

(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2005-25925
(P2005-25925A)

(43) 公開日 平成17年1月27日(2005.1.27)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
G 1 1 B 7/135	G 1 1 B 7/135	A 2 H 0 8 7
G 0 2 B 13/00	G 1 1 B 7/135	Z 5 D 7 8 9
G 0 2 B 13/18	G 0 2 B 13/00	
	G 0 2 B 13/18	

審査請求 未請求 請求項の数 52 O L (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2004-171262 (P2004-171262)	(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
(22) 出願日	平成16年6月9日(2004.6.9)	(74) 代理人	100090033 弁理士 荒船 博司
(31) 優先権主張番号	特願2003-164214 (P2003-164214)	(72) 発明者	野村 英司 東京都八王子市石川町2970番地 コニ カミノルタオプト株式会社内
(32) 優先日	平成15年6月9日(2003.6.9)	(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
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	森 伸芳 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

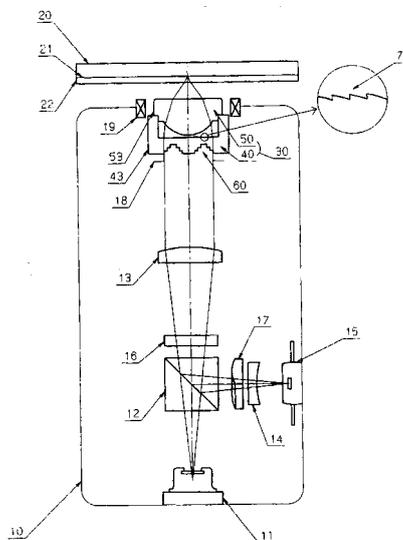
(54) 【発明の名称】 光学系、光ピックアップ装置、光情報記録再生装置、及び収差補正素子

(57) 【要約】

【課題】 軽量で十分な作動距離を確保でき、更に温度特性及び色収差の補正が可能な光ピックアップ装置に用いられる、集光用途としての光学系、更に、温度特性の補正が特に良好な光ピックアップ装置用の光学系、前記光学系を用いた光ピックアップ装置、光情報記録再生装置、及び前記光学系において用いられる収差補正素子を提供する。

【解決手段】 本発明の対物光学系30は、物体側から順に配置されたプラスチック製の収差補正素子40と、プラスチック製の集光レンズ50とから構成される。収差補正素子は、光軸を含む中心領域61と該中心領域の外側に光軸方向の微細な段差62を持って分割された複数の輪帯63とから構成される光路差付と構造60が形成された光学面と、入射光束を回折させる回折構造70が形成された光学面とを少なくとも1つつ有し、集光レンズは、非球面を少なくとも1つつ有する1群1枚構成の屈折単レンズである。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラスチック製の収差補正素子と、該収差補正素子から射出された光束を結像させるためのプラスチック製の集光レンズから構成される光ピックアップ装置用の光学系において

、前記収差補正素子は、光路差付与構造が形成された第 1 光学面と、回折構造が形成された第 2 光学面とを少なくとも 1 つずつ有し、

前記集光レンズは、非球面を少なくとも 1 つ有する 1 群 1 枚構成の屈折単レンズであることを特徴とする光学系。

【請求項 2】

前記第 1 光学面と、前記第 2 光学面が異なる光学面であることを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

【請求項 3】

前記第 1 光学面と、前記第 2 光学面が同一の光学面であることを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

【請求項 4】

前記第 2 の光学面が、前記収差補正素子の前記集光レンズ側に位置することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 5】

前記第 1 光学面における前記収差補正素子の近軸における屈折パワーが 0 であることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 6】

前記第 2 光学面における前記収差補正素子の近軸における屈折パワーが 0 であることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 7】

前記光路差付与構造は、光軸を含む中心領域と該中心領域の外側に微細な段差をもって分割された複数の輪帯とから構成され、前記中心領域の外側に隣接する前記輪帯は、前記中心領域に対して光路長が短くなるように光軸方向に変移して形成され、最大有効径位置における前記輪帯は、その内側に隣接する前記輪帯に対して光路長が長くなるように光軸方向に変移して形成され、最大有効径の 75% の位置における前記輪帯は、その内側に隣接する前記輪帯とその外側に隣接する前記輪帯とに対して光路長が短くなるように光軸方向に変移して形成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 8】

前記回折構造は、入射光束の波長変化に伴って前記集光レンズで発生する軸上色収差を補正することを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 9】

$b = b_2 \cdot h^2 + b_4 \cdot h^4 + b_6 \cdot h^6 + \dots$ で定義される光路差関数 b (mm) により、前記回折構造を透過する波面に付加される光路差を表した場合に、 $P_D = -2 \cdot b_2$ で定義される近軸における回折パワー P_D (mm^{-1}) と、前記収差補正素子と前記集光レンズとを組み合わせ得られる近軸における合成パワー P_T (mm^{-1}) とが、以下の (3) 式を満たすことを特徴とする請求項 8 に記載の光学系。

$$0.03 \leq P_D / P_T \leq 0.15 \quad (3)$$

但し、 h は光軸からの高さ (mm)、 b_2 、 b_4 、 b_6 、 \dots はそれぞれ、2 次、4 次、6 次、 \dots の光路差関数係数

【請求項 10】

前記回折構造は、入射光束の波長変化に伴って前記集光レンズで発生する球面収差変化を補正することを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 11】

$b = b_2 \cdot h^2 + b_4 \cdot h^4 + b_6 \cdot h^6 + \dots$ で定義される光路差関数 b (mm)

10

20

30

40

50

)により、前記回折構造を透過する波面に付加される光路差を表した場合に、2次以外の少なくとも1つの光路差関数係数に0ではない値を有することを特徴とする請求項10に記載の光学系。

【請求項12】

前記回折構造は、光軸を含む中心領域と該中心領域の外側に微細な段差をもって分割された複数の輪帯から構成され、最大有効径位置における輪帯の光軸に垂直な方向の幅 P_f (mm)と、最大有効径の50%の位置における輪帯の光軸に垂直な方向の幅 P_h (mm)とが以下の(4)式を満たすことを特徴とする請求項10又は11に記載の光学系。

$$0 < |P_h / P_f - 2| < 5 \quad (4)$$

【請求項13】

前記回折構造は、光軸を含む中心領域と該中心領域の外側に微細な段差をもって分割された複数の輪帯から構成され、光軸を含む断面形状が階段形状であることを特徴とする請求項1～12のいずれか一項に記載の光学系。

10

【請求項14】

前記回折構造は、光軸を含む中心領域と該中心領域の外側に微細な段差をもって分割された複数の輪帯から構成され、光軸を含む断面形状が鋸歯形状であることを特徴とする請求項1～12のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項15】

前記光学系が搭載される光ピックアップ装置のレーザ光源の波長を (nm)、前記収差補正素子と前記集光レンズとを組み合わせ得られる開口数をNAとしたとき、以下の(5)及び(6)式を満たすことを特徴とする請求項1～14のいずれか一項に記載の光学系。

20

$$450 \text{ nm} \quad (5)$$

$$0.60 \text{ NA} \quad 0.95 \quad (6)$$

【請求項16】

前記収差補正素子と、前記集光レンズはそれぞれ単独で収差の評価が可能となるように設計されていることを特徴とする請求項1～15のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項17】

前記収差補正素子と前記集光レンズは、それぞれ、その光学機能部の周辺に形成されたフランジ部を有し、前記前記集光レンズのフランジ部の一部と、前記収差補正素子のフランジ部の一部とが接合されていることを特徴とする請求項1～16のいずれか一項に記載の光学系。

30

【請求項18】

前記収差補正素子と前記集光レンズは、接合部材を介して接合されていることを特徴とする請求項1～17のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項19】

レーザ光源、前記レーザ光源から出射された光束をディスクの情報記録面上に集光させる請求項1～18のいずれか一項に記載の光学系、及び前記情報記録面で反射された光束を検知する光検知装置とを有することを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項20】

請求項19に記載の光ピックアップ装置、及び、前記光ディスクを支持する支持部材とを有し、前記光ディスクに対する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、少なくとも一方を実行可能であることを特徴とする光情報記録再生装置。

40

【請求項21】

プラスチック製の収差補正素子と、該収差補正素子から射出された光束を結像させるためのプラスチック製の集光レンズから構成される光ピックアップ装置用の光学素子において、

前記収差補正素子は、光路差付与構造が形成された光学面を少なくとも1つ有し、

前記集光レンズは、非球面を少なくとも1つ有する1群1枚構成の単レンズであり、前記収差補正素子の近軸におけるパワー P_1 (mm^{-1})が以下の(1)式を満たすことを特

50

徴とする光学系。

$$P_1 > 0 \quad (1)$$

【請求項 2 2】

前記収差補正素子の近軸における屈折パワー P_R (mm^{-1}) が以下の (2) 式を満たすことを特徴とする請求項 2 1 に記載の光学系。

$$P_R > 0 \quad (2)$$

【請求項 2 3】

前記収差補正光学素子が、回折構造が形成された光学面を少なくとも 1 つ有することを特徴とする請求項 2 1 又は 2 2 に記載の光学系。

【請求項 2 4】

前記光路差付与構造は、光軸を含む中心領域と該中心領域の外側に微細な段差をもって分割された複数の輪帯とから構成され、前記中心領域の外側に隣接する前記輪帯は、前記中心領域に対して光路長が短くなるように光軸方向に変移して形成され、最大有効径位置における前記輪帯は、その内側に隣接する前記輪帯に対して光路長が長くなるように光軸方向に変移して形成され、最大有効径の 75% の位置における前記輪帯は、その内側に隣接する前記輪帯とその外側に隣接する前記輪帯とに対して光路長が短くなるように光軸方向に変移して形成されていることを特徴とする請求項 2 1 ~ 2 3 のいずれか一項に記載の光学系。

10

【請求項 2 5】

前記回折構造は、入射光束の波長変化に伴って前記集光レンズで発生する軸上色収差を補正することを特徴とする請求項 2 3 に記載の光学系。

20

【請求項 2 6】

$b = b_2 \cdot h^2 + b_4 \cdot h^4 + b_6 \cdot h^6 + \dots$ で定義される光路差関数 b (mm) により、前記回折構造を透過する波面に付加される光路差を表した場合に、 $P_D = -2 \cdot b_2$ で定義される近軸における回折パワー P_D (mm^{-1}) と、前記収差補正素子と前記集光レンズとを組み合わせ得られる近軸における合成パワー P_T (mm^{-1}) とが、以下の (3) 式を満たすことを特徴とする請求項 2 5 に記載の光学系。

$$0.03 \leq P_D / P_T \leq 0.15 \quad (3)$$

但し、 h は光軸からの高さ (mm)、 b_2 、 b_4 、 b_6 、 \dots はそれぞれ、2 次、4 次、6 次、 \dots の光路差関数係数

30

【請求項 2 7】

前記回折構造は、入射光束の波長変化に伴って前記集光レンズで発生する球面収差変化を補正することを特徴とする請求項 2 3 に記載の光学系。

【請求項 2 8】

$b = b_2 \cdot h^2 + b_4 \cdot h^4 + b_6 \cdot h^6 + \dots$ で定義される光路差関数 b (mm) により、前記回折構造を透過する波面に付加される光路差を表した場合に、2 次以外の少なくとも 1 つの光路差関数係数に 0 ではない値を有することを特徴とする請求項 2 7 に記載の光学系。

但し、 h は光軸からの高さ (mm)、 b_2 、 b_4 、 b_6 、 \dots はそれぞれ、2 次、4 次、6 次、 \dots の光路差関数係数

40

【請求項 2 9】

前記回折構造は、光軸を含む中心領域と該中心領域の外側に微細な段差をもって分割された複数の輪帯から構成され、最大有効径位置における輪帯の光軸に垂直な方向の幅 P_f (mm) と、最大有効径の 50% の位置における輪帯の光軸に垂直な方向の幅 P_h (mm) とが以下の (4) 式を満たすことを特徴とする請求項 2 7 又は 2 8 に記載の光学系。

$$0 < |P_h / P_f - 2| < 5 \quad (4)$$

【請求項 3 0】

前記回折構造は、光軸を含む中心領域と該中心領域の外側に微細な段差をもって分割された複数の輪帯から構成され、光軸を含む断面形状が階段形状であることを特徴とする請求項 2 3 に記載の光学系。

50

【請求項 3 1】

前記回折構造は、光軸を含む中心領域と該中心領域の外側に微細な段差をもって分割された複数の輪帯から構成され、光軸を含む断面形状が鋸歯形状であることを特徴とする請求項 2 3 に記載の光学系。

【請求項 3 2】

前記光学系が搭載される光ピックアップ装置のレーザ光源の波長を (nm) 、前記収差補正素子と前記集光レンズとを組み合わせ得られる開口数を NA としたとき、以下の (5) 及び (6) 式を満たすことを特徴とする請求項 2 1 ~ 3 1 のいずれか一項に記載の光学系。

$$450 \text{ nm} \quad (5)$$

$$0.60 \text{ NA} \quad 0.95 \quad (6)$$

10

【請求項 3 3】

前記収差補正素子と、前記集光レンズはそれぞれ単独で収差の評価が可能となるように設計されていることを特徴とする請求項 2 1 ~ 3 2 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 3 4】

前記収差補正素子と前記集光レンズは、それぞれ、その光学機能部の周辺に形成されたフランジ部を有し、前記前記集光レンズのフランジ部の一部と、前記収差補正素子のフランジ部の一部とが接合されていることを特徴とする請求項 2 1 ~ 3 3 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 3 5】

前記収差補正素子と前記集光レンズは、接合部材を介して接合されていることを特徴とする請求項 2 1 ~ 3 5 のいずれか一項に記載の光学系。

20

【請求項 3 6】

レーザ光源と、前記レーザ光源から射出された光束を光ディスクの情報記録面上に集光するための対物レンズとを有する光ピックアップ装置において、前記対物レンズが、請求項 2 1 ~ 3 5 のいずれか一項に記載の光学素子であることを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項 3 7】

請求項 3 6 に記載の光ピックアップ装置、及び、前記光ディスクを支持する支持部材とを有し、前記光ディスクに対する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、少なくとも一方を実行可能であることを特徴とする光情報記録再生装置。

30

【請求項 3 8】

レーザ光源と、光ディスクに対向する位置に配置され前記レーザ光源から射出された光束を光ディスクの情報記録面上に集光させるプラスチック製の集光レンズとの間の光路中に配置されるプラスチック製の光ピックアップ装置用の収差補正素子において、

一方の光学面上に光路差付与構造が形成され、他方の光学面上に回折構造が形成されていることを特徴とする収差補正素子。

【請求項 3 9】

前記収差補正素子が、レーザ光源と、光ディスクに対向する位置に配置され前記レーザ光源から射出された光束を光ディスクの情報記録面上に集光させるプラスチック製の集光レンズとの間の光路中に配置されることを特徴とする請求項 3 8 に記載の収差補正素子。

40

【請求項 4 0】

前記光路差付与構造は、光軸を含む中心領域と該中心領域の外側に微細な段差をもって分割された複数の輪帯とから構成され、前記中心領域の外側に隣接する前記輪帯は、前記中心領域に対して光路長が短くなるように光軸方向に変移して形成され、最大有効径位置における前記輪帯は、その内側に隣接する前記輪帯に対して光路長が長くなるように光軸方向に変移して形成され、最大有効径位置の 75% の位置における前記輪帯は、その内側に隣接する前記輪帯とその外側に隣接する前記輪帯とに対して光路長が短くなるように光軸方向に変移して形成されていることを特徴とする請求項 3 8 又は 3 9 に記載の収差補正素子。

50

【請求項 4 1】

前記回折構造は、入射光束の波長変化に伴って前記集光レンズで発生する軸上色収差を補正することを特徴とする請求項 3 8 ~ 4 0 のいずれか一項に記載の収差補正素子。

【請求項 4 2】

4 5 0 n m 以下の所定の波長に対する前記収差補正素子の近軸におけるパワー P_N (m m^{-1}) と、前記所定の波長よりも 1 0 n m 長い波長に対する前記収差補正素子の近軸におけるパワー P_L (m m^{-1}) と、前記所定の波長よりも 1 0 n m 短い波長に対する前記収差補正素子の近軸におけるパワー P_S (m m^{-1}) とが以下の (7) 式を満たすことを特徴とする請求項 4 1 に記載の収差補正素子。

$$P_S < P_N < P_L \quad (7)$$

10

【請求項 4 3】

前記回折構造は、入射光束の波長変化に伴って前記集光レンズで発生する球面収差変化を補正することを特徴とする請求項 3 8 ~ 4 0 のいずれか一項に記載の収差補正素子。

【請求項 4 4】

$b = b_2 \cdot h^2 + b_4 \cdot h^4 + b_6 \cdot h^6 + \dots$ で定義される光路差関数 b (m m) により、前記回折構造を透過する波面に付加される光路差を表した場合に、2 次以外の少なくとも 1 つの光路差関数係数に 0 ではない値を有することを特徴とする請求項 4 3 に記載の収差補正素子。

但し、 h は光軸からの高さ (m m)、 b_2 、 b_4 、 b_6 、 \dots はそれぞれ、2 次、4 次、6 次、 \dots の光路差関数係数

20

【請求項 4 5】

前記回折構造は、光軸を含む中心領域と、該中心領域の外側に微細な段差をもって分割された複数の輪帯から構成され、最大有効径位置における前記輪帯の光軸に垂直な方向の幅 P_f (m m) と、最大有効径の 5 0 % の位置における前記輪帯の光軸に垂直な方向の幅 P_h (m m) とが以下の (8) 式を満たすことを特徴とする請求項 4 3 又は 4 4 に記載の収差補正素子。

$$0 < | P_h / P_f - 2 | < 5 \quad (8)$$

【請求項 4 6】

前記光路差付与構造が形成された光学面は、レーザ光源側の光学面であり、前記回折構造が形成された光学面は、前記集光レンズ側の光学面であることを特徴とする請求項 3 8 ~ 4 5 のいずれか一項に記載の収差補正素子。

30

【請求項 4 7】

前記光路差付与構造は、前記収差補正素子の近軸における屈折パワーが 0 である光学面上に形成されていることを特徴とする請求項 3 8 ~ 4 6 のいずれか一項に記載の収差補正素子。

【請求項 4 8】

前記回折構造は、前記収差補正素子の近軸における屈折パワーが 0 である光学面上に形成されていることを特徴とする請求項 3 8 ~ 4 7 のいずれか一項に記載の収差補正素子。

【請求項 4 9】

前記回折構造は、光軸を含む中心領域と該中心領域の外側に微細な段差をもって分割された複数の輪帯から構成され、光軸を含む断面形状が階段形状であることを特徴とする請求項 3 8 ~ 4 8 のいずれか一項に記載の収差補正素子。

40

【請求項 5 0】

前記回折構造は、光軸を含む中心領域と該中心領域の外側に微細な段差をもって分割された複数の輪帯から構成され、光軸を含む断面形状が鋸歯形状であることを特徴とする請求項 3 8 ~ 4 8 のいずれか一項に記載の収差補正素子。

【請求項 5 1】

前記収差補正素子と前記集光レンズとを組み合わせ得られる開口数を NA 、焦点距離を f としたとき、以下の (9) 乃至 (1 0) を満たすことを特徴とする請求項 1 5 に記載の光学系。

50

0.75 NA 0.90 (9)

0.7 < f < 2.5 (10)

【請求項52】

前記収差補正素子と前記集光レンズとを組み合わせ得られる開口数をNA、焦点距離をfとしたとき、以下の(9)乃至(10)を満たすことを特徴とする請求項32に記載の光学系。

0.75 NA 0.90 (9)

0.7 < f < 2.5 (10)

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、光ピックアップ装置用の光学系、光ピックアップ装置、光情報記録再生装置、及び光ピックアップ装置用の収差補正素子に関する。

【背景技術】

【0002】

近年の光ディスクの高密度化に伴い、光ディスクへの記録/再生に使用される光ピックアップ装置の対物レンズは、集光スポットをより小さくするという要求からその開口数(NA)が高いものが用いられるようになっている。

例えば、波長が405nmの青紫色半導体レーザー光源を使用する高密度光ディスク用の光ピックアップ装置では、高密度化を達成するために開口数NAが0.85の対物レンズを用いることが提案されている。

20

【0003】

開口数が0.85の対物レンズとして、入射光束に対する屈折力を2つのレンズに分担させることで、個々のレンズの製造公差を緩和することでNA0.85を達成したガラス製の2群レンズが以下の特許文献1に記載されている。

しかし、ガラス製の非球面レンズのモールド成形時においては、金型の温度を550程度の高温にする必要があるため、ガラス製の非球面レンズ用の金型は一般的に寿命が短く、大量生産には適さないという問題がある。

また、波長405nmのレーザー光束と、NA0.85の対物レンズを使用する高密度光ディスクでは、0.1mmの厚さの保護層を採用しているため、保護層表面の傷が情報の記録/再生特性に与える影響が大きい。そのため、対物レンズの設計において作動距離を確保することは、対物レンズが光ディスクとの干渉により保護層表面を傷つけることを防ぐうえで非常に重要である。

30

【0004】

しかし、2群構成の対物レンズでは、入射光束を2つのレンズのそれぞれで屈折させて光ディスクの情報記録面状上に集光させるため、光ディスクに対向する光学面を通過する際のマージナル光線の光軸からの高さが小さくなり、対物レンズから光ディスクまでの距離(作動距離)が短くなるので、対物レンズと光ディスクが干渉し易くなる。特に、上記の特許文献1に記載されているようなガラス製の2群対物レンズでは、その重量が大きくなるため、対物レンズが光ディスクとの干渉により保護層表面に傷をつける可能性が非常に高くなる。そこで、上記の問題に対応すべく、本件発明者の一人は、以下の特許文献2に記載されているような、NA0.85のプラスチック製の単レンズを提案した。

40

プラスチック製のレンズは、ガラス製のレンズと比較して、低温(120程度)でのモールド成形が可能であるため、金型の寿命も長く、また、材料費も安価であるため、低コストで、安定した品質を維持しながら大量生産できる。さらに、単レンズ構成とすることで、作動距離を大きく確保でき、また、軽量であるため、対物レンズと光ディスクとの干渉による保護層表面の破損の問題も解決される。

【0005】

NA0.85のプラスチック製の単レンズは、ガラス製の2群レンズと比較して、以上のような利点を有するが、一方、温度変化に伴う屈折率変化により発生する球面収差が大

50

きくなるという問題が生じる。これは、屈折率変化に伴いプラスチック製の単レンズで発生する球面収差変化が、 NA^4 に比例して増加するためである。

なお、以下の説明においては、温度変化時の光学素子の特性を「温度特性」といい、所定の温度変化に伴う光学素子の波面収差変化を、回折限界以下となるように補正することを「温度特性の補正」という。

【0006】

また、光ピックアップ装置では、一般的に情報の再生時のレーザパワーよりも記録時のレーザパワーの方が大きいため、再生から記録に切り替える際に出力変化によりレーザ光源の中心波長が瞬時的に数nmとぶ、モードホッピングを起こす場合がある。かかるモードホッピングにより発生するフォーカス位置ずれは対物レンズをフォーカシングすることで除去できるが、対物レンズがフォーカシングするまでの数nsecの間は、フォーカス位置ずれによる記録不良等の不具合が生じる。このフォーカス位置ずれは光源波長が短くなるほど大きくなるので、光源波長が短くなるほどモードホッピングによる波面収差劣化は大きくなる。以上の理由から青紫色半導体レーザを光源として使用する高密度光ディスク用の光ピックアップ装置では、波長変化に対する集光スポットのフォーカス位置ずれの補正が求められている。

10

なお、以下の説明においては、入射光束の波長変化に対して、光学素子で発生する軸上色収差、及び/又は、球面収差変化を「色収差」といい、かかる色収差に起因して光学素子による集光スポットのフォーカス位置がずれることで波面収差が劣化する。そして、入射光束の所定の波長変化に対する光学素子の「色収差」を回折限界以下となるように補正することを「色収差の補正」という。

20

【0007】

短波長領域において使用可能なプラスチック材料は限られているため、アッペ数の大きい材料を選択して、かかる色収差を小さく抑えることは不可能である。さらに、単レンズは2群レンズと比較して、入射光束の同じ波長変化に対する色収差の発生量は大きくなる傾向がある。

即ち、 $NA0.85$ のプラスチック製の単レンズを、青紫色半導体レーザを光源として使用する光ピックアップ装置用の対物レンズとして用いるためには、「温度特性の補正」に加え「色収差の補正」を行うことが望ましい。

【0008】

プラスチック製の単レンズの温度特性を補正する技術として、入射光束が長くなる方向に変化した場合に、球面収差が補正不足方向に変化するような球面収差の波長依存性を有する回折構造を、プラスチック製の単レンズの光学面上に形成する技術が以下の特許文献3に記載されている。

30

また、プラスチック製の単レンズの光学面上に、回折構造と光軸方向に延びる複数の段差構造(NPS: non-periodic phase structure)を設けることで、色収差の補正と温度特性の補正を行う技術が以下の特許文献4に記載されている。

【特許文献1】特開平10-123410号公報(米国特許No.6,058,095)

【特許文献2】特開2001-324673号公報

40

【特許文献3】特開平11-337818号公報(米国特許No.6,191,889)

【特許文献4】国際公開第02/41307号パンフレット

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

ところが、上記の特許文献3に記載されている回折構造が形成されたプラスチック製の単レンズでは、温度上昇時の入射光束の変化による回折構造の補正不足方向への球面収差変化により、温度上昇時の光学素子の屈折率低下による補正過剰方向への球面収差変化を相殺補正するものである。

つまり、温度上昇に伴い、半導体レーザの発振波長が長波長側にシフトするという特性

50

を利用する技術であるため、光ピックアップ装置の動作中に熱源となるアクチュエータ近傍に配置される対物光学系の温度のみが上昇し、アクチュエータから離れた所に配置される半導体レーザの温度がほとんど変化しない状況においては、温度特性の補正効果が得られないという問題がある。

【0010】

これに対して、上記の特許文献4に開示された技術は、回折構造を色収差の補正用として用い、NPSを温度特性の補正用として用いるものであるため、対物光学系の温度のみが上昇し、半導体レーザの温度がほとんど変化しない状況であっても、温度特性の補正効果が得られるという利点を有する。しかし、回折構造やNPSのような光軸方向の微細な段差を有する構造を、大きな屈折パワーを必要とする対物光学系の光学面上に形成する場合には、段差の側面に入射する光束がその進路を遮断され（光束のけられ）、集光スポットの形成に寄与せず、光量の低下を招く場合がある。特に、NA0.85のプラスチック製の単レンズにおいては、光学面の曲率半径が非常に小さくなるため、回折構造やNPSの光軸方向の段差での光束のけられによる光量の低下の改善が望まれている。

10

また、温度特性による球面収差変化は NA^4 に比例して増加するため、NA0.85のプラスチック製の単レンズのように、非常に高いNAのレンズを用いる場合は、前記NPS単独では温度特性の球面収差補正を充分に行うのが困難な場合があり、更に温度特性の補正効果の向上が求められていた。

【0011】

本発明の課題は、上述の問題を考慮したものであり、軽量で十分な作動距離を確保でき、更に温度特性及び色収差の補正が可能な光ピックアップ装置に用いられる、集光用途としての光学系、更に、温度特性の補正が特に良好な光ピックアップ装置用の光学系、前記光学系を用いた光ピックアップ装置、光情報記録再生装置、及び前記光学系において用いられる収差補正素子を提供することである。

20

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記の課題は以下の態様により達成される。

本発明の第1の態様は、プラスチック製の収差補正素子と、該収差補正素子から射出された光束を結像させるための集光レンズから構成される光ピックアップ装置用の光学系において、

30

前記収差補正素子は、光路差付与構造が形成された第1光学面と、回折構造が形成された第2光学面とを少なくとも1つずつ有し、

前記集光レンズは、非球面を少なくとも1つ有する1群1枚構成のプラスチック製の屈折単レンズであることを特徴とする。

【0013】

前記第1の態様によれば、回折構造を色収差補正用として用い、光路差付与構造を温度特性補正用として用いることにより、環境温度の変化により屈折率のみが変化し、出射光束の波長が変化しない場合であっても、光路差付与構造により温度特性の補正が可能となる。

また、収差補正素子及び集光レンズをプラスチックにより成形するので、高密度光ディスクに用いられる高NAの対物光学系の軽量化を実現できると共に、金型を用いた射出成形により低コストで生産できる。

40

そして、収差補正素子の光学面上に、回折構造や光路差付与構造のごとき微細な段差を有する構造を形成しているので、回折構造や光路差付与構造に入射する光束のうち、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、光量の低下を防止できる。

【0014】

本発明の第2の態様は、プラスチック製の収差補正素子と、該収差補正素子から射出された光束を結像させるための集光レンズから構成される光ピックアップ装置用の光学系において、

50

前記収差補正素子は、光路差付与構造が形成された光学面を少なくとも1つ有し、

前記集光レンズは、非球面を少なくとも1つ有する1群1枚構成の単レンズであり、前記収差補正素子の近軸におけるパワー P_1 (mm^{-1}) が以下の(1)式を満たすことを特徴とする。

$$P_1 > 0 \quad (1)$$

【0015】

前記第2の態様によれば、収差補正素子の近軸におけるパワー P_1 (mm^{-1}) が0より大きくなるので、収差補正素子から射出される光束は収斂光束となるが、これは、集光レンズの倍率 m が $m > 0$ となることと等価である。一般的に、開口数 NA の有限共役型 ($m = 0$) の集光レンズについての無限光束入射に換算した開口数 NA (以下、換算 NA という) は、 $NA = NA \cdot (1 - m)$ で表すことができる。従って、倍率 m が $m > 0$ である集光レンズにおいては、換算 NA を小さくできるので、 NA^4 に比例して増加する集光レンズの温度特性による球面収差変化を小さくすることが可能となる。

10

【0016】

本発明の第3の態様は、レーザ光源と、光ディスクに対向する位置に配置され前記レーザ光源から射出された光束を光ディスクの情報記録面上に集光させる集光レンズとの間の光路中に配置されるプラスチック製の光ピックアップ装置用の収差補正素子において、一方の光学面上に光路差付与構造が形成され、他方の光学面上に回折構造が形成されていることを特徴とする。

【0017】

前記第3の態様によれば、回折構造を色収差補正用として用い、光路差付与構造を温度特性補正用として用いることにより、環境温度の変化により屈折率のみが変化し、出射光束の波長が変化しない場合であっても、光路差付与構造により温度特性の補正が可能となる。

20

また、収差補正素子及び集光レンズをプラスチックにより成形するので、高密度光ディスクに用いられる高 NA の対物光学系の軽量化を実現できると共に、金型を用いた射出成形により低コストで生産できる。

また、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レンズに持たせることで、作動距離を大きく確保することが可能となり、対物レンズと光ディスクとの干渉を防ぐことができる。そして、収差補正素子の光学面上に、回折構造や光路差付与構造のごとき微細な段差を有する構造を形成しているため、回折構造や光路差付与構造に入射する光束のうち、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、光量の低下を防止できる。

30

【0018】

本発明の第4の態様としては、レーザ光源、前記レーザ光源から射出された光束を光ディスクの情報記録面上に集光させる第1もしくは第2の態様に記載の光学系及び前記光ディスクの情報記録面で反射された光束を検知する光検知装置、とを有することを特徴とする光ピックアップ装置である。

本発明の第5の態様としては、前記第4の態様に記載の光ピックアップ装置及び光ディスクを支持する支持部材、とを有し、前記光ディスクに対する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、少なくとも一方を実行可能であることを特徴とする光情報記録再生装置である。

40

【0019】

なお、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、 $NA 0.85$ の対物光学系により情報の記録/再生用を行い、保護層の厚さが 0.1 mm 程度である規格の光ディスクの他に、 $NA 0.65$ の対物光学系により情報の記録/再生用を行い、保護層の厚さが 0.6 mm 程度である規格の光ディスクも含むものとする。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ほかに、情報記録面上に数~数十 nm の厚さの保護膜を有する光ディスクや、保護層あるいは保護膜の厚さが0である光ディスクも含むも

50

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を使用する光磁気ディスクも含むものとする。本発明は、これらの高密度光ディスクの記録及び/または再生に用いられる光ピックアップ装置に好適に用いられるが、これらに限定されない。

【0020】

また、本明細書においては、「収差補正素子」とは、環境温度の変化や入射光束の波長変化に伴い他の光学素子の温度特性及び/又は色収差に起因して発生する波面収差変化を抑制する機能を有する光学素子を指し、「集光レンズ」とは、「収差補正素子」から射出された光束を集光し結像する機能を有する光学素子を指す。即ち、「収差補正素子」は、環境温度の変化や入射光束の波長変化に伴い「集光レンズ」の温度特性及び/又は色収差に起因して発生する波面収差変化を抑制する。

10

【0021】

そして、「収差補正素子」と「集光レンズ」から構成される光学素子を、光ピックアップ装置において対物レンズとして使用する場合には、「収差補正素子」はレーザ光源に近い位置に配置され、「集光レンズ」は光ディスクに近い位置に配置される。

また、本明細書においては、「光路差付与構造」は、光軸を含む中心領域と該中心領域の外側に微細な段差をもって分割された複数の輪帯とから構成される構造であって、所定の温度においては、隣接する輪帯を透過する波面間で入射光束の波長の整数倍の光路差を発生し、温度が前記所定の温度から変化した場合においては、屈折率の変化に伴い、隣接する輪帯を透過する波面間で発生する光路差が入射光束の波長の整数倍からずれるような特性を有する構造を指す。

20

【0022】

このような構造によれば、光路差付与構造を温度特性補正用として用いることにより、例えば、環境温度の変化により屈折率のみが変化し、入射光束の波長が変化しない場合であっても、温度特性を有効に補正することが可能となる。

かかる「光路差付与構造」の好ましい構造は、中心領域の外側に隣接する輪帯は、該中心領域に対して光路長が短くなるように光軸方向に変移して形成され、かつ、最大有効径位置における輪帯は、その内側に隣接する輪帯に対して光路長が長くなるように光軸方向に変移して形成され、かつ、最大有効径位置の75%の位置における輪帯は、その内側に隣接する輪帯とその外側に隣接する輪帯とに対して光路長が短くなるように光軸方向に変移して形成されている構造である。

30

【0023】

ここで、「中心領域」とは、光軸を含み、光軸から最も近い位置の段差で囲まれる光学領域を指す。

また、本明細書においては、「回折構造」は、光軸を含む中心領域と該中心領域の外側に微細な段差をもって分割された複数の輪帯とから構成される構造であって、入射光束が所定の波長である場合には、隣接する輪帯を透過する波面間で入射光束の波長の整数倍の光路差を、回折作用により発生し、入射光束の波長が、前記所定の波長から変化した場合においては、隣接する輪帯を透過する波面間で発生する光路差が入射光束の波長の整数倍からずれるような特性を有する構造を指す。

40

かかる「回折構造」の好ましい構造は、光軸を含む断面形状が、光軸から離れるに従い、光路長が長くなるように光軸方向に変移している階段形状である構造や、光軸を含む断面形状が鋸歯形状である構造である。

【0024】

前記第1の態様に記載の光ピックアップ装置用の光学系において、前記光路差付与構造は、前記収差補正素子の一方の光学面上に形成されており、前記回折構造は、前記収差補正素子の他方の光学面上に形成されていることが好ましい態様の1つである。

【0025】

また、前記第1の態様に記載の光ピックアップ装置用の光学系において、前記光路差付与構造と前記回折構造は、前記収差補正素子の同一の光学面上に形成されていることも好

50

ましい態様の1つである。

【0026】

前記第1の態様に記載の光ピックアップ装置用の光学系において、前記回折構造は、前記収差補正素子の前記集光レンズ側の光学面上に形成されていることが好ましい。

【0027】

このような態様によれば、前記回折構造が収差補正素子の集光レンズ側、つまり収差補正素子の出射面側に形成されることになる。ここで、収差補正素子への入射光束は回折構造で回折作用を受けることにより、その進路をより光軸に近い方向に変更されて進行することになるので、収差補正素子の入射面において回折作用を受ける光束と出射面において回折作用を受ける光束の、出射面における出射位置を比較すると、出射面において回折作用を受ける光束の方が、より光軸から離れた(遠い)位置から出射され、さらに、集光レンズの出射面から出射される際にも、収差補正素子の出射面において回折作用を受けた光束の方が、より光軸から離れた位置から出射されることになる。これにより、集光レンズの出射面から光ディスク表面までの距離(作動距離)を長くとることが可能となり、光ピックアップ装置の駆動時に光ディスクの表面が対物レンズの出射面に干渉する事態を未然に防止できる。

【0028】

前記第1の態様に記載の光ピックアップ装置用の光学系において、前記光路差付与構造は、前記収差補正素子の近軸における屈折パワーが0である光学面上に形成されていることが好ましい。

【0029】

このような態様によれば、光路差付与構造を平面上に形成するので、光路差付与構造を球面上に形成する場合と比較して、光路差付与構造に入射する光束のうち、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、光量の低下を防止できる。

【0030】

前記第1の態様に記載の光ピックアップ装置用の光学系において、前記回折構造は、前記収差補正素子の近軸における屈折パワーが0である光学面上に形成されていることが好ましい。

【0031】

このような態様によれば、回折構造を平面上に形成するので、回折構造を球面上に形成する場合と比較して、回折構造に入射する光束のうち、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、光量の低下を防止できる。

【0032】

前記第2の態様に記載の光ピックアップ装置用の光学系において、前記収差補正素子の近軸における屈折パワー P_R (mm^{-1}) が以下の(2)式を満たすことが好ましい。

$$P_R > 0 \quad (2)$$

【0033】

このような態様によれば、収差補正素子の近軸における屈折パワー P_R (mm^{-1}) が0より大きくなるので、屈折パワーを受けた光束は収束光として収差補正素子から出射される。

そして、環境温度の上昇に伴い収差補正素子の屈折率が低下した場合には、収差補正素子の屈折パワーが小さくなるので、収差補正素子から射出される光束の収斂度合いは、屈折率が低下する前と比較して小さくなる。これは、環境温度の上昇に伴って、集光レンズの倍率が小さくなる方向に変化することと等価であるので、この倍率変化により集光レンズでは補正不足方向に球面収差が変化する。従って、環境温度の上昇に伴って集光レンズの屈折率が低下することで補正過剰方向に変化する球面収差を、相殺することが可能となる。

以上説明したように、このような態様により、光路差付与構造による集光レンズの温度特性の補正量を低減されるので、輪帯数の削減、輪帯の光軸に垂直な方向の幅を大きくで

10

20

30

40

50

き、金型加工に要する時間の短縮や、モールド成形時におけるプラスチック材料への光路差付与構造の転写性の向上という効果を得られる。

【0034】

前記第2の態様に記載の光ピックアップ装置用の光学系において、前記収差補正光学素子が、回折構造が形成された光学面を少なくとも1つ有することが好ましい。

【0035】

本発明に記載の光ピックアップ装置用の光学系において、前記回折構造は、少なくとも入射光束の波長変化に伴って前記集光レンズで発生する軸上色収差を補正することが好ましい。

【0036】

更に、 $b = b_2 \cdot h^2 + b_4 \cdot h^4 + b_6 \cdot h^6 + \dots$ で定義される光路差関数 b (mm) により、前記回折構造を透過する波面に付加される光路差を表した場合に、 $P_D = -2 \cdot b_2$ で定義される近軸における回折パワー P_D (mm^{-1}) と、前記収差補正素子と前記集光レンズとを組み合わせ得られる近軸における合成パワー P_T (mm^{-1}) とが、以下の(3)式を満たすことが好ましい。

$$0.03 \leq P_D / P_T \leq 0.15 \quad (3)$$

但し、 h は光軸からの高さ (mm)、 b_2 、 b_4 、 b_6 、 \dots はそれぞれ、2次、4次、6次、 \dots の光路差関数係数

【0037】

本発明に記載の光ピックアップ装置用の光学系において、前記回折構造は、少なくとも入射光束の波長変化に伴って前記集光レンズで発生する球面収差変化を補正することが好ましい。

【0038】

更に、 $b = b_2 \cdot h^2 + b_4 \cdot h^4 + b_6 \cdot h^6 + \dots$ で定義される光路差関数 b (mm) により、前記回折構造を透過する波面に付加される光路差を表した場合に、2次以外の少なくとも1つの光路差関数係数に0ではない値を有することが好ましい。

但し、 h は光軸からの高さ (mm)、 b_2 、 b_4 、 b_6 、 \dots はそれぞれ、2次、4次、6次、 \dots の光路差関数係数

【0039】

更に、前記回折構造は、光軸を含む中心領域と該中心領域の外側に微細な段差をもって分割された複数の輪帯から構成され、最大有効径位置における輪帯の光軸に垂直な方向の幅 P_f (mm) と、最大有効径の50%の位置における輪帯の光軸に垂直な方向の幅 P_h (mm) とが以下の(4)式を満たすことが好ましい。

$$0 < |P_h / P_f - 2| < 5 \quad (4)$$

【0040】

本発明の光ピックアップ装置用の光学系において、前記回折構造は、光軸を含む中心領域と該中心領域の外側に微細な段差をもって分割された複数の輪帯から構成され、光軸を含む断面形状が階段形状であることが好ましい態様の1つである。

【0041】

本発明の光ピックアップ装置用の光学系において、前記回折構造は、光軸を含む中心領域と該中心領域の外側に微細な段差をもって分割された複数の輪帯から構成され、光軸を含む断面形状が鋸歯形状であることも好ましい態様の1つである。

【0042】

本発明の光ピックアップ装置用の光学系において、前記対物光学系が搭載される光ピックアップ装置のレーザ光源の波長を λ (nm)、前記収差補正素子と前記集光レンズとを組み合わせ得られる開口数を NA としたとき、以下の(5)及び(6)式を満たすことが好ましい。

$$450 \leq \lambda \leq 650 \quad (5)$$

$$0.60 \leq NA \leq 0.95 \quad (6)$$

更に、本発明の光ピックアップ装置用の光学系においては、前記収差補正素子と前記集

10

20

30

40

50

光レンズとを組み合わせ得られる開口数を NA 、焦点距離を f (mm) としたとき、以下の (9) 乃至 (10) を満たすことが好ましい。

$$0.75 \leq NA \leq 0.90 \quad (9)$$

$$0.7 < f < 2.5 \quad (10)$$

【0043】

本発明の光ピックアップ装置用の光学系において、前記収差補正素子と、前記集光レンズはそれぞれ単独で収差の評価が可能となるように設計されていることが好ましい。

【0044】

本発明の光ピックアップ装置用の光学系において、前記収差補正素子と前記集光レンズは、それぞれ、その光学機能部の周辺に形成されたフランジ部を有し、前記前記集光レンズのフランジ部の一部と、前記収差補正素子のフランジ部の一部とが接合されていることが好ましい。

10

【0045】

本発明の光ピックアップ装置用の光学系において、前記収差補正素子と前記集光レンズは、接合部材を介して接合されていることを特徴とする。

【0046】

前記第3の態様に記載の光ピックアップ装置用の収差補正素子において、前記集光レンズは、プラスチック製の1群1枚構成の単レンズであって、前記光路差付与構造は、光軸を含む中心領域と該中心領域の外側に微細な段差をもって分割された複数の輪帯とから構成され、環境温度が上昇した場合に、透過波面の球面収差が補正不足方向に変化するような光路差を隣接する前記輪帯間で発生することで、前記集光レンズで発生する補正過剰方向への球面収差変化を補正することが好ましい。

20

【0047】

このような態様によれば、光路差付与構造を温度特性補正用として用いることにより、例えば、環境温度の変化により屈折率のみが変化し、入射光束の波長が変化しない場合であっても、温度特性を有効に補正することが可能となる。

【0048】

前記第3の態様に記載の収差補正素子において、前記光路差付与構造において、前記中心領域の外側に隣接する前記輪帯は、前記中心領域に対して光路長が短くなるように光軸方向に変移して形成され、最大有効径位置における前記輪帯は、その内側に隣接する前記輪帯に対して光路長が長くなるように光軸方向に変移して形成され、最大有効径位置の75%の位置における前記輪帯は、その内側に隣接する前記輪帯とその外側に隣接する前記輪帯とに対して光路長が短くなるように光軸方向に変移して形成されていることが好ましい。

30

【0049】

前記第3の態様に記載の光ピックアップ装置用の収差補正素子において、前記回折構造は、少なくとも入射光束の波長変化に伴って前記集光レンズで発生する軸上色収差を補正することが好ましい。

【0050】

更に、450nm以下の所定の波長に対する前記収差補正素子の近軸におけるパワー P_M (mm^{-1}) と、前記所定の波長よりも10nm長い波長に対する前記収差補正素子の近軸におけるパワー P_L (mm^{-1}) と、前記所定の波長よりも10nm短い波長に対する前記収差補正素子の近軸におけるパワー P_S (mm^{-1}) とが以下の(7)式を満たすことが好ましい。

40

$$P_S < P_M < P_L \quad (7)$$

【0051】

前記第3の態様に記載の光ピックアップ装置用の収差補正素子において、前記回折構造は、少なくとも入射光束の波長変化に伴って前記集光レンズで発生する球面収差変化を補正することが好ましい。

【0052】

50

更に、 $b = b_2 \cdot h^2 + b_4 \cdot h^4 + b_6 \cdot h^6 + \dots$ で定義される光路差関数 b (mm) により、前記回折構造を透過する波面に付加される光路差を表した場合に、2次以外の少なくとも1つの光路差関数係数に0ではない値を有することが好ましい。

但し、 h は光軸からの高さ (mm)、 b_2 、 b_4 、 b_6 、 \dots はそれぞれ、2次、4次、6次、 \dots の光路差関数係数

【0053】

また、前記回折構造は、光軸を含む中心領域と、該中心領域の外側に微細な段差をもって分割された複数の輪帯から構成され、最大有効径位置における前記輪帯の光軸に垂直な方向の幅 P_f (mm) と、最大有効径の50%の位置における前記輪帯の光軸に垂直な方向の幅 P_h (mm) とが以下の(8)式を満たすことがより好ましい。

$$0 < |P_h / P_f - 2| < 5 \quad (8)$$

10

【0054】

前記第3の態様に記載の光ピックアップ装置用の収差補正素子において、前記光路差付与構造が形成された光学面は、レーザ光源側の光学面であり、前記回折構造が形成された光学面は、前記集光レンズ側の光学面であることが好ましい。

【0055】

前記第3の態様に記載の光ピックアップ装置用の収差補正素子において、前記光路差付与構造は、前記収差補正素子の近軸における屈折パワーが0である光学面上に形成されていることが好ましい。

【0056】

このような態様によれば、光路差付与構造を平面上に形成するので、光路差付与構造を球面上に形成する場合と比較して、光路差付与構造に入射する光束のうち、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、光量の低下を防止できる。

20

【0057】

前記第3の態様に記載の光ピックアップ装置用の収差補正素子において、前記回折構造は、前記収差補正素子の近軸における屈折パワーが0である光学面上に形成されていることを特徴とする。

【0058】

このような態様によれば、回折構造を平面上に形成するので、回折構造を球面上に形成する場合と比較して、回折構造に入射する光束のうち、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、光量の低下を防止できる。

30

【0059】

前記第3の態様に記載の光ピックアップ装置用の収差補正素子において、前記回折構造は、光軸を含む中心領域と該中心領域の外側に微細な段差をもって分割された複数の輪帯から構成され、光軸を含む断面形状が階段形状であることが好ましい態様の1つである。

【0060】

前記第3の態様に記載の光ピックアップ装置用の収差補正素子において、前記回折構造は、光軸を含む中心領域と該中心領域の外側に微細な段差をもって分割された複数の輪帯から構成され、光軸を含む断面形状が鋸歯形状であることも好ましい態様の1つである。

40

【0061】

本発明の別の態様としては、プラスチック製の収差補正素子と、該収差補正素子から射出された光束を結像させるための集光レンズから構成される光ピックアップ装置用の光学素子において、前記収差補正素子は、回折構造が形成された光学面を少なくとも1つ有し、前記集光レンズは、光路差付与構造が形成された光学面と、非球面とを少なくとも1つずつ有する1群1枚構成の単レンズであることを特徴とする。

【0062】

この態様においては、収差補正素子に入射光束を回折させる回折構造が形成され、集光レンズに光路差付与構造が形成される。

ここで、環境温度の変化により光路差付与構造を通過する光束には球面収差が生じるこ

50

とになるが、収差補正素子と集光レンズとが軸ずれを生じた状態で組付けられている場合には、球面収差が生じた状態で集光レンズに入射し、集光レンズから出射される光束は集光スポットにおいてコマ収差を生じさせる。そこで、光路差付与構造を集光レンズに形成することにより、仮に収差補正素子と集光レンズとが軸ずれを生じた状態で組付けられている場合であっても、上記コマ収差の発生を防止できる。

【0063】

本発明に用いられる集光レンズとしては、レーザ光源から射出された光束を収斂光束に変換する収斂光束生成手段から射出された収斂光束を、光ディスクの情報記録面上に集光させるためのプラスチック製の集光レンズであって、回折限界内での波面収差が最小となる場合における倍率を m 、光軸上のレンズ厚さを d (mm)、焦点距離を f (mm)、開口数を NA としたとき、以下の(9)乃至(11)式を満たし、非球面を少なくとも1つ有する1群1枚構成の単レンズであることが好ましい。

$$0 < m < 1 \quad (9)$$

$$0.75 < d / f < 1.5 \quad (10)$$

$$0.75 \leq NA \leq 0.95 \quad (11)$$

【0064】

この集光レンズにおいて、前記収斂光束生成手段は、前記第3の態様に記載の収差補正素子であることが好ましい。

本発明の集光レンズ及び収差補正素子に用いられるプラスチック材料としては、光ピックアップ装置用の光学素子として必要とされる、透明性、耐熱性、低吸水性、複屈折性、耐光性等性能を満たす限り特に限定されない。本発明で好ましく用いられるプラスチック材料としては、特に、青紫色レーザ等の低波長レーザに対する耐光性に優れていることが好ましい。

本発明の集光レンズ及び収差補正素子に用いられるプラスチックの構造は特に限定されないが上述の性能を達成する観点から、脂環式炭化水素構造を有する重合体が好ましく、このような重合体としてより好ましくは、ノルボルネン系開環重合体水素化物、ノルボルネン-オレフィン共重合体水素化物、スチレン-ブタジエンブロック共重合体の水素化物等が挙げられる。特に、青紫レーザ等の低波長レーザに対する耐光性という観点で、スチレン-ブタジエンブロック共重合体の水素化物が好ましい。このような重合体としては、特に特開平2002-148401に記載のスチレン-ブタジエンブロック共重合体の水素化物が好ましく用いられる。

【発明の効果】

【0065】

本発明によれば、軽量で十分な作動距離を確保でき、更に温度特性及び色収差の補正が可能な光ピックアップ装置に用いられる、集光用途としての光学系、更に、温度特性の補正が特に良好な光ピックアップ装置用の光学系、前記光学系を用いた光ピックアップ装置、光情報記録再生装置、及び前記光学系において用いられる収差補正素子を得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0066】

本発明の実施の形態を、図面を参照して説明する。

図1は、本実施の形態の光ピックアップ装置10の概略図であり、光ピックアップ装置10は、光源としての青紫色半導体レーザ11、偏光ビームスプリッタ12、1/4波長板16、コリメータ13、絞り18、対物レンズ(対物光学系ともいう)30、フォーカシング/トラッキング用の2軸アクチュエータ19、シリンドリカルレンズ17、凹レンズ14、及び光検出器15とから構成される。

青紫色半導体レーザ11から射出された発散光束は、偏光ビームスプリッタ12を透過し、1/4波長板16、及びコリメータレンズ13を経て円偏光の平行光束となった後、絞り18により光束径が規制され、対物レンズ30によって高密度光ディスク20の保護層22を介して情報記録面21上に形成されるスポットとなる。

【0067】

10

20

30

40

50

情報記録面 21 で情報ビットにより変調された反射光束は、再び対物レンズ 30、絞り 18、及びコリメートレンズ 13 を経て収斂光束となった後、1/4 波長板 16 を透過することで直線偏光となり、偏光ビームスプリッタ 12 によって反射され、シリンドリカルレンズ 17、凹レンズ 14 を経ることによって非点収差が与えられ、光検出器 15 に収束する。そして、光検出器 15 の出力信号を用いて高密度光ディスク 20 に記録された情報を読み取ることができる。

本実施の形態においては、対物レンズ 30 は、コリメートレンズ 13 からの平行光束を高密度光ディスク 20 の情報記録面 21 上に集光させる無限共役型となっているが、青紫色半導体レーザ 11 からの発散光束を高密度光ディスク 20 の情報記録面 21 上に集光させる有限共役型としてもよい。

10

【0068】

対物レンズ 30 は、青紫色半導体レーザ 11 から発したレーザ光を高密度光ディスク 20 (例えば、ブルーレイディスク) の保護層 22 を介して情報記録面 21 上に集光させる機能を有し、青紫色半導体レーザ 11 側に配置されたプラスチック製の収差補正素子 40 と、高密度光ディスク 20 側に配置されたプラスチック製の集光レンズ 50 とから構成される。収差補正素子 40 と集光レンズ 50 とを組み合わせて得られる NA は 0.85 である。

更に、収差補正素子 40 と集光レンズ 50 はその光学機能部 (青紫色半導体レーザ 11 からの光束が通過する領域) よりも周辺側の部分に、それぞれ光学機能部と一体に成形されたフランジ部 43 とフランジ部 53 とを有しており、フランジ部 43、53 の一部同士が接合されることで、収差補正素子 40 と集光レンズ 50 は一体となってフォーカシングやトラッキングを行う。

20

【0069】

図 2 に示すように、対物光学系 30 は、物体側から順に配置されたプラスチック製の収差補正素子 40 とプラスチック製の集光レンズ 50 とにより構成されている。

集光レンズ 50 は、非球面を少なくとも 1 つ (本実施の形態においては入射面 51 と出射面 52 の 2 面) 有する 1 群 1 枚構成の屈折単レンズである。

収差補正素子 40 は、図 3 に示すように、その光学面 (入射面及び出射面) の光軸近傍の形状が平面状とされたいわゆる平行平板の光学素子であり、入射面 41 には光路差付与構造 60 が形成され、出射面 42 には回折構造 70 が形成されている。

30

【0070】

図 3 に示すように、光路差付与構造 60 は、光軸 L を含むと共に光軸 L に直交する平面からなる中心領域 61 と、この中心領域 61 の外側に形成される複数の輪帯 62 とから構成される。

各輪帯 62 は光軸 L を中心とした同心円状に形成されており、その内周縁部分と外周縁部分とが光軸 L 方向に延びる微細な段差 63 により分割されている。

複数の輪帯 62 のうち、中心領域 61 の外側に隣接する輪帯 (輪帯 62 a) は、中心領域 61 に対して光路長が短くなるように、つまり光軸 L 方向に沿って光ディスク 20 側に変移して形成されており、光学面の最大有効径 D に相当する位置の輪帯 (輪帯 62 b) は、その内側に隣接する輪帯 62 に対して光路長が長くなるように、つまり光軸 L 方向に沿って光源 11 側に変移して形成されており、最大有効径 D の 75% に相当する位置の輪帯 (輪帯 62 c) は、その内側に隣接する輪帯 62 とその外側に隣接する輪帯 62 とに対して光路長が短くなるように光軸 L 方向に沿って光ディスク 20 側に変移して形成されている。

40

【0071】

そして、光源 11 からの出射光束は、収差補正素子 40 の入射面 41 において、各輪帯 62 を通過する際に、輪帯 62 の変位量 (段差 63 の光軸 L 方向の長さ) に応じた光路差が付与され、各光束に位相差が生じるようになっている。

そして、環境温度が変化していない状態では、各輪帯 62 を通過した光束の位相が情報記録面 21 上でほぼ揃うように各光束に対して光路差が付与され、環境温度が上昇した場

50

合には、透過波面の球面収差が補正不足方向に変化するような光路差を隣接する前記輪帯間で発生することで、集光レンズ50で発生する補正過剰方向への球面収差の変化を補正するようになっている。

【0072】

回折構造70は、光軸Lを含む中心領域71と中心領域71の外側に光軸L方向の微細な段差72aをもって分割された複数の輪帯(回折輪帯72)から構成され、各回折輪帯72の光軸Lを含む断面形状が鋸歯形状に形成されている。

そして、 $b = b_2 \cdot h^2 + b_4 \cdot h^4 + b_6 \cdot h^6 + \dots$ で定義される光路差関数 b (mm) により、回折構造70を透過する波面に付加される光路差を表した場合に、 $P_D = -2 \cdot b_2$ で定義される近軸における回折パワー P_D (mm^{-1}) と、収差補正素子40と集光レンズ50とを組み合わせ得られる近軸における合成パワー P_T (mm^{-1}) とが(3)式を満たすことにより、回折構造70が入射光束の波長変化に伴って集光レンズ50で発生する軸上色収差を補正するようになっている。

$$0.03 \quad P_D / P_T \quad 0.15 \quad (3)$$

但し、 h は光軸Lからの高さ(mm)、 b_2 、 b_4 、 b_6 、 \dots はそれぞれ、2次、4次、6次、 \dots の光路差関数係数、

【0073】

また、2次以外の少なくとも1つの光路差関数係数に0ではない値を有することで、回折構造70が入射光束の波長変化に伴って集光レンズ50で発生する球面収差変化を補正するようになっている。

また、最大有効径Dの位置における輪帯62の光軸Lに垂直な方向の幅 P_f (mm) と、最大有効径Dの50%の位置における輪帯62の光軸Lに垂直な方向の幅 P_h (mm) とが(4)式を満たすよう回折構造70が設計されている。

$$0 < |P_h / P_f - 2| < 5 \quad (4)$$

また、収差補正素子40の近軸におけるパワー P_1 (mm^{-1}) が(1)式を満たし、収差補正素子40の近軸における屈折パワー P_R (mm^{-1}) が(2)式を満たすように収差補正素子40が設計されている。

$$P_1 > 0 \quad (1)$$

$$P_R > 0 \quad (2)$$

【0074】

収差補正素子の近軸におけるパワー P_1 (mm^{-1}) が0より大きくなるので、収差補正素子から射出される光束は収斂光束となるが、これは、集光レンズの倍率 m が $m > 0$ となることと等価である。一般的に、開口数NAの有限共役型($m = 0$)の集光レンズについての無限光束入射に換算した開口数NA (以下、換算NAという)は、 $NA = NA \cdot (1 - m)$ で表すことができる。従って、倍率 m が $m > 0$ である集光レンズにおいては、換算NAを小さくできるので、 NA^4 に比例して増加する集光レンズの温度特性による球面収差変化を小さくすることが可能となる。

【0075】

また、収差補正素子の近軸における屈折パワー P_R (mm^{-1}) が0より大きくなるので、屈折パワーを受けた光束は収束光として収差補正素子から出射される。

そして、環境温度の上昇に伴い収差補正素子の屈折率が低下した場合には、収差補正素子の屈折パワーが小さくなるので、収差補正素子から射出される光束の収斂度合いは、屈折率が低下する前と比較して小さくなる。これは、環境温度の上昇に伴って、集光レンズの倍率が小さくなる方向に変化することと等価であるので、この倍率変化により集光レンズでは補正不足方向に球面収差が変化する。従って、環境温度の上昇に伴って集光レンズの屈折率が低下することで補正過剰方向に変化する球面収差を、相殺することが可能となる。

以上のように、光路差付与構造による集光レンズの温度特性の補正量を低減されるので、輪帯数の削減、輪帯の光軸に垂直な方向の幅を大きくでき、金型加工に要する時間の短縮や、モールド成形時におけるプラスチック材料への光路差付与構造の転写性の向上とい

10

20

30

40

50

う効果を得られる。

【0076】

以上のように、本実施の形態に示した対物光学系30によれば、回折構造70を色収差補正用として用い、光路差付与構造60を温度特性補正用として用いることにより、環境温度の変化により屈折率のみが変化し、出射光束の波長が変化しない場合であっても、光路差付与構造60により温度特性の補正が可能となる。

また、対物光学系30を構成する収差補正素子40及び集光レンズ50をプラスチックにより成形するので、高密度光ディスク20に用いられる高NAの対物光学系30の軽量化を実現できると共に、金型を用いた射出成形により低コストで生産できる。また、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レンズ50に持たせることで、作動距離を大きく確保することが可能となり、対物レンズ30と光ディスク20との干渉を防ぐことができる。そして、収差補正素子40の光学面上に、回折構造70や光路差付与構造60のごとき微細な段差を有する構造を形成しているため、回折構造70や光路差付与構造60に入射する光束のうち、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、光量の低下を防止できる。

【0077】

また、光路差付与構造60及び回折構造70を平面（収差補正素子40の入射面41及び出射面42）上に形成するので、光路差付与構造60及び回折構造70を球面上に形成する場合と比較して、光路差付与構造60及び回折構造70に入射する光束のうち、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、光量の低下を防止できる。

なお、図示は省略するが、フランジ部43、53を設けずに、収差補正素子40と集光レンズ50とを一体的に連結することができる部材（接合部材）を用いることとしても良い。

また、図示は省略するが、上述した光ピックアップ装置10に、光ディスク20を回転自在に保持する回転駆動装置やこれら各種装置の駆動を制御する制御装置等を組み合わせることで、光ディスク20に対する情報の記録及び光ディスク20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できる。

【0078】

また、本実施の形態においては、光ピックアップ装置10が1つのレーザ光源11を備え、1種類の規格（或いは、記録密度）の光ディスク（本実施の形態においては、高密度光ディスク20）に対して用いられるものとしたが、これに限らず、2つ以上の光源を用いて、2種類以上の規格の光ディスク間での互換性を有する光ピックアップ装置の構成としてもよい。

以下に、2つ以上の光源を用いて、2種類以上の規格の光ディスク間での互換性を有する光ピックアップ装置の構成とする場合において、収差補正素子40の回折構造70の好ましい形態である2種類の回折構造について説明する。1つは、回折構造70の光軸方向の段差の深さを、波長1の入射光束と波長2（ $\lambda_1 > \lambda_2$ ）の入射光束に対して、発生する回折光の回折次数が互いに異なるように設計することである。これにより、各波長領域に対して最適な色収差の補正ができるとともに、各波長領域に対して十分な回折効率

【0079】

もう1つは、回折構造70を、波長1の入射光束と波長2（ $\lambda_1 > \lambda_2$ ）の入射光束のうち、一方には光路差を与え、他方には実質的に光路差を与えないような、回折作用に波長選択性を有する構造とすることである。

具体的には、図4(a)、(b)に示すように、回折構造80を、光軸Lを中心とした複数の輪帯81と、これら輪帯81の光学面上に形成される光軸L方向に沿った階段状の不連続面82とから構成する。尚、図4においては、回折構造80が収差補正素子40の入射面41上に形成されている場合を表している。輪帯81は、光軸Lに関して回転対称な所定の形状の光学面Sに対して実質的な傾きをもつ鋸歯状の不連続面であり、さらに、

各輪帯 8 1 の光学面上には、これら輪帯 8 1 を通過する光束に対して所定の光路差を付与する光軸 L に沿った階段状の不連続面 8 2 が形成されている。ここで、所定の形状の光学面 S は、球面であってもよいし、非球面であってもよい。また、近軸における屈折パワーが 0 である光学面であってもよいし、近軸における屈折パワーが 0 ではない光学面であってもよい。

【0080】

各不連続面 8 2 の深さ d_1 (光軸 L 方向の長さ) は、所定の波長 λ の光束に対する屈折率を n とした場合に、 $j \times \lambda / (n - 1)$ で表される値とほぼ等しくなっており (ここで、 j は正の整数である)、一つの不連続面 8 2 を通過する波長 λ の光束と、その隣の不連続面 8 2 を通過する波長 λ の光束との間に、ほぼ 1 波長 (λ) に相当する光路差が生じ、且つ波面のずれが生じない長さに設計されている。

10

また、各不連続面 8 2 の形状は、図 4 中に二点鎖線で示した鋸歯状の輪帯 8 1 の表面の形状を、各不連続面 8 2 に対応する区間で分割して、光軸 L 方向に平行移動させた形状に近似したものとなっている。

回折構造をこのような構成とすると、波長 λ_1 の入射光束と波長 λ_2 ($\lambda_1 > \lambda_2$) の入射光束のうち、一方の光束だけに光路差が付与されるので、規格の異なる光ディスクの保護層の厚さの違いで発生する球面収差変化の補正、青紫色領域での色収差の補正、青紫色領域での温度特性の補正等が可能となる。

【0081】

また、光路差付与構造 6 0 を収差補正素子 4 0 の出射面 4 2 側に形成し、回折構造 7 0 を収差補正素子 4 0 の入射面 4 1 側に形成しても良い。この場合、出射面 4 2 において回折作用を受ける光束は、出射面 4 2 において光軸 L から離れた (遠い) 位置から出射され、さらに、集光レンズ 5 0 の出射面 5 2 においても光軸 L から離れた位置から出射されることになるので、集光レンズ 5 0 の出射面 5 2 から光ディスク 2 0 表面までの距離 (作動距離) を長くすることが可能となり、光ピックアップ装置 1 0 の駆動時に光ディスク 2 0 の表面が集光レンズ 5 0 の出射面 5 2 に干渉する事態を未然に防止できる。

20

また、光路差付与構造 6 0 と回折構造 7 0 を収差補正素子 4 0 の同一の光学面上に形成してもよい。

【0082】

あるいは、収差補正素子 4 0 に回折構造 7 0 を形成し、集光レンズ 5 0 に光路差付与構造 6 0 を形成してもよい。ここで、通常、環境温度の変化により光路差付与構造 6 0 を通過する光束には球面収差が生じ、収差補正素子 4 0 と集光レンズ 5 0 とが軸ずれを生じた状態で組付けられている場合には、球面収差が生じた状態で集光レンズ 5 0 に入射し、集光レンズ 5 0 から出射される光束は集光スポットにおいてコマ収差を生じさせるが、光路差付与構造 6 0 を集光レンズ 5 0 に形成することにより、仮に収差補正素子 4 0 と集光レンズ 5 0 とが軸ずれを生じた状態で組付けられている場合であっても、上記コマ収差の発生を防止できる。

30

【実施例】

【0083】

次に、上述した対物光学系の実施例について説明する。

40

[実施例 1]

本実施例における対物光学系は、焦点距離 $f = 1.76 \text{ mm}$ 、近軸パワー $P_T = 0.569 \text{ mm}^{-1}$ 、開口数 $NA = 0.85$ 、設計波長 $\lambda = 405 \text{ nm}$ 、設計基準温度 $T = 25$ に設定されている。

また、収差補正素子は、両面が平面のプラスチックレンズであり、第 1 面 (入射面) に光路差付与構造、第 2 面 (出射面) に回折構造 (回折輪帯が鋸歯形状) が形成されている。また、近軸パワー (屈折のパワー P_R と回折のパワー P_D を足し合せたもの) $P_1 = 0.05 \text{ mm}^{-1}$ 、近軸屈折パワー $P_R = 0 \text{ mm}^{-1}$ 、近軸回折パワー $P_D = 0.05 \text{ mm}^{-1}$ 、最大有効径位置での輪帯幅 $P_f = 5.4 \mu\text{m}$ 、最大有効径の 50% 位置での輪帯幅 $P_h = 10.8 \mu\text{m}$ 、収差補正素子単体での波面収差 (405 nm 、 25) $= 0.014 \text{ rms}$ 、

50

= 405 nmの光束に対する近軸パワー $P_M : 0.05 \text{ mm}^{-1}$ 、 = 410 nmの光束に対する近軸パワー $P_L : 0.0507 \text{ mm}^{-1}$ 、 = 400 nmの光束に対する近軸パワー $P_S : 0.0494 \text{ mm}^{-1}$ 、温度変化に伴う屈折率の変化率 = -9.0×10^{-5} に設定されている。

【0084】

また、集光レンズは、両面（第3面及び第4面）が非球面のプラスチックレンズであり、焦点距離 = 1.89 mm、倍率 $m = 0.088$ 、開口数 $NA = 0.85$ 、集光レンズ単体での波面収差（405 nm、25 μm ） = 0.000 rms、温度変化に伴う屈折率変化率 = -10.8×10^{-5} に設定されている。

また、表1に収差補正素子及び集光レンズの曲率半径 r 、第 i 面から第 $i + 1$ 面までの光軸 L 方向の位置 d 、添字で表す波長の光束に対する屈折率 N を表す。

【0085】

【表1】
近軸データ

面番号	r (mm)	d (mm)	N_{405}	N_{406}	$N_{406.5}$	備考
0		∞				光源
1	∞	0.80000	1.52469	1.52454	1.52447	収差補正素子
2	∞	0.05000				
3	1.16114	1.94000	1.56013	1.55997	1.55989	集光レンズ
4	-4.94428	0.52991				
5	∞	0.10000	1.62000	1.62000	1.62000	保護層
6	∞					

また、集光レンズの非球面は、その面の頂点に接する平面からの変形量を X (mm)、光軸に垂直な方向の高さを h (mm)、曲率半径を r (mm) とするとき、次の数1に表2中の係数を代入した数式で表される。ただし、 κ を円錐係数、 A_{2i} を非球面係数とする。

【0086】

【数1】

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

【表2】

非球面係数

	第3面	第4面
κ	-6.5377E-01	-3.4143E+02
A4	2.4478E-02	1.8658E-01
A6	7.3107E-03	-2.9601E-01
A8	2.0969E-03	4.3471E-01
A10	1.2190E-03	-5.1167E-01
A12	8.8826E-04	3.4609E-01
A14	-5.3723E-04	-9.5672E-02
A16	-7.4897E-05	0.0000E+00
A18	2.9543E-04	0.0000E+00
A20	-6.5694E-05	0.0000E+00

【0087】

また、収差補正素子の回折構造は、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 (mm)、 b_{2j} を光路差関数係

数とするとき次の数 2 で定義される光路差関数 Φ_b (mm) に表 3 中の係数を代入した数式で表される。

【 0 0 8 8 】

【 数 2 】

$$\Phi_b = \sum_{j=0} b_{2j} h^{2j}$$

【 表 3 】

光路差関数係数

	第2面
b2	-2.5017E-02

10

【 0 0 8 9 】

また、光路差付与構造の各輪帯の形状は、表 4 で表される。

【 表 4 】

光路差付与構造

i	h_{i-1} (mm)	h_i (mm)	$m_i d$ (um)	m_i
1	0.000	0.420	0.00	0
2	0.420	0.600	3.86	5
3	0.600	0.760	7.72	10
4	0.760	0.920	11.58	15
5	0.920	1.320	15.44	20
6	1.320	1.380	11.58	15
7	1.380	1.420	7.72	10
8	1.420	1.450	3.86	5
9	1.450	1.475	0.00	0
10	1.475	1.515	-3.86	-5

20

【 0 0 9 0 】

表 4 中の i は、光路差付与構造の中心領域及び各輪帯の番号を表し、光軸を含む中心領域を $i = 1$ 、中心領域の外側（光軸から離れる方向）に隣接する輪帯を $i = 2$ 、さらに外側に隣接する輪帯を $i = 3$ 、・・・とする。即ち、本実施例における対物光学系の収差補正素子には、中心領域の外側に 9 本の輪帯が形成されている。そして、 h_{i-1} と、 h_i は、それぞれ中心領域及び各輪帯の始点高さ、終点高さを表す。 $m_i d$ は、中心領域に対する各輪帯の光軸方向の距離（光源から光ディスク方向に向かって変位する場合を正とする）を表す。例えば、中心領域の外側に隣接する輪帯（ $i = 2$ ）は、中心領域に対して光ディスク側に $3.86 \mu\text{m}$ 変移しており、最も外側の輪帯（ $i = 10$ ）は、中心領域に対して光源側に $3.86 \mu\text{m}$ 変移している。また、 m_i は、設計基準温度 $T = 25$ において、中心領域を透過する光束に対して、各輪帯を透過する光束に付与される光路差を表し、例えば、中心領域の外側に隣接する輪帯（ $i = 2$ 、 $m = 5$ ）を透過する光束は、中心領域を透過する光束に対して 5 （但し、 $\lambda = 405 \text{ nm}$ ）の光路差が付与されるので、位相差に換算して 2×5 (rad) だけ位相が遅れることになり、最も外側の輪帯（ $i = 10$ 、 $m = -5$ ）を透過する光束は、中心領域を透過する光束に対して -5 （但し、 $\lambda = 405 \text{ nm}$ ）の光路差が付与されるので、位相差に換算して 2×5 (rad) だけ位相が進むことになる。

30

40

【 0 0 9 1 】

図 5 は、環境温度の変化に伴い、本実施例における対物レンズの温度が設計基準温度である 25 から 55 に上昇した場合における波面収差を表し、横軸が瞳座標 h を表し、縦軸が波面収差（単位は λ ）を表す。図 6 は、集光レンズのみで評価した場合の波面収差を表す。

50

55 において、集光レンズのみでは波面収差の rms 値が $0.075 rms$ となるのに対して、集光レンズに収差補正素子を組み合わせた場合は、 $0.010 rms$ となった。図5及び図6においては、温度変化に伴う青紫色半導体レーザの波長変化も考慮しており、その変化率を $+0.05 nm/$ と仮定した。

【0092】

また、温度変化に伴う青紫色半導体レーザの波長変化も考慮しない場合、即ち、集光レンズと収差補正素子の屈折率変化のみを考慮した場合、55 において、集光レンズのみでは波面収差の rms 値が $0.070 rms$ となるのに対して、集光レンズに収差補正素子を組み合わせた場合は、 $0.022 rms$ となった。これにより本発明の対物レンズは、 $NA 0.85$ のプラスチック製の単レンズを有しているにも係わらず、温度特性に優れた光学素子となっており、特に、温度特性の補正に光路差付与構造を利用しているため、温度上昇に伴う青紫色半導体レーザの波長変化の有無に係わらず、良好な温度特性の補正効果が得られていることがわかる。

10

【0093】

図7は、青紫色半導体レーザのモードホッピングにより、本実施例における対物レンズに対する入射光束の波長が、設計波長の $405 nm$ から $1 nm$ 長くなった場合における波面収差を表し、横軸が瞳座標 h を表し、縦軸が波面収差 (単位は μm) を表す。図8は、集光レンズのみで評価した場合の波面収差を表す。

波長 $406 nm$ において、集光レンズのみでは波面収差の rms 値が $0.112 rms$ となるのに対して、集光レンズに収差補正素子を組み合わせた場合は、 $0.022 rms$ となった。なお、図7及び図8においては、対物光学系及び集光レンズのフォーカス位置は、 $405 nm$ でのフォーカス位置に固定されている。

20

これにより本発明の対物レンズでは、回折構造の作用により、良好に色収差が補正されていることがわかる。

【0094】

[実施例2]

本実施例における対物光学系は、焦点距離 $f = 1.00 mm$ 、近軸パワー $P_T = 1.002 mm^{-1}$ 、開口数 $NA = 0.85$ 、設計波長 $\lambda = 408 nm$ 、設計基準温度 $T = 35$ に設定されている。

収差補正素子は、第1面(入射面)は平面、第2面(出射面)は非球面のプラスチックレンズであり、第1面には光路差付与構造、第2面には回折構造(回折輪帯が鋸歯形状)が形成されている。また、近軸パワー $P_1 = 0.116 mm^{-1}$ 、近軸屈折パワー $P_R = 0.051 mm^{-1}$ 、近軸回折パワー $P_D = 0.064 mm^{-1}$ 、最大有効径位置での輪帯幅 $P_f = 12.2 \mu m$ 、最大有効径の50%位置での輪帯幅 $P_h = 53.8 \mu m$ 、収差補正素子単体の波面収差 ($408 nm$ 、 35°) $= 0.003 rms$ 、 $\lambda = 408 nm$ の光束に対する近軸パワー $P_M : 0.1156 mm^{-1}$ 、 $\lambda = 413 nm$ の光束に対する近軸パワー $P_L : 0.1163 mm^{-1}$ 、 $\lambda = 403 nm$ の光束に対する近軸パワー $P_S : 0.1149 mm^{-1}$ 、温度変化に伴う屈折率の変化率 $= -1.0 \times 10^{-4}$ に設定されている。

30

【0095】

また、集光レンズは、両面(第3面及び第4面)が非球面のプラスチックレンズであり、焦点距離 $= 1.09 mm$ 、倍率 $m = 0.115$ 、開口数 $NA = 0.85$ 、集光レンズ単体での波面収差 ($408 nm$ 、 35°) $= 0.001 rms$ 、温度変化に伴う屈折率変化率 $= -1.0 \times 10^{-4}$ に設定されている。

40

表5は収差補正素子及び集光レンズの近軸データである。

【表 5】
近軸データ

面番号	r(mm)	d (mm)	N408	N409	N409.5	備考
OBJ		∞				光源
1	∞	0.77000	1.52317	1.52302	1.52294	収差補正素子
2	-10.21118	0.09000				
3	0.63727	1.09000	1.52317	1.52302	1.52294	集光レンズ
4	-2.30817	0.27132				
5	∞	0.08750	1.61830	1.61791	1.61771	保護層
6	∞					

10

【0096】

また、収差補正素子及び集光レンズの非球面は、上記数 1 に表 6 中の係数を代入した数式で表される。第 2 面の非球面形状については、光軸 L に対して垂直で、光軸からの距離が長くなるのに伴い、曲率半径 r で表される球面に対する光軸 L 方向での変移量が大きくなっている。

【表 6】
非球面係数

	第 2 面	第 3 面	第 4 面
κ	1.0000E+01	-6.4366E-01	-1.0588E+02
A4	3.4622E-02	1.3543E-01	1.5996E+00
A6	-8.2847E-04	2.2580E-01	-1.0121E+01
A8	-8.7946E-03	-4.7255E-02	4.5415E+01
A10	3.4517E-02	2.8633E-01	-1.3266E+02
A12	5.7785E-03	1.7620E+00	2.1333E+02
A14	0.0000E+00	-1.7158E+00	-1.3948E+02
A16	0.0000E+00	-4.7530E+00	0.0000E+00
A18	0.0000E+00	1.1552E+01	0.0000E+00
A20	0.0000E+00	-3.5167E+00	0.0000E+00

20

30

【0097】

また、収差補正素子の回折構造は、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、かかる光路差は上記数 2 に表 7 中の係数を代入して定義される光路差関数 b (mm) で表される。

【表 7】
光路差関数係数

	第 2 面
b 2	-3.2104E-02
b 4	-1.6626E-02
b 6	-1.6149E-03
b 8	1.0073E-02
b 10	-2.5033E-02

40

【0098】

また、光路差付与構造の各輪帯の形状は表 8 で表される。

【表 8】

光路差付与構造

i	Hi-1(mm)	Hi (mm)	Mid(um)	M1
1	0.000	0.375	0.000	0
2	0.375	0.567	2.340	3
3	0.567	0.742	4.679	6
4	0.742	0.815	2.340	3
5	0.815	0.852	0.000	0
6	0.852	0.920	-2.340	-3

10

【0099】

本実施例における対物光学系の収差補正素子には、中心領域の外側に6本の輪帯が形成されている。また、 m_i は、設計基準温度 $T = 35$ において、中心領域を透過する光束に対して、各輪帯を透過する光束に付与される光路差を表し、例えば、中心領域の外側に隣接する輪帯 ($i = 2$ 、 $m = 3$) を透過する光束は、中心領域を透過する光束に対して3 (但し、 $\lambda = 408 \text{ nm}$) の光路差が付与されるので、位相差に換算して 2×3 (rad) だけ位相が遅れることになり、最も外側の輪帯 ($i = 6$ 、 $m = -3$) を透過する光束は、中心領域を透過する光束に対して -3 (但し、 $\lambda = 408 \text{ nm}$) の光路差が付与されるので、位相差に換算して 2×3 (rad) だけ位相が進むことになる。

光線の入射角度が画角 0.5 度において、集光レンズのみでは波面収差のコマ収差成分の rms 値が 0.009 rms となるのに対して、集光レンズに収差補正素子を組み合わせた場合は、 0.003 rms となった。即ち、集光レンズと収差補正素子とを組み合わせることで正弦条件を満たす光学系となっている。

20

【0100】

65 において、集光レンズのみでは波面収差の rms 値が 0.047 rms となるのに対して、集光レンズに収差補正素子を組み合わせた場合は、 0.006 rms となった。なお、温度変化に伴う青紫色半導体レーザの波長変化も考慮しており、その変化率を $+0.05 \text{ nm/}$ と仮定した。

また、温度変化に伴う青紫色半導体レーザの波長変化も考慮しない場合、即ち、集光レンズと収差補正素子の屈折率変化のみを考慮した場合、 65 において、集光レンズのみでは波面収差の rms 値が 0.045 rms となるのに対して、集光レンズに収差補正素子を組み合わせた場合は、 0.014 rms となった。これにより本発明の対物レンズは、 $NA 0.85$ のプラスチック製の単レンズを有しているにも係わらず、温度特性に優れた光学素子となっており、特に、温度特性の補正に光路差付与構造を利用しているため、温度上昇に伴う青紫色半導体レーザの波長変化の有無に係わらず、良好な温度特性の補正効果が得られていることがわかる。

30

【0101】

波長 409 nm において、集光レンズのみでは波面収差の rms 値が 0.058 rms となるのに対して、集光レンズに収差補正素子を組み合わせた場合は、 0.006 rms となった。なお、対物光学系及び集光レンズのフォーカス位置は、 408 nm のフォーカス位置に固定されている。

40

これにより本発明の対物レンズでは、回折構造の作用により、良好に色収差が補正されていることがわかる。

【0102】

[実施例3]

本実施例における対物光学系は、焦点距離 $f = 1.76 \text{ mm}$ 、近軸パワー $PT = 0.569 \text{ mm}^{-1}$ 、開口数 $NA = 0.85$ 、設計波長 $\lambda = 407.5 \text{ nm}$ 、設計基準温度 $T = 35$ に設定されている。

収差補正素子は、第1面(入射面)は平面、第2面(出射面)は非球面のプラスチックレンズであり、第1面には光路差付与構造、第2面には回折構造(回折輪帯が鋸歯形状)

50

が形成されている。また、近軸パワー $P_1 = 0.065 \text{ mm}^{-1}$ 、近軸屈折パワー $P_R = 0.026 \text{ mm}^{-1}$ 、近軸回折パワー $P_D = 0.039 \text{ mm}^{-1}$ 、最大有効径位置での輪帯幅 $P_f = 1.2 \mu\text{m}$ 、最大有効径の50%位置での輪帯幅 $P_h = 46.6 \mu\text{m}$ 、収差補正素子単体の波面収差 (407.5 nm、35) = 0.002 rms、 = 407.5 nmの光束に対する近軸パワー $P_M : 0.0649 \text{ mm}^{-1}$ 、 = 412.5 nmの光束に対する近軸パワー $P_L : 0.0654 \text{ mm}^{-1}$ 、 = 402.5 nmの光束に対する近軸パワー $P_S : 0.0645 \text{ mm}^{-1}$ 、温度変化に伴う屈折率の変化率 = -1.0×10^{-4} に設定されている。

【0103】

また、集光レンズは、両面 (第3面及び第4面) が非球面のプラスチックレンズであり、焦点距離 = 1.94 mm、倍率 $m = 0.114$ 、開口数 $NA = 0.85$ 、集光レンズ単体の波面収差 (407.5 nm、35) = 0.001 rms、温度変化に伴う屈折率変化率 = -1.0×10^{-4} に設定されている。

【0104】

表9は収差補正素子及び集光レンズの近軸データである。

【表9】

近軸データ

面番号	r(mm)	d(mm)	N407.5	N408.5	N409	備考
OBJ		∞				光源
1	∞	0.78000	1.52324	1.52309	1.52302	収差補正素子
2	-19.82504	0.09000				
3	1.12123	1.92000	1.52324	1.52309	1.52302	集光レンズ
4	-4.28584	0.52245				
5	∞	0.08750	1.61849	1.61810	1.61791	保護層
6	∞					

【0105】

また、収差補正素子及び集光レンズの非球面は、上記数1に表10中の係数を代入した数式で表される。第2面の非球面形状については、光軸Lに対して垂直で、光軸からの距離が長くなるのに伴い、曲率半径rで表される球面に対する光軸L方向での変移量が大きくなっている。

【表10】

非球面係数

	第2面	第3面	第4面
κ	-3.4870E+02	-6.6367E-01	-2.5550E+02
A4	1.3942E-03	2.7240E-02	1.9888E-01
A6	1.1756E-03	1.4464E-02	-3.2288E-01
A8	-2.0311E-04	-5.0013E-03	4.4145E-01
A10	2.4377E-04	6.2378E-03	-5.0338E-01
A12	0.0000E+00	2.6184E-03	3.4492E-01
A14	0.0000E+00	-2.6366E-03	-9.7785E-02
A16	0.0000E+00	-6.2089E-04	0.0000E+00
A18	0.0000E+00	1.3763E-03	0.0000E+00
A20	0.0000E+00	-3.2978E-04	0.0000E+00

【0106】

また、収差補正素子の回折構造は、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、かかる光路差は上記数2に表11中の係数を代入して定義される光路差関数 b (mm) で表される。

【表 1 1】
光路差関数係数

	第 2 面
b 2	-1.9261E-02
b 4	-3.3986E-03
b 6	2.8132E-04
b 8	-1.1614E-04
b 10	-2.5940E-05

【0 1 0 7】

また、光路差付与構造の各輪帯の形状は表 1 2 で表される。

【表 1 2】
光路差付与構造

i	Hi-1(mm)	Hi (mm)	Mid(um)	M1
1	0	0.495	0	0
2	0.495	0.757	3.12	4
3	0.757	0.991	6.23	8
4	0.991	1.303	9.35	12
5	1.303	1.415	6.23	8
6	1.415	1.451	3.12	4
7	1.451	1.507	0.00	0
8	1.507	1.800	-3.12	-4

【0 1 0 8】

本実施例における対物光学系の収差補正素子には、中心領域の外側に 8 本の輪帯が形成されている。また、 m_i は、設計基準温度 $T = 35$ において、中心領域を透過する光束に対して、各輪帯を透過する光束に付与される光路差を表し、例えば、中心領域の外側に隣接する輪帯 ($i = 2$ 、 $m = 4$) を透過する光束は、中心領域を透過する光束に対して 4 (但し、 $\lambda = 407.5 \text{ nm}$) の光路差が付与されるので、位相差に換算して 2×4 (rad) だけ位相が遅れることになり、最も外側の輪帯 ($i = 8$ 、 $m = -4$) を透過する光束は、中心領域を透過する光束に対して -4 (但し、 $\lambda = 407.5 \text{ nm}$) の光路差が付与されるので、位相差に換算して 2×4 (rad) だけ位相が進むことになる。

光線の入射角度が画角 0.5 度において、集光レンズのみでは波面収差のコマ収差成分の rms 値が 0.016 rms となるのに対して、集光レンズに収差補正素子を組み合わせた場合は、0.005 rms となった。即ち、集光レンズと収差補正素子とを組み合わせることで正弦条件を満たす光学系となっている。

【0 1 0 9】

65 において、集光レンズのみでは波面収差の rms 値が 0.090 rms となるのに対して、集光レンズに収差補正素子を組み合わせた場合は、0.009 rms となった。なお、温度変化に伴う青紫色半導体レーザの波長変化も考慮しており、その変化率を $+0.05 \text{ nm/}$ と仮定した。

また、温度変化に伴う青紫色半導体レーザの波長変化も考慮しない場合、即ち、集光レンズと収差補正素子の屈折率変化のみを考慮した場合、65 において、集光レンズのみでは波面収差の rms 値が 0.085 rms となるのに対して、集光レンズに収差補正素子を組み合わせた場合は、0.027 rms となった。これにより本発明の対物レンズは、NA 0.85 のプラスチック製の単レンズを有しているにも係わらず、温度特性に優れた光学素子となっており、特に、温度特性の補正に光路差付与構造を利用しているため、温度上昇に伴う青紫色半導体レーザの波長変化の有無に係わらず、良好な温度特性の補正効果が得られていることがわかる。

【0 1 1 0】

10

20

30

40

50

波長 408.5 nm において、集光レンズのみでは波面収差の rms 値が 0.109 rms となるのに対して、集光レンズに収差補正素子を組み合わせた場合は、0.011 rms となった。なお、対物光学系及び集光レンズのフォーカス位置は、407.5 nm でのフォーカス位置に固定されている。

これにより本発明の対物レンズでは、回折構造の作用により、良好に色収差が補正されていることがわかる。

【図面の簡単な説明】

【0111】

【図1】光ピックアップ装置の構成を示す要部平面図である。

【図2】対物光学系の構成を示す要部平面図である。

10

【図3】収差補正素子の要部平面図である。

【図4】回折構造を示す要部平面図(a)及び拡大図(b)である。

【図5】実施例における波面収差と光軸からの高さとの関係を示すグラフである。

【図6】比較例のグラフである。

【図7】実施例における波面収差と光軸からの高さとの関係を示すグラフである。

【図8】比較例のグラフである。

【符号の説明】

【0112】

10 光ピックアップ装置

30 対物光学系

40 収差補正素子

43 フランジ部

50 集光レンズ

53 フランジ部

60 光路差付与構造

61 中心領域

62 輪帯

63 段差

70 回折構造

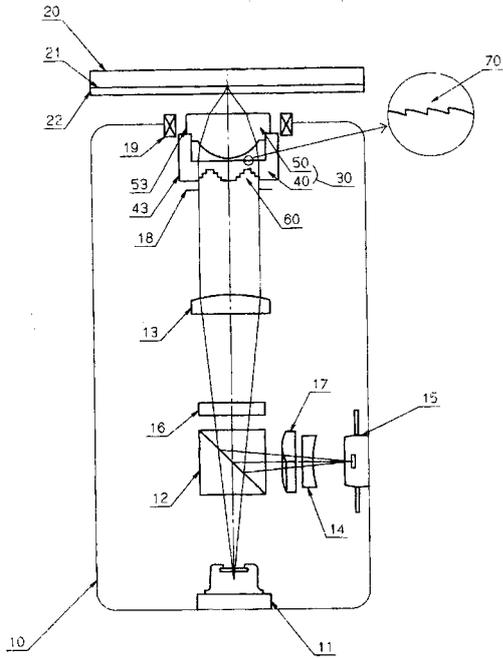
72 輪帯(回折構造)

72a 段差

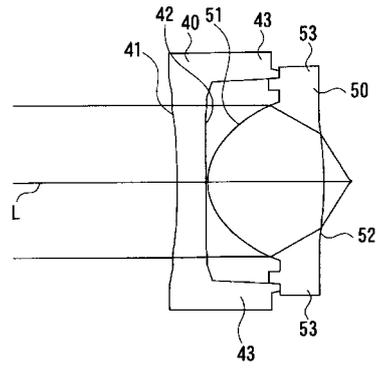
20

30

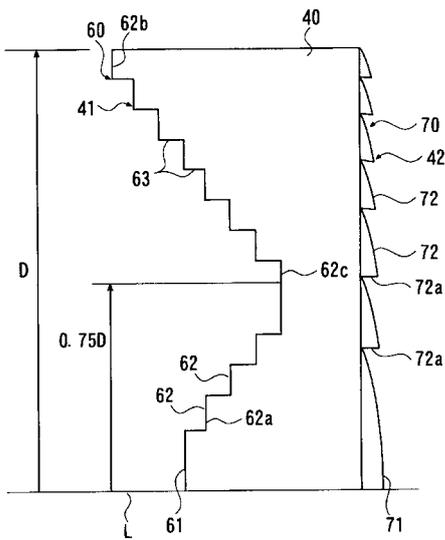
【 図 1 】



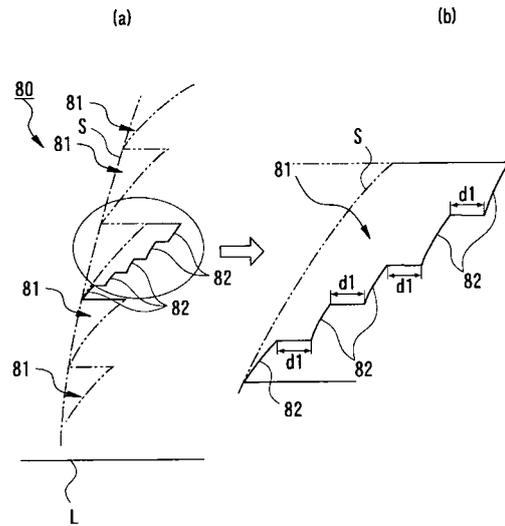
【 図 2 】



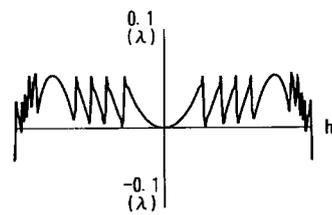
【 図 3 】



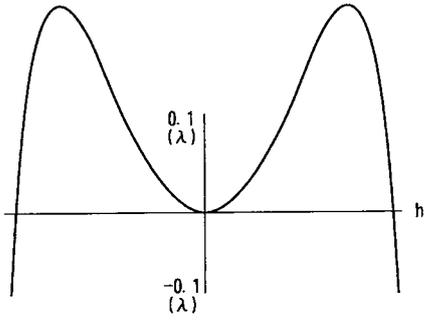
【 図 4 】



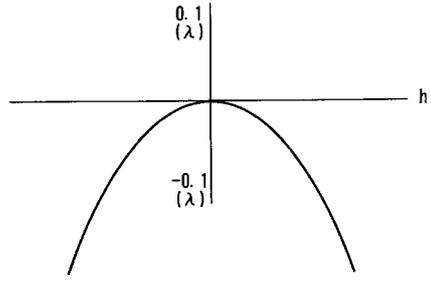
【 図 5 】



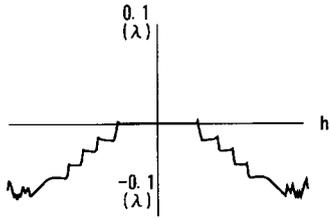
【 図 6 】



【 図 8 】



【 図 7 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA13 LA01 PA02 PA17 PB02 QA03 QA07 QA18 QA21 QA34
QA42 RA05 RA12 RA13 RA46 UA01
5D789 BA01 EC03 JA09 JA43 JB02