図である。

【図71】本発明の実施例11の対物レンズについての波長 = 650nmに対する球面収差図である。

【図72】本発明の実施例11の対物レンズについての波長 = 400nmに対する球面収差図である。

【図73】本発明の実施例11の対物レンズについての波長 = 780nmに対する開口数0.45までの球面収差図である。

【図74】本発明の実施例11の対物レンズについての波長 = 780nmに対する開口数0.65までの球面収差図である。

【図75】本発明の実施例11の対物レンズについての波長 = 650nmに対する波面収差図である。

【図76】本発明の実施例11の対物レンズについての波長 = 400nmに対する波面収差図である。

【図77】本発明の実施例11の対物レンズについての波長 = 780nmに対する波面収差図である。

【図78】本発明の実施例12の対物レンズについての波長 = 650nmに対する光路図である。

【図79】本発明の実施例12の対物レンズについての波長 = 400nmに対する光路図である。

【図80】本発明の実施例12の対物レンズについての波長 = 780nmに対する光路図である。

【図81】本発明の実施例12の対物レンズについての波長 = 650nmに対する球面収差図である。

【図82】本発明の実施例12の対物レンズについての波長 = 400nmに対する球面収差図である。

【図83】本発明の実施例12の対物レンズについての波長 = 780nmに対する開口数0.45までの球面収差図である。

【図84】本発明の実施例12の対物レンズについての波長 = 780nmに対する開口数0.65までの球面収差図である。

【図85】本発明の実施例12の対物レンズについての波長 = 650nmに対する波面収差図である。

【図86】本発明の実施例12の対物レンズについての波長 = 400nmに対する波面収差図である。

【図87】本発明の実施例12の対物レンズについての波長 = 780nmに対する波面収差図である。

【図88】本発明の実施例13の対物レンズについての波長 = 650nmに対する光路図である。

【図89】本発明の実施例13の対物レンズについての波長 = 400nmに対する光路図である。

10

20

30

40

50

【図90】本発明の実施例13の対物レンズについての波長 = 780 nm に対する光路図である。

【図91】本発明の実施例13の対物レンズについての波長 = 650 nm に対する球面収差図である。

【図92】本発明の実施例13の対物レンズについての波長 = 400 nm に対する球面収差図である。

【図93】本発明の実施例13の対物レンズについての波長 = 780 nm に対する開口数0.45までの球面収差図である。

【図94】本発明の実施例13の対物レンズについての波長 = 780 nm に対する開口数0.65までの球面収差図である。

10

【図95】本発明の実施例13の対物レンズについての波長 = 650 nm に対する波面収差図である。

【図96】本発明の実施例13の対物レンズについての波長 = 400 nm に対する波面収差図である。

【図97】本発明の実施例13の対物レンズについての波長 = 780 nm に対する波面収差図である。

【図98】本発明の実施例13の対物レンズについての波長 = 400 nm に対する光路図である。

【図99】本発明の実施例13の対物レンズについての波長 = $400 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$ に対する球面収差図を示す。

20

【図100】本発明の実施例13の対物レンズについての波長 = $650 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$ に対する球面収差図を示す。

【図101】本発明の実施例13の対物レンズについての波長 = $780 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$ に対する球面収差図を示す。

【図102】本発明の第8の実施の形態にかかる光ピックアップ装置の第1の構成を示す光路図である。

【図103】本発明の第8の実施の形態にかかる光ピックアップ装置の第2の構成を示す光路図である。

【図104】本発明の第8の実施の形態にかかる光ピックアップ装置の第3の構成を示す光路図である。

30

【図105】本発明の第8の実施の形態にかかる光ピックアップ装置の第4の構成を示す光路図である。

【図106】本発明の第8の実施の形態にかかる光ピックアップ装置の第5の構成を示す光路図である。

【図107】本発明の第8の実施の形態にかかる光ピックアップ装置の第6の構成を示す光路図である。

【図108】本発明の第8の実施の形態にかかる光ピックアップ装置の第7の構成を示す光路図である。

【図109】Super RENS方式の光ディスクの構成を示す模式図である。

【図110】本発明の第8の実施の形態にかかる実施例15の対物レンズの、結像倍率 m_2 と波面収差との関係を示すグラフである。

40

【図111】本発明の第8の実施の形態にかかる実施例15の断面図である。

【図112】上記実施例15の球面収差図である。

【図113】回折パターンの作用の説明図である。

【図114】本発明の第8の実施の形態にかかる対物レンズの球面収差への色収差の影響を示す模式図である。

【図115】本発明の第8の実施の形態にかかる対物レンズの球面収差への+1次回折の影響を示す模式図である。

【図116】本発明の第8の実施の形態にかかる対物レンズの球面収差への-1次回折の影響を示す模式図である。

50

【図 1 1 7】本発明の第 7 の実施の形態にかかる光ピックアップ装置の構成を示す光路図である。

【図 1 1 8】本発明の第 7 の実施の形態にかかる実施例 1 5 の対物レンズである回折光学レンズ（回折面を有する対物レンズ）の光路図である。

【図 1 1 9】図 1 1 8 の回折光学レンズについての波長（ ） = 6 4 0 , 6 5 0 , 6 6 0 nm に対する開口数 0 . 6 0 までの球面収差図である。

【図 1 2 0】実施例 1 5 において光情報記録媒体の透明基板が図 1 1 8 より厚い場合の回折光学レンズの光路図である。

【図 1 2 1】図 1 2 0 の回折光学レンズについての波長 = 7 7 0 , 7 8 0 , 7 9 0 nm に対する開口数 0 . 6 0 までの球面収差図である。

10

【図 1 2 2】本発明の第 7 の実施の形態にかかる実施例 1 6 の対物レンズである回折光学レンズ（回折面を有する対物レンズ）の光路図である。

【図 1 2 3】図 1 2 2 の回折光学レンズについての波長（ ） = 6 4 0 , 6 5 0 , 6 6 0 nm に対する開口数 0 . 6 0 までの球面収差図である。

【図 1 2 4】実施例 1 6 において光情報記録媒体の透明基板が図 1 2 2 より厚い場合の回折光学レンズの光路図である。

【図 1 2 5】図 1 2 4 の回折光学レンズについての波長 = 7 7 0 , 7 8 0 , 7 9 0 nm に対する開口数 0 . 6 0 までの球面収差図である。

【図 1 2 6】本発明の第 7 の実施の形態にかかる実施例 1 7 の対物レンズである回折光学レンズ（回折面を有する対物レンズ）の光路図である。

20

【図 1 2 7】図 1 2 6 の回折光学レンズについての波長（ ） = 6 4 0 , 6 5 0 , 6 6 0 nm に対する開口数 0 . 6 0 までの球面収差図である。

【図 1 2 8】実施例 1 7 において光情報記録媒体の透明基板が図 1 2 6 より厚い場合の回折光学レンズの光路図である。

【図 1 2 9】図 1 2 8 の回折光学レンズについての波長 = 7 7 0 , 7 8 0 , 7 9 0 nm に対する開口数 0 . 6 0 までの球面収差図である。

【図 1 3 0】本発明の第 7 の実施の形態にかかる実施例 1 8 の対物レンズである回折光学レンズ（回折面を有する対物レンズ）の光路図である。

【図 1 3 1】図 1 3 0 の回折光学レンズについての波長（ ） = 3 9 0 , 4 0 0 , 4 1 0 nm に対する開口数 0 . 7 0 までの球面収差図である。

30

【図 1 3 2】実施例 1 8 において光情報記録媒体の透明基板が図 1 3 0 より厚い場合の回折光学レンズの光路図である。

【図 1 3 3】図 1 3 2 の回折光学レンズについての波長 = 6 4 0 , 6 5 0 , 6 6 0 nm に対する開口数 0 . 7 0 までの球面収差図である。

【図 1 3 4】本発明における回折輪帯のピッチと、段差の深さを説明するための図である。

【符号の説明】

【 0 4 0 7 】

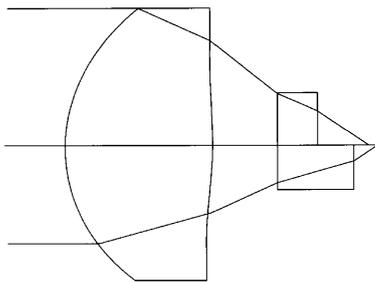
1	対物レンズ	
2	コリメータレンズ	40
3	絞り	
4	光軸	
5	集光光学系	
6 , 7	ビームスプリッタ	
1 0	光ピックアップ装置	
1 1	第 1 半導体レーザ	
1 2	青色レーザ	
1 3	第 2 半導体レーザ	
1 6	対物レンズ	
1 6 a	フランジ部	50

- 2 0 光ディスク
- 2 1 透明基板
- 2 2 情報記録面
- 1 1 1 , 1 1 2 半導体レーザ
- 1 2 0 , 1 2 1 , 1 2 2 偏光ビームスプリッタ
- 1 3 0 , 1 3 1 , 1 3 2 コリメータ
- 1 4 0 , 1 4 1 , 1 4 2 1 / 4 波長板
- 1 5 0 2次元アクチュエータ
- 1 6 0 対物レンズ
- 1 7 0 絞り
- 1 8 0 シリンドリカルレンズ
- 1 9 0 ビームスプリッタ
- 2 0 0 光ディスク
- 2 1 0 透明基板
- 2 2 0 情報記録面
- 2 3 0 , 2 3 1 , 2 3 2 ホログラム
- 2 4 0 第1の保護膜
- 2 5 0 非線形光学膜
- 2 6 0 第2の保護膜
- 2 7 0 第3の保護膜
- 3 0 0 , 3 0 1 , 3 0 2 , 3 0 5 光検出器
- 4 0 0 , 4 1 0 , 4 2 0 , 4 3 0 レーザ / 検出器集積ユニット
- 5 0 凹レンズ
- 6 0 カップリングリングレンズ
- 9 0 集光レンズ

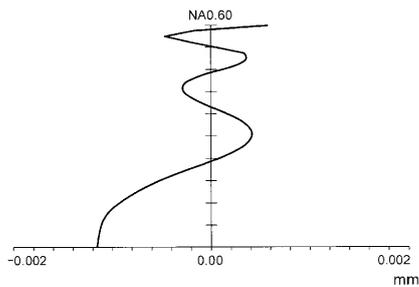
10

20

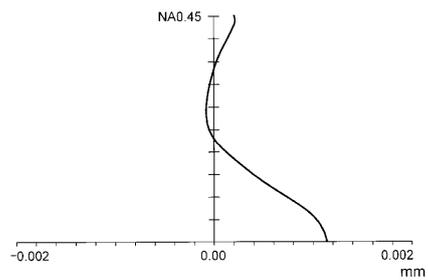
【図1】



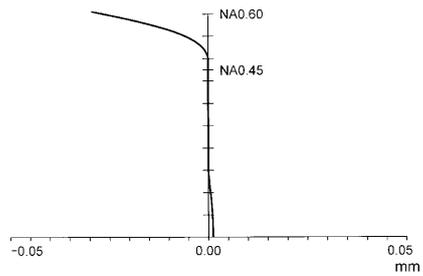
【図2】



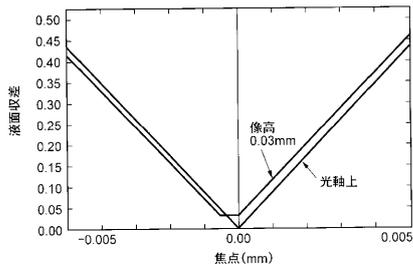
【図3】



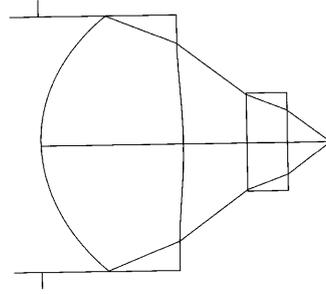
【図4】



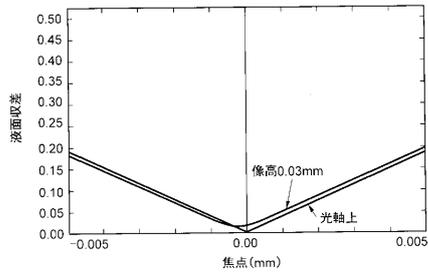
【图 5】



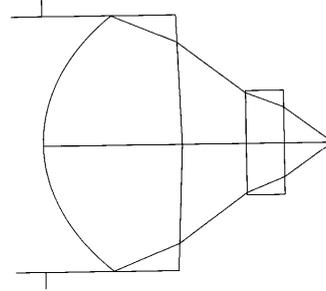
【图 7】



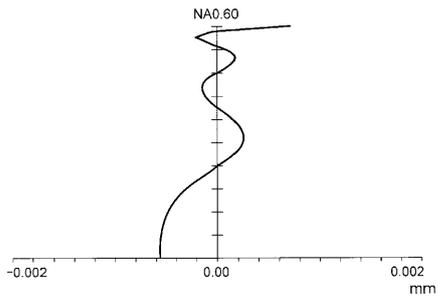
【图 6】



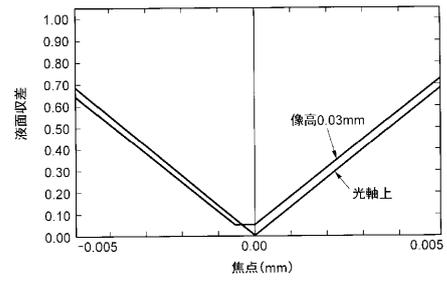
【图 8】



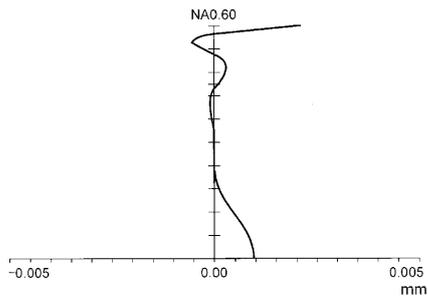
【图 9】



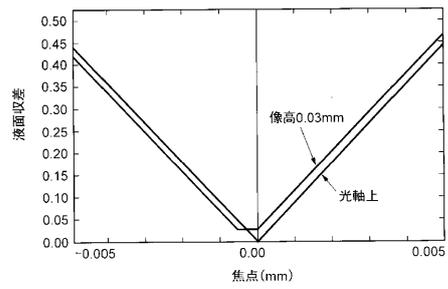
【图 11】



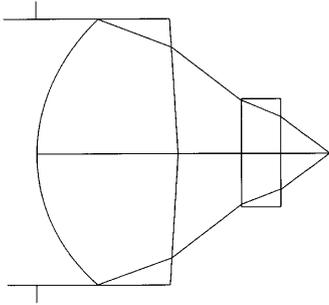
【图 10】



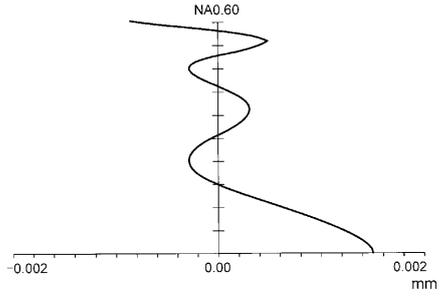
【图 12】



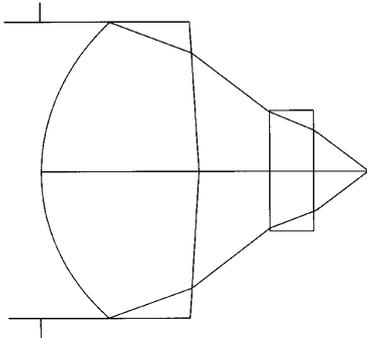
【图 13】



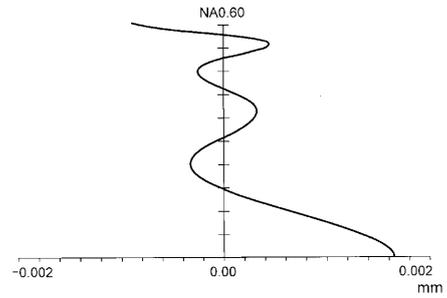
【图 15】



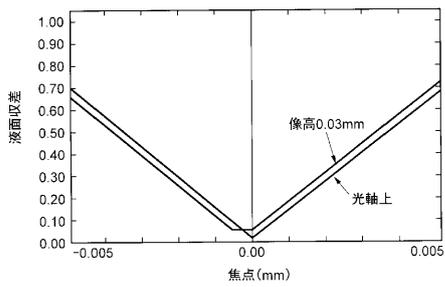
【图 14】



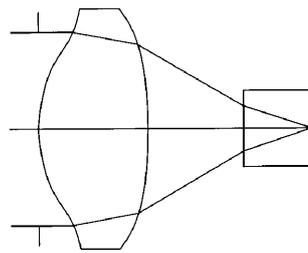
【图 16】



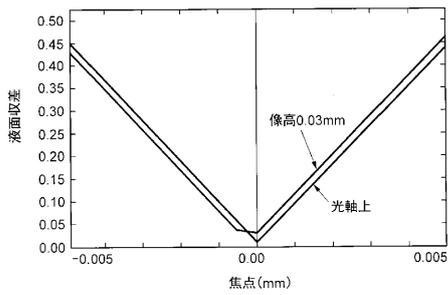
【图 17】



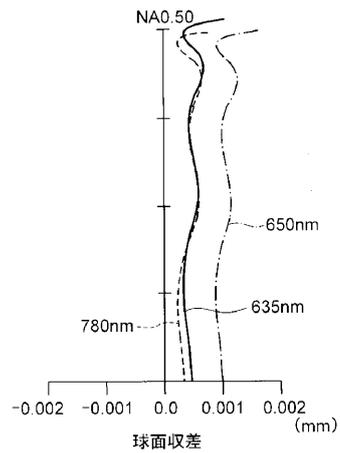
【图 19】



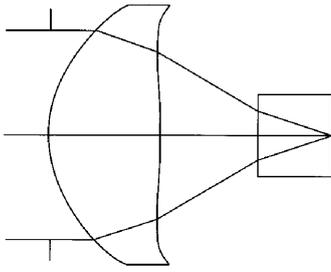
【图 18】



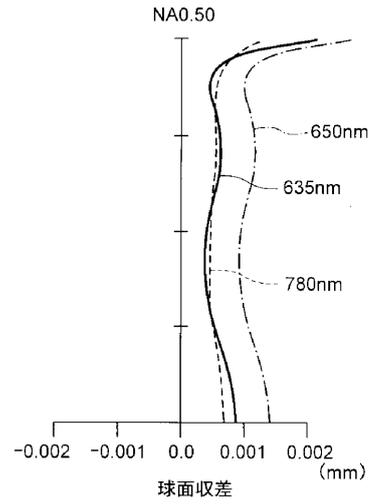
【图 20】



【図 2 1】

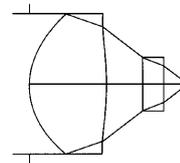


【図 2 2】



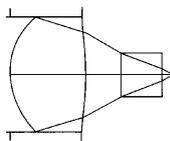
【図 2 3】

実施例6の断面図と波長 $\lambda = 650\text{nm}$ に対する光路図



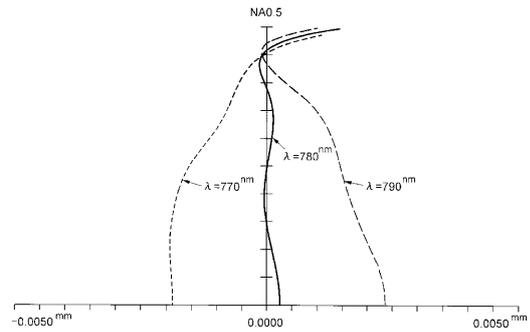
【図 2 4】

実施例6の断面図と波長 $\lambda = 780\text{nm}$ (NA0.5) に対する光路図



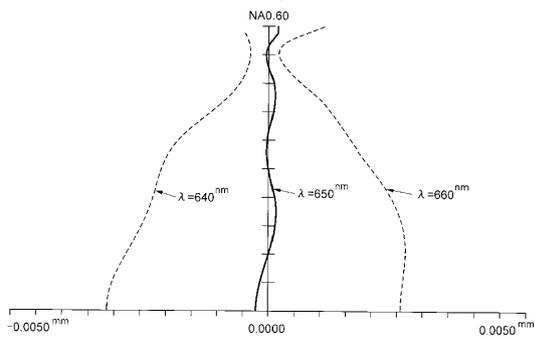
【図 2 6】

実施例6の波長 $\lambda = 780 \pm 10\text{nm}$ に対する球面収差図 (NA0.5)

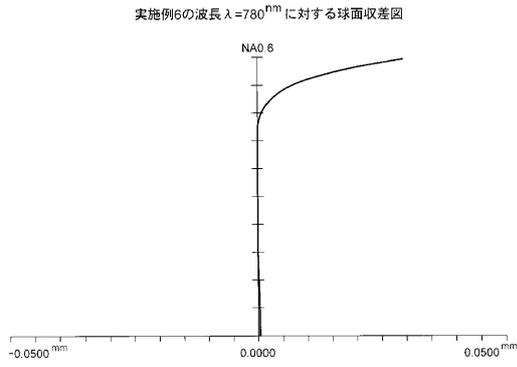


【図 2 5】

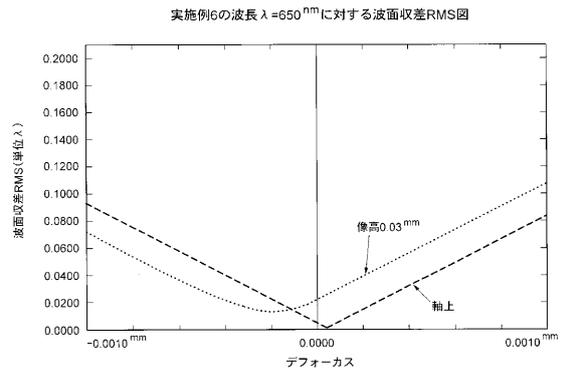
実施例6の波長 $\lambda = 650 \pm 10\text{nm}$ に対する球面収差図



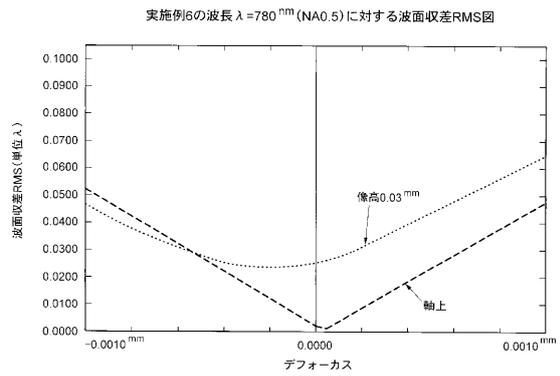
【図 27】



【図 28】

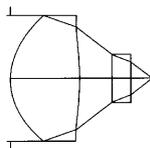


【図 29】



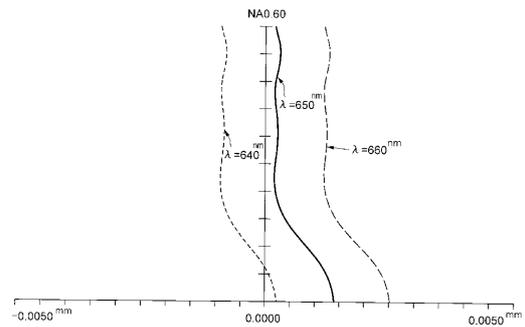
【図 30】

実施例7の断面図と波長 $\lambda = 650 \text{ nm}$ に対する光路図



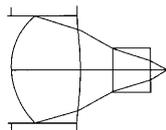
【図 32】

実施例7の波長 $\lambda = 650 \pm 10 \text{ nm}$ に対する球面収差図



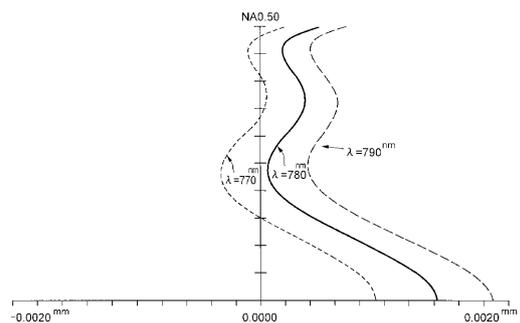
【図 31】

実施例7の断面図と波長 $\lambda = 780 \text{ nm}$ (NA0.5) に対する光路図

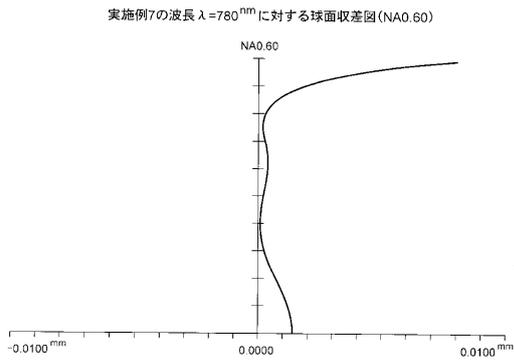


【図 33】

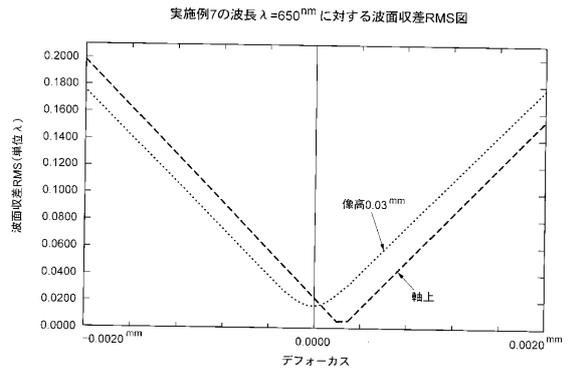
実施例7の波長 $\lambda = 780 \pm 10 \text{ nm}$ に対する球面収差図 (NA0.50)



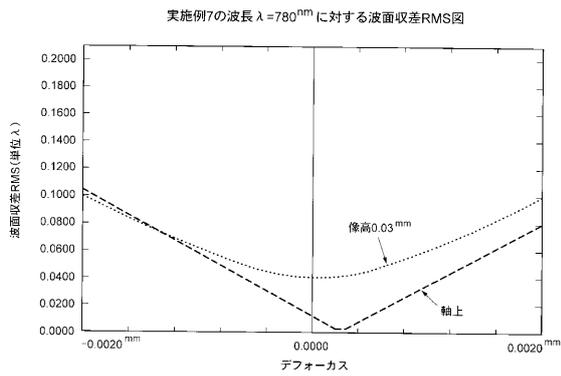
【図34】



【図35】

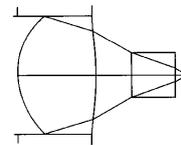


【図36】



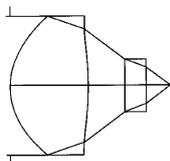
【図38】

実施例8の断面図と波長 $\lambda = 780 \text{ nm}$ (NA0.5) に対する光路図

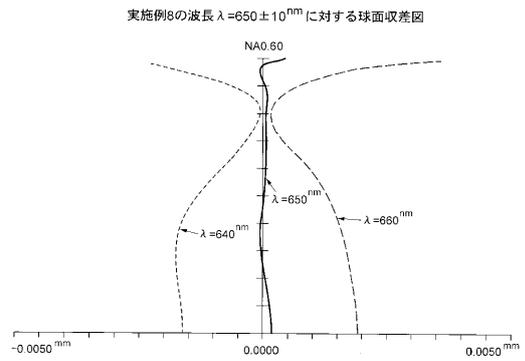


【図37】

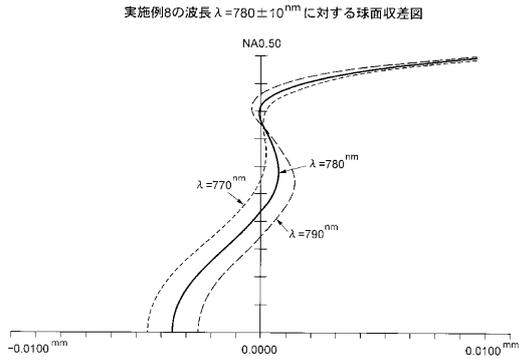
実施例8の断面図と波長 $\lambda = 650 \text{ nm}$ に対する光路図



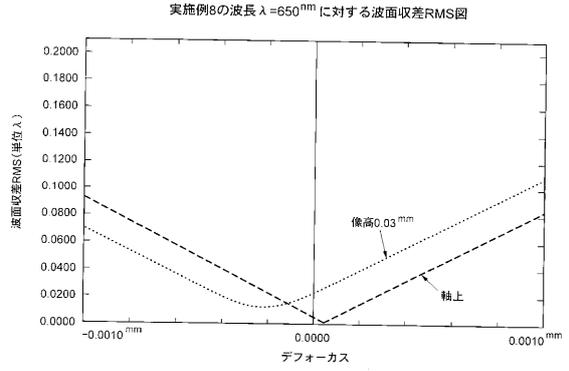
【図39】



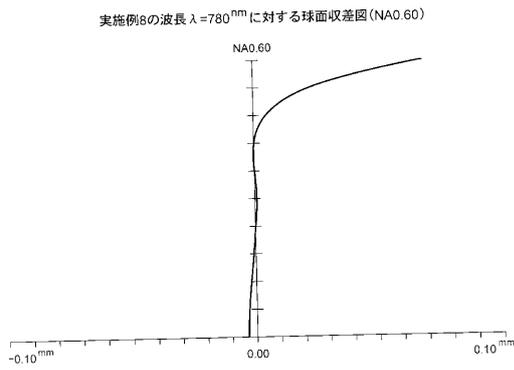
【図40】



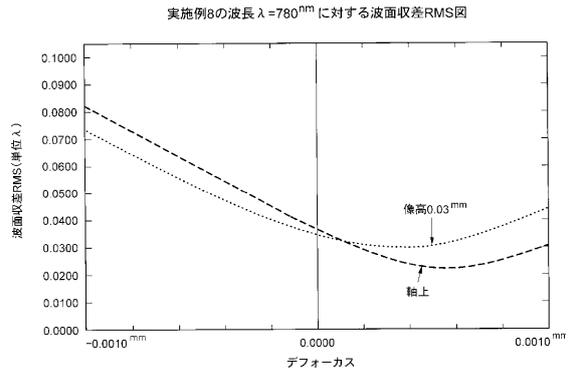
【図42】



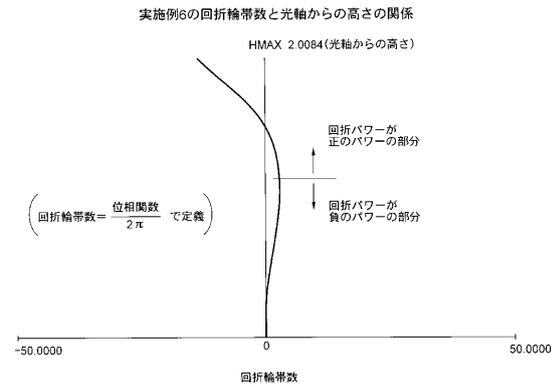
【図41】



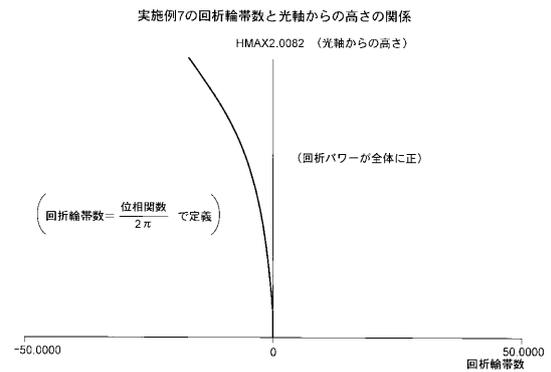
【図43】



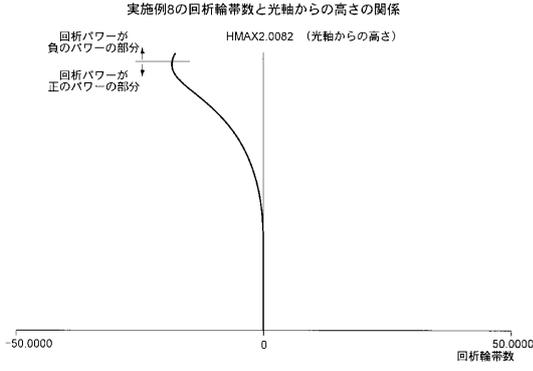
【図44】



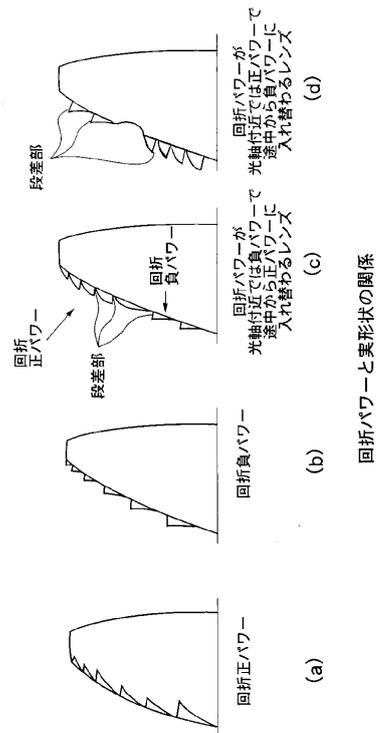
【図45】



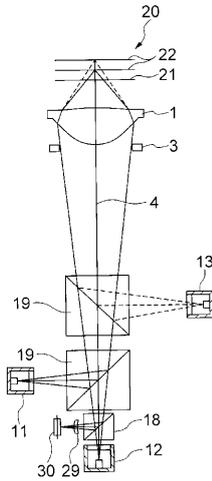
【図46】



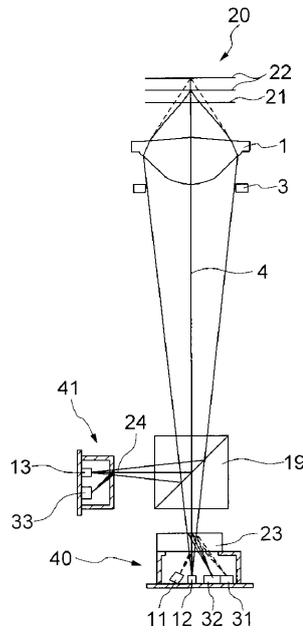
【図47】



【図48】



【図49】



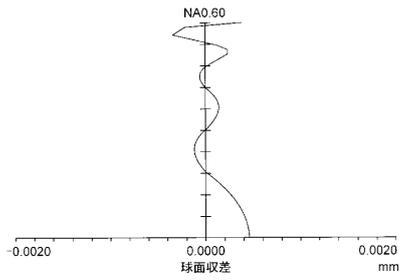
【 50 】



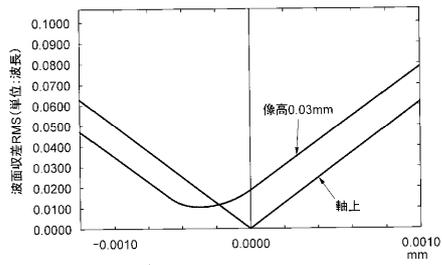
【 51 】



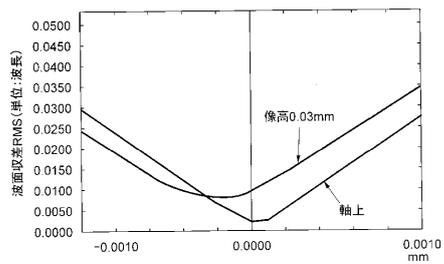
【 52 】



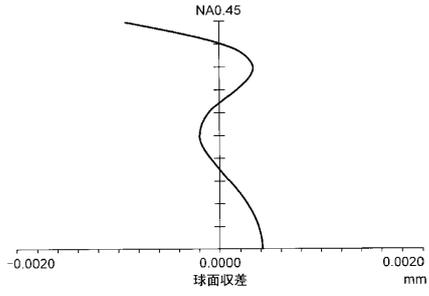
【 55 】



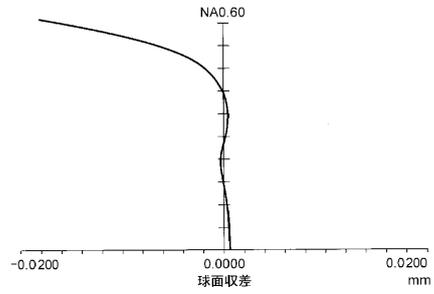
【 56 】



【 53 】



【 54 】



【 57 】



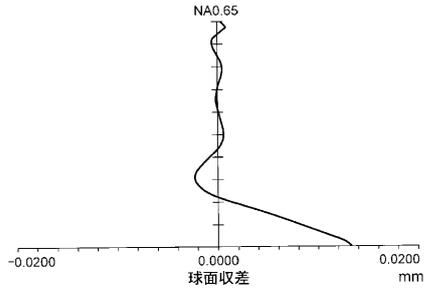
【 58 】



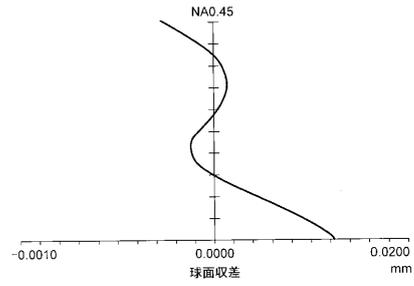
【 59 】



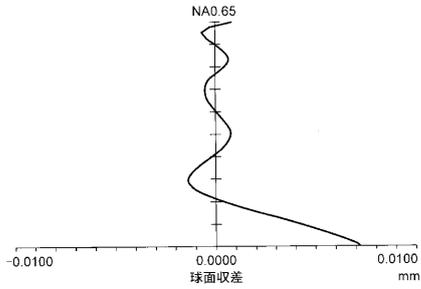
【图 6 0】



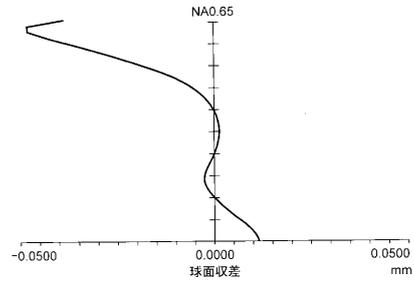
【图 6 2】



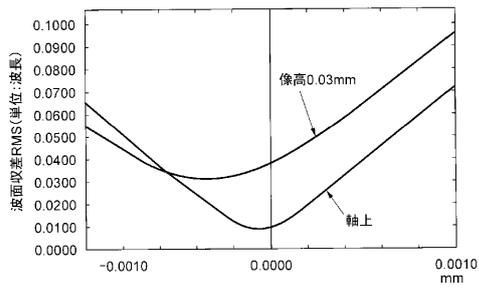
【图 6 1】



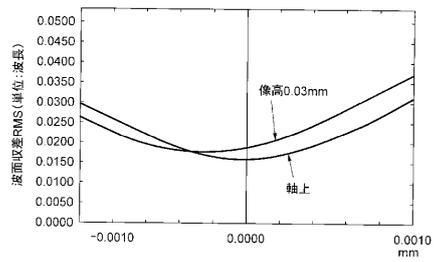
【图 6 3】



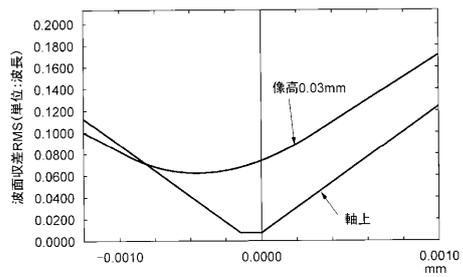
【图 6 4】



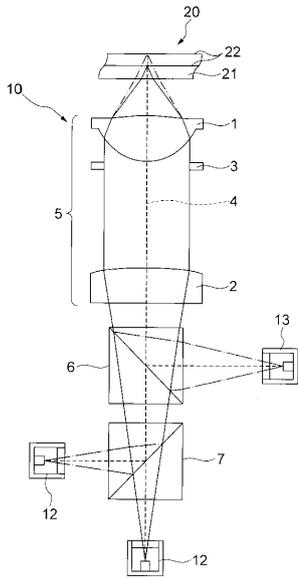
【图 6 6】



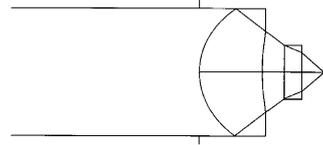
【图 6 5】



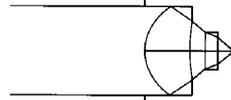
【图 67】



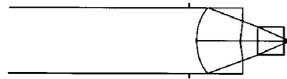
【图 68】



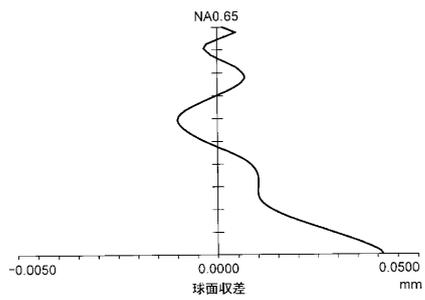
【图 69】



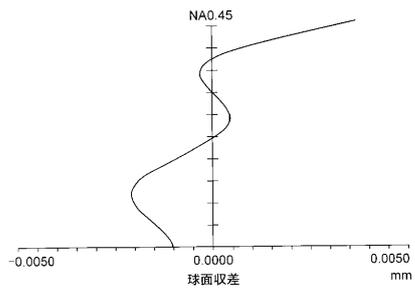
【图 70】



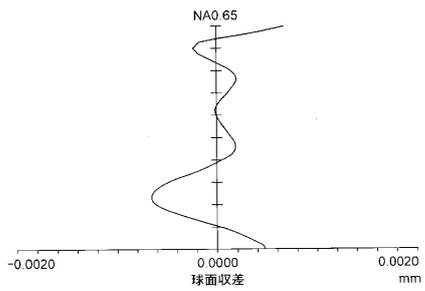
【图 71】



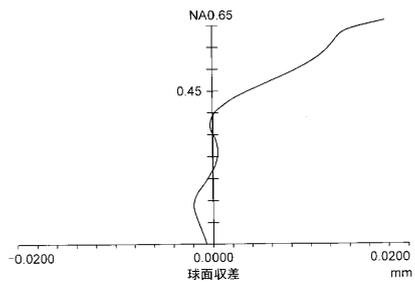
【图 73】



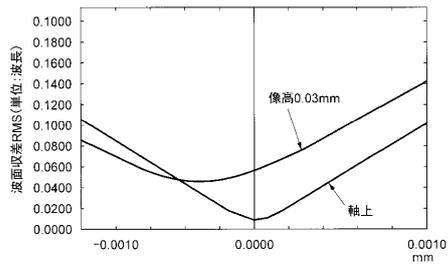
【图 72】



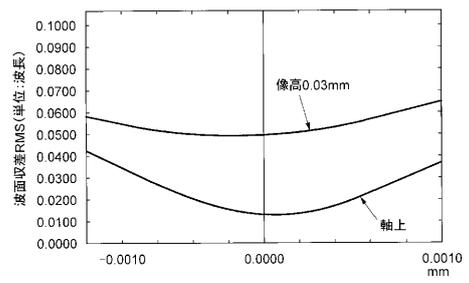
【图 74】



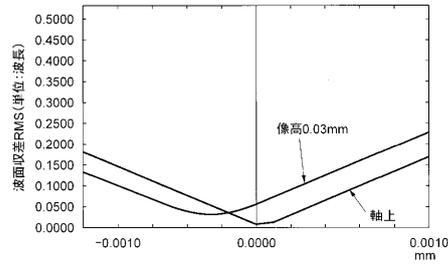
【 75 】



【 77 】



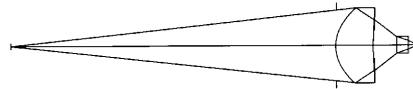
【 76 】



【 78 】



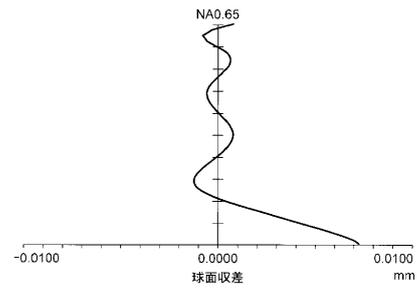
【 79 】



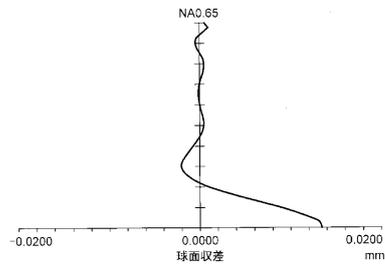
【 80 】



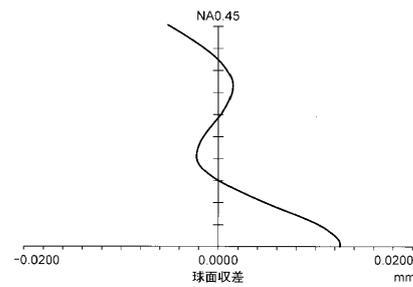
【 82 】



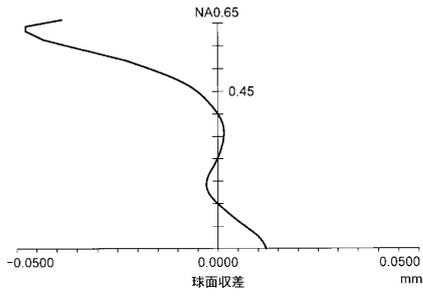
【 81 】



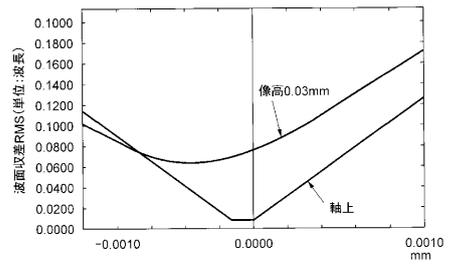
【 83 】



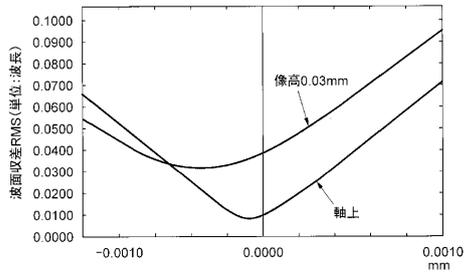
【图 8 4】



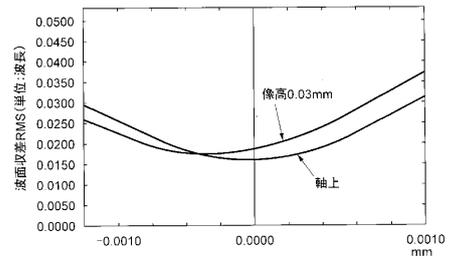
【图 8 6】



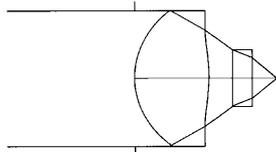
【图 8 5】



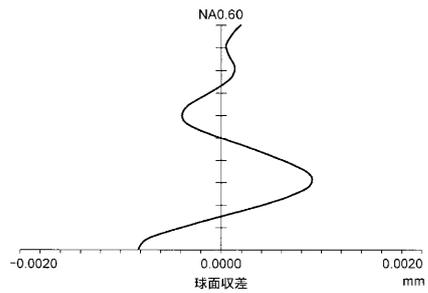
【图 8 7】



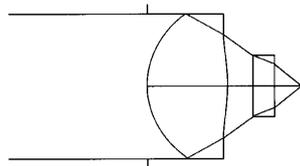
【图 8 8】



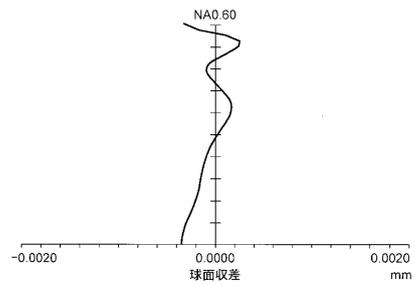
【图 9 1】



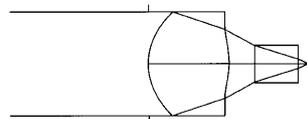
【图 8 9】



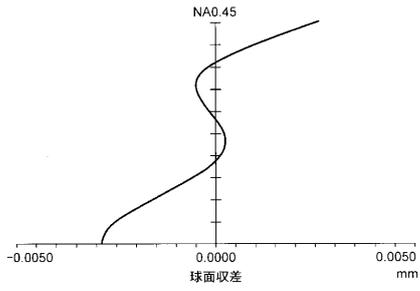
【图 9 2】



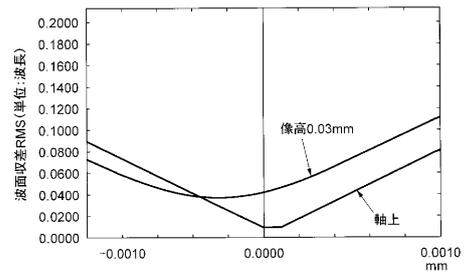
【图 9 0】



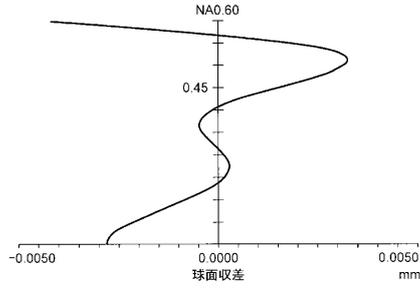
【図93】



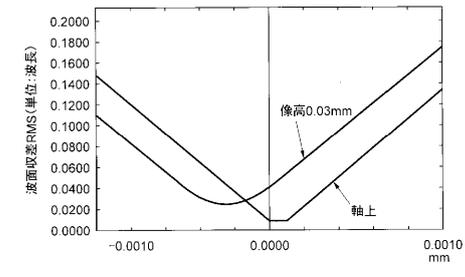
【図95】



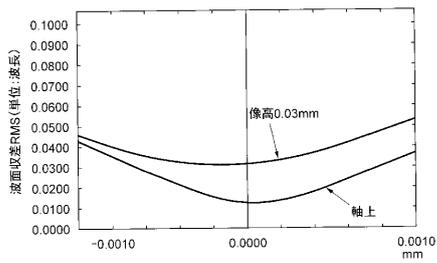
【図94】



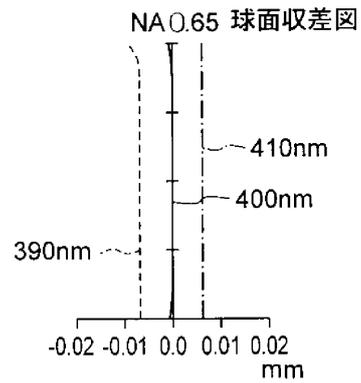
【図96】



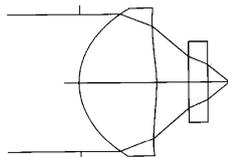
【図97】



【図99】

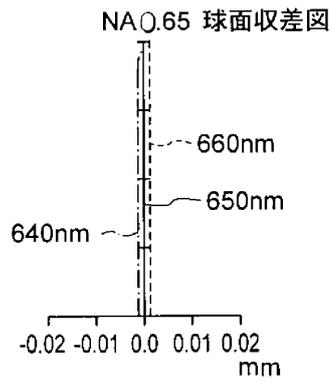


【図98】

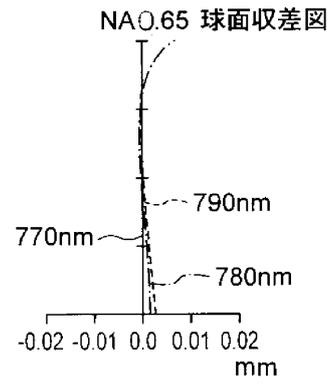


対物レンズの断面図と波長400nmにおける光路図

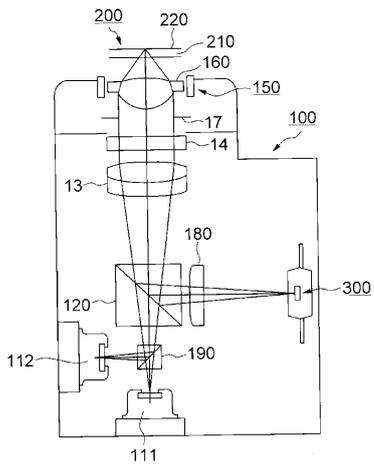
【图 100】



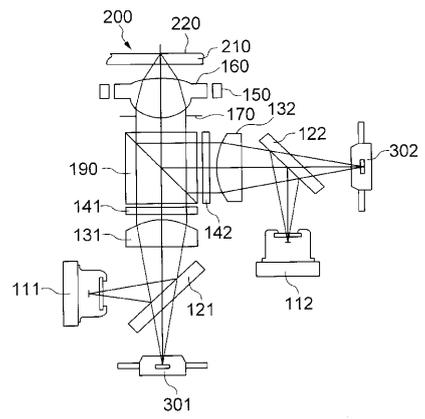
【图 101】



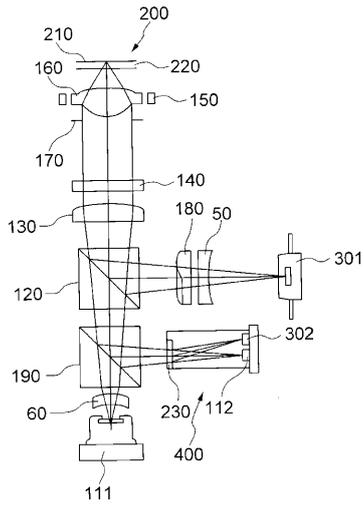
【图 102】



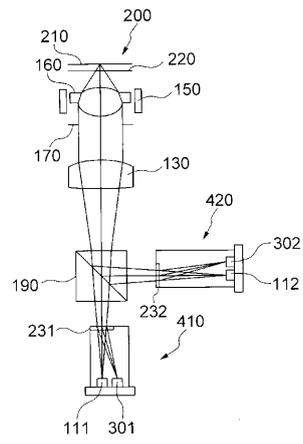
【图 103】



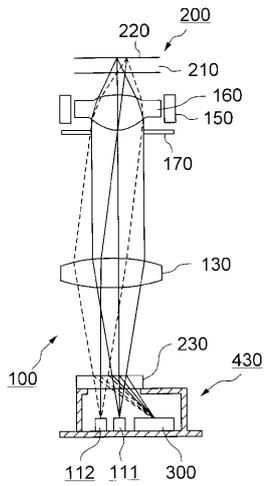
【図104】



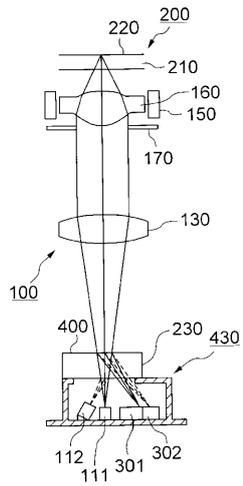
【図105】



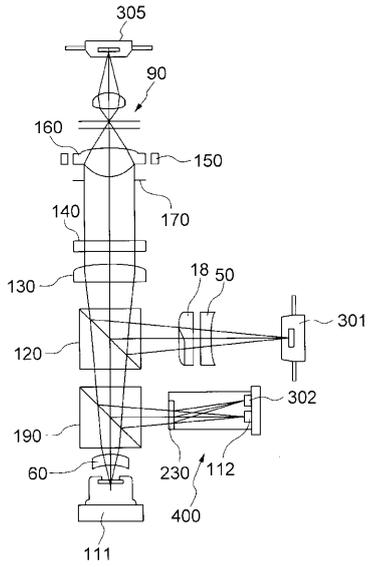
【図106】



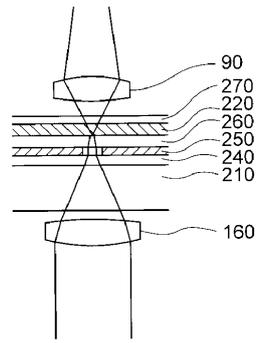
【図107】



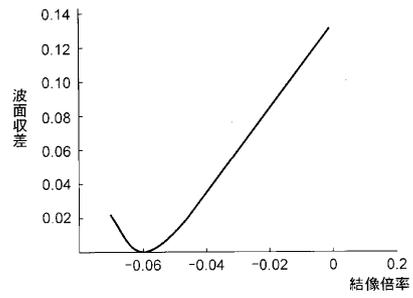
【図108】



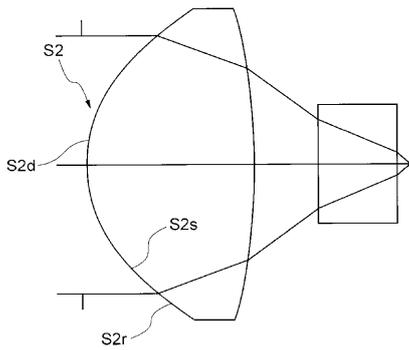
【図109】



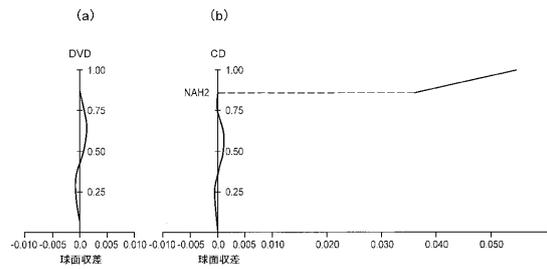
【図110】



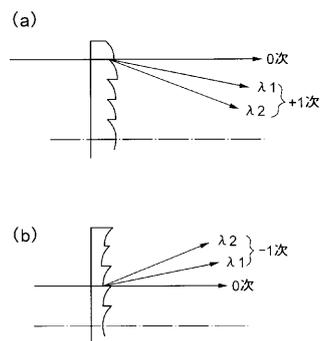
【図111】



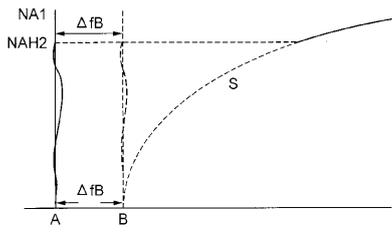
【図112】



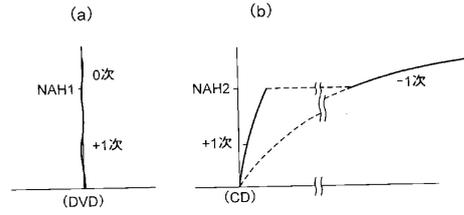
【図113】



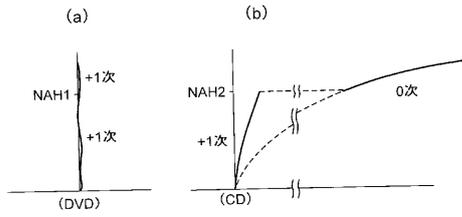
【 図 1 1 4 】



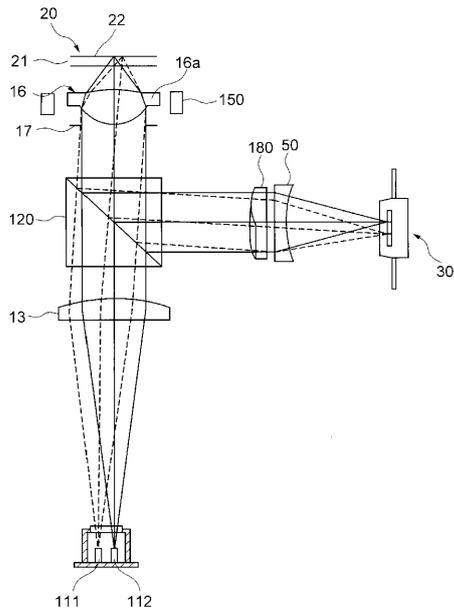
【 図 1 1 6 】



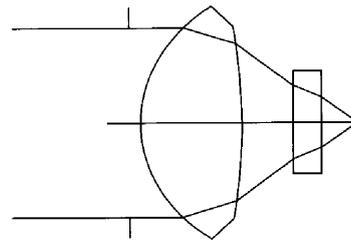
【 図 1 1 5 】



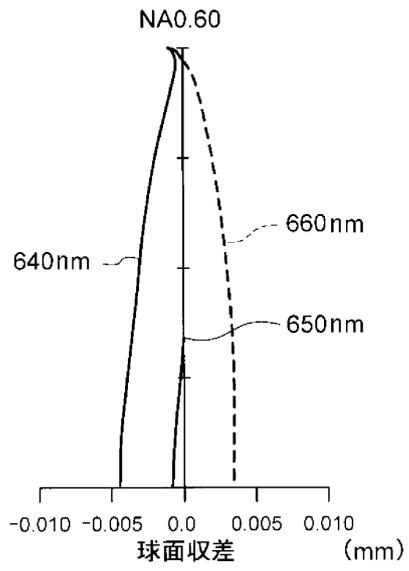
【 図 1 1 7 】



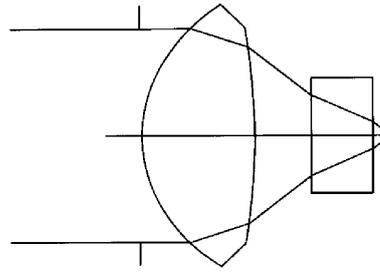
【 図 1 1 8 】



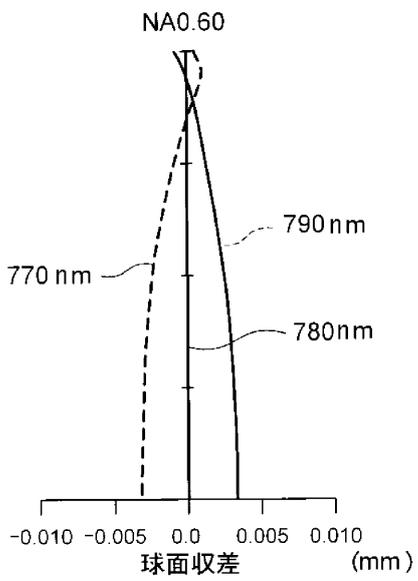
【 図 1 1 9 】



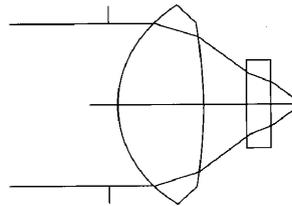
【 図 1 2 0 】



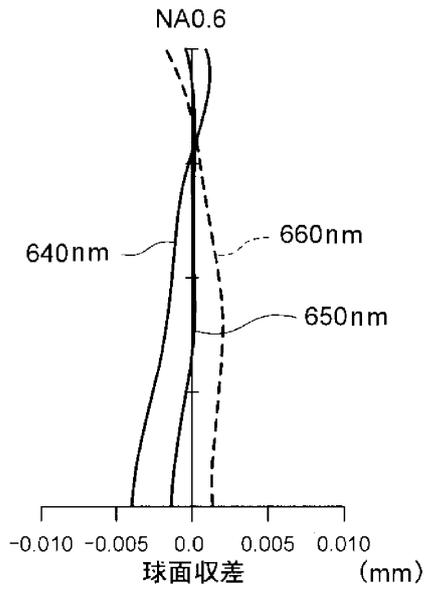
【 図 1 2 1 】



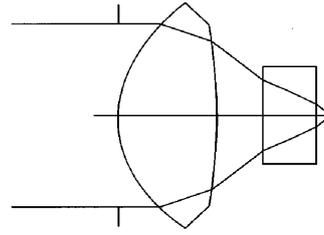
【 図 1 2 2 】



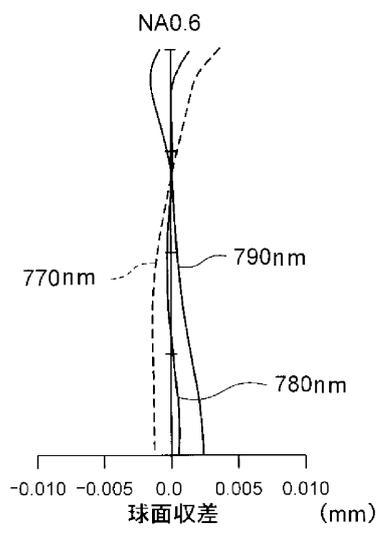
【 図 1 2 3 】



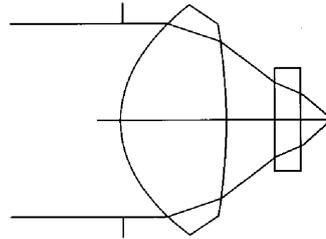
【 図 1 2 4 】



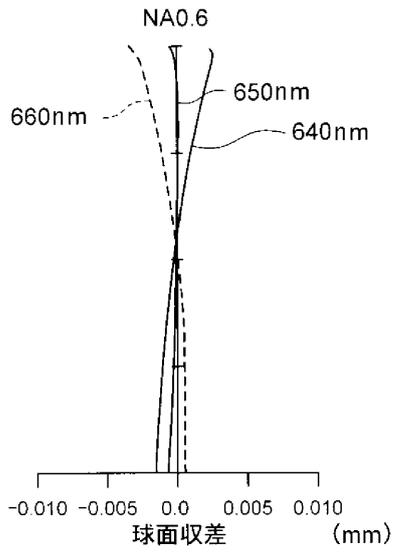
【 図 1 2 5 】



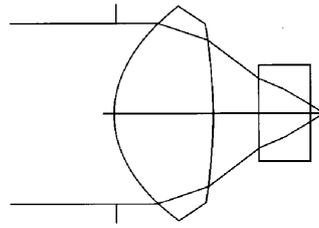
【 図 1 2 6 】



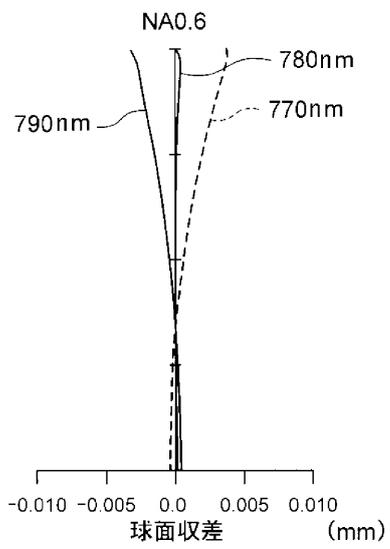
【 図 1 2 7 】



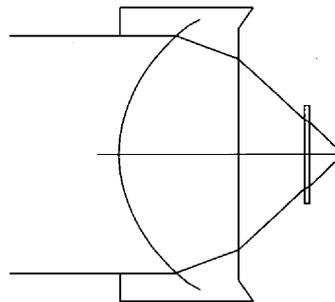
【 図 1 2 8 】



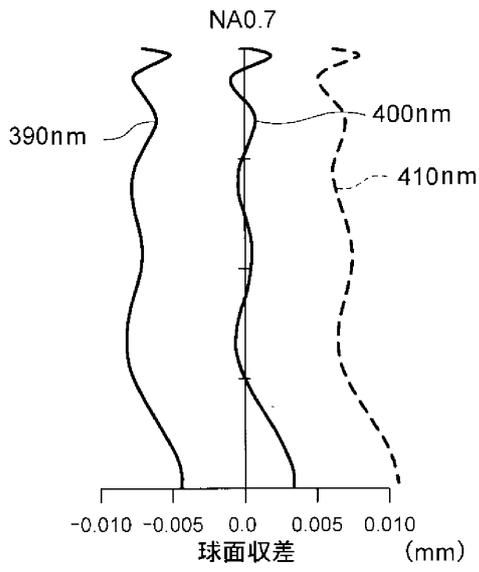
【 図 1 2 9 】



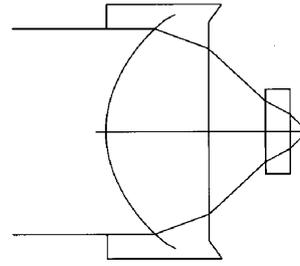
【 図 1 3 0 】



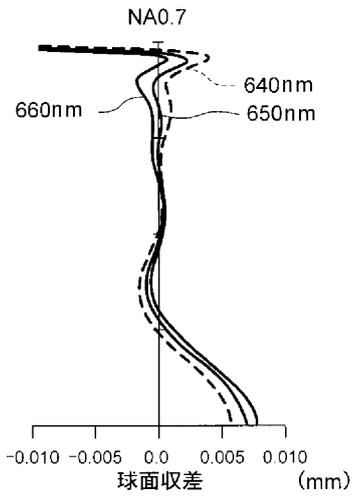
【图 1 3 1】



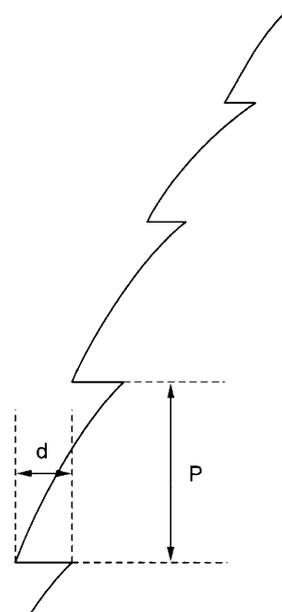
【图 1 3 2】



【图 1 3 3】



【图 1 3 4】



フロントページの続き

- (31)優先権主張番号 特願平11-97480
(32)優先日 平成11年4月5日(1999.4.5)
(33)優先権主張国 日本国(JP)
(31)優先権主張番号 特願平11-15010
(32)優先日 平成11年1月22日(1999.1.22)
(33)優先権主張国 日本国(JP)
(31)優先権主張番号 特願平11-257466
(32)優先日 平成11年9月10日(1999.9.10)
(33)優先権主張国 日本国(JP)
(31)優先権主張番号 特願平11-312701
(32)優先日 平成11年11月2日(1999.11.2)
(33)優先権主張国 日本国(JP)

- (72)発明者 齊藤 真一郎
東京都八王子市石川町2970番地 コニカミノルタオプト株式会社内
(72)発明者 小嶋 俊之
東京都八王子市石川町2970番地 コニカミノルタオプト株式会社内
(72)発明者 桐木 俊彦
東京都八王子市石川町2970番地 コニカミノルタオプト株式会社内

審査官 宮下 誠

- (56)参考文献 特開2000-348376(JP,A)
特開平11-086319(JP,A)
特開平10-104507(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G11B 7/12-7/22