

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-276418

(P2005-276418A)

(43) 公開日 平成17年10月6日(2005.10.6)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

G 1 1 B 7/135

F I

G 1 1 B 7/135

Z

テーマコード(参考)

5 D 7 8 9

G 1 1 B 7/135

A

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2005-50868 (P2005-50868)  
 (22) 出願日 平成17年2月25日(2005.2.25)  
 (31) 優先権主張番号 特願2004-53859 (P2004-53859)  
 (32) 優先日 平成16年2月27日(2004.2.27)  
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 303000408  
 コニカミノルタオプト株式会社  
 東京都八王子市石川町2970番地  
 (74) 代理人 100090033  
 弁理士 荒船 博司  
 (72) 発明者 木村 徹  
 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  
 Fターム(参考) 5D789 AA38 AA41 BA01 EC01 EC04  
 EC15 FA05 FA08 JA09 JA44  
 JB02 JB05 JC07 NA05

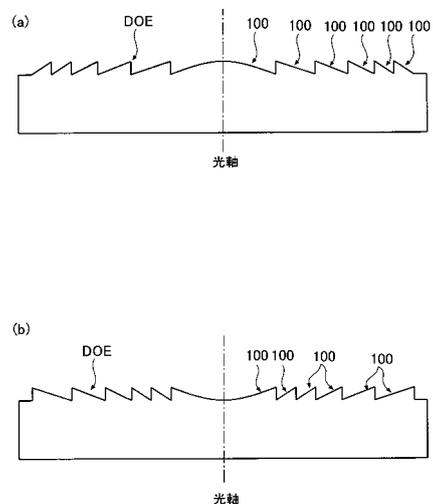
(54) 【発明の名称】 対物光学系、光ピックアップ装置及び光情報記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】 複数の光ディスクへの互換性を有し、使用波長の全てに対して性能の良いものを効率良く且つ低コストで製造できる、位相構造を有する2群構成の対物光学系等を提供する。

【解決手段】 対物光学系OBJが第1、第2レンズ群L1、L2から構成され、第1レンズ群は位相構造を有し、波長 $\lambda_1$ の平行光束に対する第1レンズ群の波面収差 $W_{L1-1}$ 、波長 $\lambda_1$ の光束に対する第2レンズ群の波面収差が最小値 $W_{L2-1}$ となる場合の、第2レンズ群の倍率M、倍率Mでの波長 $\lambda_2$ の光束に対する第2レンズ群の波面収差を $W_{L2-2}$ 、波長 $\lambda_1$ の平行光束に対する対物光学系の波面収差 $W_{OBJ-1}$ 、波長 $\lambda_2$ の平行光束に対する対物光学系の波面収差 $W_{OBJ-2}$ が所定の式((1)~(6)式)を満たす。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

光束径  $d_1$  の第 1 波長  $\lambda_1$  の平行光束を、厚さ  $t_1$  の保護層を有する第 1 光ディスクの情報記録面上に開口数  $NA_1$  内で集光させ、光束径  $d_2$  ( $d_2 < d_1$ ) の第 2 波長  $\lambda_2$  ( $\lambda_2 > \lambda_1$ ) の平行光束を、厚さ  $t_2$  ( $t_2 > t_1$ ) の保護層を有する第 2 光ディスクの情報記録面上に開口数  $NA_2$  ( $NA_2 < NA_1$ ) 内で集光させる光ピックアップ装置用の対物光学系において、

前記対物光学系は、共役距離の長い方から順に配置された第 1 レンズ群と、第 2 レンズ群とから構成され、前記第 1 レンズ群は位相構造を有し、

前記光束径  $d_1$  の第 1 波長  $\lambda_1$  の平行光束が入射した場合の、前記第 1 レンズ群の波面収差を  $W_{L1}$ 、

前記第 1 波長  $\lambda_1$  の光束に対する前記第 2 レンズ群の前記開口数  $NA_1$  内での波面収差が最小値  $W_{L2}$  となる場合の、前記第 2 レンズ群の倍率を  $M$ 、

前記倍率  $M$  における前記第 2 波長  $\lambda_2$  の光束に対する前記第 2 レンズ群の前記開口数  $NA_2$  内での波面収差を  $W_{L2}$ 、

前記光束径  $d_2$  の第 2 波長  $\lambda_2$  の平行光束が入射した場合の、前記対物光学系の前記開口数  $NA_2$  内での波面収差を  $W_{OBJ}$ 、としたとき、

以下の (1) 乃至 (5) 式を満たすことを特徴とする光ピックアップ装置用の対物光学系。

$$W_{L1} \leq 0.05 \text{ RMS } (\lambda_1) \quad (1)$$

$$W_{L2} \leq 0.05 \text{ RMS } (\lambda_1) \quad (2)$$

$$-0.03 \leq M \leq 0.13 \quad (3)$$

$$W_{L2} > 0.30 \text{ RMS } (\lambda_2) \quad (4)$$

$$W_{OBJ} \leq 0.05 \text{ RMS } (\lambda_2) \quad (5)$$

但し、前記  $W_{L2}$ 、 $W_{L2}$  及び  $W_{OBJ}$  はデフォーカス成分を除いた波面収差であり、前記  $W_{L2}$  は前記厚さ  $t_1$  の保護層込みで測定するものとし、前記  $W_{L2}$  及び前記  $W_{OBJ}$  は前記厚さ  $t_2$  の保護層込みで測定するものとする。

## 【請求項 2】

前記光束径  $d_1$  の第 1 波長  $\lambda_1$  の平行光束が入射した場合の、前記対物光学系の前記開口数  $NA_1$  内での波面収差を  $W_{OBJ}$  としたとき、

以下の (6) 式を満たすことを特徴とする請求項 1 に記載の光ピックアップ装置用の対物光学系。

$$W_{OBJ} \leq 0.05 \text{ RMS } (\lambda_1) \quad (6)$$

但し、前記  $W_{OBJ}$  はデフォーカス成分を除いた波面収差であり、前記  $W_{OBJ}$  は前記厚さ  $t_1$  の保護層込みで測定するものとする。

## 【請求項 3】

前記第 1 波長  $\lambda_1$  の光束に対する前記第 1 レンズ群の近軸パワー  $P_{L1}$  と、前記第 1 波長  $\lambda_1$  の光束に対する前記第 2 レンズ群の近軸パワー  $P_{L2}$  との比が以下の (7) 式を満たす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の対物光学系。

$$|P_{L1} / P_{L2}| \leq 0.2 \quad (7)$$

## 【請求項 4】

前記第 1 レンズ群、前記第 2 レンズ群及び前記厚さ  $t_1$  の保護層を同軸に配置した状態で測定した前記第 1 波長  $\lambda_1$  の光束に対する前記開口数  $NA_1$  内でのコマ収差を  $W_{C1}$  とし、前記第 2 レンズ群及び前記厚さ  $t_1$  の保護層を同軸に配置し、且つ、前記第 2 レンズ群の光軸に対して前記第 1 レンズ群の光軸を  $10 \mu\text{m}$  シフトさせて配置した状態で測定した前記第 1 波長  $\lambda_1$  の光束に対する前記開口数  $NA_1$  内でのコマ収差を  $W_{C2}$  とし、

前記第 1 レンズ群、前記第 2 レンズ群及び前記厚さ  $t_2$  の保護層を同軸に配置した状態で測定した前記第 2 波長  $\lambda_2$  の光束に対する前記開口数  $NA_2$  内でのコマ収差を  $W_{C3}$  とし、前記第 2 レンズ群及び前記厚さ  $t_2$  の保護層を同軸に配置し、且つ、前記第 2 レンズ群の光軸に対して前記第 1 レンズ群の光軸を  $10 \mu\text{m}$  シフトさせて配置した状態で測定した前

10

20

30

40

50

記第 2 波長  $\lambda_2$  の光束に対する前記開口数  $NA_2$  内でのコマ収差を  $W_{C4}$  としたとき、

以下の (8) 及び (9) 式を満たすことを特徴とする請求項 3 に記載の光ピックアップ装置用の対物光学系。

$$W_{S1} = W_{C2} - W_{C1} < 0.01 \text{ RMS} \quad ( = \lambda_1 ) \quad (8)$$

$$W_{S2} = W_{C4} - W_{C3} > 0.02 \text{ RMS} \quad ( = \lambda_2 ) \quad (9)$$

【請求項 5】

前記第 1 レンズ群、前記第 2 レンズ群及び前記厚さ  $t_1$  の保護層を同軸に配置した状態で測定した前記第 1 波長  $\lambda_1$  の光束に対する前記開口数  $NA_1$  内でのコマ収差を  $W_{C1}$  とし、前記第 2 レンズ群及び前記厚さ  $t_1$  の保護層を同軸に配置し、且つ、前記第 2 レンズ群の光軸に対して前記第 1 レンズ群の光軸を 5 分ティルトさせて配置した状態で測定した前記第 1 波長  $\lambda_1$  の光束に対する前記開口数  $NA_1$  内でのコマ収差を  $W_{C5}$  とし、

10

前記第 1 レンズ群、前記第 2 レンズ群及び前記厚さ  $t_2$  の保護層を同軸に配置した状態で測定した前記第 2 波長  $\lambda_2$  の光束に対する前記開口数  $NA_2$  内でのコマ収差を  $W_{C3}$  とし、前記第 2 レンズ群及び前記厚さ  $t_2$  の保護層を同軸に配置し、且つ、前記第 2 レンズ群の光軸に対して前記第 1 レンズ群の光軸を 5 分ティルトさせて配置した状態で測定した前記第 2 波長  $\lambda_2$  の光束に対する前記開口数  $NA_2$  内でのコマ収差を  $W_{C6}$  としたとき、

以下の (10) 及び (11) 式を満たすことを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の光ピックアップ装置用の対物光学系。

$$W_{T1} = W_{C5} - W_{C1} < 0.02 \text{ RMS} \quad ( = \lambda_1 ) \quad (10)$$

$$W_{T2} = W_{C6} - W_{C1} < 0.02 \text{ RMS} \quad ( = \lambda_2 ) \quad (11)$$

20

【請求項 6】

前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群には、光軸合わせ用の位置決めマークが形成されているとともに、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群は、前記位置決めマークによって互いの位置決めがなされていることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか一項に記載の光ピックアップ装置用の対物光学系。

【請求項 7】

前記位相構造は、前記第 1 光ディスクの保護層の厚さ  $t_1$  と前記第 2 光ディスクの保護層の厚さ  $t_2$  との違いに起因して、前記第 2 レンズ群で発生する球面収差を補償する機能を有することを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか一項に記載の光ピックアップ装置用の対物光学系。

30

【請求項 8】

前記位相構造は、回折構造又は光路差付与構造であることを特徴とする請求項 1 乃至 7 の何れか一項に記載の光ピックアップ装置用の対物光学系。

【請求項 9】

前記第 1 波長  $\lambda_1$ 、前記第 2 波長  $\lambda_2$ 、前記第 1 光ディスクの保護層の厚さ  $t_1$ 、前記第 2 光ディスクの保護層の厚さ  $t_2$ 、前記開口数  $NA_1$ 、前記開口数  $NA_2$  が以下の (12) 乃至 (17) 式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 8 の何れか一項に記載の光ピックアップ装置用の対物光学系。

$$350 \text{ nm} < \lambda_1 < 420 \text{ nm} \quad (12)$$

$$630 \text{ nm} < \lambda_2 < 680 \text{ nm} \quad (13)$$

$$0 \text{ mm} < t_1 < 0.2 \text{ mm} \quad (14)$$

$$0.55 \text{ mm} < t_2 < 0.65 \text{ mm} \quad (15)$$

$$0.8 < NA_1 < 0.9 \quad (16)$$

$$0.55 < NA_2 < 0.7 \quad (17)$$

40

【請求項 10】

光束径  $\phi_1$  の第 1 波長  $\lambda_1$  の平行光束を、厚さ  $t_1$  の保護層を有する第 1 光ディスクの情報記録面上に開口数  $NA_1$  内で集光させ、光束径  $\phi_2$  ( $\phi_2 < \phi_1$ ) の第 2 波長  $\lambda_2$  ( $\lambda_2 > \lambda_1$ ) の平行光束を、厚さ  $t_2$  ( $t_2 > t_1$ ) の保護層を有する第 2 光ディスクの情報記録面上に開口数  $NA_2$  ( $NA_2 < NA_1$ ) 内で集光させる光ピックアップ装置であって、請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の光ピックアップ装置用の対物光学系を具備することを特徴

50

とする光ピックアップ装置。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の光ピックアップ装置を搭載したことを特徴とする光情報記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、対物光学系、光ピックアップ装置及び光情報記録再生装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、光ピックアップ装置において、光ディスクに記録された情報の再生や、光ディスクへの情報の記録のための光源として使用されるレーザ光源の短波長化が進み、例えば、青紫色半導体レーザや、第 2 高調波発生を利用して赤外半導体レーザの波長変換を行う青紫色 SHG レーザ等の波長 405 nm のレーザ光源が実用化されつつある。

これら青紫色レーザ光源を使用すると、DVD (デジタルバーサタイルディスク) と同じ開口数 (NA) の対物レンズを使用する場合で、直径 12 cm の光ディスクに対して、15 ~ 20 GB の情報の記録が可能となり、対物レンズの NA を 0.85 にまで高めた場合には、直径 12 cm の光ディスクに対して、23 ~ 25 GB の情報の記録が可能となる。以下、本明細書では、青紫色レーザ光源を使用する光ディスク及び光磁気ディスクを総称して「高密度光ディスク」という。

【0003】

尚、NA 0.85 の対物レンズを使用する高密度光ディスクでは、光ディスクの傾き (スキュー) に起因して発生するコマ収差が増大するため、DVD における場合よりも保護層を薄く設計し (DVD の 0.6 mm に対して、0.1 mm)、スキューによるコマ収差量を低減している。

ところで、このような高密度光ディスクに対して適切に情報の記録/再生ができるというだけでは、光ディスクプレーヤ/レコーダの製品としての価値は十分なものとはいえない。現在において、多種多様な情報を記録した DVD や CD (コンパクトディスク) が販売されている現実をふまえると、高密度光ディスクに対して情報の記録/再生ができるだけではならず、例えばユーザが所有している DVD や CD に対しても同様に適切に情報の記録/再生ができるようにすることが、高密度光ディスク用の光ディスクプレーヤ/レコーダとしての商品価値を高めることに通じるのである。このような背景から、高密度光ディスク用の光ディスクプレーヤ/レコーダに搭載される光ピックアップ装置は、高密度光ディスクと DVD、更には CD との何れに対しても互換性を維持しながら適切に情報を記録/再生できる性能を有することが望まれる。

【0004】

高密度光ディスクと DVD、更には CD との何れに対しても互換性を維持しながら適切に情報を記録/再生できるようにする方法として、高密度光ディスク用の光学系と DVD や CD 用の光学系とを情報を記録/再生する光ディスクの記録密度に応じて選択的に切り替える方法が考えられるが、複数の光学系が必要となるので、小型化に不利であり、また、コストが増大する。

【0005】

従って、光ピックアップ装置の構成を簡素化し、低コスト化を図るためには、互換性を有する光ピックアップ装置においても、高密度光ディスク用の光学系と DVD や CD 用の光学系とを共通化して、光ピックアップ装置を構成する光学部品点数を極力減らすのが好ましい。そして、光ディスクに対向して配置される対物光学系を共通化することが光ピックアップ装置の構成の簡素化、低コスト化に最も有利となる。尚、記録/再生波長が互いに異なる複数種類の光ディスクに対して共通な対物光学系を得るためには、球面収差の波長依存性を有する位相構造を対物光学系に形成する必要がある。

【0006】

10

20

30

40

50

特許文献1には、位相構造としての回折構造を有する2群構成であり、高密度光ディスクと従来のDVD及びCDに対して共通に使用可能な対物光学系、及びこの対物光学系を搭載した光ピックアップ装置が記載されている。

特許文献1に記載されている2群構成の対物光学系は、光ディスク側の集光素子に近軸パワーの殆どを負担させることで、DVDやCDのごとき保護層厚みの大きい光ディスクに対する作動距離を確保するとともに、光源側の収差補正素子に位相構造としての回折構造を形成することで、回折構造の段差部分による光線のけられを防止し透過率を向上させる構成を有する。

【特許文献1】欧州特許出願公開第1304689号明細書

【発明の開示】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

性能の良い2群構成の互換対物光学系を効率良く製造するためには、ある程度の収差範囲内に抑えられた個々のレンズを得た後に、これらのレンズ群を組立ることが必要である。個々のレンズ群の収差が大きい場合には、組立の工程において以下に述べるような問題が発生する。

例えば、コマ収差が個々のレンズ群に大きく残留している場合、互換対物光学系として使用できるようにするためには、組立調整によりこれらのコマ収差を取り除く必要がある。然るに、この組立調整により、一方の波長に対してコマ収差を補正した場合でも、他方の波長では、コマ収差が残留したままの状態となり、互換対物光学系として使用出来ない可能性が高い。

20

【0008】

また、上述のように、使用波長の全てに対する収差を確認しながら個々のレンズ群の組立を行うことは製造効率を著しく低下させるため、製造コストの増加につながるとともに、量産として成り立たない虞がある。

上記の特許文献1に記載されている対物光学系は、上述の問題に対する解決策を何ら開示していないため、複数の使用波長に対して十分な性能を有する2群構成の互換対物光学系を効率良く、且つ低コストで製造することは出来ない。

【0009】

本発明の課題は、位相構造を有し、記録密度が異なる複数の光ディスクに対して情報の記録及び/又は再生を適切に行うことが出来る2群構成の対物光学系において、使用波長の全てに対して性能の良いものを効率良く、且つ低コストで製造することが可能な対物光学系及びこの対物光学系を搭載する光ピックアップ装置、光情報記録再生装置を提供することである。

30

【課題を解決するための手段】

【0010】

本明細書においては、情報の記録/再生用の光源として、青紫色半導体レーザや青紫色SHGレーザを使用する光ディスクを総称して「高密度光ディスク」といい、NA0.85の対物光学系により情報の記録/再生を行い、保護層の厚さが0.1mm程度である規格の光ディスク(例えば、ブルーレイディスク)の他に、NA0.65乃至0.67の対物光学系により情報の記録/再生を行い、保護層の厚さが0.6mm程度である規格の光ディスク(例えば、HD DVD)も含むものとする。また、このような保護層をその情報記録面上に有する光ディスクの他に、情報記録面上に数~数十nm程度の厚さの保護膜を有する光ディスクや、保護層或いは保護膜の厚さが0の光ディスクも含むものとする。また、本明細書においては、高密度光ディスクには、情報の記録/再生用の光源として、青紫色半導体レーザや青紫色SHGレーザを使用する光磁気ディスクも含まれるものとする。

40

また、本明細書においては、DVDとは、DVD-ROM、DVD-Video、DVD-Audio、DVD-RAM、DVD-R、DVD-RW、DVD+R、DVD+RW等のDVD系列の光ディスクの総称であり、CDとは、CD-ROM、CD-Audio

50

o、CD - Video、CD - R、CD - RW等のCD系列の光ディスクの総称である。

【0011】

以上の課題を解決するために、請求項1に記載の発明は、光束径 $d_1$ の第1波長 $\lambda_1$ の平行光束を、厚さ $t_1$ の保護層を有する第1光ディスクの情報記録面上に開口数 $NA_1$ 内で集光させ、光束径 $d_2$  ( $d_2 < d_1$ )の第2波長 $\lambda_2$  ( $\lambda_2 > \lambda_1$ )の平行光束を、厚さ $t_2$  ( $t_2 > t_1$ )の保護層を有する第2光ディスクの情報記録面上に開口数 $NA_2$  ( $NA_2 < NA_1$ )内で集光させる光ピックアップ装置用の対物光学系において、前記対物光学系は、共役距離の長い方から順に配置された第1レンズ群と、第2レンズ群とから構成され、前記第1レンズ群は位相構造を有し、前記光束径 $d_1$ の第1波長 $\lambda_1$ の平行光束が入射した場合の、前記第1レンズ群の波面収差を $W_{L1}$ 、前記第1波長 $\lambda_1$ の光束に対する前記第2レンズ群の前記開口数 $NA_1$ 内での波面収差が最小値 $W_{L2}$ となる場合の、前記第2レンズ群の倍率を $M$ 、前記倍率 $M$ における前記第2波長 $\lambda_2$ の光束に対する前記第2レンズ群の前記開口数 $NA_2$ 内での波面収差を $W_{L2}$ 、前記光束径 $d_2$ の第2波長 $\lambda_2$ の平行光束が入射した場合の、前記対物光学系の前記開口数 $NA_2$ 内での波面収差を $W_{OBJ}$ 、としたとき、以下の(1)乃至(5)式を満たすことを特徴とする。

$$W_{L1} \leq 0.05 \text{ RMS } (\lambda = \lambda_1) \quad (1)$$

$$W_{L2} \leq 0.05 \text{ RMS } (\lambda = \lambda_1) \quad (2)$$

$$-0.03 \leq M \leq 0.13 \quad (3)$$

$$W_{L2} \leq 0.30 \text{ RMS } (\lambda = \lambda_2) \quad (4)$$

$$W_{OBJ} \leq 0.05 \text{ RMS } (\lambda = \lambda_2) \quad (5)$$

但し、前記 $W_{L2}$ 及び $W_{OBJ}$ はデフォーカス成分を除いた波面収差であり、前記 $W_{L2}$ は前記厚さ $t_1$ の保護層込みで測定するものとし、前記 $W_{OBJ}$ は前記厚さ $t_2$ の保護層込みで測定するものとする。

【0012】

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の光ピックアップ装置用の対物光学系において、前記光束径 $d_1$ の第1波長 $\lambda_1$ の平行光束が入射した場合の、前記対物光学系の前記開口数 $NA_1$ 内での波面収差を $W_{OBJ}$ としたとき、以下の(6)式を満たすことを特徴とする。

$$W_{OBJ} \leq 0.05 \text{ RMS } (\lambda = \lambda_1) \quad (6)$$

但し、前記 $W_{OBJ}$ はデフォーカス成分を除いた波面収差であり、前記 $W_{OBJ}$ は前記厚さ $t_1$ の保護層込みで測定するものとする。

【0013】

請求項1に記載のように、第1レンズ群と第2レンズ群とを組み合わせる前の状態で、第1レンズ群のみに対して光束径 $d_1$ の第1波長 $\lambda_1$ の平行光束を入射させた場合に発生する波面収差 $W_{L1}$ を $0.05 \text{ RMS}$ 以下、即ちほぼゼロに抑え、更に、第2レンズ群のみに対して光束径 $d_1$ の第1波長 $\lambda_1$ の平行光束を入射させた場合に発生する波面収差 $W_{L2}$ を $0.05 \text{ RMS}$ 以下、即ちほぼゼロに抑えることで、第1レンズ群と第2レンズ群とを組み合わせ対物光学系 $OBJ$ を形成した場合の、当該対物光学系 $OBJ$ に光束径 $d_1$ の第1波長 $\lambda_1$ の平行光束が入射した場合の開口数 $NA_1$ 内での波面収差 $W_{OBJ}$ を請求項2に記載のように $0.05 \text{ RMS}$ 以下、即ちほぼゼロに抑える構成となっている。

【0014】

一方、波面収差が最小値 $W_{L2}$ となる場合の第2レンズ群の倍率を $M$ とし、この倍率 $M$ で第2波長 $\lambda_2$ の光束が第2レンズ群のみに入射した場合の当該第2レンズ群の開口数 $NA_2$ 内での波面収差 $W_{L2}$ は $0.30 \text{ RMS}$ より大と大きいものになる。この収差は、第1光ディスクと第2光ディスクとの保護層厚の差に起因して発生するものであり、この収差を第1レンズ群に設けた位相構造により補正することで、対物光学系 $OBJ$ に光束径 $d_2$ の第2波長 $\lambda_2$ の平行光束が入射した場合の開口数 $NA_2$ 内での波面収差 $W_{OBJ}$ を $0.05 \text{ RMS}$ 以下、即ちほぼゼロに抑えることができる。

【0015】

一般的に、光学素子の持つ収差は使用波長に逆比例して大きくなるので、波長が短くなるほど光学素子の特性を出すのは難しくなる。本発明による対物光学系のように、第1レンズ群と第2レンズ群を、使用波長のうち、短波長である第1波長 $\lambda_1$ に対して収差がほぼゼロとなるように設計しておくことで（即ち、(1)式乃至(3)式を満たすように設計しておくことで）、第1波長 $\lambda_1$ に対する個々のレンズ群の性能出しを効率良く行うことが出来る。

また、本発明による対物光学系では、第1光ディスクの保護層と第2光ディスクの保護層の厚みの差に起因して発生する球面収差を、第1レンズ群の位相構造により補正する構成となっているので、第1レンズ群を通過した第2波長 $\lambda_2$ の光束には、上記の球面収差を相殺するような球面収差が付加される。そのため、第2レンズ群が第1レンズ群に対して偏芯した場合、第2波長 $\lambda_2$ に対して発生する収差は非常に大きくなる。

10

#### 【0016】

本発明による対物光学系においては、個々のレンズ群の性能出しが第1波長 $\lambda_1$ に対して行われているので、第2レンズ群が第1レンズ群に対して偏芯した場合に第1波長 $\lambda_1$ に対して発生する収差は非常に小さくなり、組立時には第1波長 $\lambda_1$ に対する収差を確認する必要はなく、対物光学系としての第1波長 $\lambda_1$ に対する収差である(6)式を容易に満たすことが出来る。従って、組立時には第2波長 $\lambda_2$ に対する収差（特に、コマ収差）のみを確認しながら組立を行えばよく、(5)式を満たすように組立を行うことで、対物光学系としての第2波長 $\lambda_2$ に対する特性を出すことが容易に行える。

このように、本発明によると使用波長の全てに対して性能の良い互換対物光学系を効率良く、且つ低コストで製造することが可能となる。

20

#### 【0017】

第1レンズ群に形成する位相構造は、主に第1光ディスクの保護層と第2光ディスクの保護層の厚みの差に起因する球面収差を補正するために用いられるが、更に、第1波長 $\lambda_1$ と第2波長 $\lambda_2$ の波長差に起因する色収差も補正するものとしてもよい。なお、ここでいう色収差とは、波長差に起因する近軸像点位置の差（軸上色収差）、及び/又は、波長差に起因する球面収差を指す。

上述の位相構造は、回折構造、光路差付与構造の何れであっても良い。回折構造としては、図1に模式的に示すように、複数の輪帯100から構成され、光軸を含む断面形状が鋸歯形状であるものや、図2に模式的に示すように、段差101の方向が有効径内で同一である複数の輪帯102から構成され、光軸を含む断面形状が階段形状であるものや、図4に模式的に示すように、段差104の方向が有効径途中で入れ替わる複数の輪帯105から構成され、光軸を含む断面形状が階段形状であるものや、図3に模式的に示すように、内部に階段構造が形成された複数の輪帯103から構成されるものがある。また、光路差付与構造としては、図4に模式的に示すように、段差104の方向が有効径途中で入れ替わる複数の輪帯105から構成され、光軸を含む断面形状が階段形状であるものがある。尚、図1乃至図4は、各位相構造を平面上に形成した場合を模式的に示したものであるが、各位相構造を球面或いは非球面上に形成しても良い。また、回折構造或いは光路差付与構造の何れであっても、図4に模式的に示したような構造となる場合がある。

30

#### 【0018】

また、本明細書において、「対物光学系」とは、光ピックアップ装置において光ディスクに対向する位置に配置され、光源から射出された波長が互いに異なる光束を、記録密度が互いに異なる光ディスクのそれぞれの情報記録面上に集光する機能を有する集光素子と、該集光素子と一体となってアクチュエータによりトラッキング及びフォーカシング駆動される光学素子とから構成されるレンズ群を指すものとする。

40

また、本明細書において開口数とは、光ディスクの規格で規定されている開口数、或いは、光ディスクに対して情報の記録及び/又は再生を行うために必要なスポット径を得ることができる、回折限界性能を有する対物光学系の像側開口数を指すものとする。

#### 【0019】

請求項3に記載の発明は、請求項1又は2に記載の光ピックアップ装置用の対物光学系

50

において、前記第 1 波長  $\lambda_1$  の光束に対する前記第 1 レンズ群の近軸パワー  $P_{L1}$  と、前記第 1 波長  $\lambda_1$  の光束に対する前記第 2 レンズ群の近軸パワー  $P_{L2}$  との比が以下の (7) 式を満たすことを特徴とする。

$$|P_{L1} / P_{L2}| \leq 0.2 \quad (7)$$

【0020】

請求項 3 に記載のように、波長  $\lambda_1$  の入射光束に対する屈折力を専ら光ディスク側に配置される第 2 レンズ群に持たせることで、第 2 光ディスクに対する作動距離を十分に確保することが可能となる。更に、第 1 レンズ群に位相構造として光軸方向の段差を有する回折構造を形成する場合には、段差部分によりその進路が遮断されて集光スポットの形成に寄与しない光束の割合を抑えることができ、透過率の低下を防止できる。

10

【0021】

請求項 4 に記載の発明は、請求項 3 に記載の光ピックアップ装置用の対物光学系において、前記第 1 レンズ群、前記第 2 レンズ群及び前記厚さ  $t_1$  の保護層を同軸に配置した状態で測定した前記第 1 波長  $\lambda_1$  の光束に対する前記開口数  $NA_1$  内でのコマ収差を  $W_{C1}$  とし、前記第 2 レンズ群及び前記厚さ  $t_1$  の保護層を同軸に配置し、且つ、前記第 2 レンズ群の光軸に対して前記第 1 レンズ群の光軸を  $10 \mu m$  シフトさせて配置した状態で測定した前記第 1 波長  $\lambda_1$  の光束に対する前記開口数  $NA_1$  内でのコマ収差を  $W_{C2}$  とし、前記第 1 レンズ群、前記第 2 レンズ群及び前記厚さ  $t_2$  の保護層を同軸に配置した状態で測定した前記第 2 波長  $\lambda_2$  の光束に対する前記開口数  $NA_2$  内でのコマ収差を  $W_{C3}$  とし、前記第 2 レンズ群及び前記厚さ  $t_2$  の保護層を同軸に配置し、且つ、前記第 2 レンズ群の光軸に対して前記第 1 レンズ群の光軸を  $10 \mu m$  シフトさせて配置した状態で測定した前記第 2 波長  $\lambda_2$  の光束に対する前記開口数  $NA_2$  内でのコマ収差を  $W_{C4}$  としたとき、以下の (8) 及び (9) 式を満たすことを特徴とする。

20

$$W_{S1} = W_{C2} - W_{C1} < 0.01 \text{ RMS} \quad (\lambda = \lambda_1) \quad (8)$$

$$W_{S2} = W_{C4} - W_{C3} > 0.02 \text{ RMS} \quad (\lambda = \lambda_2) \quad (9)$$

【0022】

本発明による対物光学系では、上述したように個々のレンズ群の性能出しが第 1 波長  $\lambda_1$  に対して行われているので、レンズ群同士のシフトによる第 1 波長  $\lambda_1$  に対して発生するコマ収差は小さい。一方、位相構造により保護層の厚みの差による球面収差を補正する構成であるので、レンズ群同士のシフトによる第 2 波長  $\lambda_2$  に対して発生するコマ収差は大きくなる。従って、請求項 4 に記載のように、(8) 式及び (9) 式を満たせば、個々のレンズ群が (1) 乃至 (3) 式を満たすように製造されたと判断することが出来る。

30

$$W_{S1} = W_{C2} - W_{C1} < 0.01 \text{ RMS} \quad (\lambda = \lambda_1) \quad (8)$$

$$W_{S2} = W_{C4} - W_{C3} > 0.02 \text{ RMS} \quad (\lambda = \lambda_2) \quad (9)$$

【0023】

請求項 5 に記載の発明は、請求項 3 又は 4 に記載の光ピックアップ装置用の対物光学系において、前記第 1 レンズ群、前記第 2 レンズ群及び前記厚さ  $t_1$  の保護層を同軸に配置した状態で測定した前記第 1 波長  $\lambda_1$  の光束に対する前記開口数  $NA_1$  内でのコマ収差を  $W_{C1}$  とし、前記第 2 レンズ群及び前記厚さ  $t_1$  の保護層を同軸に配置し、且つ、前記第 2 レンズ群の光軸に対して前記第 1 レンズ群の光軸を 5 分ティルトさせて配置した状態で測定した前記第 1 波長  $\lambda_1$  の光束に対する前記開口数  $NA_1$  内でのコマ収差を  $W_{C5}$  とし、前記第 1 レンズ群、前記第 2 レンズ群及び前記厚さ  $t_2$  の保護層を同軸に配置した状態で測定した前記第 2 波長  $\lambda_2$  の光束に対する前記開口数  $NA_2$  内でのコマ収差を  $W_{C3}$  とし、前記第 2 レンズ群及び前記厚さ  $t_2$  の保護層を同軸に配置し、且つ、前記第 2 レンズ群の光軸に対して前記第 1 レンズ群の光軸を 5 分ティルトさせて配置した状態で測定した前記第 2 波長  $\lambda_2$  の光束に対する前記開口数  $NA_2$  内でのコマ収差を  $W_{C6}$  としたとき、以下の (10) 及び (11) 式を満たすことを特徴とする。

40

$$W_{T1} = W_{C5} - W_{C1} < 0.02 \text{ RMS} \quad (\lambda = \lambda_1) \quad (10)$$

$$W_{T2} = W_{C6} - W_{C3} < 0.02 \text{ RMS} \quad (\lambda = \lambda_2) \quad (11)$$

【0024】

50

請求項 5 に記載のように、本発明による対物光学系では、保護層の厚い第 2 光ディスクに対する作動距離を十分に確保するために、光ディスク側の第 2 レンズ群に近軸パワーの殆どを負担させる構成を有するので、第 1 レンズ群の近軸パワーは小さいものとなる。そのため、レンズ群同士のチルトにより発生するコマ収差は、何れの波長に対しても小さくなる。従って、(10)式及び(11)式を満たせば、個々のレンズ群が(1)乃至(3)式を満たすように製造されたと判断することが出来る。

$$W_{T1} = W_{C5} - W_{C1} < 0.02 \text{ RMS} \quad ( = \quad ) \quad (10)$$

$$W_{T2} = W_{C6} - W_{C1} < 0.02 \text{ RMS} \quad ( = \quad ) \quad (11)$$

【0025】

また、2群構成の互換対物光学系では組立時に、少なくとも4種類の偏芯誤差による収差が発生する。即ち、第1波長 $\lambda_1$ 及び第2波長 $\lambda_2$ に対するレンズ群同士のシフトによる収差、及び、第1波長 $\lambda_1$ 及び第2波長 $\lambda_2$ に対するレンズ群同士のチルトによる収差である。これら4種類の偏芯収差を確認しながら組立を行うことは、製造効率を著しく低下させるため、製造コストの増加につながるとともに、量産として成り立たない虞がある。

本発明による対物光学系は、(8)式乃至(11)式を満たすことで、上記の4種類の偏芯収差のうち、第2波長 $\lambda_2$ に対するレンズ群同士のシフトによる収差のみを確認しながら組立を行えば良く、複数の使用波長に対して十分な性能を有する2群構成の互換対物光学系を効率良く、且つ低コストで製造することが可能となる。

【0026】

請求項 6 に記載の発明は、請求項 1 乃至 5 の何れか一項に記載の光ピックアップ装置用の対物光学系において、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群には、光軸合わせ用の位置決めマークが形成されているとともに、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群は、前記位置決めマークによって互いの位置決めがなされていることを特徴とする。

【0027】

請求項 6 に記載のように、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群に、光軸合わせ用の位置決めマークを形成することにより、光軸が一致した状態で第 1 レンズ群と第 2 レンズ群とを容易に固定することができる。

【0028】

請求項 7 に記載の発明は、請求項 1 乃至 6 の何れか一項に記載の光ピックアップ装置用の対物光学系において、前記位相構造は、前記第 1 光ディスクの保護層の厚さ $t_1$ と前記第 2 光ディスクの保護層の厚さ $t_2$ との違いに起因して、前記第 2 レンズ群で発生する球面収差を補償する機能を有することを特徴とする。

【0029】

請求項 8 に記載の発明は、請求項 1 乃至 7 の何れか一項に記載の光ピックアップ装置用の対物光学系において、前記位相構造は、回折構造又は光路差付与構造であることを特徴とする。

【0030】

請求項 9 に記載の発明は、請求項 1 乃至 8 の何れか一項に記載の光ピックアップ装置用の対物光学系において、前記第 1 波長 $\lambda_1$ 、前記第 2 波長 $\lambda_2$ 、前記第 1 光ディスクの保護層の厚さ $t_1$ 、前記第 2 光ディスクの保護層の厚さ $t_2$ 、前記開口数 $NA_1$ 、前記開口数 $NA_2$ が以下の(12)乃至(17)式を満たすことを特徴とする。

$$350 \text{ nm} < \lambda_1 < 420 \text{ nm} \quad (12)$$

$$630 \text{ nm} < \lambda_2 < 680 \text{ nm} \quad (13)$$

$$0 \text{ mm} < t_1 < 0.2 \text{ mm} \quad (14)$$

$$0.55 \text{ mm} < t_2 < 0.65 \text{ mm} \quad (15)$$

$$0.8 < NA_1 < 0.9 \quad (16)$$

$$0.55 < NA_2 < 0.7 \quad (17)$$

【0031】

請求項 10 に記載の発明は、光束径 $d_1$ の第 1 波長 $\lambda_1$ の平行光束を、厚さ $t_1$ の保護層を有する第 1 光ディスクの情報記録面上に開口数 $NA_1$ 内で集光させ、光束径 $d_2$  ( $d_2 <$

10

20

30

40

50

1) の第 2 波長  $\lambda_2$  ( $\lambda_2 > \lambda_1$ ) の平行光束を、厚さ  $t_2$  ( $t_2 > t_1$ ) の保護層を有する第 2 光ディスクの情報記録面上に開口数  $NA_2$  ( $NA_2 < NA_1$ ) 内で集光させる光ピックアップ装置であって、請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の光ピックアップ装置用の対物光学系を具備することを特徴とする。

【0032】

請求項 11 に記載の発明は、請求項 10 に記載の光ピックアップ装置を搭載したことを特徴とする。

【発明の効果】

【0033】

本発明によれば、位相構造を有し、記録密度が異なる複数の光ディスクに対して情報の記録及び / 又は再生を適切に行うことが出来る 2 群構成の対物光学系において、使用波長の全てに対して性能の良いものを効率良く、且つ低コストで製造することが可能な対物光学系及びこの対物光学系を搭載する光ピックアップ装置、光情報記録再生装置を提供することが出来る。

【発明を実施するための最良の形態】

【0034】

本発明を実施するための最良の形態について、図面を参照しつつ説明する。

図 5 は、高密度光ディスク HD (第 1 光ディスク) と DVD (第 2 光ディスク) の何れに対しても、簡略な構成で適切に情報の記録 / 再生を行える第 1 の光ピックアップ装置 PU1 の構成を概略的に示す図である。高密度光ディスク HD の光学的仕様は、第 1 波長  $\lambda_1 = 408 \text{ nm}$ 、第 1 保護層 PL1 の厚さ  $t_1 = 0.0875 \text{ mm}$ 、開口数  $NA_1 = 0.85$  であり、DVD の光学的仕様は、第 2 波長  $\lambda_2 = 658 \text{ nm}$ 、第 2 保護層 PL2 の厚さ  $t_2 = 0.6 \text{ mm}$ 、開口数  $NA_2 = 0.60$  である。

【0035】

第 1 光ディスク及び第 2 光ディスクの記録密度 ( $\rho_1$  及び  $\rho_2$ ) は、 $\rho_2 < \rho_1$  となっており、第 1 光ディスク及び第 2 光ディスクに対して情報の記録及び / 又は再生を行う際の、対物光学系 OBJ の倍率 (第 1 倍率  $M_1$  及び第 2 倍率  $M_2$ ) は、 $M_1 = M_2 = 0$  となっている。但し、波長、保護層の厚さ、開口数、記録密度及び倍率の組合せはこれに限られない。

【0036】

光ピックアップ装置 PU1 は、高密度光ディスク HD に対して情報の記録 / 再生を行う場合に発光され  $408 \text{ nm}$  のレーザ光束 (第 1 光束) を射出する第 1 の発光点 EP1 (第 1 光源) と、DVD に対して情報の記録 / 再生を行う場合に発光され  $658 \text{ nm}$  のレーザ光束 (第 2 光束) を射出する第 2 の発光点 EP2 (第 2 光源) と、高密度光ディスク HD の情報記録面 RL1 からの反射光束を受光する第 1 の受光部 DS1 と、DVD の情報記録面 RL2 からの反射光束を受光する第 2 の受光部 DS2 と、プリズム PS とから構成された高密度光ディスク HD / DVD 用レーザモジュール LM1、その光学面上に位相構造としての回折構造が形成された収差補正素子 L1 (第 1 レンズ群) と、この収差補正素子 L1 を透過したレーザ光束を情報記録面 RL1、RL2 上に集光させる機能を有する両面が非球面とされた集光素子 L2 (第 2 レンズ群) とを、共役距離の長い方から順に配置して構成された対物光学系 OBJ、開口制限素子 AP、2 軸アクチュエータ AC1、1 軸アクチュエータ AC2、高密度光ディスク HD の開口数  $NA_1$  に対応した絞り STO、コリメートレンズ COL (可動素子)、ビーム整形素子 SH とから構成されている。

【0037】

光ピックアップ装置 PU1 において、高密度光ディスク HD に対して情報の記録 / 再生を行う場合には、高密度光ディスク HD / DVD 用レーザモジュール LM1 を作動させて第 1 の発光点 EP1 を発光させる。第 1 の発光点 EP1 から射出された発散光束は、図 5 において実線でその光線経路を描いたように、プリズム PS で反射され、ビーム整形素子 SH を透過することにより、その断面形状が楕円形から円形に整形され、コリメートレンズ COL を経て平行光束とされた後、偏光ビームスプリッタ BS を透過し、絞り STO に

10

20

30

40

50

より光束径が  $\phi_1$  に規制され、開口制限素子 A P を透過し、対物光学系 O B J によって第 1 保護層 P L 1 を介して情報記録面 R L 1 上に形成されるスポットとなる。対物光学系 O B J は、その周辺に配置された 2 軸アクチュエータ A C 1 によってフォーカシングやトラッキングを行う。情報記録面 R L 1 で情報ピットにより変調された反射光束は、再び対物光学系 O B J、開口制限素子 A P、偏光ビームスプリッタ B S を透過し、コリメートレンズ C O L によって収斂光束とされ、ビーム整形素子 S H を透過した後、プリズム P S 内部で 2 回反射され受光部 D S 1 に集光する。そして、受光部 D S 1 の出力信号を用いて高密度光ディスク H D に記録された情報を読み取ることができる。

#### 【0038】

また、光ピックアップ装置 P U 1 において D V D に対して情報の記録 / 再生を行う場合には、第 2 光束が平行光束の状態のコリメートレンズ C O L から射出されるように、対物光学系 O B J とコリメートレンズ C O L との間の距離が、高密度光ディスク H D に対して情報の記録 / 再生を行う場合よりも小さくなるように 1 軸アクチュエータ A C 2 によりコリメートレンズ C O L を移動させる。その後、対物光学系 O B J と第 1 高密度光ディスク H D / D V D 用レーザモジュール L M 1 を作動させて第 2 の発光点 E P 2 を発光させる。第 2 の発光点 E P 2 から射出された発散光束は、図 5 において点線でその光線経路を描いたように、プリズム P S で反射され、ビーム整形素子 S H を透過することにより、その断面形状が楕円形から円形に整形され、コリメートレンズ C O L を経て平行光束とされた後、偏光ビームスプリッタ B S を透過し、開口制限素子 A P を透過する際に光束径が  $\phi_2$  ( $\phi_2 < \phi_1$ ) に規制され、対物光学系 O B J によって第 2 保護層 P L 2 を介して情報記録面 R L 2 上に形成されるスポットとなる。対物光学系 O B J は、その周辺に配置された 2 軸アクチュエータ A C 1 によってフォーカシングやトラッキングを行う。情報記録面 R L 2 で情報ピットにより変調された反射光束は、再び対物光学系 O B J、開口制限素子 A P、偏光ビームスプリッタ B S を透過し、コリメートレンズ C O L によって収斂光束とされ、ビーム整形素子 S H を透過した後、プリズム P S 内部で 2 回反射され受光部 D S 2 に集光する。そして、受光部 D S 2 の出力信号を用いて D V D に記録された情報を読み取ることができる。

#### 【0039】

次に、対物光学系 O B J の構成について説明する。収差補正素子 L 1 は、d 線での屈折率 n d が 1 . 5 0 9 1 であり、アッペ数  $d$  が 5 6 . 5 のプラスチックレンズであり、 $\phi_1$  に対する屈折率は 1 . 5 2 4 2、 $\phi_2$  に対する屈折率は 1 . 5 0 6 4 である。また、集光素子 L 2 は、d 線での屈折率 n d が 1 . 5 4 3 5 であり、アッペ数  $d$  が 5 6 . 3 のプラスチックレンズである。また、それぞれの光学機能部 ( 第 1 光束が通過する、収差補正素子 L 1 と集光素子 L 2 の領域 ) の周囲には、光学機能部と一体に成形されたフランジ部 F L 1、F L 2 を有し、かかるフランジ部 F L 1、F L 2 の一部同士を接合することで一体化されている。

尚、収差補正素子 L 1 と集光素子 L 2 とを一体化する場合には、別部材の鏡枠を介して両者を一体化してもよい。

#### 【0040】

そして、光束径  $\phi_1$  の第 1 光束の平行光束が収差補正素子 L 1 に入射した場合の、当該収差補正素子 L 1 の波面収差を  $W_{L1 \phi_1}$ 、第 1 光束に対する集光素子 L 2 の開口数  $N A_1$  内の波面収差が最小値  $W_{L2 \phi_1}$  となる場合の、集光素子 L 2 の倍率を M、倍率 M における第 2 光束に対する集光素子 L 2 の開口数  $N A_2$  内での波面収差を  $W_{L2 \phi_2}$ 、光束径  $\phi_1$  の第 1 光束の平行光束が対物光学系 O B J に入射した場合の、当該対物光学系 O B J の開口数  $N A_1$  内での波面収差を  $W_{OBj \phi_1}$ 、光束径  $\phi_2$  の第 2 光束の平行光束が対物光学系 O B J に入射した場合の、当該対物光学系 O B J の開口数  $N A_2$  内での波面収差を  $W_{OBj \phi_2}$ 、としたとき、以下の ( 1 ) 乃至 ( 6 ) 式を満たすようにレンズ設計が行なわれている。

$$W_{L1 \phi_1} = 0 . 0 5 \text{ RMS } \left( \frac{\phi_1}{\phi_2} \right) \quad ( 1 )$$

$$W_{L2 \phi_1} = 0 . 0 5 \text{ RMS } \left( \frac{\phi_1}{\phi_2} \right) \quad ( 2 )$$

$$- 0 . 0 3 \leq M \leq 0 . 1 3 \quad ( 3 )$$

$$W_{L2} > 0.30 \text{ RMS} \quad (= \lambda_2) \quad (4)$$

$$W_{OBJ} < 0.05 \text{ RMS} \quad (= \lambda_2) \quad (5)$$

$$W_{OBJ} < 0.05 \text{ RMS} \quad (= \lambda_1) \quad (6)$$

但し、前記  $W_{L2}$ 、 $W_{OBJ}$ 、 $W_{L2}$  及び  $W_{OBJ}$  はデフォーカス成分を除いた波面収差であり、前記  $W_{L2}$  及び  $W_{OBJ}$  は前記厚さ  $t_1$  の保護層込みで測定するものとし、前記  $W_{L2}$  及び前記  $W_{OBJ}$  は前記厚さ  $t_2$  の保護層込みで測定するものとする。

#### 【0041】

具体的には、収差補正素子 L1 と集光素子 L2 とを組み合わせる前の状態で、収差補正素子 L1 のみに対して光束径  $\lambda_1$  の第1光束の平行光束を入射させた場合に発生する波面収差  $W_{L1}$  を  $0.05 \text{ RMS}$  以下、即ちほぼゼロに抑え、更に、集光素子 L2 のみに対して光束径  $\lambda_1$  の第1光束の平行光束を入射させた場合に発生する波面収差  $W_{L2}$  を  $0.05 \text{ RMS}$  以下、即ちほぼゼロに抑えることで、収差補正素子 L1 と集光素子 L2 とを組み合わせ対物光学系 OBJ を形成した場合の、当該対物光学系 OBJ に光束径  $\lambda_1$  の第1光束の平行光束が入射した場合の開口数  $NA_1$  内での波面収差  $W_{OBJ}$  を  $0.05 \text{ RMS}$  以下、即ちほぼゼロに抑える構成となっている。

#### 【0042】

一方、波面収差が最小値  $W_{L2}$  となる場合の集光素子 L2 の倍率を M とし、この倍率 M で第2光束が集光素子 L2 のみに入射した場合の当該集光素子 L2 の開口数  $NA_2$  内での波面収差  $W_{L2}$  は  $0.30 \text{ RMS}$  より大と大きいものになる。この収差は、高密度光ディスク HD の DVD との保護層厚の差（第1保護層 PL1 の厚さ  $t_1 = 0.0875 \text{ mm}$ 、第2保護層 PL2 の厚さ  $t_2 = 0.6 \text{ mm}$ ）に起因して発生するものであり、この収差を補正し、対物光学系 OBJ に光束径  $\lambda_2$  の第2光束の平行光束が入射した場合の開口数  $NA_2$  内での波面収差  $W_{OBJ}$  を  $0.05 \text{ RMS}$  以下、即ちほぼゼロに抑えるために、収差補正素子 L1 に位相構造としての回折構造が設けられている。

#### 【0043】

具体的には、収差補正素子 L1 の半導体レーザ光源側の光学面 S1 は、図6に示すように、 $NA_2$  内の領域に対応する光軸を含む第1領域 AREA1 と、 $NA_2$  から  $NA_1$  までの領域に対応する第2領域 AREA2 とに分割されており、第1領域 AREA1 には、図3に示したような、その内部に階段構造が形成された複数の輪帯が光軸を中心として配列された構造である回折構造（以下、この回折構造を「回折構造 HOE」という。）が形成されている。

#### 【0044】

第1領域 AREA1 に形成された回折構造 HOE において、各輪帯内に形成された階段構造の深さ D は、

$$D \cdot (N_1 - 1) / \lambda_1 = 2$$

で算出される値に設定され、各輪帯内の分割数 P は 5 に設定されている。但し、 $\lambda_1$  は第1の発光点 EP1 から射出されるレーザ光束の波長をミクロン単位で表したものであり（ここでは、 $\lambda_1 = 0.408 \mu\text{m}$ ）、 $N_1$  は第1波長  $\lambda_1$  に対する収差補正素子 L1 の屈折率である（ここでは、 $N_1 = 1.5242$ ）。

#### 【0045】

光軸方向の深さ D がこのように設定された階段構造に対して、第1波長  $\lambda_1$  の第1光束が入射した場合、隣接する階段構造間では  $2 \times \lambda_1$  ( $\mu\text{m}$ ) の光路差が発生し、第1光束は実質的に位相差が与えられないので回折されずにそのまま透過する（本明細書においては「0次回折光」という。）。

#### 【0046】

一方、この階段構造に対して、第2波長  $\lambda_2$ （ここでは、 $\lambda_2 = 0.658 \mu\text{m}$ ）の第2光束が入射した場合、隣接する階段構造間では  $2 \times 0.408 \times (1.5064 - 1) / (1.5242 - 1) - 0.658 = 0.13$  ( $\mu\text{m}$ ) の光路差が発生する。各輪帯内の分割数 P は 5 に設定されているため、隣接する輪帯同士で第2波長  $\lambda_2$  の1波長分の光路差が生じることになり（ $0.13 \times 5 = 0.65$ 、 $1 \times 0.658$ ）、第2光束は +1 次

の方向に回折する(+1次回折光)。このときの第2光束の+1次回折光の回折効率、87.5%となるが、DVDに対する情報の記録/再生には十分な光量である。尚、上記の1.5064という値は、第2波長 $\lambda_2$ に対する収差補正素子L1の屈折率である。

【0047】

上述のように、集光素子L2は、第1波長 $\lambda_1$ と倍率Mと第1保護層PL1との組合せに対して波面収差が最小となるように設計されており、第1保護層PL1と、第2保護層PL2の厚さの違いにより、集光素子L2と第2保護層PL2とを透過した第2光束の球面収差は補正過剰方向となってしまう。

【0048】

そこで、回折構造HOEの各輪帯の幅は、第2光束が入射した場合に、回折作用により+1次回折光に対して補正不足方向の球面収差が付加されるように設定し、回折構造HOEによる球面収差の付加量と、第1保護層PL1と第2保護層PL2との厚みの差により発生する補正過剰方向の球面収差とが互いに相殺することで、回折構造HOEと第2保護層PL2とを透過した第2光束はDVDの情報記録面RL2上で良好なスポットを形成するようになっている。

【0049】

更に、収差補正素子L1の光ディスク側の光学面S2は、図6に示すように、 $NA_2$ 内の領域に相当する光軸を含む第3領域AREA3と、 $NA_2$ から $NA_1$ までの領域に相当する第4領域AREA4とに分割されており、図2(a)に示したような、光軸を含む断面形状が階段形状の複数の輪帯から構成された回折構造(以下、この回折構造を「回折構造DOE1、DOE2」という。)が、それぞれ、第3領域AREA3と第4領域AREA4に形成されている。

回折構造DOE1、DOE2は、青紫色領域における対物光学系OBJの軸上色収差と、入射波長変化に伴う球面収差変化を抑制するための構造である。これらの回折構造は、青紫色領域において、入射光束の波長が長くなった場合に、球面収差が補正不足方向に変化し、入射光束の波長が短くなった場合に、球面収差が補正過剰方向に変化するような球面収差の波長依存性を有する。これにより、入射波長変化に伴い集光素子L2で発生する球面収差変化を相殺することで、第1光源EP1の波長誤差に対する公差を広げている。

【0050】

回折構造DOE1において、光軸に最も近い段差の高さd1は、波長390nm(収差補正素子L1の、波長390nmに対する屈折率は1.5273である)に対して回折効率が100%となるように設計されている。このように段差の深さが設定された回折構造DOE1に対して、第1光束が入射すると、+2次回折光が96.8%の回折効率で発生し、第2光束が入射すると、+1次回折光が93.9%の回折効率で発生し、第3光束が入射すると、+1次回折光が99.2%の回折効率で発生するので、何れの波長領域において十分な回折効率を得られるとともに、青紫色領域で色収差を補正した場合でも、第2光束の波長領域における色収差補正が過剰になりすぎない。

【0051】

一方、回折構造DOE2は、第1波長 $\lambda_1$ に対して最適化されているため、回折構造DOE2に対して、第1光束が入射すると、+2次回折光が100%の回折効率で発生する。

本実施の形態における対物光学系OBJでは、回折構造DOE1を波長390nmに対して最適化することで、第1光束及び第2光束に対して回折効率を振り分けるようにしたが、回折構造DOE1においても回折構造DOE2と同様に、第1波長 $\lambda_1$ に対して最適化することで、第1光束の回折効率を重視した構成としても良い。

【0052】

以上のように、対物光学系OBJを収差補正素子L1と集光素子L2とによる2群構成とする場合に、収差補正素子L1と集光素子L2それぞれの波面収差量が上記(1)、(2)及び(3)式を満たす範囲内となるようにレンズ設計を行うことにより、波面収差量が(5)及び(6)式の範囲内、つまり、ほぼゼロになるような対物光学系OBJを容易

に得ることが可能となる。

【0053】

また、収差補正素子L1、集光素子L2及び厚さ $t_1$ の保護層を同軸に配置した状態で測定した第1光束に対する開口数 $NA_1$ 内でのコマ収差を $W_{C1}$ とし、集光素子L2及び厚さ $t_1$ の保護層を同軸に配置し、且つ、集光素子L2の光軸に対して収差補正素子L1の光軸を $10\mu\text{m}$ シフトさせて配置した状態で測定した第1光束に対する開口数 $NA_1$ 内でのコマ収差を $W_{C2}$ とし、収差補正素子L1、集光素子L2及び厚さ $t_2$ の保護層を同軸に配置した状態で測定した第2光束に対する開口数 $NA_2$ 内でのコマ収差を $W_{C3}$ とし、集光素子L2及び厚さ $t_2$ の保護層を同軸に配置し、且つ、集光素子L2の光軸に対して収差補正素子L1の光軸を $10\mu\text{m}$ シフトさせて配置した状態で測定した第2光束に対する開口数 $NA_2$ 内でのコマ収差を $W_{C4}$ としたとき、以下の(8)及び(9)式を満たす場合には、波面収差量が上記(1)、(2)及び(3)式を満たすように収差補正素子L1と集光素子L2が設計されたと判断することができる。

$$W_{S1} = W_{C2} - W_{C1} < 0.01 \text{ RMS } (\text{ } = \text{ }_1) \quad (8)$$

$$W_{S2} = W_{C4} - W_{C3} > 0.02 \text{ RMS } (\text{ } = \text{ }_2) \quad (9)$$

【0054】

また、収差補正素子L1、集光素子L2及び厚さ $t_1$ の保護層を同軸に配置した状態で測定した第1光束に対する開口数 $NA_1$ 内でのコマ収差を $W_{C1}$ とし、集光素子L2及び厚さ $t_1$ の保護層を同軸に配置し、且つ、集光素子L2の光軸に対して収差補正素子L1の光軸を5分ティルトさせて配置した状態で測定した第1光束に対する開口数 $NA_1$ 内でのコマ収差を $W_{C5}$ とし、収差補正素子L1、集光素子L2及び厚さ $t_2$ の保護層を同軸に配置した状態で測定した第2光束に対する開口数 $NA_2$ 内でのコマ収差を $W_{C3}$ とし、集光素子L2及び厚さ $t_2$ の保護層を同軸に配置し、且つ、集光素子L2の光軸に対して収差補正素子L1の光軸を5分ティルトさせて配置した状態で測定した第2光束に対する開口数 $NA_2$ 内でのコマ収差を $W_{C6}$ としたとき、以下の(10)及び(11)式を満たす場合には、波面収差量が上記(1)、(2)及び(3)式を満たすように収差補正素子L1と集光素子L2が設計されたと判断することができる。

$$W_{T1} = W_{C5} - W_{C1} < 0.02 \text{ RMS } (\text{ } = \text{ }_1) \quad (10)$$

$$W_{T2} = W_{C6} - W_{C1} < 0.02 \text{ RMS } (\text{ } = \text{ }_2) \quad (11)$$

【0055】

また、第1光束に対する収差補正素子L1の近軸パワー $P_{L1}$ と、第1光束に対する集光素子L2の近軸パワー $P_{L2}$ との比が以下の(7)式を満たすようにレンズ設計が行なわれている。

$$|P_{L1} / P_{L2}| \leq 0.2 \quad (7)$$

このように、波長 $\lambda_1$ の入射光束に対する屈折力を専ら光ディスク側に配置される集光素子L2に持たせることで、DVDに対する作動距離を十分に確保することが可能となる。更に、収差補正素子L1の光学面上に、光軸方向の段差を有する回折構造を形成しているので、段差部分によりその進路が遮断されて集光スポットの形成に寄与しない光束の割合を抑えることができ、透過率の低下を防止できる。

【0056】

また、図7(a)に示すように、収差補正素子L1と集光素子L2には、光軸合わせ用の位置決めマークM1とM2が形成されている。

具体的には、収差補正素子L1の出射面S2の光軸 $l_1$ 上と、集光素子L2の入射面S1の光軸 $l_2$ 上に、位置決めマークとしての突部M1、M2が形成されており、そして、例えば、側面から光を照射した状態で、集光素子L2の出射面S2側から集光素子L2を介して2つの突部M1、M2を目視により確認しながら、集光素子L2を収差補正素子L1に対して相対的に移動させ、突出部M2を突出部M1に重なり合わせることで、光軸 $l_1$ と $l_2$ とが一致した状態で収差補正素子L1と集光素子L2とを容易に位置決めすることができる。なお、光軸上に形成した位置決めマークM1、M2は、各光学素子の光学的機能に影響を与えない程度の大きさとなっている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 7 】

また、図 7 ( b ) に示すように、位置決めマーク M 1、M 2 を収差補正素子 L 1 と集光素子 L 2 それぞれの側面に複数設けてもよい。この場合、収差補正素子 L 1 の光軸 l 1 と集光素子 L 2 の光軸 l 2 とを一致させることができるだけでなく、光軸を中心とした円周方向の相対的な位置決めも可能となる。

なお、本実施の形態の収差補正素子 L 1 では、半導体レーザ光源側の光学面 S 1 に回折構造 H O E を形成し、光ディスク側の光学面 S 2 に回折構造 D O E を形成した構成としたが、これとは、逆に、光学面 S 1 に回折構造 D O E を形成し、光学面 S 2 に回折構造 H O E を形成した構成としてもよい。

## 【 0 0 5 8 】

コリメートレンズ C O L は、1 軸アクチュエータ A C 2 により光軸方向にその位置が変移可能であるように構成されており、第 1 波長  $\lambda_1$  と第 2 波長  $\lambda_2$  との間の色収差を吸収し、何れの波長の光束も平行光束の状態のコリメートレンズ C O L から射出することが出来る。更に、高密度光ディスク H D に対する情報の記録 / 再生時にコリメートレンズ C O L を光軸方向に変移させることで、高密度光ディスク H D の情報記録面 R L 1 上に形成されたスポットの球面収差を補正することが可能となるので、高密度光ディスク H D に対して常に良好な記録 / 再生特性を維持することができる。

## 【 0 0 5 9 】

コリメートレンズ C O L の位置調整により補正する球面収差の発生原因は、例えば、青色半導体レーザ L D 1 の製造誤差による波長ばらつき、温度変化に伴う対物光学系 O B J の屈折率変化や屈折率分布、2 層ディスク、4 層ディスク等の多層ディスクに対する記録 / 再生時における層間のフォーカスジャンプ、保護層 P L 1 の製造誤差による厚みばらつきや厚み分布、等である。

以上の説明では、高密度光ディスク H D の情報記録面 R L 1 上に形成されたスポットの球面収差を補正する場合について説明したが、D V D の情報記録面 R L 2 上に形成されたスポットの球面収差をコリメートレンズ C O L の位置調整により補正するようにしても良い。

## 【 0 0 6 0 】

なお、図示は省略するが、上記実施の形態に示した光ピックアップ装置 P U 1、光ディスクを回転自在に保持する回転駆動装置、これら各種装置の駆動を制御する制御装置を搭載することで、光ディスクに対する光情報の記録及び光ディスクに記録された情報の再生のうち少なくとも一方の実行が可能なる光情報記録再生装置を得ることが出来る。

## 【 実施例 】

## 【 0 0 6 1 】

次に、上述した実施の形態に用いることができる対物光学系の実施例について説明する。なお、以下の実施例における対物光学系の光学面が非球面に構成される場合には、各々の非球面は次の数 1 で表される非球面形状を有している。ただし、X ( m m ) はその光学面の頂点に接する平面からの変形量で、h ( m m ) は光軸に垂直な方向の高さ、r ( m m ) は近軸曲率半径、 $\kappa$  は円錐係数、 $A_{2i}$  は非球面係数である。

## 【 数 1 】

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

## 【 0 0 6 2 】

また、収差補正素子に形成される回折構造は、この回折構造により透過波面に付加される光路差で表される。かかる光路差は、光軸に垂直な方向の高さを h ( m m )、 $B_{2j}$  を光路差関数係数、入射光束の波長を  $\lambda$  ( n m )、製造波長を  $\lambda_0$  ( n m )、波長  $\lambda$  の光束が入射した際にこの回折構造で発生する回折光のうち、最大の回折効率を有する回折光の回

10

20

30

40

50

折次数を  $dor$  とするとき、次の数 2 で定義される光路差関数  $\phi_b$  (mm) で表される。

【数 2】

$$\phi_b = \frac{\lambda}{\lambda_B} \times dor \times \sum_{j=1} B_{2j} h^{2j}$$

【0063】

[実施例 1]

本実施例は、収差補正素子と集光素子とから構成された高密度光ディスク HD と DVD とに互換性を有する対物レンズユニットである。収差補正素子と集光素子は共にプラスチックレンズである。尚、集光素子は、高密度光ディスク HD 専用の集光素子である。本実施例にかかるレンズデータを表 1 に、そのレンズ断面図を図 8 に示す。

【表 1 - 1】

## 【光学的仕様】

HD : NA1=0.85, f1=2.000mm,  $\lambda 1=408\text{nm}$ , M1=0, t1=0.0875mmDVD : NA2=0.60, f2=2.084mm,  $\lambda 2=658\text{nm}$ , M2=0, t2=0.6mm

## 【近軸データ】

面番号	r(mm)	d1(mm)	d2(mm)	N $\lambda 1$	N $\lambda 2$	$\nu d$	備考
OBJ		$\infty$	$\infty$				発光点
STO		0.5000	0.5000				絞り
1	(下表)	1.0000	1.0000	1.5242	1.5064	56.5	収差補正 素子
2	(下表)	0.1000	0.1000				
3	1.3156	2.3500	2.3500	1.5596	1.5406	56.3	集光素子
4	-2.6935	0.6640	0.4497				
5	$\infty$	0.0875	0.6000	1.6211	1.5798	30.0	保護層
6	$\infty$						

10

## 【第 1 面及び 2 面の近軸曲率半径、非球面係数、回折次数、製造波長、光路差関数係数】

	第 1 面		第 2 面	
	$0 \leq h \leq 1.26$	$1.26 \leq h$	$0 \leq h \leq 1.26$	$1.26 \leq h$
r	$\infty$	$\infty$	20.8798	19.7183
$\kappa$	0.0000E+00	0.0000E+00	5.0956E+01	4.4456E+00
A4	0.0000E+00	0.0000E+00	1.0336E-03	1.3107E-03
A6	0.0000E+00	0.0000E+00	8.5090E-04	5.5453E-04
A8	0.0000E+00	0.0000E+00	2.1984E-04	4.3192E-05
A10	0.0000E+00	0.0000E+00	-5.6827E-05	7.8824E-05
dor	+0/+1	-	+2/+1	+2/+1
$\lambda B$	658nm	-	390nm	408nm
B2	5.1500E-03	0.0000E+00	-6.0000E-03	-6.5080E-03
B4	-1.4410E-03	0.0000E+00	-4.6351E-04	-6.0710E-04
B6	-5.0546E-05	0.0000E+00	-1.8082E-04	6.0292E-07
B8	-1.5857E-04	0.0000E+00	-8.6806E-05	-4.9997E-05
B10	1.2455E-05	0.0000E+00	2.2031E-05	-1.6906E-05

20

30

40

【表 1 - 2】

【第 3 面及び第 4 面の非球面係数】

	第 3 面	第 4 面
$\kappa$	-0.6677E+00	-0.4265E+02
A4	0.1094E-01	0.1292E+00
A6	0.1198E-02	-0.1725E+00
A8	0.3188E-02	0.1609E+00
A10	-0.2625E-02	-0.9634E-01
A12	0.8605E-03	0.3157E-01
A14	0.6914E-03	-0.4291E-02
A16	-0.7048E-03	0.0000E+00
A18	0.2356E-03	0.0000E+00
A20	-0.2819E-04	0.0000E+00

10

尚、表 1 において、10 のべき乗数（例えば  $2.5 \times 10^{-03}$ ）を、E（例えば  $2.5 E^{-03}$ ）を用いて表すものとする。

20

## 【0064】

また、表 1 において、 $NA_1$  は高密度光ディスク HD の開口数、 $NA_2$  は DVD の開口数、 $f_1$  (mm) は第 1 波長  $\lambda_1$  に対する焦点距離、 $f_2$  (mm) は第 2 波長  $\lambda_2$  に対する焦点距離、 $\lambda_1$  (nm) は高密度光ディスク HD の使用波長、 $\lambda_2$  (nm) は DVD の使用波長、 $M_1$  は第 1 波長  $\lambda_1$  に対する倍率、 $M_2$  は第 2 波長  $\lambda_2$  に対する倍率、 $t_1$  (mm) は高密度光ディスク HD の保護層厚み、 $t_2$  (mm) は DVD の保護層厚み、 $r$  (mm) は近軸曲率半径、 $d_1$  (mm) は第 1 波長  $\lambda_1$  に対する面間隔、 $d_2$  (mm) は第 2 波長  $\lambda_2$  に対する面間隔、 $N_1$  は第 1 波長  $\lambda_1$  に対する屈折率、 $N_2$  は第 2 波長  $\lambda_2$  に対する屈折率、 $d$  はアッベ数、 $d$  or  $r$  は回折次数を表す。

## 【0065】

30

また、本実施例の対物光学系の (1) 乃至 (11) 式に対応する値を以下に示す。但し、これらの波面収差値を算出する際には、第 1 波長  $\lambda_1$  の平行光束は光束径  $\phi_1 = 3.4$  mm で入射させ、第 2 波長  $\lambda_2$  の平行光束は光束径  $\phi_2 = 2.5$  mm で入射させた。

$$(1) W_{L1} = 0.000 \quad \text{RMS} (\quad = 408 \text{ nm})$$

$$(2) W_{L2} = 0.002 \quad \text{RMS} (\quad = 408 \text{ nm})$$

$$(3) M = 0$$

$$(4) W_{L2} = 0.618 \quad \text{RMS} (\quad = 658 \text{ nm})$$

$$(5) W_{OBJ} = 0.000 \quad \text{RMS} (\quad = 658 \text{ nm})$$

$$(6) W_{OBJ} = 0.000 \quad \text{RMS} (\quad = 408 \text{ nm})$$

$$(7) |P_{L1} / P_{L2}| = 0$$

40

$$(8) W_{S1} = 0.000 \quad \text{RMS} (\quad = 408 \text{ nm})$$

$$(9) W_{S2} = 0.028 \quad \text{RMS} (\quad = 658 \text{ nm})$$

$$(10) W_{T1} = 0.008 \quad \text{RMS} (\quad = 408 \text{ nm})$$

$$(11) W_{T2} = 0.002 \quad \text{RMS} (\quad = 658 \text{ nm})$$

## 【0066】

## [実施例 2]

本実施例は、収差補正素子と集光素子とから構成された高密度光ディスク HD と DVD と CD とに互換性を有する対物レンズユニットである。収差補正素子はプラスチックレンズであり、集光素子はガラスレンズ（HOYA 社製「BACD5」）である。尚、集光素子は、高密度光ディスク HD 専用の集光素子である。本実施例にかかるレンズデータを表

50

2 に示す。

【表 2 - 1】

【光学的仕様】  
 HD : NA1=0.85, f1=2.200mm,  $\lambda$  1=405nm, M1=0, t1=0.1mm  
 DVD : NA2=0.65, f2=2.319mm,  $\lambda$  2=655nm, M2=0, t2=0.6mm  
 CD : NA3=0.45, f3=2.622mm,  $\lambda$  3=785nm, M3=0, t3=1.2mm

【近軸データ】

面番号	r(mm)	d1(mm)	d2(mm)	d3(mm)	N $\lambda$ 1	N $\lambda$ 2	N $\lambda$ 3	$\nu$ d	備考
OBJ		$\infty$	$\infty$	$\infty$					発光点
STO		0.1000	0.1000	0.1000					絞り
1	(下表)	1.1000	1.1000	1.1000	1.51547	1.49729	1.49378	55.0	収差補正 素子
2	(下表)	0.5000	0.5000	0.5000					
3	1.5098	2.5900	2.5900	2.5900	1.60526	1.58624	1.58239	61.3	集光素子
4	-3.9871	0.7150	0.7150	0.7150					
5	$\infty$	0.1000	0.6000	1.2000	1.62230	1.57995	1.57326	30.0	保護層
6	$\infty$								

10

20

30

40

【表 2 - 2】

【第 1 面及び 2 面の近軸曲率半径、非球面係数、回折次数、製造波長、光路差関数係数】

	第 1 面		第 2 面	
	$0 \leq h \leq 1.385$	$1.385 \leq h$	$0 \leq h \leq 1.12$	$1.12 \leq h$
r	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
$\kappa$	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
A4	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
A6	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
A8	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
A10	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
dor	+0/+1/+0	—	+0/+0/+1	—
$\lambda B$	655nm	—	785nm	—
B2	2.5518E-02	0.0000E+00	5.3790E-02	0.0000E+00
B4	-5.4893E-04	0.0000E+00	-3.6593E-03	0.0000E+00
B6	1.0566E-03	0.0000E+00	7.3831E-03	0.0000E+00
B8	-4.0396E-04	0.0000E+00	-4.7865E-03	0.0000E+00
B10	1.3935E-04	0.0000E+00	2.0033E-03	0.0000E+00

10

【表 2 - 3】

【第 3 面及び第 4 面の非球面係数】

	第 3 面	第 4 面
$\kappa$	-0.660911	-70.338236
A4	0.794125E-02	0.991271E-01
A6	0.864158E-04	-.108729E+00
A8	0.203333E-02	0.805135E-01
A10	-.126982E-02	-.407820E-01
A12	0.285379E-03	0.116322E-01
A14	0.217201E-03	-.139675E-02
A16	-.168470E-03	0.0000E+00
A18	0.450320E-04	0.0000E+00
A20	-.444325E-05	0.0000E+00

20

30

尚、表 2 において、10 のべき乗数（例えば  $2.5 \times 10^{-03}$ ）を、E（例えば  $2.5E-03$ ）を用いて表すものとする。

【0067】

また、表 2 において、 $NA_1$  は高密度光ディスク HD の開口数、 $NA_2$  は DVD の開口数、 $NA_3$  は CD の開口数、 $f_1$  (mm) は第 1 波長  $\lambda_1$  に対する焦点距離、 $f_2$  (mm) は第 2 波長  $\lambda_2$  に対する焦点距離、 $f_3$  (mm) は第 3 波長  $\lambda_3$  に対する焦点距離、 $\lambda_1$  (nm) は高密度光ディスク HD の使用波長、 $\lambda_2$  (nm) は DVD の使用波長、 $\lambda_3$  (nm) は CD の使用波長、 $M_1$  は第 1 波長  $\lambda_1$  に対する倍率、 $M_2$  は第 2 波長  $\lambda_2$  に対する倍率、 $M_3$  は第 3 波長  $\lambda_3$  に対する倍率、 $t_1$  (mm) は高密度光ディスク HD の保護層厚み、 $t_2$  (mm) は DVD の保護層厚み、 $t_3$  (mm) は CD の保護層厚み、 $r$  (mm) は近軸曲率半径、 $d_1$  (mm) は第 1 波長  $\lambda_1$  に対する面間隔、 $d_2$  (mm) は第 2 波長  $\lambda_2$  に対する面間隔、 $d_3$  (mm) は第 3 波長  $\lambda_3$  に対する面間隔、 $N_1$  は第 1 波長  $\lambda_1$  に対する屈折率、 $N_2$  は第 2 波長  $\lambda_2$  に対する屈折率、 $N_3$  は第 3 波長  $\lambda_3$  に対する屈折率、 $d$  はアッペ数、 $dor$  は回折次数を表す。

40

【0068】

また、本実施例の対物光学系の (1) 乃至 (11) 式に対応する値を以下に示す。但し、これらの波面収差値を算出する際には、第 1 波長  $\lambda_1$  の平行光束は光束径  $\phi_1 = 3.74$  mm で入射させ、第 2 波長  $\lambda_2$  の平行光束は光束径  $\phi_2 = 2.77$  mm で入射させた。

50

- ( 1 )  $W_{L1} = 0.000$  RMS ( = 405 nm )  
 ( 2 )  $W_{L2} = 0.003$  RMS ( = 405 nm )  
 ( 3 )  $M = 0$   
 ( 4 )  $W_{L2} = 0.623$  RMS ( = 655 nm )  
 ( 5 )  $W_{OBJ} = 0.002$  RMS ( = 655 nm )  
 ( 6 )  $W_{OBJ} = 0.003$  RMS ( = 405 nm )  
 ( 7 )  $|P_{L1} / P_{L2}| = 0$   
 ( 8 )  $W_{S1} = 0.000$  RMS ( = 405 nm )  
 ( 9 )  $W_{S2} = 0.031$  RMS ( = 655 nm )  
 ( 10 )  $W_{T1} = 0.001$  RMS ( = 405 nm )  
 ( 11 )  $W_{T2} = 0.003$  RMS ( = 655 nm )

10

## 【図面の簡単な説明】

## 【0069】

【図1】回折構造の一例を示す側面図(a)、(b)である。

【図2】回折構造の一例を示す側面図(a)、(b)である。

【図3】回折構造の一例を示す側面図(a)、(b)である。

【図4】回折構造の一例を示す側面図(a)、(b)である。

【図5】光ピックアップ装置の構成を示す要部平面図である。

【図6】収差補正素子の正面図(a)、側面図(b)及び背面図(c)である。

【図7】位置決めマークの構造を説明するための側面図(a)及び正面図(b)である。 20

【図8】実施例におけるレンズ断面図である。

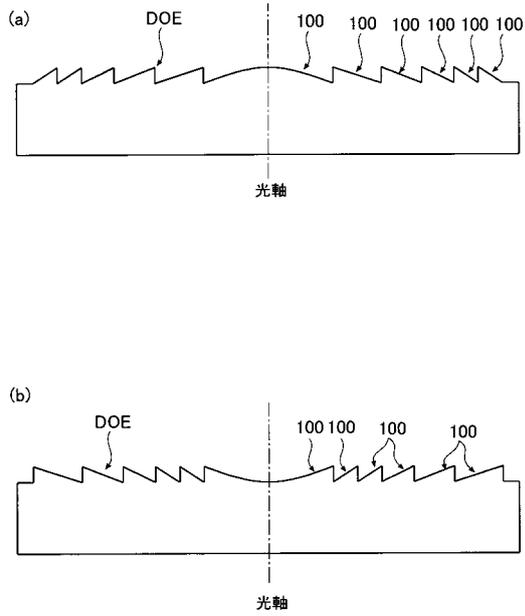
## 【符号の説明】

## 【0070】

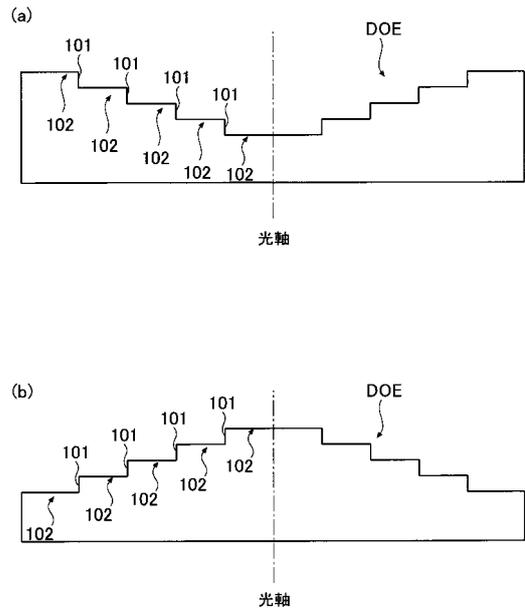
- PU 光ピックアップ装置  
 L1 収差補正素子  
 L2 集光素子  
 HOE 回折構造  
 DOE 回折構造  
 NPS 光路差付与構造  
 OBJ 対物光学系

30

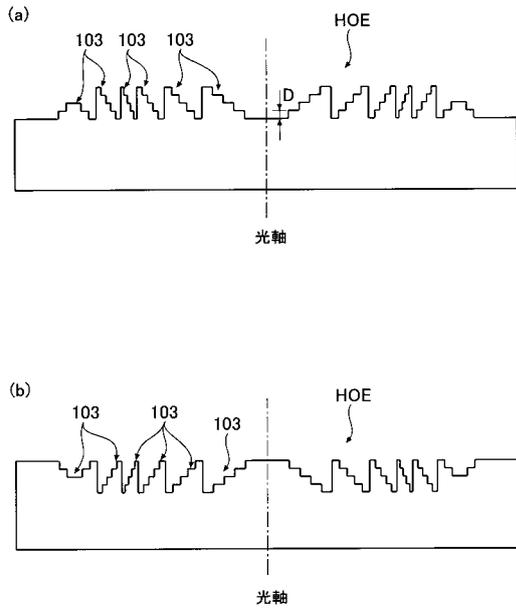
【 図 1 】



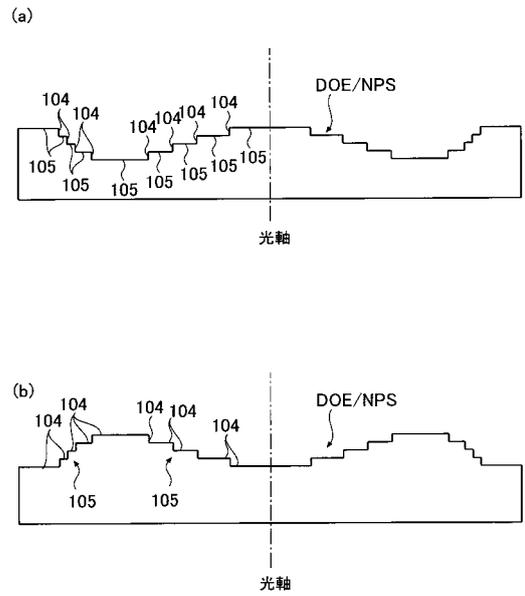
【 図 2 】



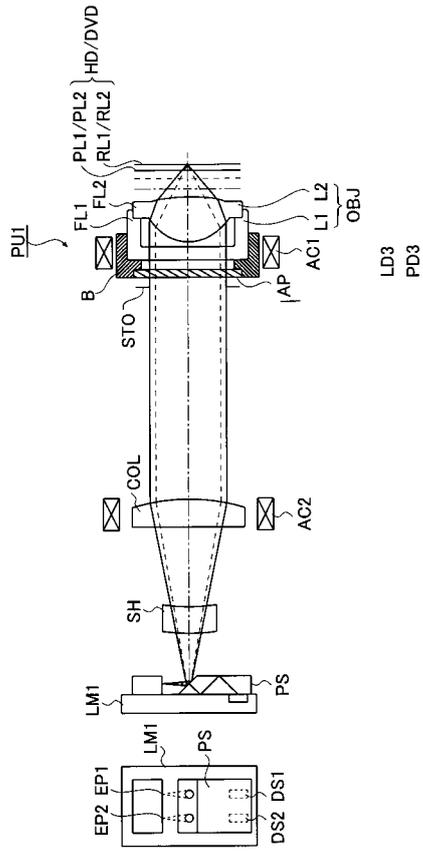
【 図 3 】



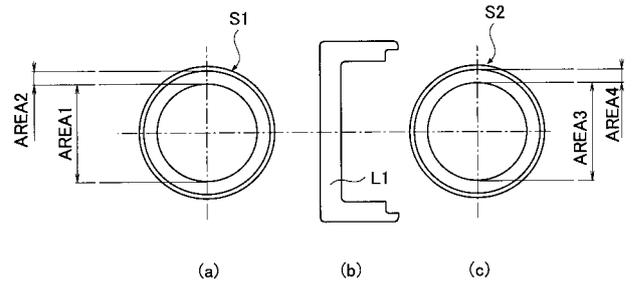
【 図 4 】



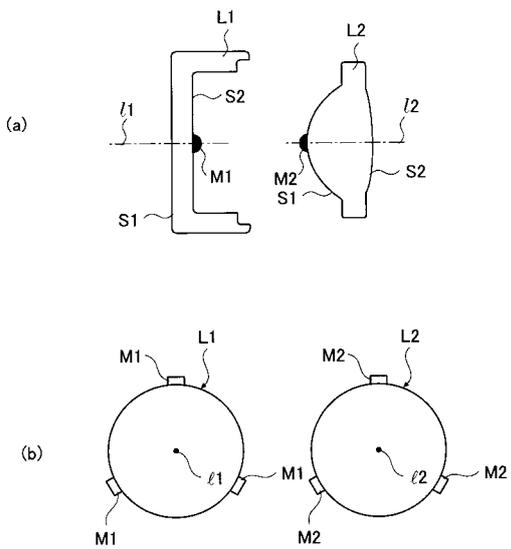
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】

