

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3928808号
(P3928808)

(45) 発行日 平成19年6月13日(2007.6.13)

(24) 登録日 平成19年3月16日(2007.3.16)

(51) Int.C1.

F 1

G 1 1 B 7/135 (2006.01)
G 1 1 B 7/125 (2006.01)G 1 1 B 7/135
G 1 1 B 7/125
G 1 1 B 7/135Z
B
A

請求項の数 10 (全 107 頁)

(21) 出願番号 特願2005-354480 (P2005-354480)
 (22) 出願日 平成17年12月8日 (2005.12.8)
 (62) 分割の表示 特願2000-13071 (P2000-13071)
 の分割
 原出願日 平成12年1月21日 (2000.1.21)
 (65) 公開番号 特開2006-92741 (P2006-92741A)
 (43) 公開日 平成18年4月6日 (2006.4.6)
 審査請求日 平成18年12月21日 (2006.12.21)
 (31) 優先権主張番号 特願平11-41925
 (32) 優先日 平成11年2月19日 (1999.2.19)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願平11-95347
 (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)

(73) 特許権者 000001270
 コニカミノルタホールディングス株式会社
 東京都千代田区丸の内一丁目6番1号
 (74) 代理人 100107272
 弁理士 田村 敏二郎
 (74) 代理人 100109140
 弁理士 小林 研一
 (72) 発明者 大田 耕平
 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 荒井 則一
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光ピックアップ装置用対物レンズ、及び光ピックアップ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

異なる規格のディスクに対して情報を再生するための、または、異なる規格のディスクに対して情報を記録するための光ピックアップ装置において使用される対物レンズであって、

屈折パワーを有する1枚のプラスチックレンズからなり、少なくとも一方の光学面に複数の回折輪帯を有する回折面を備え、

光軸に近い側の回折輪帯では段差部が光軸から離れた側に位置し、前記光軸から離れた側の回折輪帯では段差部が前記光軸に近い側に位置するよう形成され、

DVD系のディスクから情報を再生するための、または、前記DVD系のディスクに情報を記録するための第1の波長を有する第1の光束が、前記回折面の少なくとも一部を通過することにより、前記第1の光束の他のいずれの次数の回折光の光量よりも大きい光量である前記第1の光束の1次回折光を発生させ、前記DVD系のディスクから情報を再生するために、または、前記DVD系のディスクに情報を記録するために、前記第1の光束の前記1次回折光を前記DVD系のディスクの情報記録面上に集光することができ、

CD系のディスクから情報を再生するための、または、前記CD系のディスクに情報を記録するための前記第1の波長と異なる第2の波長を有する第2の光束が、前記回折面の前記少なくとも一部を通過することにより、前記第2の光束の他のいずれの次数の回折光の光量よりも大きい光量である前記第2の光束の1次回折光を発生させ、前記CD系のディスクから情報を再生するために、または、前記CD系のディスクに情報を記録するため

10

20

に、前記第2の光束の前記1次回折光を前記CD系のディスクの情報記録面上に集光することができ、

前記回折面の前記少なくとも一部は、前記第1の波長と前記第2の波長との間の或る波長の光に対する前記1次回折光の回折効率が、前記第1の波長の光に対する前記1次回折光の回折効率と前記第2の波長の光に対する前記1次回折光の回折効率とのそれよりも大きくなるように形成されているとともに、

以下の条件式(a)及び(b)を満たす光ピックアップ装置において、以下の条件式(c)を満たすことを特徴とする光ピックアップ装置用対物レンズ。

$$1 < 2$$

(a)

$$0.05 \text{ nm} / < 1 / T < 0.5 \text{ nm} /$$

(b)

$$-0.0002 / < n / T < -0.00005 /$$

(c)

10

ここで、

1：前記第1の光束の波長

2：前記第2の光束の波長

T()：温度変化

1(nm)：温度変化 T があったときの前記第1の光束の波長の変化量

n：温度変化 T があったときの対物レンズの屈折率の変化量

【請求項2】

前記回折面は、前記複数の回折輪帯の各位置を示す幕級数で表される位相差関数が、2乗項以外の少なくとも1つの項に零以外の係数を有する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用対物レンズ。

20

【請求項3】

前記複数の回折輪帯は、ブレーズ化された複数の回折輪帯であることを特徴とする請求項1又は2に記載の光ピックアップ装置用対物レンズ。

【請求項4】

ポリオレフィン系のプラスチックレンズであることを特徴とする請求項1乃至3の何れか1項に記載の光ピックアップ装置用対物レンズ。

【請求項5】

前記回折面は、前記回折面で付加される回折パワーの正負の符号が、光軸と垂直に光軸から離れる方向において負の回折パワーから正の回折パワーに切り替わるように形成されていることを特徴とする請求項1乃至4の何れか1項に記載の光ピックアップ装置用対物レンズ。

30

【請求項6】

異なる規格のディスクに対して情報を再生するための、または、異なる規格のディスクに対して情報を記録するための光ピックアップ装置において、

DVD系のディスクから情報を再生するための、または、前記DVD系のディスクに情報を記録するための、第1の波長を有する第1の光束を射出する第1の光源と、

CD系のディスクから情報を再生するための、または、前記CD系のディスクに情報を記録するための、前記第1の波長と異なる第2の波長を有する第2の光束を射出する第2の光源と、

40

屈折パワーを有する1枚のプラスチックレンズからなり、少なくとも一方の光学面に複数の回折輪帯を有する回折面を備えた対物レンズと、

前記DVD系の光ディスクの情報記録面または前記CD系の光ディスクの情報記録面から反射された光束を受光するための光検出器と、を具備し、

前記対物レンズは、

光軸に近い側の回折輪帯では段差部が光軸から離れた側に位置し、前記光軸から離れた側の回折輪帯では段差部が前記光軸に近い側に位置するよう形成され、

前記第1の光束が前記回折面の少なくとも一部を通過することにより、前記第1の光束の他のいずれの次の回折光の光量よりも大きい光量である前記第1の光束の1次回折光を発生させ、前記DVD系の光ディスクから情報を再生するために、または、前記DVD

50

系の光ディスクに情報を記録するために、前記第1の光束の前記1次回折光を前記DVD系の光ディスクの前記情報記録面上に集光することができ、

前記第2の光束が前記回折面の前記少なくとも一部を通過することにより、前記第2の光束の他のいずれの次数の回折光の光量よりも大きい光量である前記第2の光束の1次回折光を発生させ、前記CD系の光ディスクから情報を再生するために、または、前記CD系の光ディスクに情報を記録するために、前記第2の光束の前記1次回折光を前記CD系の光ディスクの前記情報記録面上に集光することができ、

前記回折面の前記少なくとも一部は、前記第1の波長と前記第2の波長との間の或る波長の光に対する前記1次回折光の回折効率が、前記第1の波長の光に対する前記1次回折光の回折効率と前記第2の波長の光に対する前記1次回折光の回折効率とのそれより 10
も大きくなるように形成されているとともに、

下記の条件式(a)乃至(c)を満たすことを特徴とする光ピックアップ装置。

$$1 < 2 \quad (a)$$

$$0.05 \text{ nm} / < 1 / T < 0.5 \text{ nm} / \quad (b)$$

$$-0.0002 / < n / T < -0.00005 / \quad (c)$$

ここで、

1：前記第1の光束の波長

2：前記第2の光束の波長

T()：温度変化

1 (nm)：温度変化 T があったときの前記第1の光束の波長の変化量

n：温度変化 T があったときの対物レンズの屈折率の変化量

【請求項7】

前記回折面は、前記複数の回折輪帯の各位置を示す幕級数で表される位相差関数が、2乗項以外の少なくとも1つの項に零以外の係数を有することを特徴とする請求項6に記載の光ピックアップ装置。

【請求項8】

前記複数の回折輪帯は、ブレーズ化された複数の回折輪帯であることを特徴とする請求項6又は7に記載の光ピックアップ装置。

【請求項9】

前記対物レンズは、ポリオレフィン系のプラスチックレンズであることを特徴とする請求項6乃至8の何れか1項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項10】

前記回折面は、前記回折面で付加される回折パワーの正負の符号が、光軸と垂直に光軸から離れる方向において負の回折パワーから正の回折パワーに切り替わるように形成されていることを特徴とする請求項6乃至9の何れか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、光ピックアップ装置用対物レンズ及び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0.74μm、最短ピット長0.4μmであり、CDのトラックピッチ1.6μm、最短ピット長0.83μmに対して半分以下に高密度化されている。また、DVDにおいては、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】

10

20

30

40

50

また、上述した C D、 D V D 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 C D - R、 R W (追記型コンパクトディスク)、 V D (ビデオディスク)、 M D (ミニディスク)、 M O (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の短波長化が進み、発振波長 4 0 0 nm 程度の短波長青色レーザ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 D V D 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。

【 0 0 0 4 】

また、上述のような従来の光情報記録媒体である C D と同程度の大きさで、記録再生が可能な C D - R や、記録密度を高めた D V D など、記録面の透明基板の厚みや記録再生用レーザ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 - 5 5 3 6 3 号公報、同平 1 0 - 9 2 0 1 0 号公報など）。

【 0 0 0 5 】

これらのうち、特開平 9 - 5 4 9 7 3 号公報には、6 3 5 nm を透過光（0 次回折光）、7 8 5 nm 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 6 3 5 nm を + 1 次回折光、7 8 5 nm 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 1 0 - 2 8 3 6 6 8 号公報には、6 5 0 nm ではホログラム型リングレンズを 1 0 0 % 透過し、7 8 0 nm 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。

【 0 0 0 6 】

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 1 0 0 % 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。

【 0 0 0 7 】

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 1 0 0 % 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 . 1 8 μ m 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 】

【 0 0 0 8 】

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 - 2 8 6 9 5 4 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、レーザ光源と光検出器が一体となったレーザ / 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 / 検出器集積ユニットにおいて顕著である。また、 D V D 系の記録可能なディスク（ D V D - R A M、 D V D - R 、 D V D - R W、 D V D + R W 等）や、 C D 系の記録可能なディスク（ C D - R、 C D - R W 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。

10

20

30

40

50

【0009】

本発明の目的は、互いに異なる少なくとも2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用対物レンズ、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2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。

10

【0011】

さらに、複数のレーザー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用対物レンズ、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。

20

【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。

30

【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って、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、光ピックアップ装置用対物レンズ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】**

上記目的を達成するために、請求項1の光ピックアップ装置用対物レンズは、異なる規格のディスクに対して情報を再生するための、または、異なる規格のディスクに対して情報を記録するための光ピックアップ装置において使用される対物レンズであって、屈折パワーを有する1枚のプラスチックレンズからなり、少なくとも一方の光学面に複数の回折輪帯を有する回折面を備え、光軸に近い側の回折輪帯では段差部が光軸から離れた側に位置し、前記光軸から離れた側の回折輪帯では段差部が前記光軸に近い側に位置するよう形成され、DVD系のディスクから情報を再生するための、または、前記DVD系のディスクに情報を記録するための第1の波長を有する第1の光束が、前記回折面の少なくとも一部を通過することにより、前記第1の光束の他のいずれの次数の回折光の光量よりも大きい光量である前記第1の光束の1次回折光を発生させ、前記DVD系のディスクから情報を再生するために、または、前記DVD系のディスクに情報を記録するために、前記第1の光束の前記1次回折光を前記DVD系のディスクの情報記録面上に集光することができ、CD系のディスクから情報を再生するための、または、前記CD系のディスクに情報を記録するための前記第1の波長と異なる第2の波長を有する第2の光束が、前記回折面の前

40

50

記少なくとも一部を通過することにより、前記第2の光束の他のいずれの次数の回折光の光量よりも大きい光量である前記第2の光束の1次回折光を発生させ、前記C D系のディスクから情報を再生するために、または、前記C D系のディスクに情報を記録するために、前記第2の光束の前記1次回折光を前記C D系のディスクの情報記録面上に集光することができ、前記回折面の前記少なくとも一部は、前記第1の波長と前記第2の波長との間の或る波長の光に対する前記1次回折光の回折効率が、前記第1の波長の光に対する前記1次回折光の回折効率と前記第2の波長の光に対する前記1次回折光の回折効率とのそれよりも大きくなるように形成されているとともに、以下の条件式(a)及び(b)を満たす光ピックアップ装置において、以下の条件式(c)を満たすことを特徴とする。

$$1 < 2 \quad (a) \quad 10$$

$$0.05 \text{ nm} / < 1 / T < 0.5 \text{ nm} / \quad (b)$$

$$-0.0002 / < n / T < -0.00005 / \quad (c)$$

ここで、

1：前記第1の光束の波長

2：前記第2の光束の波長

T()：温度変化

1 (nm)：温度変化 T があったときの前記第1の光束の波長の変化量

n：温度変化 T があったときの対物レンズの屈折率の変化量

【0015】

また、請求項2の光ピックアップ装置用対物レンズは、前記回折面は、前記複数の回折輪帯の各位置を示す幕級数で表される位相差関数が、2乗項以外の少なくとも1つの項に零以外の係数を有することを特徴とする。 20

【0016】

また、請求項3の光ピックアップ装置用対物レンズは、前記複数の回折輪帯は、ブレース化された複数の回折輪帯であることを特徴とする。

【0017】

また、請求項4の光ピックアップ装置用対物レンズは、ポリオレフィン系のプラスチックレンズであることを特徴とする。

【0018】

また、請求項5の光ピックアップ装置用対物レンズは、前記回折面は、前記回折面で付加される回折パワーの正負の符号が、光軸と垂直に光軸から離れる方向において負の回折パワーから正の回折パワーに切り替わるように形成されていることを特徴とする。 30

【0019】

また、請求項6の光ピックアップ装置は、異なる規格のディスクに対して情報を再生するための、または、異なる規格のディスクに対して情報を記録するための光ピックアップ装置において、D V D系のディスクから情報を再生するための、または、前記D V D系のディスクに情報を記録するための、第1の波長を有する第1の光束を射出する第1の光源と、C D系のディスクから情報を再生するための、または、前記C D系のディスクに情報を記録するための、前記第1の波長と異なる第2の波長を有する第2の光束を射出する第2の光源と、屈折パワーを有する1枚のプラスチックレンズからなり、少なくとも一方の光学面に複数の回折輪帯を有する回折面を備えた対物レンズと、前記D V D系の光ディスクの情報記録面または前記C D系の光ディスクの情報記録面から反射された光束を受光するための光検出器と、を具備し、前記対物レンズは、光軸に近い側の回折輪帯では段差部が光軸から離れた側に位置し、前記光軸から離れた側の回折輪帯では段差部が前記光軸に近い側に位置するよう形成され、前記第1の光束が前記回折面の少なくとも一部を通過することにより、前記第1の光束の他のいずれの次数の回折光の光量よりも大きい光量である前記第1の光束の1次回折光を発生させ、前記D V D系の光ディスクから情報を再生するために、または、前記D V D系の光ディスクに情報を記録するために、前記第1の光束の前記1次回折光を前記D V D系の光ディスクの前記情報記録面上に集光することができ、前記第2の光束が前記回折面の前記少なくとも一部を通過することにより、前記第2の光 40

束の他のいずれの次数の回折光の光量よりも大きい光量である前記第2の光束の1次回折光を発生させ、前記CD系の光ディスクから情報を再生するために、または、前記CD系の光ディスクに情報を記録するために、前記第2の光束の前記1次回折光を前記CD系の光ディスクの前記情報記録面上に集光することができ、前記回折面の前記少なくとも一部は、前記第1の波長と前記第2の波長との間の或る波長の光に対する前記1次回折光の回折効率が、前記第1の波長の光に対する前記1次回折光の回折効率と前記第2の波長の光に対する前記1次回折光の回折効率とのそれよりも大きくなるように形成されているとともに、

下記の条件式(a)乃至(c)を満たすことを特徴とする。

$$1 < 2$$

(a)

10

$$0.05 \text{ nm} / < 1 / T < 0.5 \text{ nm} /$$

(b)

$$-0.0002 / < n / T < -0.00005 /$$

(c)

ここで、

1：前記第1の光束の波長

2：前記第2の光束の波長

T()：温度変化

1(nm)：温度変化 Tがあったときの前記第1の光束の波長の変化量

n：温度変化 Tがあったときの対物レンズの屈折率の変化量

【0020】

また、請求項7の光ピックアップ装置は、前記回折面は、前記複数の回折輪帯の各位置を示す幕級数で表される位相差関数が、2乗項以外の少なくとも1つの項に零以外の係数を有することを特徴とする。

20

【0021】

また、請求項8の光ピックアップ装置は、前記複数の回折輪帯は、ブレーズ化された複数の回折輪帯であることを特徴とする。

【0022】

また、請求項9の光ピックアップ装置は、前記対物レンズは、ポリオレフィン系のプラスチックレンズであることを特徴とする。

【0023】

また、請求項10の光ピックアップ装置は、前記回折面は、前記回折面で付加される回折パワーの正負の符号が、光軸と垂直に光軸から離れる方向において負の回折パワーから正の回折パワーに切り替わるように形成されていることを特徴とする。

30

【0024】

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。

40

【0025】

また、本発明の光ピックアップ装置は、互いに異なる少なくとも2つの波長の光を用いる、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つのピックアップ装置で可能とするものである。すなわち、本発明の光ピックアップ装置は、第1の光情報記録媒体及び第2の光情報記録媒体という異なる情報記録媒体の記録/再生に用いられるものである。本発明の光ピックアップ装置の第1の光源の第1の光束は、第1の光情報記録媒体から情報を再生するために、または、第1の光情報記録媒体に情報を記録するために使用され、第2の光源の第2の光束は、第2の光情報記録媒体から情報を再生するために、または、第2の光情報記録媒体に情報を記録するために使用する。また、通常、光情報記録媒体は、情報記録面上に、透明基板を有するものである。

50

【0026】

また、本発明の機能を、別の言い方で表すと、集光光学系は、回折部に達した第1の光束により回折部で発生した第1の光束のn次回折光を第1の光情報記録媒体に記録された情報を再生するためにまたは第1の情報記録媒体に情報を記録するために、第1の透明基板を介して第1の光情報記録媒体の第1の情報記録面に集光することができ、集光光学系は、回折部に達した第2の光束により回折部で発生した第2の光束のn次回折光を第2の光情報記録媒体に記録された情報を再生するためにまたは第2の情報記録媒体に情報を記録するために、第2の透明基板を介して第2の光情報記録媒体の第2の情報記録面に集光することができ、光検出器は、第1の情報記録面または第2の情報記録面から反射した光束を受光することができるということになる。

10

【0027】

より好ましい態様を以下に示す。集光光学系は、回折部を通過した第1の光束におけるn次回折光を第1の光情報記録媒体の第1の情報記録面に、対物レンズの像側の、第1の光束における所定開口数内では0.07rms以下の状態で、即ち、実使用上開口内の光束が最良像点において回折限界性能もしくはそれ以下となる状態で集光することができ、そして集光光学系は、回折部を通過した第2の光束におけるn次回折光を第2の光情報記録媒体の第2の情報記録面に、対物レンズの像側の、第2の光束における所定開口数内では0.07rms以下の状態で、即ち、実使用上開口内の光束が最良像点において回折限界性能もしくはそれ以下となる状態で集光することができる。

【0028】

20

さらに、第1の光源もしくは第2の光源において、温度変化や電流変化に基づく±10nm以下程度の波長シフトが起きる場合であっても、それぞれの情報記録面上において、対物レンズの像側の所定開口数内では0.07rms以下の状態で、n次回折光が集光されることが好ましい。特に、第1の光束もしくは、第2の光束が600nm以下の波長（例えば、350nm～480nm等）の光束であり、±10nm以下程度の波長シフトが発生する場合であっても、対物レンズの像側の所定開口数内では0.07rms以下の状態で、n次回折光が集光されることが、特に好ましい。

【0029】

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。

30

【0030】

また、回折部における第1の光束のn次回折光の回折効率をA%とし、他のある次数（好ましくはn以外の次数のうちで、回折効率が最も大きい次数）の回折光の回折効率をB%としたとき、A-B 10であることが好ましく、回折部における第2の光束のn次回折光の回折効率をA' %とし、他のある次数の回折光の回折効率をB' %としたとき、A'-B' 10であることが好ましい。さらにA-B 30、A'-B' 30であることがより好ましく、A-B 50、A'-B' 50、であることがより好ましく、A-B 70、A'-B' 70であることがさらに好ましい。

【0031】

また、第1の光束も第2の光束も、光情報記録媒体の情報の記録に用いる場合は、回折部におけるn次回折光の回折効率が、第1の光束の波長と第2の光束の波長との間の波長において最大となるようにすることが好ましい。

40

【0032】

また、第1の光束か第2の光束のいずれかのみを、光情報記録媒体の情報の記録に用い、他方の光束は再生のみに用いる場合は、回折部におけるn次回折光の回折効率が、第1の光束の波長と第2の光束の波長との間の波長において最小となるようにすることが好ましい。より好ましくは、回折部におけるn次回折光の回折効率が、第1の光束の波長か、第2の光束の波長かの、情報の記録に用いる方において、最大となるようにすることである。

【0033】

50

また、回折部が設けられる光学素子としては、特に限定されないが、集光光学系に設けられる、屈折面を持つレンズや、平板状素子などが挙げられる。

【0034】

回折部を設ける光学素子として、屈折面を持つレンズを用いる場合、光学素子の具体例としては、対物レンズやコリメーターレンズやカップリングレンズなどが挙げられる。これらのレンズの屈折面上等に回折部を設けることができる。また、回折部を設けることのみを目的とした平板状やレンズ状の光学素子を、集光光学系に加えてもよい。

【0035】

なお、対物レンズの屈折面上に回折部を設ける場合、対物レンズの外径（フランジを有する場合はフランジも含む外径）が、絞り径よりも、0.4mm～2mm大きいことが好み。10

【0036】

回折部は、光学素子の光源側の光学面に設けてもよいし、像側（光情報記録媒体側）に設けてもよいし、両面に設けるようにしてもよい。また、回折部は凸面に設けてもよいし、凹面に設けてもよい。

【0037】

対物レンズに回折部を設けると、部品点数の削減につながり、しかも光ピックアップ装置の製造時の組立誤差も減少できるため、より好み。その場合、対物レンズは、1枚玉であることが好みが、2枚玉であってもよい。プラスチックレンズが好みが、ガラスレンズであってもよい。また、ガラスレンズ表面に回折部が形成された樹脂層を設けてもよい。また、回折部が設けられている対物レンズは、外周に、光軸に対し垂直方向に伸びた面を持つフランジ部を有することが好み。これにより、ピックアップ装置への精度の高い取り付けが容易に行え、しかも環境温度が変化しても安定した性能を得られる。また、対物レンズの屈折面が非球面であって、その非球面に回折部が設けられていることが好み。もちろん、回折部は対物レンズの片面に設けてもよいし、両面に設けてもよい。

20

【0038】

また、回折部が設けられている光学素子は、アッベ数 d が 50 以上、100 以下の材料でできていることが好み。また、プラスチックであっても、ガラスであってもよい。なお、プラスチックレンズである場合、その材料の屈折率が 1.4～1.75 であることが好ましく、1.48～1.6 であることがさらに好ましく、1.5～1.56 であることがさらに好み。30

30

【0039】

また、回折部が、レンズ（好みはプラスチックレンズ）に設けられている場合、温度変化に対して安定した光ピックアップ装置及び光学素子を得るために、以下の条件式を満たすことが好み。

$$-0.0002 / < n / T < -0.00005$$

T: 温度変化。

n: 前記レンズの屈折率の変化量。

【0040】

40

さらに以下の条件式を満たすことが好み。

$$0.05nm / < 1 / T < 0.5nm /$$

1(nm): 温度変化 T があったときの、第 1 の光源の波長の変化量

【0041】

回折部は、振幅型の回折部であってもよいが、光利用効率の観点から、位相型の回折部であることが好み。また、回折部の回折パターンは、光軸に対して回転対称であることが好み。また、回折部は、光軸の方向から見て、複数の輪帯を有し、この複数の輪帯が光軸または光軸近傍の点を中心としたほぼ同心円上に形成されていることが好み。円が好みが、橢円であってもよい。特に段差を有するブレースド型の輪帶回折面が好み。また、階段状に形成された輪帶回折面であってもよい。また、光軸から離れる

50

に従って、レンズ厚が厚くなる方向へ離散的にシフトする輪帯として階段状に形成された輪帯回折面であってもよい。なお、回折部は輪帯状であることが好ましいが、1次元回折格子であってもよい。

【0042】

回折部が同心円の輪帯状である場合、回折輪帯のピッチは、位相差関数もしくは光路差関数を使って定義される。この場合、複数の輪帯の各位置を示す幕級数で表される位相差関数が、2乗項以外の少なくとも1つの項に、0以外の係数を有することが好ましい。この構成により、異なる波長の光に起因する色収差の球面収差を補正することが可能となる。

【0043】

また、回折部の複数の輪帯の各位置を示す幕級数で表される位相差関数が、2乗項に、0以外の係数を有すると、近軸色収差を補正でき好ましい。しかし、回折輪帯のピッチを過小としないことを重視する場合、回折部の複数の輪帯の各位置を示す幕級数で表される位相差関数が、2乗項を含まないようにしてよい。

【0044】

なお、回折部の回折輪帯のステップ数が、2以上、45以下であることが好ましい。より好ましくは、40以下である。さらに好ましくは、15以下である。なお、ステップ数を数えるには、輪帯の段差の数を数えればよい。

【0045】

また、回折部の回折輪帯の段差の光軸方向の深さが、2 μm以下であることが好ましい。この構成にすることにより、光学素子の製造がしやすくなり、しかもn次回折光を容易に1次または-1次回折光にすることができる。

【0046】

また、光学素子の光源側の面に回折部を設ける場合、光軸から離れるにつれて、段差の深さが深くなる方が好ましい。

【0047】

光線を偏向する回折面の作用について、本発明では光線を、より光軸の方に偏向させる場合を正の作用と呼び、光軸から離れる方向に偏向するとき負の作用と呼ぶ。

【0048】

また、輪帯回折面のピッチは、光軸からの高さに反比例してピッチを設けてよい。また、ピッチの設けられ方が、光軸からの高さに反比例していない、つまり、光路差関数が高次の項を有するピッチを設けてよい。

【0049】

特に、光路差関数の高次の項を有するピッチを設ける場合、つまり、光軸からの高さに反比例してピッチが設けられていない場合、光路差関数において、変曲点を有してもよいが、変曲点を有さないことが好ましい。

【0050】

また、回折部で付加される回折作用は、回折部の全面において正であってもよいし、回折部の全面において負であってもよい。また、回折部で付加される回折作用の正負の符号が、光軸と垂直に光軸から離れる方向において少なくとも1回切り替わるようにしてよい。例えば、図47(c)に示されるような、光軸と垂直に光軸から離れる方向において負から正に変化するタイプが挙げられる。異なる言い方をすると、回折部の複数の輪帯が、ブレーズ化されており、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する、とも言える。また、図47(d)に示されるような、光軸と垂直に光軸から離れる方向において正から負に変化するタイプなどでもよい。これについても異なる言い方をするなら、回折部の複数の輪帯が、ブレーズ化されており、光軸に近い側の前記回折輪帯では、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前記回折輪帯では、その段差部が光軸から離れた側に位置するとも言える。

【0051】

なお、回折輪帯のピッチとは、図134において、光軸と垂直方向の輪帯の段差と輪帯の段差の間の距離pをいい、段差の深さとは、光軸方向の段差の長さdをいう。

【0052】

なお、ピッチが細かくなると、その部分の収束度合いや発散度合いは強くなり、ピッチが大きくなると、その部分の収束度合いや発散度合いは弱くなる。

【0053】

また、回折部を有する光学素子において、光束が通過する面の全面に回折部を設けてよい。異なる言い方では、対物レンズの像側の最大開口数以下の光束が全て、回折部を通過するようにしてもよい、ともいえる。また、単純に光学素子の光学面の1面全面に回折部を設けてもよく、光学素子の光学面の1面の70%以上（好みは80%以上、さらに好みは90%以上）を回折部としてもよい。

10

【0054】

また、光学素子の光束が通過する面の一部にのみ回折部を設け、他の部分を屈折面、もしくは透過面としてもよい。異なる言い方では、対物レンズの像側の最大開口数に対応する光束のうち、光軸と垂直方向の領域の一部の領域の光束が、回折部を通過し、他の一部の領域の光束が回折部を通過せず、屈折面や透過面を通過するようにする、とも言える。光束が通過する面の一部にのみ回折部を設ける場合、回折部を光軸を含む光軸近辺のみに設けてもよいし、光軸近辺に回折部を設けず、回折部を環状に設けてもよい。例えば、光学素子の光学面の1面の10%以上、90%未満を回折部としてもよい。または、10%以上、50%未満を回折部としてもよい。

20

【0055】

なお、光学素子の光束が通過する面の一部にのみ回折部を設ける場合、NA1 > NA2の場合は、NA1 > NAH1, NAH1 NA2, NA2 NAL1 0であることが好み。また、NA2 > NA1の場合は、NA2 > NAH2, NAH2 NA1, NA1

NAL2 0であることが好み。なお、NA1, NA2は、それぞれ第1の光束及び第2の光束を用いる際の、対物レンズの像側の所定開口数である。NAH1, NAH2は、回折部の最も外側を通過した第1の光束及び第2の光束の対物レンズの像側の開口数である。NAL1, NAL2は、回折部の最も内側を通過した第1の光束及び第2の光束の対物レンズの像側の開口数である。

【0056】

30

また、光学素子の光束が通過する面の一部にのみ回折部を設ける場合、NA1 > NA2のとき、第1の光束のうち、NA1以下で回折部を通過した光束と、回折部以外の屈折面を通過した光の集光位置がほぼ等しいことが好み。NA2 > NA1の場合は、第2の光束のうち、NA2以下で回折部を通過した光束と、回折部以外の屈折面を通過した光の集光位置がほぼ等しいことが好み。

【0057】

また、回折部が、第1の回折パターンと、第2の回折パターンを有し、第2の回折パターンが、第1の回折パターンよりも光軸から離れているという態様であってもよい。また、回折部と回折部のない屈折面とを同一面上に組み合わせてもよい。

【0058】

40

また、2種の回折パターンを有する場合、回折部の第1の回折パターンを通過した第1の光束において、n次の回折光が、他の次数の回折光に比して多く発生し、第1の情報記録面上に集光可能であり、回折部の第1の回折パターンを通過した第2の光束においても、n次の回折光が、他の次数の回折光に比して多く発生し、第2の情報記録面上に集光可能であり、回折部の第2の回折パターンを通過した第1の光束において、n次の回折光が、他の次数の回折光に比して多く発生し、第1の情報記録面上に集光可能であり、回折部の前記第2の回折パターンを通過した第2の光束においては、透過光である0次光が、他の次数の回折光に比して多く発生するようにしてよい。この場合のn次としては、1次が好み。

【0059】

50

また、別の態様としては、回折部の第1の回折パターンを通過した第1の光束において、n次の回折光が、他の次数の回折光に比して多く発生し、第1の情報記録面上に集光可能であり、回折部の前記第1の回折パターンを通過した第2の光束においても、n次の回折光が、他の次数の回折光に比して多く発生し、第2の情報記録面上に集光可能であり、回折部の第2の回折パターンを通過した第1の光束において、n次の回折光が、他の次数の回折光に比して多く発生し、第1の情報記録面上に集光可能であり、回折部の第2の回折パターンを通過した第2の光束においては、n次ではない負の次数の回折光が、他の次数の回折光に比して多く発生する。この場合のn次としては、1次が好ましく、負の次数としては-1次が好ましい。

【0060】

10

また、透明基板の厚さが異なる、複数の光情報記録媒体において使用する光ピックアップ装置もしくは光学素子の場合、回折部の輪帯のピッチは以下の条件式を満たすことが特に好ましい。

0.4 | (Ph / Pf) - 2 | 25

【0061】

より好ましくは、0.8 | (Ph / Pf) - 2 | 6であり、さらに好ましくは、1.2 | (Ph / Pf) - 2 | である。

【0062】

20

対物レンズの像側の最大開口数に対応する回折部の輪帯のピッチがPfであり、最大開口数の1/2に対応する回折部の輪帯のピッチがPhである。なお、最大開口数とは、その光ピックアップ装置において、情報の読み取り/記録が行われる幾つかの種類の光情報記録媒体の所定開口数のうち、最も最大のものを最大開口数と見なす。なお、所定開口数とは、その光ピックアップ装置において、所定の波長の光束によって、光情報記録媒体の情報の読み取り/記録を可能とする開口数をいうが、ある光情報記録媒体の規格で定められた開口数であってもよい。また、対物レンズの像側の最大開口数に対応する回折部の輪帯のピッチとは、最大開口数の際に、回折部において、通過する光束の最も外周部に位置する輪帯のピッチを意味する。また、最大開口数の1/2に対応する回折部の輪帯のピッチとは、最大開口数の1/2の開口数の際に、回折部において、通過する光束の最も外周部に位置する輪帯のピッチを意味する。

【0063】

30

なお、2つの光源の光束のうち、一方の光束については、実使用上の開口までを無収差とし、その外側の部分については収差をフレアにするような光ピックアップ装置としてもよい。

【0064】

40

違う言い方をすると以下のように表すことができる。第1の光束を用いる際の、対物レンズの像側の所定開口数内である第1の光束は、第1の光情報記録媒体の第1の情報記録面上に、0.07 rms以下の状態で集光され、第1の光束を用いる際の、対物レンズの像側の所定開口数より外側を通過した第1の光束は、第1の情報記録面上では、0.07 rmsより大きい状態となり、第2の光束を用いる際の、対物レンズの像側の所定開口数内を通過した第2の光束も、前記所定開口数より外側を通過した第2の光束も、第2の光情報記録媒体の第2の情報記録面上に、0.07 rms以下の状態で集光される。この場合NA1 < NA2であって、第1の光情報記録媒体の記録・再生を行う際に、NA1とNA2の間の光束はフレアにするということである。

【0065】

もしくは、第2の光束を用いる際の、対物レンズの像側の所定開口数内である第2の光束は、第2の光情報記録媒体の第2の情報記録面上に、0.07 rms以下の状態で集光され、第2の光束を用いる際の、対物レンズの像側の所定開口数より外側を通過した第2の光束は、第2の情報記録面上では、0.07 rmsより大きい状態となり、第1の光束を用いる際の、対物レンズの像側の所定開口数内を通過した第1の光束も、所定開口数より外側を通過した第1の光束も、第1の光情報記録媒体の第1の情報記録面上に、0

50

. 0 7 r m s 以下の状態で集光される。この場合、N A 1 > N A 2 であって、第2の光情報記録媒体の記録・再生を行う際に、N A 2 とN A 1 の間の光束はフレアにするということである。

【0066】

これらの態様は、回折部の設計によって、任意に設定できる。例えば、光学素子の全面に回折部を設けつつ、回折部の設計によって、所定開口数以上においてフレアを発生させるようにしてもよいし、光学素子の面の一部に回折部を設け、他は屈折面とし、屈折面や回折部によってフレアを発生させるようにしてもよい。

【0067】

上記フレアを発生させる態様においては、第1の光束を用いる際の対物レンズの像側の所定開口数よりも外側の第1の光束を遮蔽もしくは回折し、第2の光束は透過する開口制限手段も、第2の光束を用いる際の対物レンズの像側の所定開口数よりも外側の第2の光束を遮蔽もしくは回折し、第1の光束は透過する開口制限手段も有さないことが好ましい。つまり、ダイクロイックフィルタやホログラムフィルタを設けずに、通常の絞りのみを設けることが好ましい。回折部を上記機能を満たすように設計しさえすれば、通常の絞りだけ設ければよいため、機構が簡単になり好ましい。

【0068】

しかし、ホログラムフィルタ等のフィルタを用いて、フレアを発生させるようにしてもよい。なお、ホログラムフィルタなどのフィルタを設ける場合、別体のフィルタを集光光学系に設けてもよいし、対物レンズ上にフィルタを設けてもよい。

【0069】

また、所定開口数がより小さい方の光束を集光させた際の、最小スポットを作る位置に対して、アンダーにフレアを設けるようにしてもよいし、オーバーにフレアを設けるようにしてもよい。好ましくは、オーバーに設ける方がよい。

【0070】

また、上述のようにフレアを発生させる場合、球面収差図において、連続的にフレアを発生させるようにしてもよいし、不連続にフレアを発生させるようにしてもよい。

【0071】

また、別の態様として、フレアを発生させない光ピックアップ装置の態様が挙げられる。以下のようなものが挙げられる。

【0072】

違う言い方をすると以下のように表すことができる。第1の光束を用いる際の、対物レンズの像側の所定開口数内である第1の光束は、第1の光情報記録媒体の第1の情報記録面上に、0.07 r m s 以下の状態で集光され、第1の光束を用いる際の、対物レンズの像側の所定開口数より外側を通過した第1の光束は、第1の情報記録面上では、0.07 r m s 以下の状態で集光されるか、もしくは、遮蔽されて、第1の情報記録面上まで達することができなく、第2の光束を用いる際の、対物レンズの像側の所定開口数内を通過した第2の光束も、所定開口数より外側を通過した第2の光束も、第2の光情報記録媒体の第2の情報記録面上に、0.07 r m s 以下の状態で集光される。この場合、N A 1 < N A 2 であって、第1の光情報記録媒体の記録・再生を行う際に、N A 1 とN A 2 の間の光束も集光するか、もしくは遮蔽するということである。

【0073】

もしくは、第2の光束を用いる際の、対物レンズの像側の所定開口数内である第2の光束は、第2の光情報記録媒体の第2の情報記録面上に、0.07 r m s 以下の状態で集光され、第2の光束を用いる際の、対物レンズの像側の所定開口数より外側を通過した第2の光束は、第2の情報記録面上では、0.07 r m s 以下の状態で集光されるか、もしくは、遮蔽されて、第2の情報記録面上まで達することができなく、第1の光束を用いる際の、対物レンズの像側の所定開口数内を通過した第1の光束も、前記所定開口数より外側を通過した第1の光束も、第1の光情報記録媒体の第1の情報記録面上に、0.07 r m s 以下の状態で集光される。この場合、N A 1 > N A 2 であって、第2の光情報記録

10

20

30

40

50

媒体の記録・再生を行う際に、N A 2 と N A 1 の間の光束も集光するか、もしくは遮蔽するということである。

【0074】

これらの態様は、回折部の設計によって、任意に設定できる。

【0075】

上記フレアを発生させず、N A 1 と N A 2 の間、もしくは N A 2 と N A 1 の間の光束を遮蔽する態様においては、第1の光束を用いる際の対物レンズの像側の所定開口数よりも外側の第1の光束を遮蔽もしくは回折し、第2の光束は透過する開口制限手段か、もしくは、第2の光束を用いる際の対物レンズの像側の所定開口数よりも外側の第2の光束を遮蔽もしくは回折し、第1の光束は透過する開口制限手段を設けることが好ましい。または、それぞれの光束において所定開口数となるような開口制限手段を設けることが好ましい。10

【0076】

つまり、第1の光束もしくは第2の光束の一方の光束において、所定開口数以上において、開口制限手段であるダイクロイックフィルタやホログラムフィルタなどの輪帯フィルタによって、光束を遮蔽することが好ましい。なお、ダイクロイックフィルタやホログラムフィルタなどのフィルタを設ける場合、別体のフィルタを集光光学系に設けてもよいし、対物レンズ上にフィルタを設けてもよい。

【0077】

しかしながら、フレアを発生させない場合であっても、ダイクロイックフィルタやホログラムフィルタを設けることなく、通常の絞りのみを設け、最大開口数内の全ての光束を情報記録面上に集光させるようにしてもよい。別の言い方をすれば、対物レンズの像側の最大開口数内において、第1の光束及び第2の光束共に、情報記録面上で、0.07 r m s 以下の状態で集光されるようにしてもよい。20

【0078】

また、N A 1 = N A 2 の場合にも、上記のような態様で、フレアを発生させないことが好ましい。

【0079】

なお、第1の光情報記録媒体及び第2の光情報記録媒体という異なる情報記録媒体とは、各々の記録／再生に使用される光の波長が異なる情報記録媒体であることを意味する。透明基板の厚さや、屈折率が同じであっても、異なっていてもよい。また、所定開口数の値が同じであっても、異なっていてもよい。もちろん、情報の記録密度が同じであっても、異なっていてもよい。異なる情報記録媒体各々の記録／再生に使用される光の波長の差異によって発生する近軸色収差や球面収差が、本発明の回折部によって、補正される。なお、球面収差も近軸色収差も補正することが最も好ましく、球面収差のみを補正し、近軸色収差を補正しない態様が次に好ましいが、近軸色収差のみを補正し、球面収差を補正しない態様であってもよい。30

【0080】

さらに、異なる情報記録媒体において、透明基板の厚さが異なり、透明基板の厚さに基づいて、球面収差が発生する場合であっても、その球面収差が本発明の回折部によって、補正される。なお、第1の光情報記録媒体及び第2の光情報記録媒体において、透明基板の厚さが各々異なる場合は、発生する球面収差がより大きくなるため、本発明の効果がより顕著となり好ましい。40

【0081】

なお、第1の光束の波長と、第2の光束の波長との差が80 nm以上、400 nm以下であることが好ましい。さらに好ましくは、100 nm以上、200 nm以下である。さらに好ましくは、120 nm以上、200 nm以下である。また、第1の光源と、第2の光源としては、例えば、760 ~ 820 nm, 630 ~ 670 nm, 350 nm ~ 480 nm等の波長の光を照射する光源の中から2種類をいずれかを好ましく組み合わせて用いることができる。もちろん、3光源や4光源であってもよい。第3の光束を射出する第350

光源や第4の光束を射出する第4光源を有する場合、回折部を通過した第3の光束や第4の光束においても、n次の回折光が、他の次数の回折光に比して多く発生するようになることが好ましい。

【0082】

また、第2の光束の波長の方が、第1の光束の波長よりも波長が長い場合、第2の光束と第1の光束とにおける軸上色収差が、以下の条件式を満たすことが好ましい。

$$-2 / \{ 2 \times (NA2)^2 \} \leq 2 / \{ 2 \times (NA2)^2 \}$$

2: 第2の光束の波長

NA2: 第2の光束に対する、前記対物レンズの像側の所定開口数。

【0083】

また、透明基板の厚さが異なる光情報記録媒体を用い、 $t_2 > t_1$ であって、 $t_2 > t_1$ である場合に、以下の条件式を満たすことが好ましい。

$$0.2 \times 10^{-6} / < WSA3 \cdot 1 / \{ f \cdot (NA1)^4 \} \cdot T \} < 2.2 \times 10^{-6} /$$

NA1: 第1の光束を用いて、光情報記録媒体の再生もしくは記録する場合に、必要な像側の対物レンズの開口数。

1: 第1の光束の波長

f: 第1の光束に対する対物レンズの焦点距離

T: 環境温度変化。

WSA3(1rms): 第1の光束を用いて、光情報記録媒体の再生もしくは記録する場合に、光情報記録面に集光された光束の波面収差の3次球面収差成分の変化量

【0084】

また、第1の光束を用いる場合において、発散光や収束光等の非平行光束である第1の光束を対物レンズに入射させ、第2の光束を用いる場合において、発散光や収束光等の非平行光束である第2の光束を対物レンズに入射させるようにしてもよい。

【0085】

または、第1の光束を用いる場合において、平行光束である第1の光束を対物レンズに入射させ、第2の光束を用いる場合において、発散光や収束光等の非平行光束である第2の光束を対物レンズに入射させてもよい。または、第1の光束を用いる場合において、発散光や収束光等の非平行光束である第1の光束を対物レンズに入射させ、第2の光束を用いる場合において、平行光束である第2の光束を対物レンズに入射させるようにしてもよい。

【0086】

なお、第1の光束、第2の光束どちらかの光束、もしくは両方の光束において、非平行光束を用いる場合、第1の光束を用いる場合の対物レンズに対する倍率 m_1 と、第2の光束を用いる場合の対物レンズに対する倍率 m_2 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。 $t_2 > t_1$, $t_2 > t_1$ の場合、 m_1 の方が大きいことが好ましい。特に、第2の光束をCDに用い、第1の光束をDVDに用いる場合に、上記範囲が好ましい。なお、第1の光源の波長が t_1 であり、第2の光源の波長が t_2 であり、第1の透明基板の厚さが t_1 であり、第2の透明基板の厚さが t_2 である。

【0087】

または、第1の光束を用いる場合においても、第2の光束を用いる場合においても、平行光束を対物レンズに入射させるようにしてもよい。この場合、回折部が、図47(b) (c)の様な形態であってもよいが、図47(a) (d)の形態の方が好ましい。

【0088】

また、光ピックアップ装置に対物レンズに入射する光束の発散度を補正する発散度変更手段(以下、「発散度補正手段」ともいう。)を設け、第1の光束と第2の光束において、対物レンズに入射する光束の発散度を変化させるようにしてもよい。

【0089】

なお、発散光を対物レンズに入射する場合は、対物レンズがガラスレンズであることが

10

20

30

40

50

好ましい。

【0090】

なお、第1の情報記録媒体もしくは、第2の情報記録媒体のどちらかのみに対して再生・記録を行え、他方に対しては再生のみを行う場合は、光ピックアップ装置において、第1の光束に対する光ピックアップ装置全体の結像倍率と、第2の光束に対する光ピックアップ装置の全体の結像倍率が、異なることが好ましい。この場合、第1の光束に対する対物レンズの結像倍率と、第2の光束に対する対物レンズの結像倍率とは、同じであっても、異なっていてもよい。

【0091】

また、 $1 < 2$, $t_1 < t_2$ であって、第1の情報記録媒体のみに対して再生・記録を行え、第2の情報記録媒体に対しては再生のみを行う場合は、第1の光束に対する光ピックアップ装置全体の結像倍率が、第2の光束に対する光ピックアップ装置の全体の結像倍率に比して小さいことが好ましい。さらに、上記を満たし、 $0.61 < NA_1 < 0.66$ である場合、集光光学系において、第1の光源と、コリメータレンズの間に、倍率を変化させるカップリングレンズを設けることや、集光光学系において、第1の光束用コリメータレンズと第2の光束用コリメータレンズを別に設けることが好ましい。なお、第1の光束に対する対物レンズの結像倍率と、第2の光束に対する対物レンズの結像倍率とが、共に0であることが好ましい。なお、第1の光源の波長が 1 であり、第2の光源の波長が 2 であり、第1の透明基板の厚さが t_1 であり、第2の透明基板の厚さが t_2 であり、第1の光情報記録媒体の記録または再生に必要な対物レンズの像側の所定開口数が NA_1 である。

10

【0092】

また、 $1 < 2$, $t_1 < t_2$ であって、第2の情報記録媒体のみに対して再生・記録を行え、第1の情報記録媒体に対しては再生のみを行う場合は、第1の光束に対する光ピックアップ装置全体の結像倍率が、第2の光束に対する光ピックアップ装置の全体の結像倍率に比して大きいことが好ましい。なお、第1の光束に対する対物レンズの結像倍率と、第2の光束に対する対物レンズの結像倍率とが、共に0であることが好ましい。

20

【0093】

なお、第1の情報記録媒体及び第2の情報記録媒体の両方に対して、再生・記録を行える場合、もしくは、両方に対して、再生のみを行う場合は、光ピックアップ装置において、第1の光束に対する光ピックアップ装置全体の結像倍率と、第2の光束に対する光ピックアップ装置の全体の結像倍率が、ほぼ等しいことが好ましい。この場合、第1の光束に対する対物レンズの結像倍率と、第2の光束に対する対物レンズの結像倍率とは、同じであっても、異なっていてもよい。

30

【0094】

また、光検出器は、第1の光束と第2の光束とに対して、共通としてもよい。もしくは、第2の光検出器を設け、光検出器を第1の光束用とし、第2の光検出器を第2の光束用としてもよい。

【0095】

また、光検出器と、第1の光源もしくは第2の光源とがユニット化されていてもよい。または、光検出器と、第1の光源及び第2の光源とがユニット化されていてもよい。または、光検出器と、第2の光検出器と、第1の光源及び第2の光束とが全て一体にユニット化されていてもよい。さらには、第1の光源及び第2の光源のみがユニット化されていてもよい。

40

【0096】

特に、第1の光源と第2の光源がユニット化されていて、同一面上にならべて設けられている場合は、 $NA_1 > NA_2$ である場合は、第1の光源を対物レンズの光軸上に設けることが好ましく、 $NA_1 < NA_2$ である場合は、第2の光源を対物レンズの光軸上に設けることが好ましい。なお、第1の光情報記録媒体の記録または再生に必要な対物レンズの像側の所定開口数が NA_1 であり、第2の光情報記録媒体の記録または再生に必要な対物

50

レンズの像側の所定開口数が N A 2 である。

【 0 0 9 7 】

なお、第 1 の光情報記録媒体の記録・再生を行う際の、ワーキングディスタンスを W D 1 とし、第 2 の光情報記録媒体の記録・再生を行う際の、ワーキングディスタンスを W D 2 とした際に、 $|W D 1 - W D 2| = 0.29\text{ mm}$ となることが好ましい。この場合、第 1 の光情報記録媒体の記録・再生を行う際の倍率と、第 2 の光情報記録媒体の記録・再生を行う際の倍率が等しいことがより好ましい。また、その倍率が 0 であることがさらに好ましい。また、 $t_1 < t_2$, $1 < 2$ の場合、W D 1 = W D 2 であることが好ましい。これらのワーキングディスタンスに関する条件は、第 1 の光情報記録媒体が D V D、第 2 の光情報記録媒体が C D である場合に、特に好ましい。なお、上記ワーキングディスタンスを満たす場合は、回折部が、図 4 7 (a) (d) の様な形態であってもよいが、図 4 7 (b) (c) の形態の方が好ましい。 10

【 0 0 9 8 】

また、集光光学系、または対物レンズ等の光学素子は、光情報記録媒体の情報記録面上に、光束を集光して、情報の記録・再生を行えるように、スポットを形成するものである。特に、 $N A 1 > N A 2$, $1 < 2$ である場合であって、しかも、第 2 の光束について、 $N A 2$ よりも外側の光束を、第 2 の光情報記録媒体の第 2 の情報記録面上においてフレアとする（結像面上での波面収差を 0.072 rms より大とする）場合に、そのスポットが以下の条件を満たすことが好ましい。

$$0.66 \times 2 / N A 2 \leq 1.15 \times 2 / N A 2$$

$$w > 0.83 \times 2 / N A 1$$

1 : 第 1 の光束の波長

2 : 第 2 の光束の波長

$N A 1$: 第 1 の光束に対する所定開口数

$N A 2$: 第 2 の光束に対する所定開口数

w : 第 2 の光束の結像面での 13.5% 強度のビーム径

【 0 0 9 9 】

なお、スポットが真円でない場合、ビーム径は、ビーム径が一番絞られている方向でのビーム径を上記ビーム径 (w) とすることが好ましい。

【 0 1 0 0 】

さらに、好ましくは以下の条件を満たすことである。

$$0.74 \times 2 / N A 2 \leq 0.98 \times 2 / N A 2$$

【 0 1 0 1 】

また、スポットの形状は、中心に光強度の強い記録・再生に用いられるスポットが存在し、その周りに連続して、検出に悪影響を及ぼさない程度に光強度が弱いフレアが存在している形状であってもよいし、中心に光強度の強い記録・再生に用いられるスポットが存在し、その周りにドーナツ状に、フレアが存在している形状であってもよい。

【 0 1 0 2 】

また、スポットの S 字特性が良好であることが好ましい。具体的には、オーバーシュートが、0 ~ 20% であることが好ましい。

【 0 1 0 3 】

第 1 の光源の波長を 1 とし、第 2 の光源の波長を 2 とし、第 1 の透明基板の厚さを t_1 とし、第 2 の透明基板の厚さを t_2 とし、波長が 1 の光による第 1 の光情報記録媒体の記録または再生に必要な対物レンズの像側の所定開口数を $N A 1$ 、波長が 2 の光による第 2 の光情報記録媒体の記録または再生に必要な対物レンズの像側の所定開口数を $N A 2$ とした場合、好ましい 1 例として、以下の条件式が挙げられる。この場合、 n 次回折光は 1 次回折光であることが好ましい。もちろん、好ましい態様は下記の条件式に限られるものではない。

$$1 < 2$$

$$t_1 < t_2$$

N A 1 > N A 2 (好ましくは N A 1 > N A 2 > 0 . 5 × N A 1)

【 0 1 0 4 】

上記条件式を満たす場合、集光光学系の対物レンズが回折部を有し、第2光情報記録媒体の記録・再生を行うために、集光光学系が、回折部を通過した第2光束におけるn次回折光を、第2光情報記録媒体の第2情報記録面上に集光する場合に、図112に示すように、球面収差が少なくとも1箇所の不連続部を有するようにしてよい。

【 0 1 0 5 】

不連続部を有する場合、N A 2 近傍において、球面収差が不連続部を有することが好ましい。例えば、開口数 (N A) が 0 . 4 5 において、球面収差が不連続部を有する場合や、開口数 (N A) が 0 . 5 において、球面収差が不連続部を有する場合が挙げられる。

10

【 0 1 0 6 】

また、球面収差が不連続部を有する場合、集光光学系は、回折部を通過した第1光束における、開口数が N A 1 以下の n 次回折光を、第1光情報記録媒体の第1情報記録面上に、最良像点における波面収差が 0 . 0 7 r m s となるように集光し、集光光学系は、回折部を通過した第2光束における、不連続部となる開口数以下の n 次回折光を、第2光情報記録媒体の第2情報記録面上に、最良像点における波面収差が 0 . 0 7 r m s となるように集光することが好ましい。

【 0 1 0 7 】

また、上記条件式を満たす場合集光光学系の対物レンズが回折部を有し、第2光情報記録媒体の記録・再生を行うために、集光光学系が、回折部を通過した第2光束におけるn次回折光を、第2光情報記録媒体の第2情報記録面上に集光する場合に、図27に示すように、球面収差が連続していて、不連続部を有さないようにもよい。

20

【 0 1 0 8 】

球面収差が連続していて、不連続部を有さない場合、N A 1 では、球面収差が 2 0 μ m 以上であって、N A 2 では球面収差が 1 0 μ m 以下であることが好ましい。より好ましくは、N A 1 では、球面収差が 5 0 μ m 以上であって、N A 2 では球面収差が 2 μ m 以下である

【 0 1 0 9 】

上記条件の中で、例えば、第1の光情報記録媒体として D V D の一種を用い、第2の光情報記録媒体として C D の一種を用いる場合の、具体的な好ましい1例を挙げるなら以下のような態様が挙げられるが、これに限られるものではない。

30

0 . 5 5 m m < t 1 < 0 . 6 5 m m

1 . 1 m m < t 2 < 1 . 3 m m

6 3 0 n m < 1 < 6 7 0 n m

7 6 0 n m < 2 < 8 2 0 n m

0 . 5 5 < N A 1 < 0 . 6 8

0 . 4 0 < N A 2 < 0 . 5 5

【 0 1 1 0 】

上記範囲の場合であって、回折部が輪带回折の場合、N A 2 以下に相当する回折部は 1 9 輪帯以下か、2 1 輪帯以上であることが好ましい。また、回折部は全体で、3 5 輪帯以上か、3 3 輪帯以下であることが好ましい。

40

【 0 1 1 1 】

また、上記範囲を満たす場合、スポット径が以下の態様を満たすことが好ましい。

【 0 1 1 2 】

集光光学系の対物レンズが回折部を有し、 $1 = 6 5 0 \text{ nm}$, $t 1 = 0 . 6 \text{ mm}$, $N A 1 = 0 . 6$ であって、前記対物レンズに、強度分布が一様な平行光である第1の光束を入射し、第1の透明基板を介して、第1の情報記録面上に集光した場合に、ベストフォーカスにおけるスポット径が 0 . 8 8 ~ 0 . 9 1 μ m であることが好ましい。

【 0 1 1 3 】

または、 $1 = 6 5 0 \text{ nm}$, $t 1 = 0 . 6 \text{ mm}$, $N A 1 = 0 . 6 5$ であって、前記対物

50

レンズに、強度分布が一様な平行光である第1の光束を入射し、第1の透明基板を介して、第1の情報記録面上に集光した場合に、ベストフォーカスにおけるスポット径が0.81~0.84 μmであることが好ましい。

【0114】

さらに上記範囲を満たす場合であって、且つ、回折部が対物レンズに設けられている場合、開口数(NA)が0.4における、回折部のピッチが10~70 μmであることが好ましい。さらに好ましくは、20~50 μmである。

【0115】

さらに、上記条件の中で、具体的な好ましい1例を挙げるなら以下のような態様が挙げられるが、これに限られるものではない。特に、第2の光情報記録媒体としてのCDについて、記録も行う場合は、NA2を0.5とすることが好ましい。さらに、第1の光情報記録媒体としてのDVDについて、記録も行う場合は、NA1を0.65とすることが好ましい。

t1 = 0.6 mm

t2 = 1.2 mm

1 = 650 nm

2 = 780 nm

NA1 = 0.6

NA2 = 0.45

【0116】

また、以下のような態様であってもよい。以下の態様の場合、n次回折光は-1次光であることが好ましい。

1 < 2

t1 > t2

【0117】

また、本発明の光ピックアップ装置を有する、光情報記録媒体から情報を再生したまま情報記録媒体に情報を記録する光情報記録媒体記録または再生装置の具体例としては、DVD/CD再生装置や、DVD/CD/CD-R記録再生装置や、DVD-RAM/DVD/CD-R/CD記録再生装置や、DVD/CD/CD-RW記録再生装置や、DVD/LD再生装置、DVD/ブルーレーザ(350~480 nm等、特に400 nm程度)を使用する光情報記録媒体記録再生装置、CD/ブルーレーザを使用する光情報記録媒体記録再生装置、などを挙げることができるが、これに限られるものではない。また、これらの光情報記録媒体記録または再生装置は、光ピックアップ装置の他に、電源や、スピンドルモーターなどを有する。

【0118】

また、本発明の対物レンズは、第1の光源の波長と第2の光源の波長のうち少なくとも一方の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をSA、軸上色収差の変化量をCAとするとき、以下の条件式を満たすことが好ましい。

-1 < SA / CA < -0.2

【0119】

なお、本明細書において、各用語は以下に定義する通りである。まず、本発明における光学素子とは、情報記録媒体上への情報の記録及び/又は情報記録媒体上の情報を再生するための光学系に適用可能な全ての光学素子の個々を指し、一般には、カップリングレンズ、対物レンズ、偏光ビームスプリッタ、1/4波長板、また、2つ以上の光源からの光を合成するためのビームスプリッタ等が挙げられるが、これらに限ったものではない。また、本発明の回折部のみを設け、他の役割は一切持たない光学素子であってもよい。

【0120】

また、本発明における光学系とは、例えばCDとDVDとを記録又は再生可能とするような上記光学素子の1以上の集合であって、情報記録媒体上への情報の記録及び/又は情報記録媒体上の情報を再生可能とするための光学系全体のみならず、その光学系の一部を意味するものであってもよく、上記のような光学素子を少なくとも1つ含むものである。

10

20

30

40

50

【0121】

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、現在市販されていないような、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。

【0122】

本発明において、情報記録媒体に対する情報の記録および再生とは、上記のような情報記録媒体の情報記録面上に情報を記録すること、情報記録面上に記録された情報を再生することをいう。本発明のピックアップ装置・光学系は、記録だけ或いは再生だけを行うために用いられるものであってもよいし、記録および再生の両方を行うために用いられるものであってもよい。また、或る情報記録媒体に対しては記録を行い、別の情報記録媒体に対しては再生を行うために用いられるものであってもよいし、或る情報記録媒体に対しては記録または再生を行い、別の情報記録媒体に対しては記録及び再生を行うために用いられるものであってもよい。なお、ここでいう再生とは、単に情報を読み取ることを含むものである。

10

【0123】

また、上記の情報記録媒体に対する情報の記録および再生の少なくともいずれか一方に用いられるピックアップ装置・光学系とは、それに適用可能であることは勿論のこと、実際に適用されるかもしくはそのような用途に用いることを意図したピックアップ装置・光学系をも含むものである。

20

【0124】

本発明において、互いに異なる少なくとも2つの波長の光とは、例えば、CD用に使用される780nmの波長の光と、DVD用に使用される635nm或いは650nmの波長の光との異なる2つの波長の光であってもよいし、高密度記録された大容量の情報記録媒体の記録及び/又は再生のための例えば400nmの波長の光をさらに含んだ、異なる3つの波長の光であってもよい。勿論、4以上の異なる波長の光であってもよい。また、実際に異なる3以上の波長の光が使用される光学系或いはそれを意図した光学系であっても、その内の少なくとも異なる2つの波長の光を意味することは勿論である。もちろん、400nmと780nmの組み合わせや、400nmと650nmの組み合わせであってもよい。

30

【0125】

本発明において、異なる波長の光とは、上に例示したような情報記録媒体の種類や記録密度の相違などに応じて使用される、互いに十分な波長差を有する複数の波長の光を意味しており、1つの波長の光を出力する1つの光源の温度変化や出力変化に起因して生じる±10nm程度以内の一時的なシフトによって異なる波長の光を指すものではない。また、異なる波長の光が使用される要因としては、上記した情報記録媒体の種類や記録密度の相違のほかに、例えば、情報記録媒体の透明基板の厚さの相違や記録と再生との相違等が挙げられる。

【0126】

40

また、回折面とは、光学素子の表面、例えばレンズの表面に、レリーフを設けて、回折によって光束を集光あるいは発散させる作用を持たせる面のことをいい、同一光学面に回折を生じる領域と生じない領域がある場合は、回折を生じる領域をいう。レリーフの形状としては、例えば、光学素子の表面に、光軸を中心とする同心円状の輪帯として形成され、光軸を含む平面でその断面をみれば各輪帯は鋸歯のような形状が知られているが、そのような形状を含むものである。

【0127】

一般に回折面からは0次光、±1次光、±2次光・・・と無数の次数の回折光が生じるが、例えば上記のような子午断面が鋸歯状となるレリーフを持つ回折面の場合は、特定の次数の回折効率を他の次数の回折効率よりも高くしたり、場合によっては、特定の1つの

50

次数（例えば +1 次光）の回折効率をほぼ 100% とするように、このレリーフの形状を設定することができる。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い、互いに異なる少なくとも 2 つの波長のそれぞれの光に対して、それぞれ選択的に発生する特定次数の回折光のその特定次数が同じ次数であることを同じ次数の回折光を選択的に発生するという。ここで、回折光の次数が同じであるとは、回折光の次数が符号を含めて同じであることをいう。

【 0128 】

また、回折効率は、全回折光に対するそれぞれの次数の回折光の光量の割合を回折面の形状（レリーフの形状）に基づき、また照射する光の波長を所定の波長に設定したシミュレーションによる計算で求める。所定の波長には、一例として 780 nm, 650 nm の波長が挙げられる。

10

【 0129 】

また、回折面が光学素子の少なくとも一方の光学面のほぼ全面に形成されているとは、光学面上で光束が通る範囲のほぼ全てに回折構造（レリーフ）が設けられることを意味し、光学面の一部、例えば周辺部のみに回折構造を設けたような光学素子ではないことを意味する。このとき、光源からの光束が情報記録媒体側に通過する範囲は、光学系または光ピックアップ装置に用いられる開口絞りによって定められる。回折面を設けた光学素子単体として見れば、回折面が形成される範囲は光学面のほぼ全面にわたっているが、光束が通らない周辺部もある程度の余裕を持って光学面を形成しておくのが一般的なので、この部分も光学面として使用可能な領域として光学面に含めて考えるとき、光学素子単体として光学面中の回折面の面積比率は少なくとも半分以上であることが好ましく、ほぼ 100% であることがより好ましい。

20

【 0130 】

また、1 次回折光はプラス 1 次回折光であってもよいし、マイナス 1 次回折光であってもよい。

【 0131 】

また、1 次回折光であることにより、同じ次数の回折光が 1 次よりも高次の回折光である場合と比較して光量の損失が少ない。

【 0132 】

30

また、前記回折面で付加される回折作用（「回折パワー」ともいう。）が光軸と垂直に光軸から離れる方向において負から正に 1 回切り替わることによって、例えば、CD 系及び DVD 系とも対物レンズに平行光束が入射する場合に、情報記録媒体の透明基板の厚さの違いによる球面収差への影響を回折面の輪帯ピッチを過小にすることなく、効率よく補正することができる。

【 0133 】

回折パワーに関し、特に、屈折作用と回折作用とを有する光学面を備えた光学素子、言い換れば屈折作用を有する光学面上に回折面が設けられたが如き光学素子の場合、回折面の作用により、ベースとなる屈折面の屈折作用に対して、光束を収束あるいは発散させる作用が付加される。このとき近軸領域に限らず実際の有限の高さの光線に対して、収束させる作用が付加される時、本発明においては回折面の所定の位置が正の回折パワーを有するとし、発散させる作用が付加される時、負の回折パワーを有するとしている。

40

【 0134 】

また、請求項 2, 7 においては、前記回折面は、前記複数の輪帯の各位置を示す幕級数で表される位相差関数が、2 乗項以外の少なくとも 1 つの項に零以外の係数を有することにより、異なる 2 波長間での球面収差を制御することができる。ここで、制御することができるとは、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を意味する。

【 0135 】

また、前記対物レンズがプラスチック製であることにより、安価で軽量な光学系を得る

50

ことができる。

【0136】

2つの光源のそれぞれの波長に対し、本発明のように同次数の回折光を対応させる方法は、異なる次数の回折光を対応させる場合に比べて、総合的に光量の損失が少ないという利点を有する。例えば、780 nmと635 nmとの2つの波長を用いる場合、両波長光に1次回折光を用いる方が、何れかの波長に1次回折光を用い他方の波長に0次回折光を用いるより、総合的に光量の損失が少ない。また、両波長光に同次数の回折光を用いる場合、高次の回折光を用いるよりも、1次回折光を用いた方が光量の損失が少ない。

【0137】

なお、回折限界性能とは、光束の波面収差を測定し、その光束全体の波面収差の自乗平均根（rms値）がマレシャルの許容値である波長の0.07倍以下であることを意味する。また、実使用上の開口とは、それぞれの光情報記録媒体の規格で規定されている開口数を意味し、それぞれの光情報記録媒体に対して情報の記録または再生をするために必要なスポット径を得ることができる回折限界性能の対物レンズの開口数に相当する。

【0138】

このように本発明では、実使用上の開口数を光情報記録媒体に対して規定するので、ピックアップ装置の光学系を通る実際の光束の光情報記録媒体側の開口数が、実使用上の開口数より大きくてよい。

【0139】

また、本発明において、最大開口数は実使用上の開口数のうちの最大のものを意味することが好ましい。すなわち、複数の光情報記録媒体に対して互換的に用いるピックアップ装置の場合、複数の実使用上の開口数が定義されるが、このうち最大のものを最大開口数とすることが好ましい。また、所定の開口数および必要開口数とは、実使用上の開口数と同じ意味である。

【0140】

なお、その光情報記録媒体に対して情報を記録または再生する場合において、規格で規定される光源とは異なった波長の光源を実際の光ピックアップ装置で使用する場合は、規定の波長と規定の開口数との比と、実使用波長と実使用開口数の比が一定となるように実使用開口数を設定する。例として、CDについて、規格では780 nmの波長の光源を使用したとき開口数は0.45であるが、650 nmの波長の光源を使用したときは、開口数は0.38となる。

【0141】

上述のような対物レンズに第1の光源から無収差の平行光束が入射し、第1の光情報記録媒体の透明基板（厚さ t_1 ）を通して無収差で収束するように設計された専用対物レンズを使って、この対物レンズに第2の光源から無収差の平行光が入射し、第2の光情報記録媒体の透明基板（厚さ t_2 ただし、 $t_2 > t_1$ ）を通った場合について検討する。

【0142】

入射した平行光に対して、基板のないとき、波長 λ_1 のときのバックフォーカスを f_B 、波長 λ_2 （ただし、 $\lambda_2 > \lambda_1$ ）のときのバックフォーカスを f_B とする。

【0143】

このとき、近軸の色収差 f_B を

$$f_B = f_B - f_B \quad \dots (1)$$

で定義すると、対物レンズが屈折型の非球面単レンズの場合、 $f_B > 0$ である。

【0144】

また、波長 λ_2 のとき第2の光情報記録媒体の透明基板を介して収束したときの近軸焦点位置を基準とした球面収差は、以下の要因によって0とはならない。

(1)波長が λ_1 から λ_2 に変わったことによる対物レンズの屈折率の波長依存性に起因する球面収差。

(2)第1の光情報記録媒体の透明基板厚 t_1 と第2の光情報記録媒体の透明基板厚 t_2 の差により発生する球面収差。

10

20

30

40

50

(3) 第1の光情報記録媒体の透明基板屈折率 n_{d1} (1) と第2の光情報記録媒体の透明基板屈折率 n_{d2} (2) の差異に起因する球面収差。

【 0 1 4 5 】

対物レンズが屈折型の非球面単レンズの場合、(1)の要因による球面収差はオーバーとなる。(2)の要因による球面収差もオーバーとなる。また、 $n_{d2} < n_{d1}$ であり、(3)の要因による球面収差もオーバーとなる。

【 0 1 4 6 】

(1) ~ (3)の要因により発生するオーバーな球面収差は、(2)の要因によるものがほとんどで、(1)がそれに次いでいる。(3)についてはほとんど無視できる。

【 0 1 4 7 】

前記の前提は、例えば、第1の光情報記録媒体をDVD、第1の光源の波長 1 が 650 nm、第2の光情報記録媒体をCD、第2の光源の波長 2 が 780 nmとした場合に相当し、DVD (厚さ $t_1 = 0.6 \text{ mm}$) と CD ($t_2 = 1.2 \text{ mm}$) とでは、透明基板の材質は同じであるが厚さが異なる。

【 0 1 4 8 】

次に、光軸に対して回転対称な回折パターンの +1 次回折光について見れば、図 113 (a) に示すように、+1 次光は、波長が長くなると回折角が大きくなり、より光軸側に回折され、光はよりアンダー側に曲げられることになる。すなわち、+1 次回折光は、波長が 1 の第1の光源からの無収差の平行光束が入射した場合と比較して、波長が 2 の第2の光源からの無収差の平行光束が入射した場合、近軸の色収差、球面収差をアンダーにする作用を有する。この作用を利用し、波長 2 で第2の光情報記録媒体の透明基板を介したときの球面収差と、波長 1 で第1の光情報記録媒体の透明基板を介したときの球面収差との差を、回転対称の回折パターンを導入し、その +1 次回折光を利用して少なくすることができる。

【 0 1 4 9 】

第1光情報記録媒体の基板の厚さ t_1 が第2光情報記録媒体の透明基板厚さ t_2 よりも大であるときは、前記(2)の要因による球面収差はアンダーとなり、同図 (b) のように、生じる近軸の色収差、球面収差がオーバーになる作用を持つ -1 次回折光を利用するこ²⁰とによって収差を少なくすることができる。

【 0 1 5 0 】

本発明において、+1 次回折光を利用した場合、波長が 1 のときの対物レンズ素材の屈折率を n (1) 、波長が 2 のときの対物レンズ素材の屈折率を n (2) としたとき、回折パターンの深さは $1 / \{ n (1) - 1 \}$ ないし $2 / \{ n (2) - 1 \}$ となり、屈折率の比較的小いプラスチック素材を使ったとしても、 $2 \mu\text{m}$ 以下であるので、上述の従来のホログラム光学素子やホログラム型リングレンズより、回折パターンを一体化した対物レンズの製造が容易である。

【 0 1 5 1 】

また、請求項 1, 5 においては、上記条件式 (c) $-0.0002 / < n / T < -0.00005 /$ の関係を満たし、上記条件式 (b) $0.05 \text{ nm} / < 1 / T < 0.5 \text{ nm} /$ の関係を満たすことにより、プラスチックの対物レンズにおける屈折率の温度変化による光ピックアップ装置の特性変動と光源における波長の温度変化による光ピックアップ装置の特性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、温度変動に対して極めて強い光ピックアップ装置を得ることができる。

【発明の効果】

【 0 1 5 2 】

以上のように、本発明によると、回折面を有する少なくとも 1 つの光学素子を用いた簡単な構成で互いに異なる少なくとも 2 つの波長の光に対して球面収差および軸上色収差の補正が可能になる光ピックアップ装置、および光ピックアップ装置用対物レンズを得ることができる。また、光ピックアップ装置において少なくとも光学系の小型軽量化および低コスト化を図ることができる。また、光ピックアップ装置用対物レンズが互いに異なる少

10

20

30

40

50

なくとも 2 つの波長の光に対して同じ次数の回折光の回折効率を最大とする回折面を有する場合には、回折面が異なる次数の回折光の回折効率を最大とする場合と比較して光量の損失を少なくすることができる。

【 0 1 5 3 】

更に、光ピックアップ装置用対物レンズは、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、光検出器に入射するフレア光を減じ、製作の容易なものにできる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 1 5 4 】

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。

【 0 1 5 5 】

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れ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。

【 0 1 5 6 】

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。

【 0 1 5 7 】

【数 1】

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

【 0 1 5 8 】

【数 2】

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

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、 $/ 2$ 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、 $2 /$ を掛ければ位相差関数の係数 B に換算できる。

【 0 1 5 9 】

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

10

20

30

40

50

、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2の整数倍を超える毎に輪帯が刻まれることになる。

【0160】

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。

10

【0161】

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を意味する。

【0162】

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。

20

【0163】

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。

30

【0164】

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。

40

【0165】

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、 N は2波長のうち長いほうの波長、 A は長いほうの波長に対応する像側開口数とする。

【0166】

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

50

ツベ数を d としたとき、

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

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。

【0167】

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て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 ($x < y$) との色消し条件は次式となる。

【0168】

$$fR \cdot R + fD \cdot D = 0$$

ただし、 fR 、 fD ：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、回折面のツベ数で、次式で定まる。

$$R = (n_0 - 1) / (nx - ny)$$

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

【0169】

ただし、 n_0 ：基準波長での屈折率、 0 ：基準波長

【0170】

このとき、ある波長 z に対する色収差 f は次式となる。

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

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。

【0171】

$$R = (nx - nz) / (nx - ny)$$

【0172】

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

ただし、 n_z ：波長 z での屈折率

【0173】

例として、 $0 = x = 635 \text{ nm}$ 、 $y = 780 \text{ nm}$ 、 $z = 650 \text{ nm}$ 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。

【0174】

また、ベースとなる屈折レンズの硝材をホーヤ社 E-FD1 ($d = 29.5$) に変えてみると、

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

【0175】

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 の変化にとては、屈折レンズのツベ数 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。

【0176】

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ツベ数 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。

【0177】

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

10

20

30

40

50

のアッベ数 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。

【0178】

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。

【0179】

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。

10

【0180】

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。

【0181】

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 $\lambda_2 = 400\text{nm} \sim 440\text{nm}$)と、第3光源である第2半導体レーザ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。

20

【0182】

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。

【0183】

30

各レーザからの入射光は、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。

【0184】

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。

【0185】

40

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。

【0186】

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、合焦やトランки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。

【0187】

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

50

構成を具体的に説明する。

【0188】

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／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11、青色レーザ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／検出器集積ユニット40としてユニット化されている。

【0189】

第1光ディスクを再生する場合、第1半導体レーザ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。

【0190】

第2光ディスクを再生する場合、青色レーザ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のレーザ側の面で回折され、上記の第1半導体レーザ11からの光束と同じ光路を取る。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に対応した第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。

【0191】

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。

【0192】

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と同心の輪帯状屈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。一方屈折面を使用すると、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、屈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。

10

20

30

40

50

【0193】

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、幕級数の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(0.07rms)10とほぼ同程度あるいはそれ以下になっている。

【0194】

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。

【0195】

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構成を具体的に説明する。20

【0196】

図67は本実施の形態の光ピックアップ装置10の概略構成図である。図67においては、第2および第3の実施の形態と共に通の部材については同じ符号を用いることがある。図67において光ピックアップ装置10は、光情報記録媒体である複数の光ディスク20を記録/再生するものである。以下、この複数の光ディスク20は、透明基板の厚さt1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、t1とは異なる透明基板の厚さt2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t1=0.6mm、t2=1.2mmである。

【0197】

光ピックアップ装置10は、光源として第1光源である第1半導体レーザ11(波長₁=610nm~670nm)と第2光源である青色レーザ12(波長₂=400nm~440nm)及び第3光源である第2半導体レーザ13(波長₃=740nm~870nm)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。30

【0198】

集光光学系5は、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から出射された光束を、光ディスク20の透明基板21を介して、それぞれの情報記録面22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。40

【0199】

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50

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22に集光させることができる。

【0200】

上記の輪帯状回折面では、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。

【0201】

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、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、幕級数の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過する。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(0.07rms)とほぼ同程度あるいはそれ以下になっている。

【0202】

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。

【0203】

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。

【0204】

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幕級数の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(0.07rms)とほぼ同程度あるいはそれ以下となっている。

【0205】

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。

【0206】

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。

【0207】

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。

【0208】

従って、 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ ($\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$) 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とするとき、それぞれの波長に対して、NA1の範囲で波面収差のRMSを0.07₁以下、NA2の範囲で0.07₂以下、NA3の範囲で0.07₃以下に補正することができる。

10

【0209】

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。

【0210】

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、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。

20

【実施例】

【0211】

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

【0212】

30

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。

【0213】

【数3】

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

40

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。

【0214】

【数1】

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

【0215】

【数2】

10

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

(実施例1)

【0216】

20

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带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。

【0217】

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NA0.60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NA0.45までがほぼ無収差である。その外側のNA0.45～0.60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。

【0218】

30

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0.03mmにおいても、実用上無収差に近いレベルとなっている。

【0219】

40

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、はアッペ数を示す。

【0220】

実施例1

【0221】

光源波長 $1 = 635\text{ nm}$ のとき焦点距離 $f_1 = 3.34$ 開口数NA1 = 0.60 無限仕様

【0222】

光源波長 $2 = 780\text{ nm}$ のとき焦点距離 $f_2 = 3.36$ 開口数NA2 = 0.45 無限仕様

50

【0223】

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。

1に対する+1次回折光の回折効率を100%とすれば、2に対する回折効率は84%となる。また、2に対する+1次回折光の回折効率を100%とすれば、1に対する回折効率は89%となる。

【0224】

【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	1.586
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線に対するものと示す。)

10

20

非球面係数

非球面1

$$\begin{aligned}
 &= -0.17021 \\
 A4 &= -0.0032315 \\
 A6 &= -0.00058160 \\
 A8 &= -4.6316 \times 10^{-5} \\
 A10 &= -3.79858 \times 10^{-5} \\
 A12 &= -6.0308 \times 10^{-6}
 \end{aligned}$$

非球面2

$$\begin{aligned}
 &= -11.653 \\
 A4 &= 0.038456 \\
 A6 &= -0.020800 \\
 A8 &= 0.0078648 \\
 A10 &= -0.0019431 \\
 A12 &= 0.00024343
 \end{aligned}$$

30

【0225】

回折面係数

$$\begin{aligned}
 B2 &= -96.766 \\
 B4 &= -2.9950 \\
 B6 &= 2.1306 \\
 B8 &= -0.12614 \\
 B10 &= -0.095285
 \end{aligned}$$

【0226】

(実施例2、実施例3)

40

【0227】

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。

【0228】

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、

50

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。

【0229】

実施例 2、3においては、波長 $\lambda = 405 \text{ nm}$ および 635 nm に対し、基板厚は共に 0 . 6 mm、NA は 0 . 60 であり、波面収差は光軸上はほぼ無収差、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。

【0230】

以下、実施例 2、3 のレンズデータを示す。

10

【0231】

実施例 2

【0232】

光源波長 $\lambda_1 = 405 \text{ nm}$ のとき

焦点距離 $f_1 = 3.23$ 開口数 NA1 = 0 . 60 無限仕様

【0233】

光源波長 $\lambda_2 = 635 \text{ nm}$ のとき

焦点距離 $f_2 = 3.34$ 開口数 NA2 = 0 . 60 無限仕様

【0234】

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。

20

【0235】

【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	∞						

30

(添字 1 は $\lambda_1 = 405 \text{ nm}$ のとき、2 は $\lambda_2 = 635 \text{ nm}$ 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 . 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 $\times 10^{-5}$
A 10 = - 3 . 4 9 8 0 3 $\times 10^{-5}$
A 12 = - 2 . 3 8 9 1 6 $\times 10^{-6}$

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

40

【0236】

回折面係数

B 2 = 0 . 0
B 4 = - 6 . 7 1 6 9
B 6 = 2 . 0 7 9 1

50

B 8 = - 0 . 3 1 9 7 0
 B 10 = 0 . 0 0 0 1 6 7 0 8

【0 2 3 7】

実施例 3

【0 2 3 8】

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 2 3 9】

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

【0 2 4 0】

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 2 4 1】

【表 3】

面N o.	R	d ₁	d ₂	n ₁	n ₂	v d	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]	∞						

(添字 1 は $\lambda_1 = 405 \text{nm}$ のとき、2 は $\lambda_2 = 635 \text{nm}$ 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 . 1 9 0 2 9
 A 4 = 0 . 0 0 0 3 0 5 3 8
 A 6 = - 0 . 0 0 1 0 6 1 9
 A 8 = - 7 . 5 7 4 7 × 1 0⁻⁵
 A 10 = - 6 . 7 5 9 9 × 1 0⁻⁵
 A 12 = - 3 . 3 7 8 8 × 1 0⁻⁶

非球面 2

= 6 . 4 4 3 0
 A 4 = 0 . 0 3 7 0 4 5
 A 6 = - 0 . 0 2 1 4 7 4
 A 8 = 0 . 0 0 7 8 1 7 5
 A 10 = - 0 . 0 0 1 6 0 6 4
 A 12 = 0 . 0 0 0 1 4 3 3 2

【0 2 4 2】

回折面係数

B 2 = - 9 6 . 7 6 6
 B 4 = - 2 . 9 9 5 0
 B 6 = - 0 . 2 5 5 6 0
 B 8 = - 0 . 0 8 7 8 9
 B 10 = 0 . 0 1 4 5 6 2

【0 2 4 3】

(実施例 4、実施例 5)

【0 2 4 4】

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 = 6 3 5 n m、6 5 0 n m および 7 8 0 n m に対する開口

10

20

30

40

50

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 $\lambda = 635\text{nm}$ 、 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。

【0245】

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 $\lambda = 635\text{nm}$ 、波長 $\lambda = 780\text{nm}$ に対しては、ほぼ完全に色によるずれは補正され、波長 $\lambda = 650\text{nm}$ 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。

【0246】

以下、実施例4、5のレンズデータを示す。

10

【0247】

実施例4

【0248】

光源波長 $1 = 635\text{nm}$ のとき

焦点距離 $f_1 = 3.40$ 開口数NA1 = 0.50 無限仕様

【0249】

光源波長 $2 = 780\text{nm}$ のとき

焦点距離 $f_2 = 3.41$ 開口数NA2 = 0.50 無限仕様

【0250】

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。

20

【0251】

【表4】

面No.	R	d ₁	d ₂	n ₁	n ₂	v d	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	∞						

30

(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

$$\begin{aligned}
 &= -0.53245 \\
 A_4 &= 0.24033 \times 10^{-2} \\
 A_6 &= -0.91472 \times 10^{-3} \\
 A_8 &= 0.15590 \times 10^{-4} \\
 A_{10} &= -0.11131 \times 10^{-3}
 \end{aligned}$$

非球面2

$$\begin{aligned}
 &= 7.3988 \\
 A_4 &= 0.90408 \times 10^{-2} \\
 A_6 &= -0.18704 \times 10^{-2} \\
 A_8 &= -0.47368 \times 10^{-3} \\
 A_{10} &= 0.16891 \times 10^{-3}
 \end{aligned}$$

【0252】

回折面係数

$$\begin{aligned}
 b_2 &= -0.36764 \times 10^{-2} \\
 b_4 &= -0.91727 \times 10^{-4} \\
 b_6 &= -0.34903 \times 10^{-4} \\
 b_8 &= 0.77485 \times 10^{-5} \\
 b_{10} &= -0.15750 \times 10^{-5}
 \end{aligned}$$

40

50

【 0 2 5 3 】

実施例 5

【 0 2 5 4 】

光源波長 $1 = 635 \text{ nm}$ のとき

焦點距離 $f = 3.40$ 開口数 N A = 0.50 無限仕様

【 0 2 5 5 】

光源波長 $\lambda = 780 \text{ nm}$ のとき

焦點距離 f 2 = 3 . 4 0 開口数 N A 2 = 0 . 5 0 無限仕様

【 0 2 5 6 】

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 2 5 7 】

【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、 ν_d 、 n_d はd線に対するものを示す。)

非球面係數

非球面 1

$$\begin{aligned}
 &= -0.17006 \\
 A4 &= -0.30563 \times 10^{-2} \\
 A6 &= -0.45199 \times 10^{-3} \\
 A8 &= 0.58811 \times 10^{-5} \\
 A10 &= -0.13002 \times 10^{-4}
 \end{aligned}$$

非球面 2

$$\begin{array}{r}
 = -40.782 \\
 A4 = 0.73447 \times 10^{-2} \\
 A6 = 0.85177 \times 10^{-3} \\
 A8 = -0.82795 \times 10^{-3} \\
 A10 = 0.23029 \times 10^{-3}
 \end{array}$$

【 0 2 5 8 】

回折面係数

$$\begin{aligned}
 b_2 &= -0.74461 \times 10^{-2} \\
 b_4 &= 0.11193 \times 10^{-2} \\
 b_6 &= -0.85257 \times 10^{-3} \\
 b_8 &= 0.50517 \times 10^{-3} \\
 b_{10} &= -0.11242 \times 10^{-3}
 \end{aligned}$$

【 0 2 5 9 】

(実施例 6 ~ 8)

【 0 2 6 0 】

次に、実施例 6 ~ 8 について説明する。図 23、図 30 および図 37 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 24、図 31 および図 38 に、実施例 6 ~ 8 の回折光学レンズの $\lambda = 780 \text{ nm}$ ($\text{NA} = 0.5$) に対する光路図をそれぞれ示す。また、図 25、図 32 および図 39 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 26、図 33 および図 40 に、実施例 6 ~ 8

10

20

30

40

50

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 27、図 34 および図 41 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。

【0261】

また、図 28、図 35 および図 42 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 29、図 36 および図 43 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 44、図 45 および図 46 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 10、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。

【0262】

実施例 6～8 では、球面収差図に示されたとおり、波長 $\lambda = 650 \text{ nm}$ 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 $\lambda = 780 \text{ nm}$ 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 $\lambda = 780 \text{ nm}$ 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。

【0263】

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 20。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。

【0264】

実施例 6

【0265】

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

【0266】

光源波長 $\lambda = 780 \text{ nm}$ 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 30

【0267】

本実施例は、図 44 に見るよう、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。

【0268】

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 1.4 μm である。

【0269】

【表6】

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	10
5	Infinity	d5			
IMA	Infinity				

	d4	d5	
$\lambda = 650\text{nm}$ のとき	0.6	0.7500	
$\lambda = 780\text{nm}$ のとき	1.2	0.35	20

非球面係数

非球面1

$$= -1.07952$$

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

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

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

$$A10 = 5.4053137 \times 10^{-5}$$

非球面2

$$= -3.452929$$

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

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

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

$$A10 = -4.7679992 \times 10^{-5}$$

【0270】

回折面係数

$$B2 = 29.443104$$

$$B4 = -14.403683$$

$$B6 = 3.9425951$$

$$B8 = -2.1471955$$

$$B10 = 0.31859248$$

【0271】

実施例7

【0272】

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

【0273】

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) 有限仕様

【0274】

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 50

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。

【0275】

【表7】

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			

10

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

非球面係数

非球面1

$$\begin{aligned}
 &= -1.801329 \\
 A4 &= 0.1615422 \times 10^{-1} & A4 &= 0.1492511 \times 10^{-1} \\
 A6 &= -0.4937969 \times 10^{-3} & A6 &= -0.4447445 \times 10^{-2} \\
 A8 &= 0.11038322 \times 10^{-3} & A8 &= 0.60067143 \times 10^{-3} \\
 A10 &= -2.1823306 \times 10^{-5} & A10 &= -3.4684206 \times 10^{-5}
 \end{aligned}$$

40

非球面2

【0276】

回折面係数

$$\begin{aligned}
 B2 &= -17.150237 \\
 B4 &= -4.1227045 \\
 B6 &= 1.1902249 \\
 B8 &= -0.26202222 \\
 B10 &= 0.018845315
 \end{aligned}$$

【0277】

実施例8

【0278】

50

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

【0279】

光源波長 = 780 nm のとき
 焦点距離 $f = 3.35$ 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) = 1.27 μm

【0280】

本実施例は、図 46 に見るよう、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 10 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。

【0281】

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。

【0282】

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。

【0283】

【表 8】

20

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			

30

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

40

非球面係数
 非球面 1
 $= -1.2532$
 $A4 = 0.1007 \times 10^{-1}$

非球面 2
 $= -9.151362$
 $A4 = 0.133327 \times 10^{-1}$

50

$$\begin{aligned}
 A6 &= -0.85849 \times 10^{-3} & A6 &= -0.378682 \times 10^{-2} \\
 A8 &= -1.5773 \times 10^{-5} & A8 &= 0.3001 \times 10^{-3} \\
 A10 &= 3.2855 \times 10^{-5} & A10 &= 4.02221 \times 10^6
 \end{aligned}$$

【0284】

回折面係数

$$\begin{aligned}
 B2 &= 3.4251 \times 10^{-21} \\
 B4 &= 0.0763977 \\
 B6 &= -5.5386 \\
 B8 &= 0.05938 \\
 B10 &= 0.2224
 \end{aligned}$$

10

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±2nm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。

【0285】

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0.001rmsであるが、640nmおよび660nmの波長においては、波面収差が0.035rms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

【0286】

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0.035rms程度であり、実用上充分な温度補償ができている。

30

【0287】

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ますので、専用の対物レンズと同等の結像特性を得ることができます。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

【0288】

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。

50

5 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/-ないし-0.00005/である。さらに、低複屈折材料は-0.0001/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。

【0289】

半導体レーザに関しては、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、0.05nm/-ないし0.5nm/である。

【0290】

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 $r m s$ 値が波長の 0.07 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 $T ()$ があったときの屈折率の変化量を n としたときに、

$$-0.0002/ < n / T < -0.00005/$$

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

$$0.05nm/ < 1 / T < 0.5nm /$$

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。

【0291】

また、環境温度変化が $T ()$ あったときに、波面収差の3次の球面収差成分の変化量を $W S A 3 (r m s)$ 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対物レンズで、焦点距離 3.36mm、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 0.045 $r m s$ だけ変化しており、DVD 用途であることから、波長は、= 650 nm と考えられる。以上のデータを式 (a1) に代入すると、 $k = 2.2 \times 10^{-6}$ 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。

【0292】

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

10

20

30

40

50

と、

$$k = 2.2 \times 10^{-6} / \quad k = 0.4 \times 10^{-6} /$$

となる。

【0293】

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、

【0294】

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

であるから、

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

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。

【0295】

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 $\pm 10\text{nm}$ 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0.035rms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0.020rms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、0.07rms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。

【0296】

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。

【0297】

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で、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で、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。

【0298】

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

20

30

40

50

り、回折輪帯のピッチが細か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う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。

【0299】

図47(c)では、回折面はブレーズ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、回折面はブレーズ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

【0300】

実施例9、10

【0301】

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。

【0302】

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

【0303】

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61、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

【0304】

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。

【0305】

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、 α 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、 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

【0306】

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)

【0307】

【表9】

面No.	r	d	($\lambda = 650\text{nm}$) n	($\lambda = 780\text{nm}$) n	$\frac{n}{d}$ (参考)
光源	∞	20.0			
絞り	∞	0.0			
1(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

20

非球面1 = -0.1295292
 A4 = -0.0045445253
 A6 = -0.0011967305
 A8 = -0.00011777995
 $A10 = -5.3843777 \times 10^{-5}$
 $A12 = -9.0807729 \times 10^{-6}$

回折面1 B2 = 0
 B4 = -7.6489594
 B6 = 0.9933123
 B8 = -0.28305522
 B10 = 0.011289605

【0308】

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

30

【0309】

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)

【0310】

【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	∞				

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

20

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

【0311】

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		

【0312】

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。

【0313】

実施例 11 ~ 14

【0314】

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。

【0315】

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 $t_1 = 0.6 \text{ mm}$ である。また、 t_1 とは異なる透明基板の厚さ $t_2 = 1.2 \text{ mm}$ 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

40

50

それぞれ想定している。

【0316】

(実施例11)

【0317】

実施例11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($B_2 = 0$)、2乗項以外の項の係数だけを使用している。

【0318】

図68～図70に、実施例11の対物レンズの $f = 650\text{nm}$ 、 $f = 400\text{nm}$ および $f = 780\text{nm}$ における光路図を示す。また、図71および図72に、実施例11の対物レンズについての $f = 650\text{nm}$ および $f = 400\text{nm}$ に対する開口数0.65までの球面収差図を示す。また、図73および図74に、実施例11の対物レンズについての波長 $= 780\text{nm}$ 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75～図77に、実施例11の対物レンズについての $f = 650\text{nm}$ 、 $f = 400\text{nm}$ および $f = 780\text{nm}$ に対する波面収差図をそれぞれ示す。

【0319】

以下、実施例11のレンズデータを示す。〔表11〕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。

【0320】

実施例11

$f = 3.33$ 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)

【0321】

【表11】

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	1.55030	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	0.6228	0.3995

非球面1 = -0.1847301

A4 = -0.0090859227

A6 = 0.0016821871

A8 = -0.00071180761

A10 = 0.00012406905

回折面1 B2 = 0

B4 = -69.824562

B6 = 0.35641549

B8 = 0.6877372

B10 = -0.18333885

10

20

30

40

50

$A_{12} = -1.4004589 \times 10^{-5}$

【 0 3 2 2 】

非球面 2	= -186.4056	回折面 2	B2 = 0
A4 = 0.002		B4 = 745.72117	
A6 = -0.0014		B6 = -334.75078	
A8 = 0.0042		B8 = 81.232224	
A10 = -0.0022		B10 = -5.3410176	
A12 = 0.0004			

【 0 3 2 3 】

実施例 1 1 (および後述する実施例 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、非球面係数及び位相差関数の係数を適当に設計することで、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を各ディスクともに補正することが可能である。また、図 7 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 N A 0 . 4 5 の外側をフレアとしている。

10

【 0 3 2 4 】

(実施例 1 2)

【 0 3 2 5 】

また、実施例 1 2 の対物レンズは、有限距離から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、回折面の位相差関数の係数に 2 乗項が含まれず (B 2 = 0) 、 2 乗項以外の項の係数だけを使用している。

20

【 0 3 2 6 】

図 7 8 ~ 図 8 0 に、実施例 1 2 の対物レンズの $f = 650 \text{ nm}$ 、 $f = 400 \text{ nm}$ および $f = 780 \text{ nm}$ における光路図を示す。また、図 8 1 および図 8 2 に、実施例 1 2 の対物レンズについての $f = 650 \text{ nm}$ および $f = 400 \text{ nm}$ に対する開口数 0 . 65 までの球面収差図を示す。また、図 8 3 および図 8 4 に、実施例 1 2 の対物レンズについての波長 $= 780 \text{ nm}$ 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 8 5 ~ 図 8 7 に、実施例 1 2 の対物レンズについての $f = 650 \text{ nm}$ 、 $f = 400 \text{ nm}$ および $f = 780 \text{ nm}$ に対する波面収差図をそれぞれ示す。

【 0 3 2 7 】

以下、実施例 1 2 のレンズデータを示す。

30

【 0 3 2 8 】

実施例 1 2

$f = 3.31$ 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)

【 0 3 2 9 】

【表 1 2】

面No.	r	d	$n = 650\text{nm}$	$n = 400\text{nm}$	$n = 780\text{nm}$
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

20

$$\begin{aligned}
 \text{非球面 1} &= -0.08796008 & \text{回折面 1} & B_2 = 0 \\
 A_4 &= -0.010351744 & B_4 &= -61.351934 \\
 A_6 &= 0.0015514472 & B_6 &= 5.9668445 \\
 A_8 &= -0.00043894535 & B_8 &= -1.2923244 \\
 A_{10} &= 5.481801 \times 10^{-5} & B_{10} &= 0.041773541 \\
 A_{12} &= -4.2588508 \times 10^{-6}
 \end{aligned}$$

【0 3 3 0】

$$\begin{aligned}
 \text{非球面 2} &= -302.6352 & \text{回折面 2} & B_2 = 0 \\
 A_4 &= 0.002 & B_4 &= 341.19136 \\
 A_6 &= -0.0014 & B_6 &= -124.16233 \\
 A_8 &= 0.0042 & B_8 &= 49.877242 \\
 A_{10} &= -0.0022 & B_{10} &= -5.9599182 \\
 A_{12} &= 0.0004
 \end{aligned}$$

【0 3 3 1】

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 N A 0 . 4 5 の外側をフレアとしている。

【0 3 3 2】

(実施例 1 3)

【0 3 3 3】

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。

【0 3 3 4】

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 . 6 0 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

30

40

50

$\lambda = 780 \text{ nm}$ 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 95 ~ 図 97 に、実施例 13 の対物レンズについての $\lambda = 650 \text{ nm}$ 、 $\lambda = 400 \text{ nm}$ および $\lambda = 780 \text{ nm}$ に対する波面収差図をそれぞれ示す。

【0335】

以下、実施例 13 のレンズデータを示す。

【0336】

実施例 13

$f = 3.31$ 像側 NA 0.60	(波長 $\lambda = 650 \text{ nm}$ のとき)	10
$f = 3.14$ 像側 NA 0.60	(波長 $\lambda = 400 \text{ nm}$ のとき)	
$f = 3.34$ 像側 NA 0.45 (NA 0.60)	(波長 $\lambda = 780 \text{ nm}$ のとき)	

【0337】

【表 13】

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)	2.016831	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	∞				

	$\lambda = 650 \text{ nm}$ 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	0.7500	0.3409

20

30

非球面 1	$= -0.3363369$	回折面 1	$B2 = -177.66083$
$A4 = -0.0025421455$		$B4 = -46.296284$	
$A6 = -0.0010660122$		$B6 = -6.8014831$	
$A8 = 4.7189743 \times 10^{-5}$		$B8 = 1.6606499$	
$A10 = 1.5406396 \times 10^{-6}$		$B10 = -0.39075825$	
$A12 = -7.0004876 \times 10^{-6}$			

【0338】

非球面 2	$= 43.44262$	回折面 2	$B2 = 241.52445$
$A4 = 0.002$		$B4 = 402.41974$	40
$A6 = -0.0014$		$B6 = -191.87213$	
$A8 = 0.0042$		$B8 = 64.779696$	
$A10 = -0.0022$		$B10 = -8.6741764$	
$A12 = 0.0004$			

【0339】

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 N A 0.45 の外側をフレアとしている。

50

【0340】

(実施例14)

【0341】

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。

【0342】

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。

10

【0343】

以下、実施例14のレンズデータを示す。

【0344】

実施例14

$f = \text{像側 NA } 0.65$ (波長 = 650nmのとき)

$f = \text{像側 NA } 0.65$ (波長 = 400nmのとき)

$f = \text{像側 NA } 0.45(\text{NA } 0.65)$ (波長 = 780nmのとき)

【0345】

20

【表14】

面No.	r	d	n	n	n
			($\lambda = 400\text{nm}$)	($\lambda = 650\text{nm}$)	($\lambda = 780\text{nm}$)
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

	$\lambda = 400\text{nm}$ のとき $\lambda = 650\text{nm}$ のとき $\lambda = 780\text{nm}$ 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

$$\begin{aligned}
 \text{非球面1} &= -2.0080 & \text{回折面} \quad b2 &= -0.51589 \times 10^{-3} \\
 A4 &= 0.18168 \times 10^{-1} & b4 &= -0.24502 \times 10^{-3} \\
 A6 &= -0.91791 \times 10^{-3} & b6 &= 0.49557 \times 10^{-4} \\
 A8 &= 0.16455 \times 10^{-3} & b8 &= -0.14497 \times 10^{-4} \\
 A10 &= -0.11115 \times 10^{-4}
 \end{aligned}$$

【0346】

40

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

【0347】

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0.6

50

mm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する本発明は適用が可能である。

【0348】

次に、本発明の第7の実施の形態について説明する。

【0349】

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。

【0350】

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。

【0351】

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。

【0352】

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。

【0353】

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

10

20

30

40

50

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。

【0354】

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。

10

【0355】

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0.07rms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。

【0356】

実施例15

【0357】

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（ λ ）=640, 650, 660nm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, 790nmに対する開口数0.60までの球面収差図をそれぞれ示す。

20

【0358】

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 λ =650nm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 λ =780nmに対しては、NA0.60までがほぼ無収差である。なお、 λ =780nmのときの所定開口数は0.45である。

30

【0359】

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780nmの場合の球面収差を透明基板がこれよりも薄く波長が650nmの場合と同じ開口数（NA0.60）まで補正できる。

【0360】

以下、実施例15のレンズデータを示す。

【0361】

光源波長 λ =650nm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）

【0362】

光源波長 λ =780nmのとき

焦点距離 f =3.38 像側開口数 NA=0.60 無限仕様

【0363】

40

【表 1 5】

面no	R	d	n=(λ=650nm)	n=(λ=780nm)
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
λ=650nmのとき	0.6	0.700
λ=780nmのとき	1.2	0.364

20

非球面係数

非球面 1

$$K = -1.0358$$

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

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

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

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

【0 3 6 4】

非球面 2

$$K = -9.256352$$

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

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

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

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

【0 3 6 5】

回折面係数(基準波長 650 nm)

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

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

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

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

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

【0 3 6 6】

実施例 1 6

【0 3 6 7】

30

40

50

図122に、実施例16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123に、実施例16の回折光学レンズについての波長（ λ ）=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124は光情報記録媒体の透明基板が図122より厚い場合の実施例16の回折光学レンズの光路図を示す。図125に、図124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。

【0368】

実施例16の回折光学レンズによると、図123に示すように、波長 λ =650 nmに対してもNA0.60までの全開口がほぼ無収差である。また、図124、図125に示すように、透明基板が厚い場合で、波長 λ =780 nmに対しては、NA0.60までがほぼ無収差である。なお、 λ =780 nmのときの所定開口数は0.45である。

10

【0369】

以上のように、実施例16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。なお、実施例15, 16では、透明基板の厚さの差による球面収差をNA0.6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。

【0370】

20

以下、実施例16のレンズデータを示す。

【0371】

光源波長 λ =650 nmのとき

焦点距離 f =3.33 像側開口数 NA=0.60 無限仕様

【0372】

光源波長 λ =780 nmのとき

焦点距離 f =3.36 像側開口数 NA=0.60 無限仕様

【0373】

【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 3 7 4】

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 3 7 5】

回折面係数(基準波長650nm)

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

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

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

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

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

【0 3 7 6】

実施例 1 7

【0 3 7 7】

30

40

50

図126に、実施例17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127に、実施例17の回折光学レンズについての波長（ λ ）=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。

【0378】

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 λ =650 nmに対してもNA0.60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 λ =780 nmに対しては、NA0.60までがほぼ無収差である。なお、 λ =780 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。

【0379】

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（NA0.60）まで補正できる。

【0380】

以下、実施例17のレンズデータを示す。

【0381】

光源波長 λ =650 nmのとき

焦点距離 f =3.33 像側開口数 NA=0.60 無限仕様

【0382】

光源波長 λ =780 nmのとき

焦点距離 f =3.34 像側開口数 NA=0.60 無限仕様

【0383】

10

20

【表 1 7】

面no	R	d	n=(λ=650nm)	n=(λ=780nm)
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		

10

	d4	d5
λ=650nmのとき	0.6	0.700
λ=780nmのとき	1.2	0.327

20

非球面係数

非球面 1

$$K = -1.0751$$

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

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

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

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

【0 3 8 4】

非球面 2

$$K = -10.41411$$

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

$$A_6 = -0.02963 \times 10^{-3}$$

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

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

【0 3 8 5】

回折面係数(基準波長 650 nm)

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

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

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

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

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

【0 3 8 6】

実施例 1 8

【0 3 8 7】

30

40

50

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（ λ ）=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。

【0388】

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 λ =400 nmに対しても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 λ =650 nmに対しては、NA0.70までがほぼ無収差である。

10

【0389】

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。

20

【0390】

以下、実施例18のレンズデータを示す。

【0391】

光源波長 λ =400 nmのとき

焦点距離 f =3.33 像側開口数 NA=0.70 無限仕様

【0392】

光源波長 λ =650 nmのとき

焦点距離 f =3.43 像側開口数 NA=0.70 無限仕様

【0393】

【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		

30

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

40

50

非球面係数

非球面 1

$$K = 0 . 0$$

$$A_4 = - 7 . 9 6 1 6 \times 1 0^{-4}$$

$$A_6 = - 5 . 7 2 6 5 \times 1 0^{-4}$$

$$A_8 = 8 . 3 2 0 9 \times 1 0^{-5}$$

$$A_{10} = - 4 . 1 5 9 9 \times 1 0^{-5}$$

【0394】

非球面 2

$$K = 0 . 0$$

$$A_4 = 3 . 1 1 1 3 1 \times 1 0^{-2}$$

$$A_6 = - 1 . 1 8 5 4 8 \times 1 0^{-2}$$

$$A_8 = 1 . 6 3 9 3 7 \times 1 0^{-3}$$

$$A_{10} = - 6 . 6 0 5 1 4 \times 1 0^{-5}$$

【0395】

回折面係数(基準波長400nm)

$$b_2 = - 1 . 4 0 4 6 \times 1 0^{-3}$$

$$b_4 = - 8 . 6 9 5 9 \times 1 0^{-4}$$

$$b_6 = 2 . 3 4 8 8 \times 1 0^{-4}$$

$$b_8 = - 5 . 2 4 5 5 \times 1 0^{-5}$$

$$b_{10} = 3 . 6 3 8 5 \times 1 0^{-6}$$

【0396】

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 P_f (mm)、最大開口数の1/2の開口数に対応する輪帯のピッチ P_h (mm)、及び($(P_h / P_f) - 2$)の各値を表19に示す。

【0397】

【表19】

実施例	P_f	P_h	P_h/P_f-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

50

0 . 4 | (P h / P f) - 2 | 2 5

(b 1)

【 0 3 9 8 】

本発明者らの更なる検討によれば、上述の式(b 1)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がなく、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。

【 0 3 9 9 】

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。

10

【 0 4 0 0 】

0 . 8 | (P h / P f) - 2 | 6 . 0

(b 2)

【 0 4 0 1 】

1 . 2 | (P h / P f) - 2 | 2 . 0

(b 3)

【 0 4 0 2 】

次に、本発明の第 8 の実施の形態について説明する。

【 0 4 0 3 】

波長 6 5 0 nm の光源を使っての 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 7 8 0 nm の光源を使っての 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 . 4 5 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。

20

【 0 4 0 4 】

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 4 0 5 】

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して、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。

30

【 0 4 0 6 】

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 N A L 1 N A 2

【 0 4 0 7 】

第 1 の光情報記録媒体が DVD で、第 1 の光源の波長 1 が 6 5 0 nm 、第 2 の光情報記録媒体が CD で第 2 の光源の波長 2 が 7 8 0 nm の場合、

40

NA H 1 は 0 . 4 3 から 0 . 5 5

N A L 1 は 0 . 1 0 から 0 . 4 0

であることが好ましい。

【 0 4 0 8 】

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。

【 0 4 0 9 】

50

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、 $2k$ ずれても、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う。 $|k|$ は1~10であることが好ましい。

【0410】

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N A 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数がN A L 2の光束に変換され、

【0411】

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N A H 2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。

【0412】

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N A 1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N A H 2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。

【0413】

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N A 1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。

【0414】

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。

【0415】

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。

【0416】

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。

【0417】

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。

【0418】

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。

【0419】

図114は、開口数N A H 2、N A L 2が同じであり、近軸色収差を補正しない場合とした場合($f_B = 0$)に、第2光源からの光束について、第2光情報記録媒体(CD)

10

20

30

40

50

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。

【0420】

N A H 2 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、 f_B をほぼ0にされてA点に収束する。しかし、N A H 2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。

【0421】

図から明らかなように、光束の収束点とN A H 2における球面収差の跳びは、近軸色収差の補正量 f_B だけ大きくなり、N A H 2からN A 1までのフレア成分が収束する位置は、N A H 2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。

10

【0422】

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。

【0423】

前述のようにN A H 2からN A 1までのフレア成分の収束位置とN A H 2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。

20

【0424】

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、N A H 1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、N A H 2より外側の回折パターン部分を通過する光束では、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、N A H 2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

【0425】

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、N A H 2からN A 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N A H 2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、N A H 2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できます。その結果、図116(b)に見るように、N A H 2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。

40

【0426】

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することで、その影響を小さくすることができる。

【0427】

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

50

る輪帯フィルターを配設すれば良い。

【0428】

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。

【0429】

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っても良い。

【0430】

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る第1～第7の光ピックアップ装置を具体的に説明する。

【0431】

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。

【0432】

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波長版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。

【0433】

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、1/4波長版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。

【0434】

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。

【0435】

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波長版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。

【0436】

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、1/4波長版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18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。

【0437】

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。

10

20

30

40

50

【0438】

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。

【0439】

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。

10

【0440】

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。

【0441】

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。

20

【0442】

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。

【0443】

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。

30

【0444】

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。

40

【0445】

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。

【0446】

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。

50

【0447】

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。

【0448】

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。

10

【0449】

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。

【0450】

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。

20

【0451】

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。

30

【0452】

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。

【0453】

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。

40

【0454】

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。

【0455】

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。

50

【0456】

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。

【0457】

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。

10

【0458】

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。

【0459】

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。

20

【0460】

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。

【0461】

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。

30

【0462】

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。

【0463】

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。

【0464】

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。

40

【0465】

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。

【0466】

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

50

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。

【0467】

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。

【0468】

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。

10

【0469】

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。

【0470】

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。

20

【0471】

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。

【0472】

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。

30

【0473】

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。

【0474】

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

【0475】

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。

【0476】

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

50

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。

【0477】

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。

【0478】

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。

10

【0479】

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。

【0480】

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。

20

【0481】

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。

【0482】

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。

30

【0483】

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。

40

【0484】

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

50

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。

【0485】

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の透明基板を通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。

【0486】

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NA2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M2と波面収差との関係を示したものである。結像倍率M2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。

【0487】

図示のように、M2 = 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。

【0488】

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。

【0489】

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抑えられているため、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。

【0490】

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対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 msであるが波長が±10 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

10

20

30

40

50

、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。

【0491】

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。

10

【0492】

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。

【0493】

実施例19

【0494】

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。

20

【0495】

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。

【0496】

【数4】

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

30

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 ($p_i - 3$) は非球面べき数である。

【0497】

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。

【0498】

40

【表 20】

波長			635 nm	780 nm
焦点距離			3.370	3.397
絞り径			$\Phi 4.04 \text{ mm}$	
対物レンズ横倍率			0	
面番号	r_i	d_i	d_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

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

【0499】

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

【0500】

【表 2 1】

第2面	第1分割面 (非球面係数)	$0 \leq H \leq 1.6984$ $\kappa = -3.6612 \times 10^{-1}$ $A_1 = -3.2000 \times 10^{-3} \quad P_1 = 4.0$ $A_2 = -9.5500 \times 10^{-4} \quad P_2 = 6.0$ $A_3 = 9.4024 \times 10^{-5} \quad P_3 = 8.0$ $A_4 = -2.8750 \times 10^{-6} \quad P_4 = 10.0$	10
	(回折面係数)	$B_2 = 0$ $B_4 = -8.3027 \times 10^{-4}$ $B_6 = -1.6462 \times 10^{-4}$ $B_8 = 1.3105 \times 10^{-6}$	
第2分割面 (非球面係数)	1.6984 $\leq H$	$\kappa = -9.8006 \times 10^{-1}$ $A_1 = 6.0790 \times 10^{-3} \quad P_1 = 4.0$ $A_2 = 2.8149 \times 10^{-4} \quad P_2 = 6.0$ $A_3 = 6.6735 \times 10^{-6} \quad P_3 = 8.0$ $A_4 = -2.8790 \times 10^{-6} \quad P_4 = 10.0$	20
	非球面係数	$\kappa = -2.4934 \times 10$ $A_1 = 9.6641 \times 10^{-3} \quad P_1 = 4.0$ $A_2 = -3.7568 \times 10^{-3} \quad P_2 = 6.0$ $A_3 = 7.9367 \times 10^{-4} \quad P_3 = 8.0$ $A_4 = -7.3523 \times 10^{-6} \quad P_4 = 10.0$	

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($t_1 = 0.6\text{mm}$)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($t_2 = 1.2\text{mm}$)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。

【0501】

上記実施例のレンズは、 $\text{NAH2} = 0.5$ とし、 $\text{NAL2} = 0$ 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帶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 $21\mu\text{m}$ の段差を持っている。

【0502】

$\text{NAH2} = 0.45$ 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 $13\mu\text{m}$ 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。

【0503】

この例のように $\text{NAL2} = 0$ 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。

【0504】

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 $2 \mu m$ 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。

【0505】

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、mCD(CDの記録・再生時の倍率)-mDVD(DVDの記録・再生時の倍率)が、-1/15~0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。

10

【0506】

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 $11 \mu m$ 程度となる。

【0507】

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。

【0508】

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 $NAL2 = 0.36$ とすれば、開口数が $NAH2$ 以下の光束の波面収差の残留球面収差成分 $WSA(NAL2)$ は約 0.053 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 値を小さくすることができる。

20

【0509】

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。

【0510】

$WSA(NAH2) = (NAL2/NAH2)2 \times WSA(NAL2)$
よって、 $NAH2 = 0.45$ のとき、上記値は 0.034 rms 、 $NAH2 = 0.5$ のとき 0.027 rms となり、マレシャルの限界値より十分小さい。

30

【0511】

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、 $NAH2 = 0.5$ のとき、回折パターンのステップ数は約6、 $NAH2 = 0.45$ のときは回折パターンのステップ数は4ですむ。

【0512】

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。

40

【0513】

ところで、透明基板厚が 0.1 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 mm で波長 780 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、 $t_1 - t_2$ 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。

【0514】

50

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。

【0515】

また、必要に応じて、NAL2からNAH2までのある部分を屈折面としても良い。

【0516】

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。

【0517】

同様に、DVDとCDの場合も、対物レンズのCDの結像倍率がDVDの結像倍率よりもかなり小さくなり、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。

【0518】

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1とし、第2の光源の波長を2($2 > 1$)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。

【0519】

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。

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

【0520】

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(NAH1, NAL1, NAH2, NAL2)、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0.07rms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。

【0521】

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。

【0522】

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。

10

20

30

40

50

【0523】

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、これに制限されるものではない。

【0524】

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。

【0525】

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

【0526】

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に比較して球面収差が改善されることが望ましい。

20

【0527】

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0.07rms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】

【0528】

【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。

30

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

【図3】本発明の実施例1の回折光学レンズによる波長 = 780nmに対するNA0.45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 = 780nmに対するNA0.60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 = 635nm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 = 780nmに対する波面収差図である。

40

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

【図8】本発明の実施例2の回折光学レンズによる波長 = 635nm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 = 405nm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 = 635nm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 = 405nmに対する波面収差図である。

50

【図12】本発明の実施例2の回折光学レンズによる波長差図である。

= 635 nmに対する波面収差

【図13】本発明の実施例3の回折光学レンズによる波長である。

= 405 nmに対する光路図

【図14】本発明の実施例3の回折光学レンズによる波長である。

= 635 nmに対する光路図

【図15】本発明の実施例3の回折光学レンズによる波長差図である。

= 405 nmに対する球面収差

【図16】本発明の実施例3の回折光学レンズによる波長差図である。

= 635 nmに対する球面収

【図17】本発明の実施例3の回折光学レンズによる波長差図である。

= 405 nmに対する波面収

【図18】本発明の実施例3の回折光学レンズによる波長差図である。

= 635 nmに対する波面収

【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。

10

20

30

40

50

【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。

【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。
10

【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。
20

【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。
30

【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。
40

【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。
50

【図 6 4】本発明の実施例 1 0 の対物レンズについての波長収差図である。

= 650 nm に対する波面

【図 6 5】本発明の実施例 1 0 の対物レンズについての波長収差図である。

= 400 nm に対する波面

【図 6 6】本発明の実施例 1 0 の対物レンズについての波長収差図である。

= 780 nm に対する波面

【図 6 7】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 6 8】本発明の実施例 1 1 の対物レンズについての波長図である。

= 650 nm に対する光路

10

【図 6 9】本発明の実施例 1 1 の対物レンズについての波長図である。

= 400 nm に対する光路

【図 7 0】本発明の実施例 1 1 の対物レンズについての波長図である。

= 780 nm に対する光路

【図 7 1】本発明の実施例 1 1 の対物レンズについての波長収差図である。

= 650 nm に対する球面

【図 7 2】本発明の実施例 1 1 の対物レンズについての波長収差図である。

= 400 nm に対する球面

【図 7 3】本発明の実施例 1 1 の対物レンズについての波長数 0.45 までの球面収差図である。

= 780 nm に対する開口

20

【図 7 4】本発明の実施例 1 1 の対物レンズについての波長数 0.65 までの球面収差図である。

= 780 nm に対する開口

【図 7 5】本発明の実施例 1 1 の対物レンズについての波長収差図である。

= 650 nm に対する波面

【図 7 6】本発明の実施例 1 1 の対物レンズについての波長収差図である。

= 400 nm に対する波面

【図 7 7】本発明の実施例 1 1 の対物レンズについての波長収差図である。

= 780 nm に対する波面

【図 7 8】本発明の実施例 1 2 の対物レンズについての波長図である。

= 650 nm に対する光路

30

【図 7 9】本発明の実施例 1 2 の対物レンズについての波長図である。

= 400 nm に対する光路

【図 8 0】本発明の実施例 1 2 の対物レンズについての波長図である。

= 780 nm に対する光路

【図 8 1】本発明の実施例 1 2 の対物レンズについての波長収差図である。

= 650 nm に対する球面

【図 8 2】本発明の実施例 1 2 の対物レンズについての波長収差図である。

= 400 nm に対する球面

【図 8 3】本発明の実施例 1 2 の対物レンズについての波長数 0.45 までの球面収差図である。

= 780 nm に対する開口

40

【図 8 4】本発明の実施例 1 2 の対物レンズについての波長数 0.65 までの球面収差図である。

= 780 nm に対する開口

【図 8 5】本発明の実施例 1 2 の対物レンズについての波長収差図である。

= 650 nm に対する波面

【図 8 6】本発明の実施例 1 2 の対物レンズについての波長収差図である。

= 400 nm に対する波面

【図 8 7】本発明の実施例 1 2 の対物レンズについての波長収差図である。

= 780 nm に対する波面

【図 8 8】本発明の実施例 1 3 の対物レンズについての波長図である。

= 650 nm に対する光路

50

【図 8 9】本発明の実施例 1 3 の対物レンズについての波長 = 4 0 0 n m に対する光路図である。

【図 9 0】本発明の実施例 1 3 の対物レンズについての波長 = 7 8 0 n m に対する光路図である。

【図 9 1】本発明の実施例 1 3 の対物レンズについての波長 = 6 5 0 n m に対する球面収差図である。

【図 9 2】本発明の実施例 1 3 の対物レンズについての波長 = 4 0 0 n m に対する球面収差図である。

【図 9 3】本発明の実施例 1 3 の対物レンズについての波長 = 7 8 0 n m に対する開口数 0 . 4 5 までの球面収差図である。 10

【図 9 4】本発明の実施例 1 3 の対物レンズについての波長 = 7 8 0 n m に対する開口数 0 . 6 5 までの球面収差図である。

【図 9 5】本発明の実施例 1 3 の対物レンズについての波長 = 6 5 0 n m に対する波面収差図である。

【図 9 6】本発明の実施例 1 3 の対物レンズについての波長 = 4 0 0 n m に対する波面収差図である。

【図 9 7】本発明の実施例 1 3 の対物レンズについての波長 = 7 8 0 n m に対する波面収差図である。

【図 9 8】本発明の実施例 1 3 の対物レンズについての波長 = 4 0 0 n m に対する光路図である。 20

【図 9 9】本発明の実施例 1 3 の対物レンズについての波長 = 4 0 0 n m ± 1 0 n m に対する球面収差図を示す。

【図 1 0 0】本発明の実施例 1 3 の対物レンズについての波長 = 6 5 0 n m ± 1 0 n m に対する球面収差図を示す。

【図 1 0 1】本発明の実施例 1 3 の対物レンズについての波長 = 7 8 0 n m ± 1 0 n m に対する球面収差図を示す。

【図 1 0 2】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 1 0 3】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。 30

【図 1 0 4】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。

【図 1 0 5】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 1 0 6】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 1 0 7】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 1 0 8】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。 40

【図 1 0 9】S u p e r R E N S 方式の光ディスクの構成を示す模式図である。

【図 1 1 0】本発明の第 8 の実施の形態にかかる実施例 1 5 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。

【図 1 1 1】本発明の第 8 の実施の形態にかかる実施例 1 5 の断面図である。

【図 1 1 2】上記実施例 1 5 の球面収差図である。

【図 1 1 3】回折パターンの作用の説明図である。

【図 1 1 4】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 1 1 5】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。

【図117】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118】本発明の第7の実施の形態にかかる実施例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)の光路図である。

【図119】図118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までの球面収差図である。

【図120】実施例15において光情報記録媒体の透明基板が図118より厚い場合の回折光学レンズの光路図である。

【図121】図120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までの球面収差図である。

【図122】本発明の第7の実施の形態にかかる実施例16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123】図122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までの球面収差図である。

【図124】実施例16において光情報記録媒体の透明基板が図122より厚い場合の回折光学レンズの光路図である。

【図125】図124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までの球面収差図である。

【図126】本発明の第7の実施の形態にかかる実施例17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127】図126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までの球面収差図である。

【図128】実施例17において光情報記録媒体の透明基板が図126より厚い場合の回折光学レンズの光路図である。

【図129】図128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までの球面収差図である。

【図130】本発明の第7の実施の形態にかかる実施例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)の光路図である。

【図131】図130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までの球面収差図である。

【図132】実施例18において光情報記録媒体の透明基板が図130より厚い場合の回折光学レンズの光路図である。

【図133】図132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までの球面収差図である。

【図134】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】

【0529】

- | | |
|------|-----------|
| 1 | 対物レンズ |
| 2 | コリメータレンズ |
| 3 | 絞り |
| 4 | 光軸 |
| 5 | 集光光学系 |
| 6, 7 | ビームスプリッタ |
| 10 | 光ピックアップ装置 |
| 11 | 第1半導体レーザ |
| 12 | 青色レーザ |
| 13 | 第2半導体レーザ |

10

20

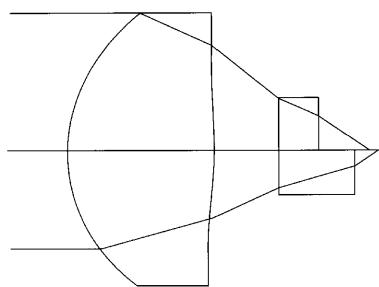
30

40

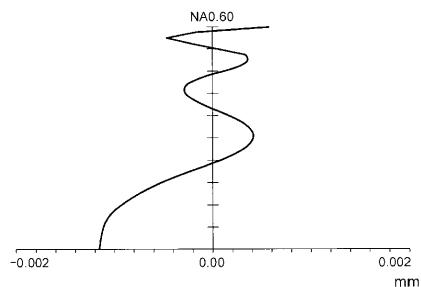
50

1 6	対物レンズ	
1 6 a	フランジ部	
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	10
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	20
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	

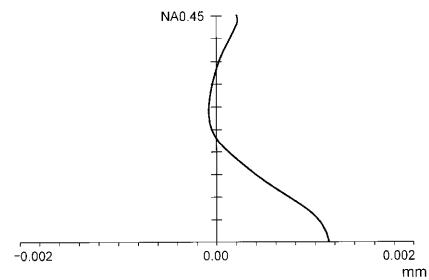
【図1】



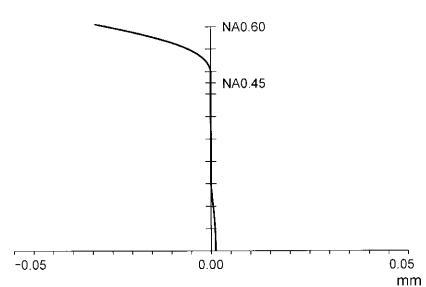
【図2】



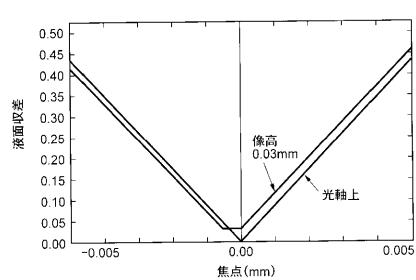
【図3】



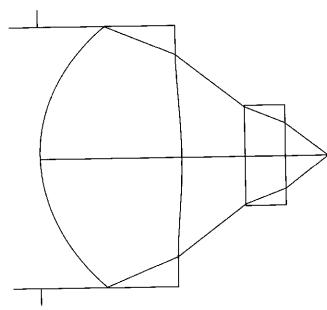
【図4】



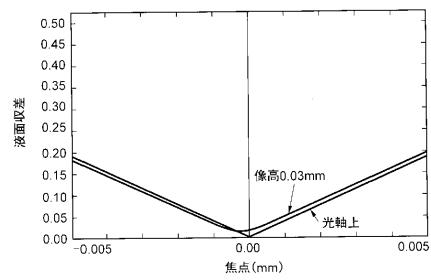
【図5】



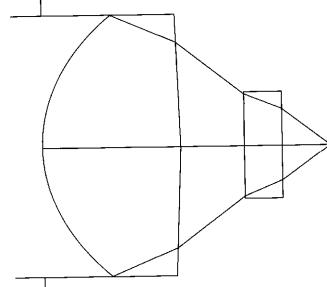
【図7】



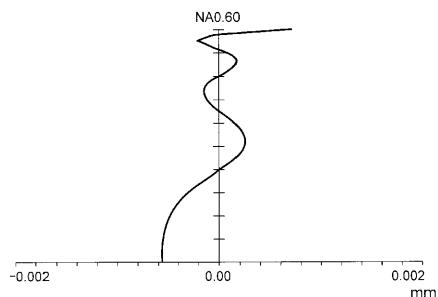
【図6】



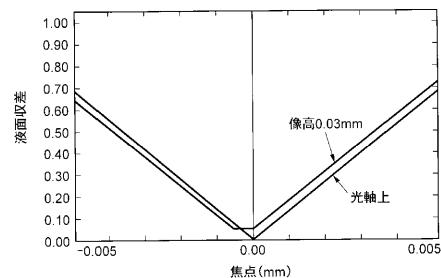
【図8】



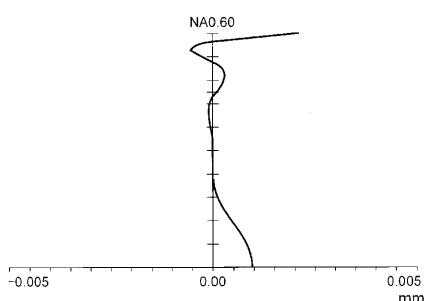
【図 9】



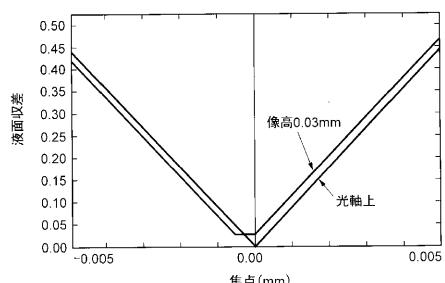
【図 11】



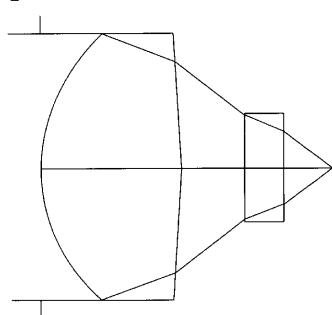
【図 10】



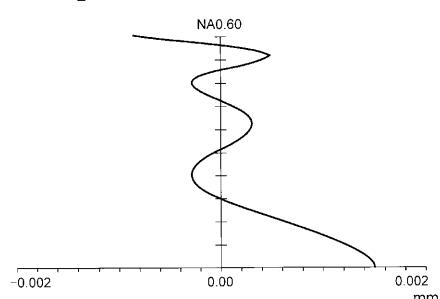
【図 12】



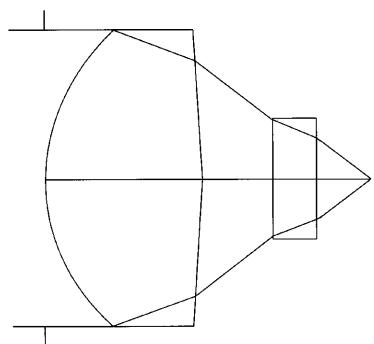
【図 13】



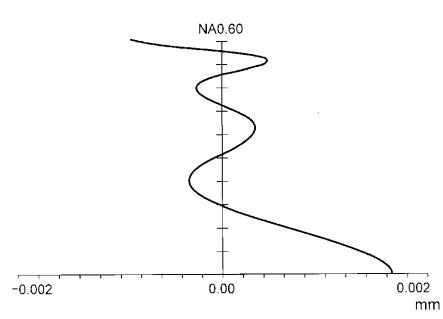
【図 15】



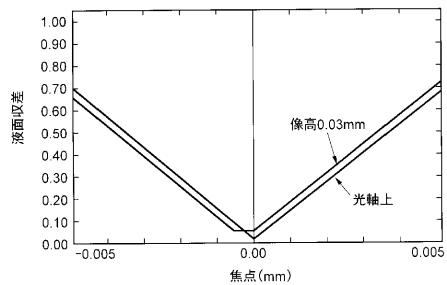
【図 14】



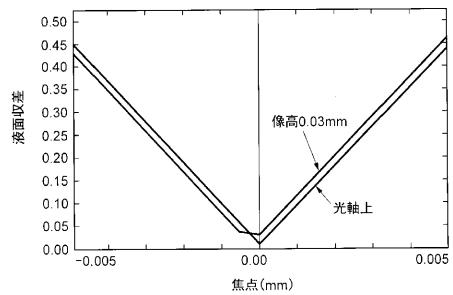
【図 16】



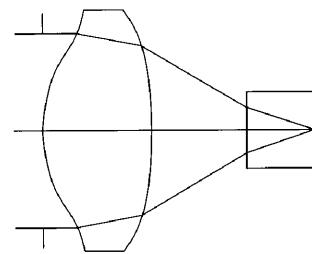
【図17】



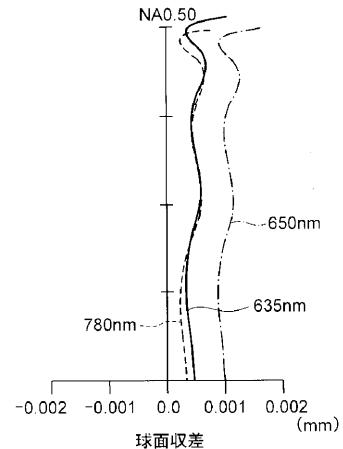
【図18】



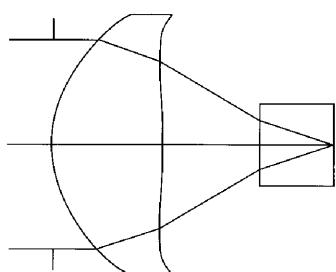
【図19】



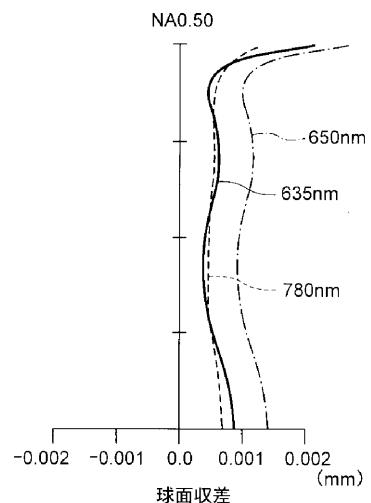
【図20】



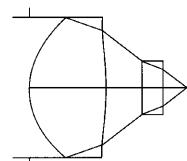
【図21】



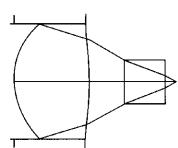
【図22】



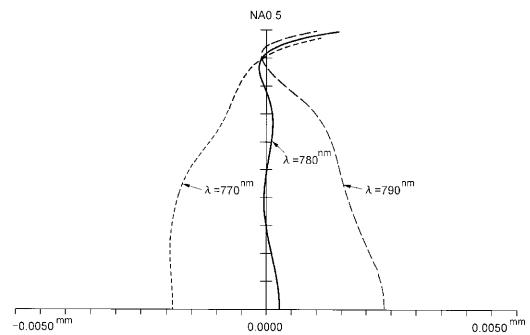
【図23】

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

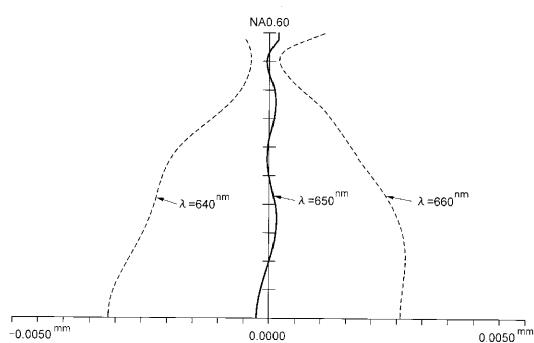
【図24】

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

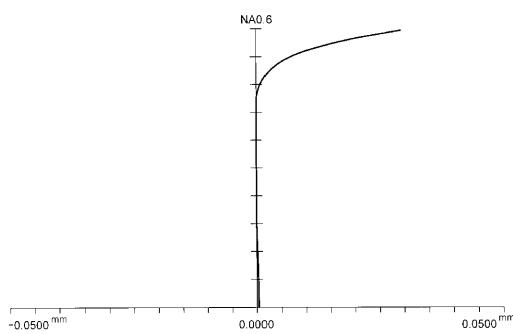
【図26】

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

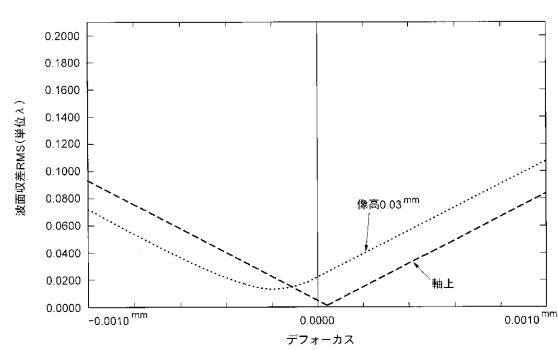
【図25】

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

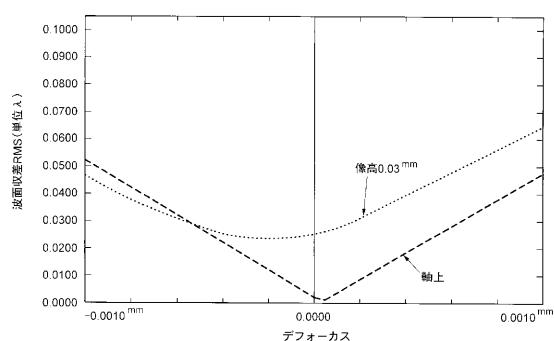
【図27】

実施例6の波長 $\lambda = 780 \text{ nm}$ に対する球面収差図

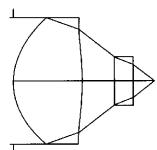
【図28】

実施例6の波長 $\lambda = 650 \text{ nm}$ に対する波面収差RMS図

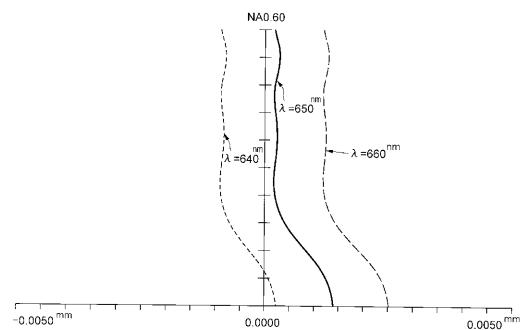
【図29】

実施例6の波長 $\lambda = 780 \text{ nm}$ (NA0.5)に対する波面収差RMS図

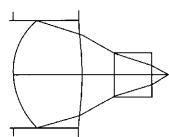
【図30】

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

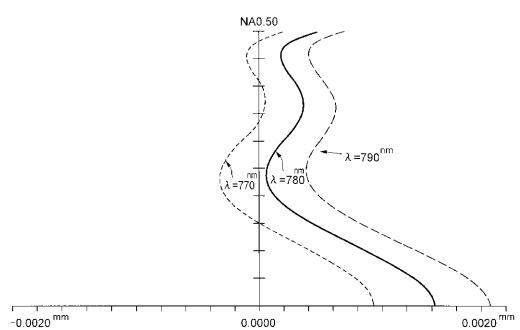
【図32】

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

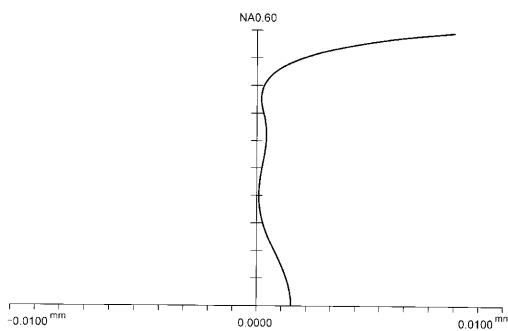
【図31】

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

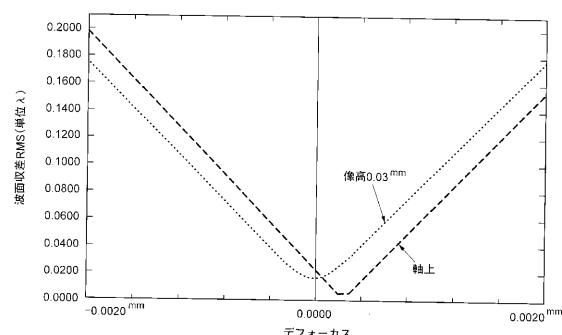
【図33】

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

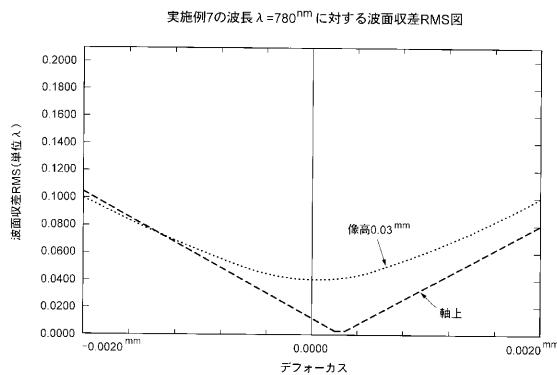
【図34】

実施例7の波長 $\lambda = 780\text{nm}$ に対する球面収差図(NA0.60)

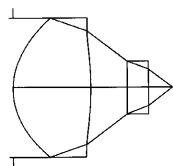
【図35】

実施例7の波長 $\lambda = 650\text{nm}$ に対する波面収差RMS図

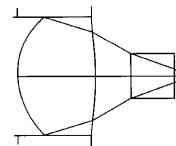
【図36】



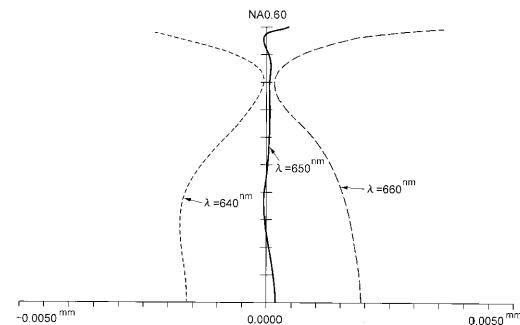
【図37】

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

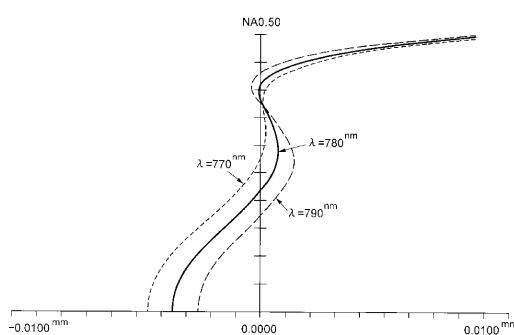
【図38】

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

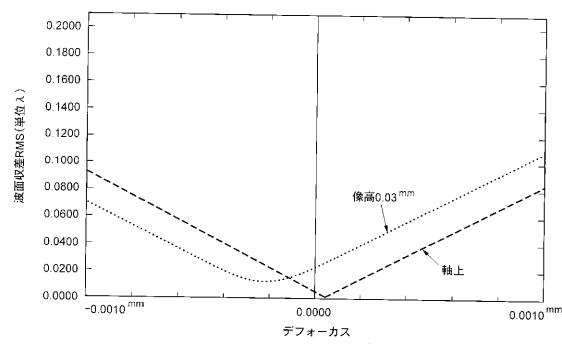
【図39】

実施例8の波長 $\lambda = 650 \pm 10\text{nm}$ に対する球面収差図

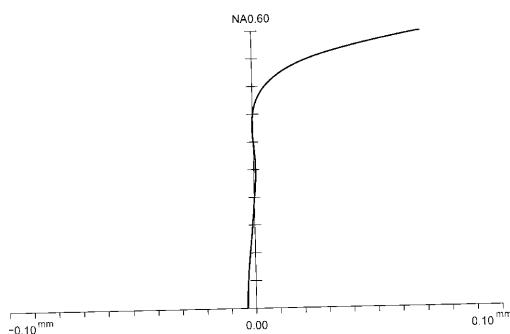
【図40】

実施例8の波長 $\lambda = 780 \pm 10\text{nm}$ に対する球面収差図

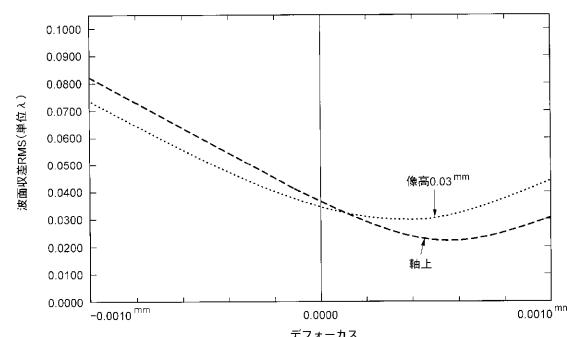
【図42】

実施例8の波長 $\lambda = 650\text{nm}$ に対する波面収差RMS図

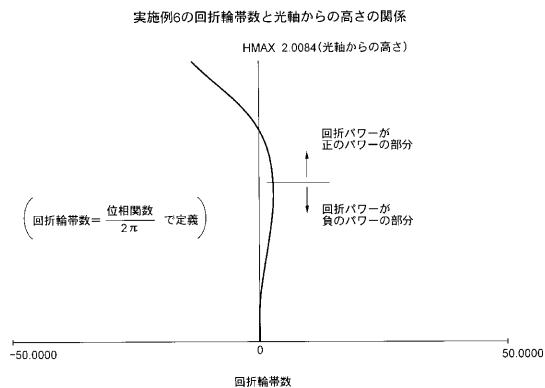
【図41】

実施例8の波長 $\lambda = 780\text{nm}$ に対する球面収差図 (NA0.60)

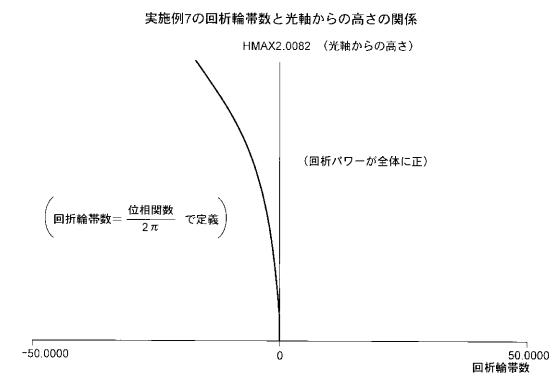
【図43】

実施例8の波長 $\lambda = 780\text{nm}$ に対する波面収差RMS図

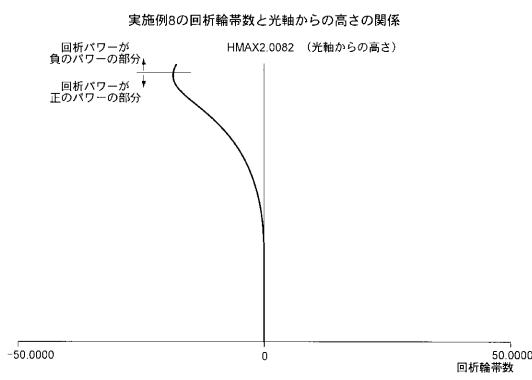
【図44】



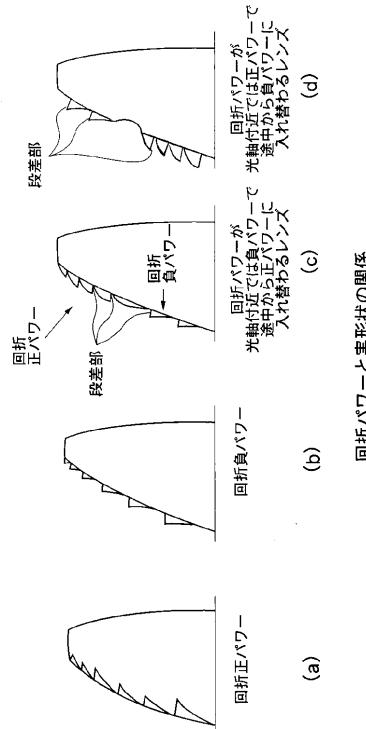
【図45】



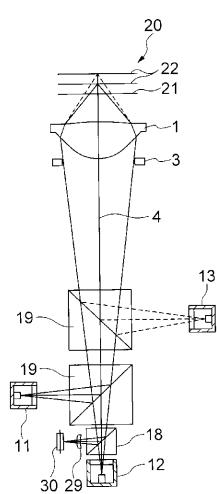
【図46】



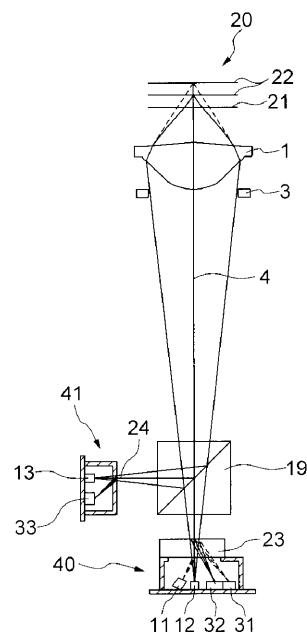
【図47】



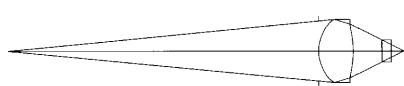
【図48】



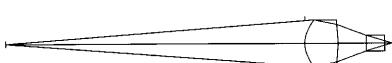
【図49】



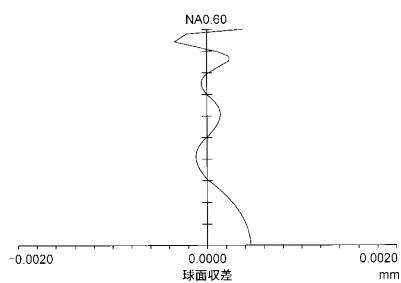
【図50】



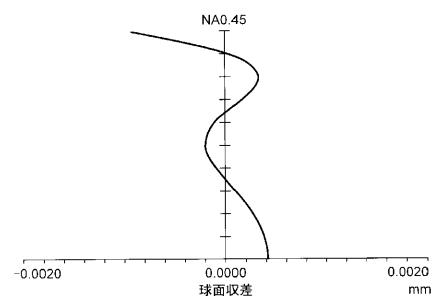
【図51】



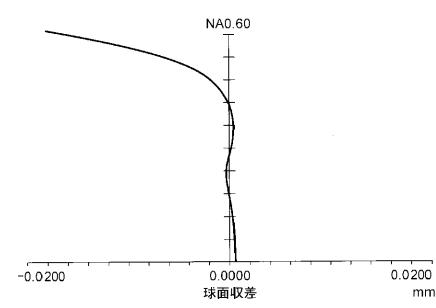
【図52】



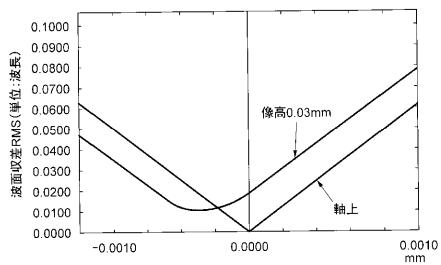
【図53】



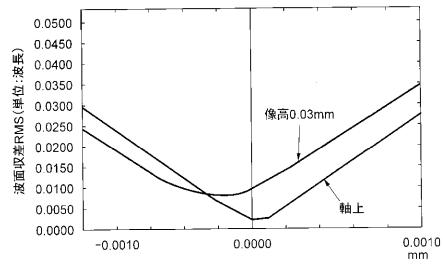
【図54】



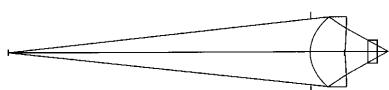
【図 5 5】



【図 5 6】



【図 5 7】



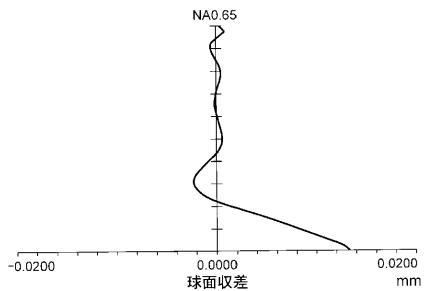
【図 5 8】



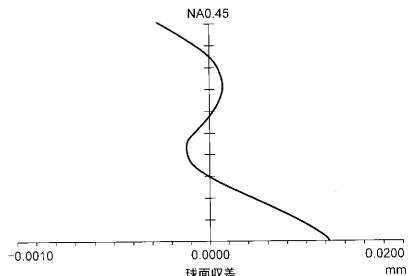
【図 5 9】



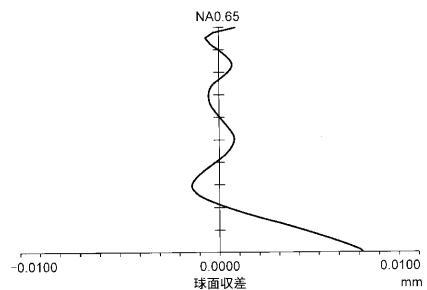
【図 6 0】



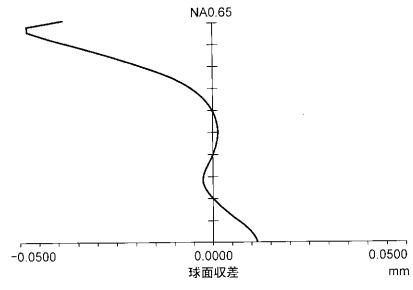
【図 6 2】



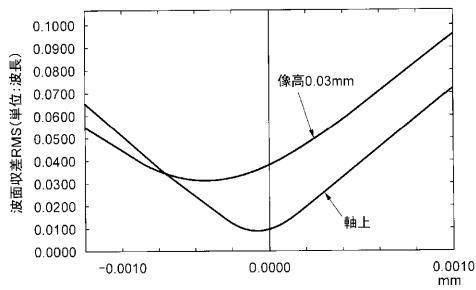
【図 6 1】



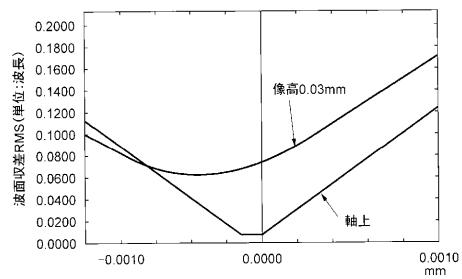
【図 6 3】



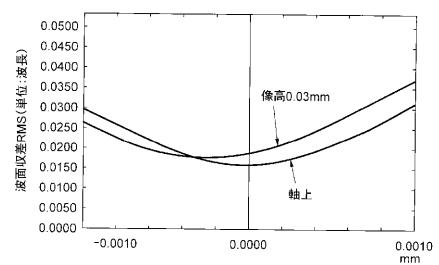
【図 6 4】



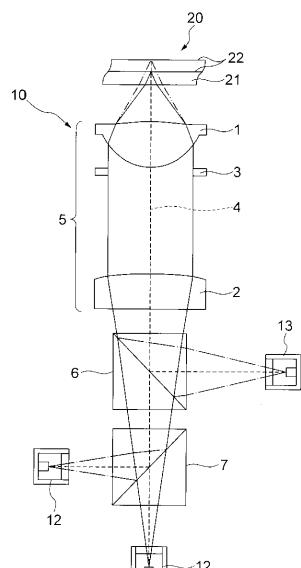
【図 6 5】



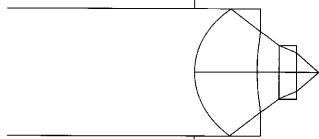
【図 6 6】



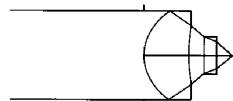
【図 6 7】



【図 6 8】



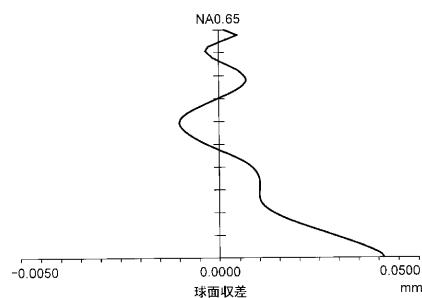
【図 6 9】



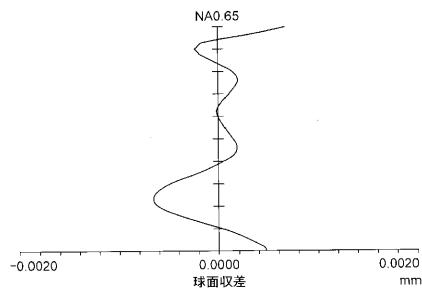
【図 7 0】



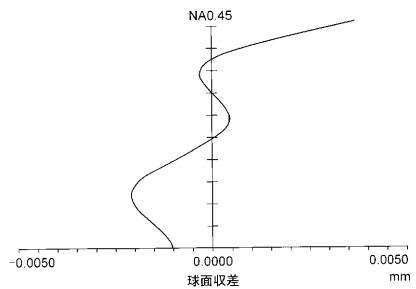
【図71】



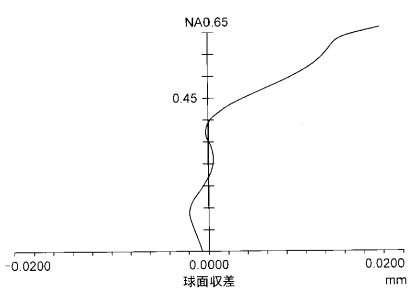
【図72】



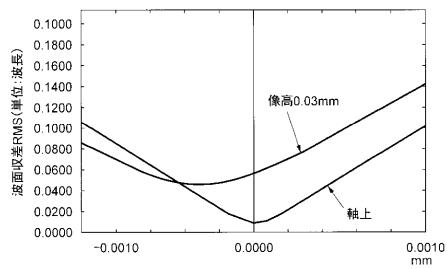
【図73】



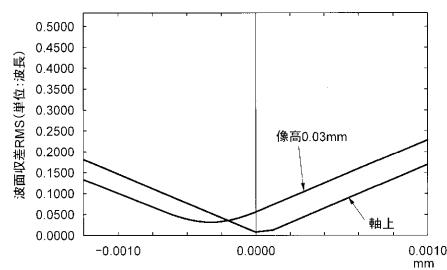
【図74】



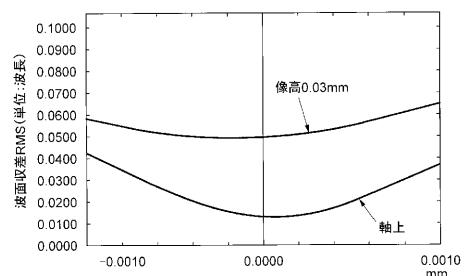
【図75】



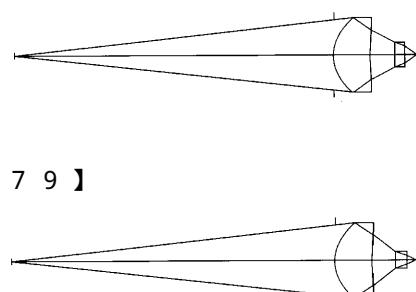
【図76】



【図77】

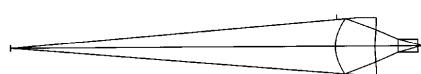


【図78】

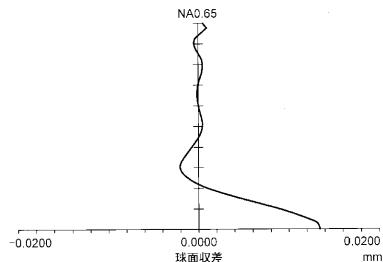


【図79】

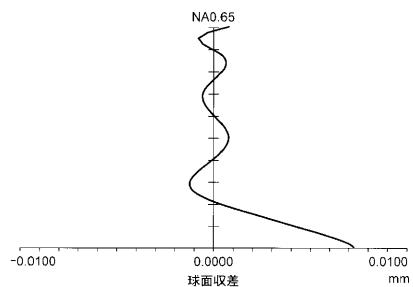
【図80】



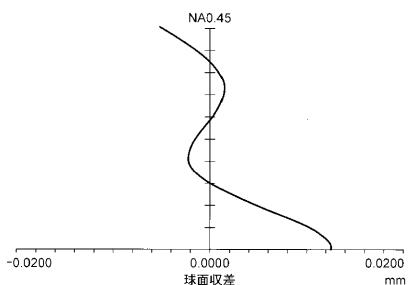
【図81】



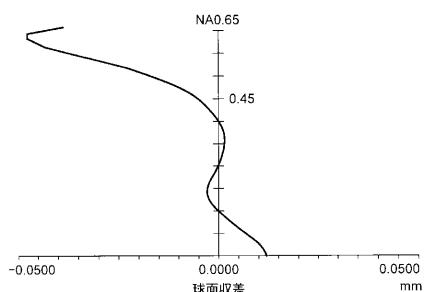
【図82】



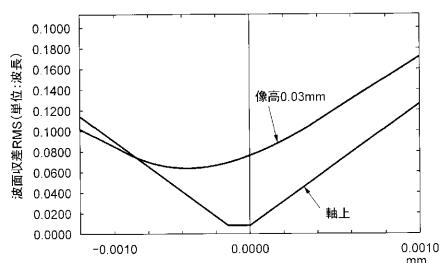
【図83】



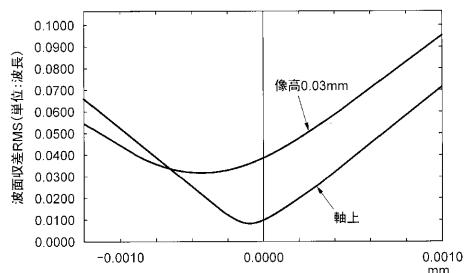
【図84】



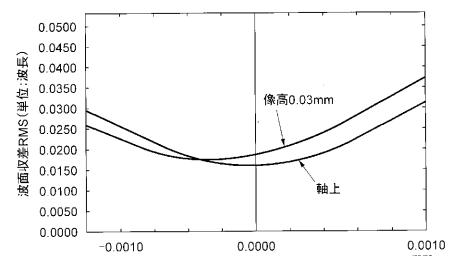
【図86】



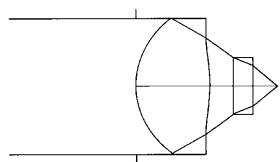
【図85】



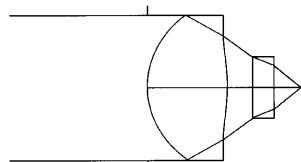
【図87】



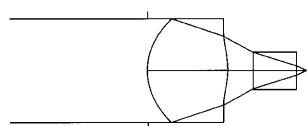
【図 8 8】



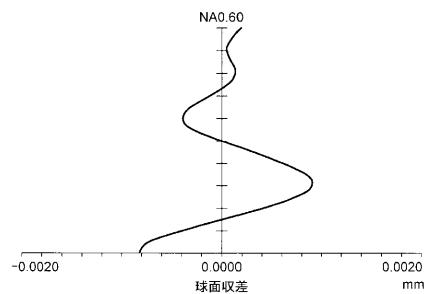
【図 8 9】



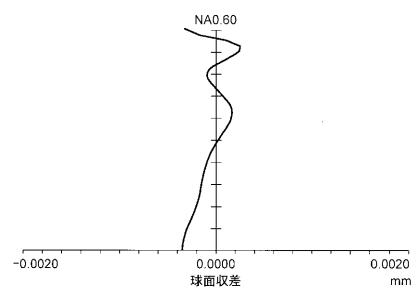
【図 9 0】



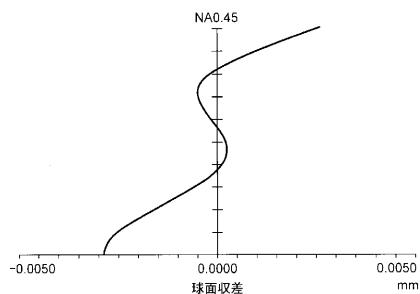
【図 9 1】



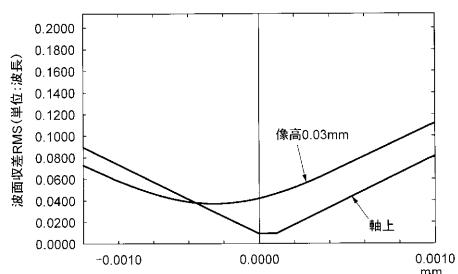
【図 9 2】



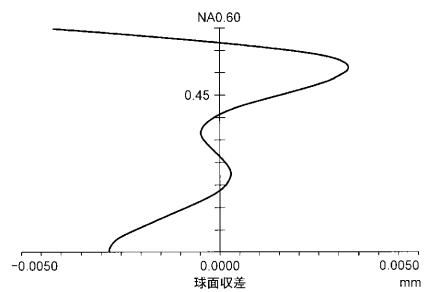
【図 9 3】



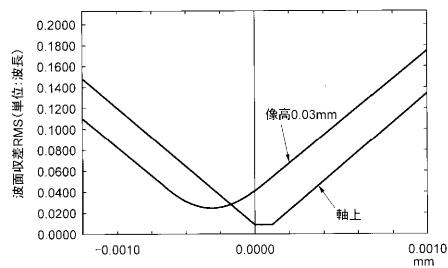
【図 9 5】



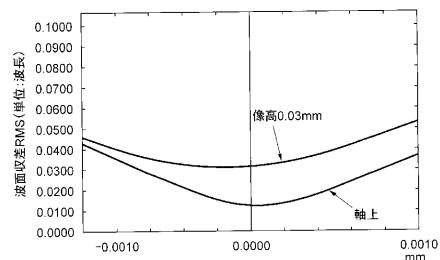
【図 9 4】



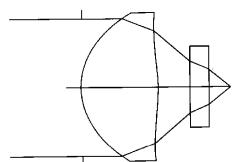
【図 9 6】



【図 9 7】

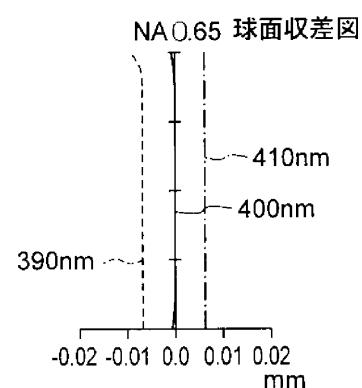


【図 9 8】

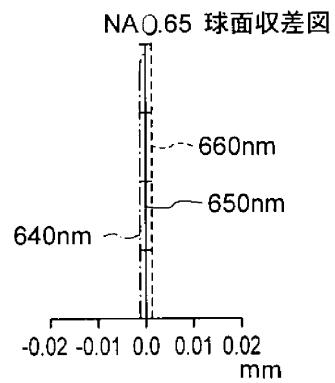


対物レンズの断面図と波長400nmにおける光路図

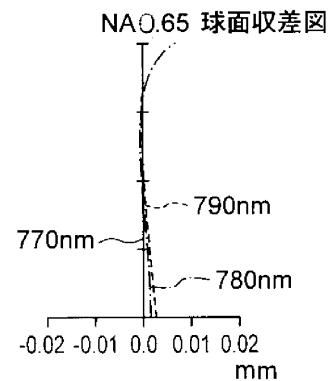
【図 9 9】



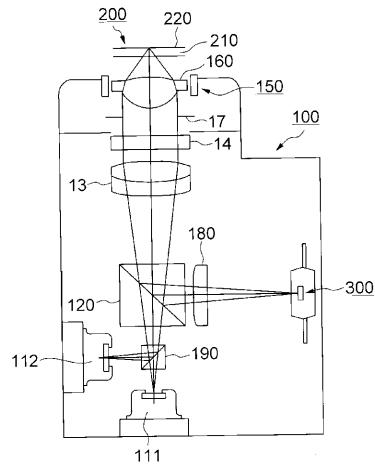
【図 1 0 0】



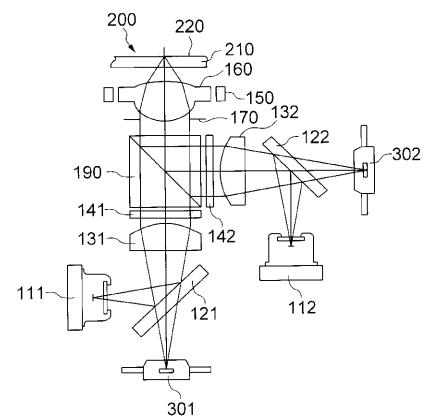
【図 1 0 1】



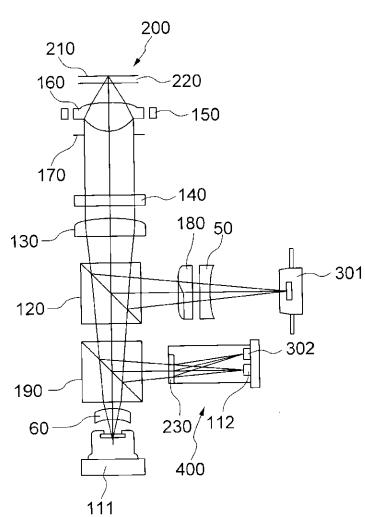
【図102】



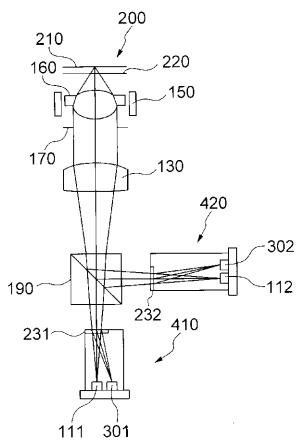
【図103】



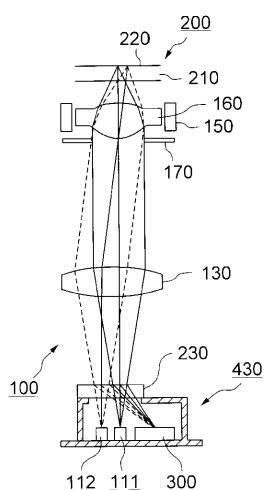
【図104】



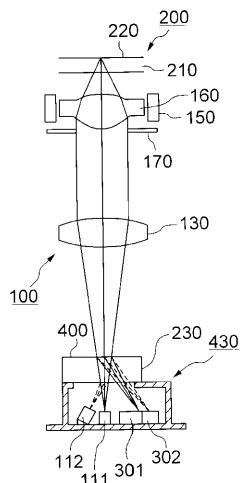
【図105】



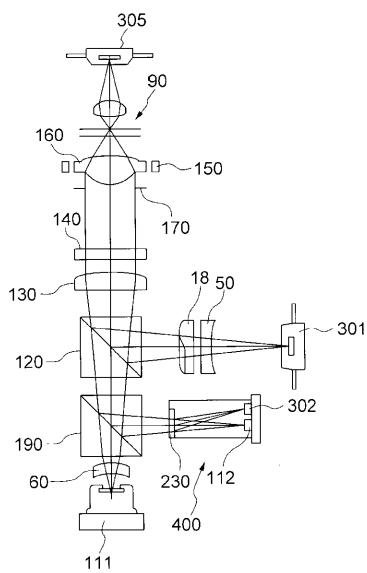
【図106】



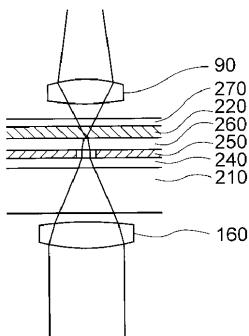
【図107】



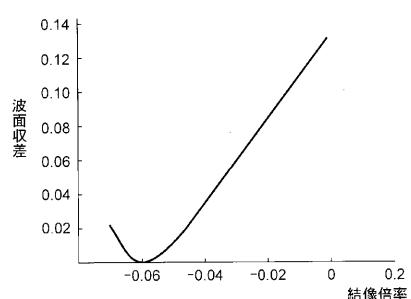
【図108】



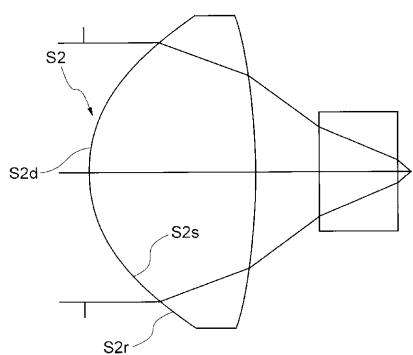
【図109】



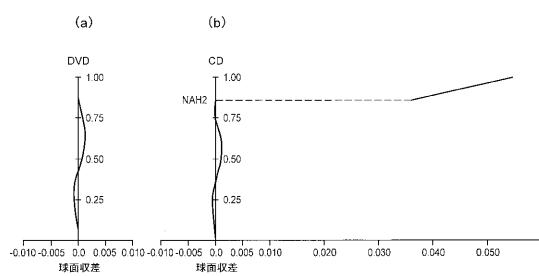
【図110】



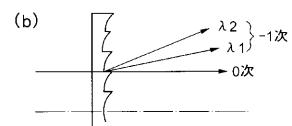
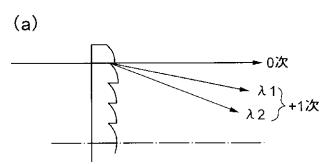
【図111】



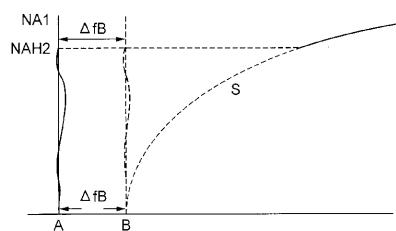
【図112】



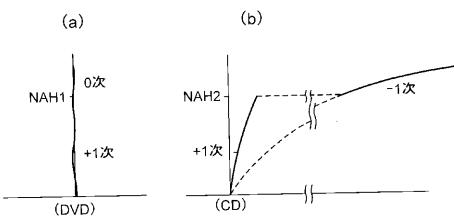
【図113】



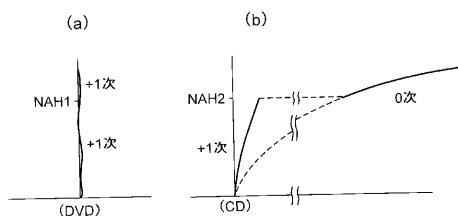
【図114】



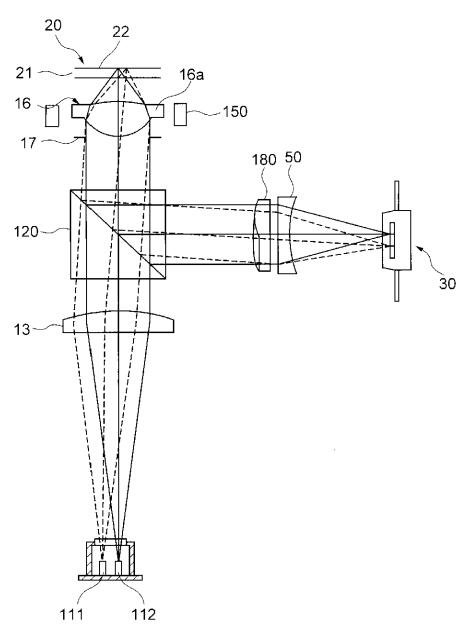
【図116】



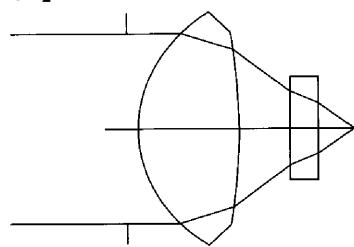
【図115】



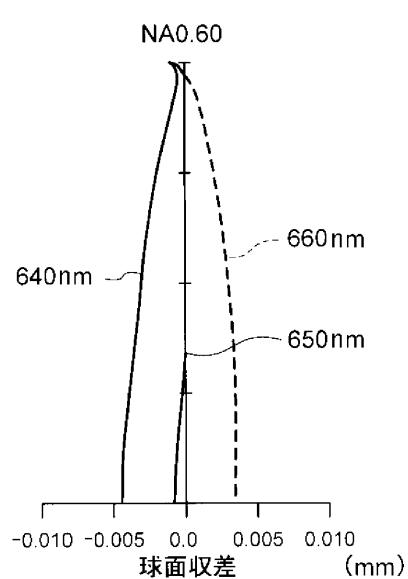
【図117】



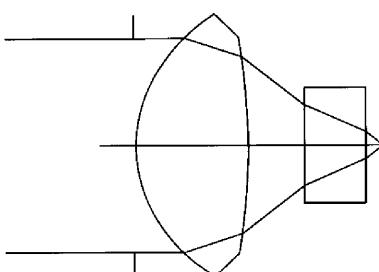
【図118】



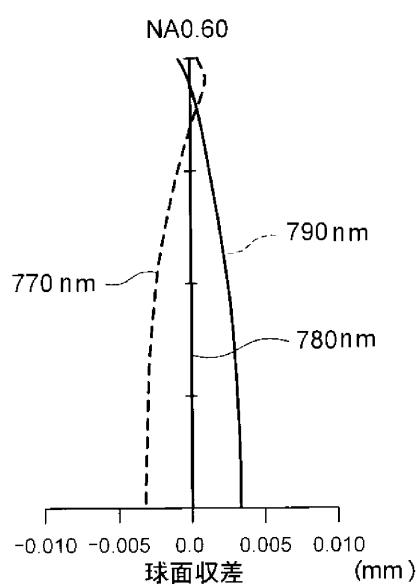
【図119】



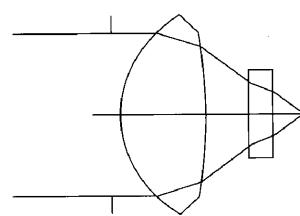
【図120】



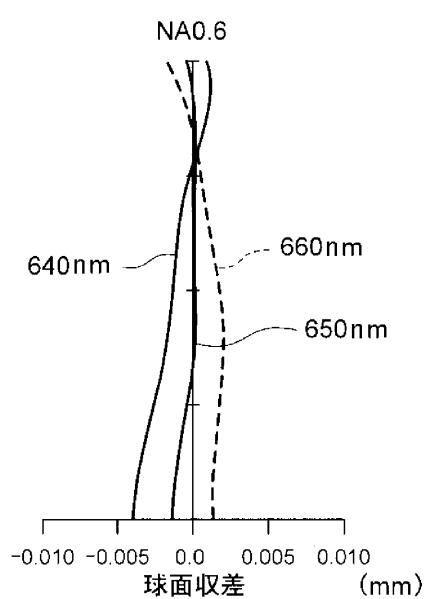
【図121】



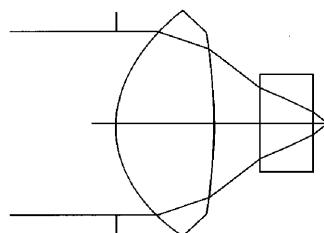
【図122】



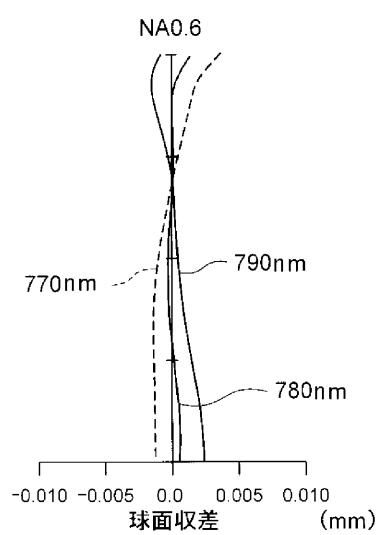
【図123】



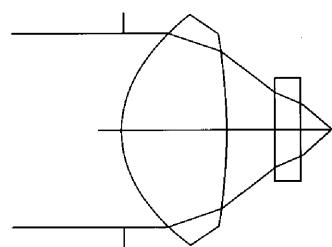
【図124】



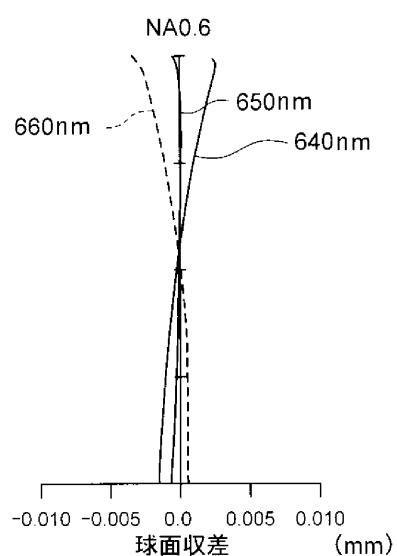
【図125】



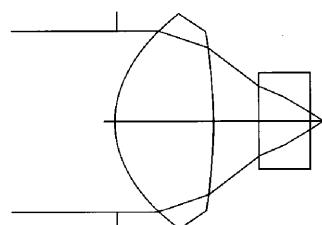
【図126】



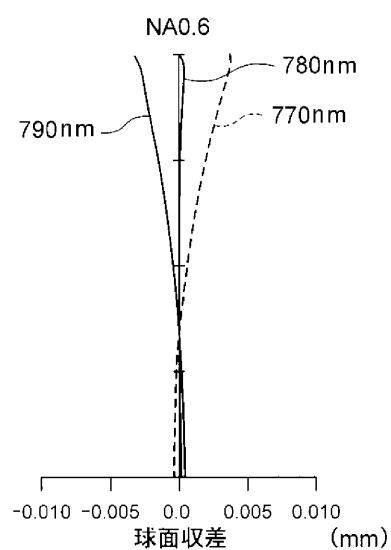
【図127】



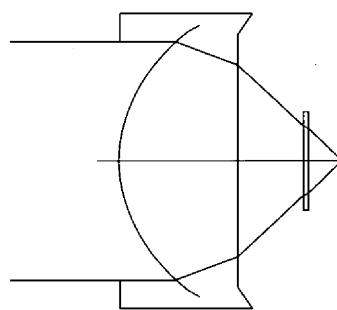
【図128】



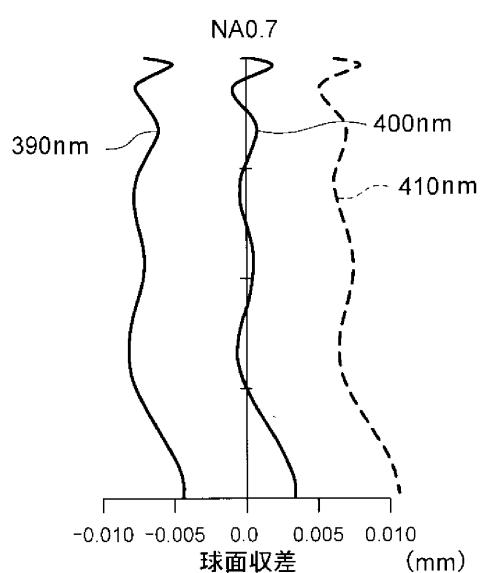
【図129】



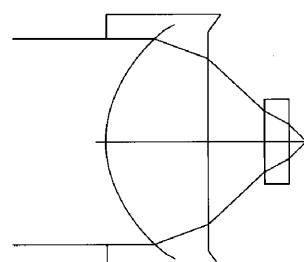
【図130】



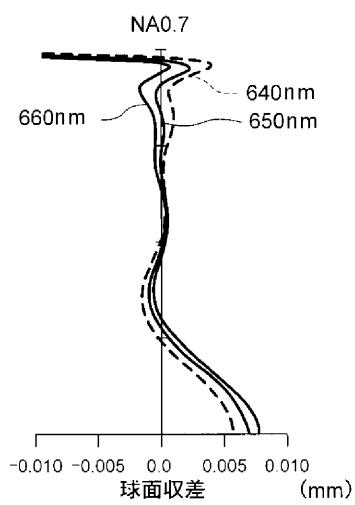
【図131】



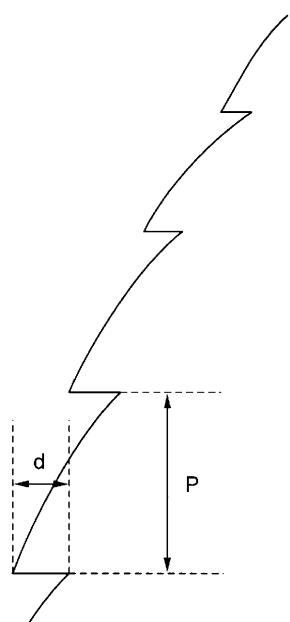
【図132】



【図133】



【図134】



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)

早期審査対象出願

- (72) 発明者 斎藤 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 渡邊 聰

- (56) 参考文献 特開平10-293937 (JP, A)
特開平10-134401 (JP, A)
特開平09-311271 (JP, A)
特開平08-180446 (JP, A)
特開平07-262595 (JP, A)
特開平05-054420 (JP, A)
特開平08-339571 (JP, A)
特開平11-274646 (JP, A)
特開平11-249201 (JP, A)
特開平09-306018 (JP, A)
特開平11-213428 (JP, A)
特開平09-179021 (JP, A)
特開平09-179020 (JP, A)
特開平10-199023 (JP, A)
特開昭63-113947 (JP, A)

(58) 調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 11 B 7 / 135
G 11 B 7 / 125