

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4789169号

(P4789169)

(45) 発行日 平成23年10月12日(2011.10.12)

(24) 登録日 平成23年7月29日(2011.7.29)

(51) Int.Cl. F I
G O 2 B 13/00 (2006.01) G O 2 B 13/00
G O 2 B 13/18 (2006.01) G O 2 B 13/18
G 1 1 B 7/135 (2006.01) G 1 1 B 7/135 A

請求項の数 12 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2002-196159 (P2002-196159)	(73) 特許権者	000001270
(22) 出願日	平成14年7月4日(2002.7.4)		コニカミノルタホールディングス株式会社
(65) 公開番号	特開2003-167190 (P2003-167190A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番1号
(43) 公開日	平成15年6月13日(2003.6.13)	(74) 代理人	100107272
審査請求日	平成17年6月29日(2005.6.29)		弁理士 田村 敬二郎
審判番号	不服2010-2649 (P2010-2649/J1)	(74) 代理人	100109140
審判請求日	平成22年2月8日(2010.2.8)		弁理士 小林 研一
(31) 優先権主張番号	特願2001-210659 (P2001-210659)	(72) 発明者	木村 徹
(32) 優先日	平成13年7月11日(2001.7.11)		東京都八王子市石川町2970番地 コニ
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		カ株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2001-284407 (P2001-284407)		
(32) 優先日	平成13年9月19日(2001.9.19)	合議体	
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	審判長	村田 尚英
		審判官	笹野 秀生
		審判官	樋口 信宏

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 色収差補正用光学素子、光学系、光ピックアップ装置及び記録・再生装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

550nm以下の波長の光を発生する光源と、d線のアッペ数が95.0以下である材料から形成された対物レンズとを有する光ピックアップ装置に用いられ、前記光源と前記対物レンズとの間の光路中に配置される色収差補正用光学素子であって、

前記色収差補正用光学素子は、単レンズであって、

巨視的にみると平面の複数の輪帯段差からなる回折構造が形成された前記光源側の光学面と、その反対側の面であって凹面の屈折面に形成された前記対物レンズ側の光学面と、を有し、

次式で表されるmが0、±1以外の整数となるような光軸方向の段差量 (mm)を有する前記輪帯段差が少なくとも1つ有効径内に形成されていることを特徴とする色収差補正用光学素子。

$m = \text{INT}(Y)$

$Y = \frac{\lambda_0}{n_0} \times (n - 1) / (\lambda_0 \times 10^{-6})$

ただし、

INT(Y) : Yを四捨五入して得られる整数

n : 前記光源が発生する光の波長 λ_0 (nm)における前記色収差補正用光学素子の屈折率

λ_0 : 前記光源が発生する光の波長 (nm)

【請求項2】

10

20

前記色収差補正用光学素子は、次式を満たすことを特徴とする請求項 1 に記載の色収差補正用光学素子。

$$0.5 \times 10^{-2} < P_D < 15.0 \times 10^{-2}$$

ただし、

P_D ：前記色収差補正用光学素子に形成された回折構造により、前記色収差補正用光学素子を透過する波面に付加される光路差 b_i を光軸からの高さ h_i (mm) の関数として、

$$b_i = n_i \cdot (b_{2i} \cdot h_i^2 + b_{4i} \cdot h_i^4 + b_{6i} \cdot h_i^6 + \dots)$$

により定義される光路差関数で表したとき（ここで、 n_i は回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量を有する回折光の回折次数、 b_{2i} 、 b_{4i} 、 b_{6i} 、 \dots は、それぞれ 2 次、4 次、6 次、 \dots の光路差関数係数である）、

$$P_D = (-2 \cdot b_{2i} \cdot n_i)$$

により定義される回折レンズとしての回折パワー (mm⁻¹)

【請求項 3】

前記色収差補正用光学素子は、次式を満たすことを特徴とする請求項 2 に記載の色収差補正用光学素子。

$$1.0 \times 10^{-2} < P_D < 10.0 \times 10^{-2}$$

【請求項 4】

前記色収差補正用光学素子は、前記光源が発生する光の波長 λ_0 における前記色収差補正用光学素子のトータルの近軸パワー P_0 が略零であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の色収差補正用光学素子。

【請求項 5】

前記色収差補正用光学素子は次式を満たすことを特徴とする請求項 4 に記載の色収差補正用光学素子。

$$P_D > 0$$

$$P_R < 0$$

$$-0.9 < P_D / P_R < -1.1$$

ただし、

P_R ：前記色収差補正用光学素子の屈折レンズとしての屈折パワー (mm⁻¹)

【請求項 6】

入射する光束の波長が長波長側に变化した際に、出射する光束の球面収差が補正不足、あるいは、補正過剰となる方向に変化するような球面収差特性を有し、次式を満たすような回折構造を有する面を少なくとも 1 つ有していることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の色収差補正用光学素子。

$$0.2 \leq |(P_{hf} / P_{hm}) - 2| \leq 6.0$$

ただし、

P_{hf} ：最大有効径 h_m の半分の位置 h_f における前記回折構造の光軸に垂直な方向の輪帯間隔

P_{hm} ：最大有効径 h_m における前記回折構造の光軸に垂直な方向の輪帯間隔

【請求項 7】

回折効率が最大となる波長が 550 nm 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の色収差補正用光学素子。

【請求項 8】

前記色収差補正用光学素子は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 7 のいずれか 1 項に記載の色収差補正用光学素子。

【請求項 9】

550 nm 以下の波長の光を発生する光源と、d 線のアップベ数が 95.0 以下である材料から形成された対物レンズと、前記光源と前記対物レンズとの間の光路中に配置された色収差補正用光学素子とを有し、光情報記録媒体の情報記録面から情報を再生する、および/または、情報記録面に情報を記録するための光学系であって、

前記色収差補正用光学素子として請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の色収差補正用

10

20

30

40

50

光学素子を有することを特徴とする光学系。

【請求項 10】

550nm以下の波長の光を発生する光源と、d線のアッペ数が95.0以下である材料から形成された対物レンズと、前記光源と前記対物レンズとの間の光路中に配置された色収差補正用光学素子と、を有する集光光学系を備え、光情報記録媒体の情報記録面から情報を再生する、および/または、情報記録面に情報を記録するための光ピックアップ装置であって、

前記集光光学系は前記色収差補正用光学素子として請求項1乃至8のいずれか1項に記載の色収差補正用光学素子を有することを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項 11】

前記光源と前記対物レンズとの間の光路中にコリメートレンズを備え、前記色収差補正用光学素子は、前記コリメートレンズと前記対物レンズとの間の光路中に配置されていることを特徴とする請求項10に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 12】

請求項10または11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音声および/または画像の記録装置、および/または、音声および/または画像の再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、回折構造を有する色収差補正用光学素子、この色収差補正用光学素子を備える光学系、光ピックアップ装置及び記録・再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、発振波長が400nm程度の青紫色半導体レーザ光源と、開口数(NA)が0.85程度まで高められた対物レンズとを用いた新しい高密度記録光ピックアップシステムの研究・開発が進んでいる。DVD(NA=0.6、 $\lambda = 650\text{nm}$ 、記憶容量4.7GB)と同程度の大きさで、一例として、NA=0.85、 $\lambda = 400\text{nm}$ の光ディスクでは25GBの情報の記録が可能である。

【0003】

ところが、このような高NAの対物レンズや400nm程度の短波長光源を使用する場合には対物レンズで発生する軸上色収差が問題となる。半導体レーザから出射されるレーザ光は一般に単一波長(シングルモード)であり、軸上色収差はないと思われるが、実際には温度変化や出力変化等により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。モードホッピングは対物レンズのフォーカシングが追従できないような瞬時的に起こる波長変動なので、対物レンズの色収差が補正されていないと、デフォーカス成分が付加され波面収差が劣化する。モードホッピング時の波面収差劣化は、高NAの対物レンズや短波長光源を用いる場合に、以下に示すように、特に大きくなる。波長変動に対しては対物レンズによって球面収差は変動せず、バックフォーカス f_b が f_b だけ変動するとし、バックフォーカスの変動に対して対物レンズを光軸方向にフォーカシングすれば波面収差の平均自乗根値 W_{rms} は0であるが、フォーカシングが行われな

いと W_{rms} は以下の(1')式のようになる。

【0004】

$$W_{rms} = 0.145 \cdot \{ (NA)^2 / \lambda \} / |f_b| \quad (1')$$

【0005】

たとえば、DVD(NA=0.6、 $\lambda = 650\text{nm}$)とNA=0.85、 $\lambda = 400\text{nm}$ の光ディスクとを比較すると、 f_b が同じでも、後者のほうが3.26倍だけ波面収差が劣化する。すなわち、波面収差の許容値が同じだとすると、 $|f_b|$ の許容値が1/3.26と小さくなり、対物レンズと透過して光ディスクの記録面上に集光された波面の軸上色収差を小さくする必要がある。

【0006】

10

20

30

40

50

色収差を補正した接合ダブルレット型光ディスク用対物レンズとしては、特開昭 6 1 - 3 1 1 0 号公報、特開昭 6 2 - 2 8 6 0 0 9 号公報に記載のものが知られているが、正の屈折力の低分散材料からなるレンズと、負の屈折力の高分散材料からなるレンズとを組み合わせたレンズは軽量であることが必須の光ディスク用対物レンズには不向きである。なぜなら材料の分散には限界があるので、短波長に対して色収差を補正しようとする、個々のレンズの屈折力が大きくなるが、正レンズの縁厚を確保するために正レンズが厚肉となる結果、対物レンズ自体が重くなるからである。

【 0 0 0 7 】

また、特開平 1 1 - 1 7 4 3 1 8 号公報には、光ディスク側の開口数が 0 . 8 5 であって、軸上色収差を補正するために光学面にホログラムを設けた 2 枚構成の対物レンズが記載されている。ところが、ホログラムを同心円状の微細な段差をもつ輪帯構造とする場合、光学面の曲率が小さくなりがちな高 N A の対物レンズでは、輪帯構造の影の影響が大となり光の透過率が低下するので、高い光利用効率及要求される情報の書き込み系としての高密度記録光ピックアップシステムには不向きである。

【 0 0 0 8 】

また、対物レンズの軸上色収差を補正するための色収差補正用光学素子としては、特開平 6 - 8 2 7 2 5 号公報に記載の色収差補正用光学素子が知られているが、光軸に対して垂直な平面を、光軸に対して同心円状の輪帯として階段状に形成した色収差補正用光学素子を平行光束中に配置すると、回折構造での反射光が入射光と同じ方向に戻り、光ピックアップの検出系においてゴースト信号が発生するので、光ピックアップシステム用の色収差補正用光学素子としては不向きである。

【 0 0 0 9 】

【 発明が解決しようとする課題 】

本発明は、上述のような事情に鑑みて、例えば高密度記録光ピックアップシステムなどにおいて単色性が悪い光源あるいは波長が急激に変動する光源が用いられた場合であっても、比較的簡単な構成で軸上色収差を補正できる色収差補正用光学素子を提供することを目的とする。また、当該色収差補正用光学素子を用いることにより、光情報記録媒体の開口数が大きいために球面収差の補正、正弦条件の補正および小型化、薄型化、軽量化、低コスト化の目的で軸上色収差が残留したままの対物レンズと共に使用可能となるため低コストで製造可能な光ピックアップ用光学系、これを備えた光ピックアップ装置、および、これを備えた記録再生装置を提供することを目的とする。

また、本発明は、位相不整合部分による光量損失の影響を小さくすることができ、光ピックアップの検出系におけるゴースト信号の発生を防げ、平行光束中に配置するのを容易とする色収差補正用光学素子及び、これを供えた光学系、光ピックアップ装置、記録再生装置を提供することも目的とする。

【 0 0 1 1 】

【 課題を解決するための手段 】

上記目的を達成するために、本発明による色収差補正用光学素子は、550nm以下の波長の光を発生する光源と、d線のアッペ数が95.0以下である材料から形成された対物レンズとを有する光ピックアップ装置に用いられ、前記光源と前記対物レンズとの間の光路中に配置される色収差補正用光学素子であって、

前記色収差補正用光学素子は、単レンズであって、巨視的にみると平面の複数の輪帯段差からなる回折構造が形成された前記光源側の光学面と、その反対側の面であって凹面の屈折面に形成された前記対物レンズ側の光学面と、を有し、次式で表されるmが0、±1以外の整数となるような光軸方向の段差量 (mm) を有する前記輪帯段差が少なくとも1つ有効径内に形成されていることを特徴とする。

$$m = \text{INT} (Y)$$

$$Y = \frac{\lambda}{2} \times (n - 1) / (\lambda_0 \times 10^{-6})$$

ただし、

INT (Y) : Y を四捨五入して得られる整数

10

20

30

40

50

n : 前記光源が発生する光の波長 λ_0 (nm) における前記色収差補正用光学素子の屈折率

λ_0 : 前記光源が発生する光の波長 (nm)

上述の式は、入射光束が、色収差補正用光学素子の光学面上に形成した回折構造により回折される際に、 ± 2 次以上の回折次数を有する高次回折光の回折光量が、他のいずれの回折次数の回折光の回折光量よりも大きくなるように、回折輪帯の光軸方向の段差量 (mm) を決定することを意味する。

回折輪帯構造を 1 次回折光が最大の回折光量を有するように決定した場合、対物レンズの入射瞳径に対応する位置での回折輪帯構造の間隔は $6.9 \mu\text{m}$ であるので、射出成形用のモールドを S P D T による切削加工で加工する際の、ダイヤモンドバイトの先端形状の転写によって生じる輪帯段差の位相不整合部分による光量損失の影響が大きくなる可能性がある。また、回折輪帯構造の間隔が小さいと、成形時に正確に輪帯形状が転写されにくいので、これによっても位相不整合部分による光量損失の影響が大きくなる。

本発明の色収差補正用光学素子のように、 $\pm m$ (ただし、 m は 0, ± 1 以外の整数) 次以上の回折次数を有する高次回折光の回折光量が、他のいずれの回折次数の回折光の回折光量よりも大きくなるように、回折輪帯の光軸方向の段差量 (mm) を決定すると、回折輪帯構造の間隔を m 倍とすることができるので、位相不整合部分による光量損失の影響を小さくすることができる。

回折輪帯構造を平面上に形成すると、回折構造での反射光は入射光と異なる方向に進むので、光ピックアップの検出系におけるゴースト信号の発生を防ぐことができる。また、屈折パワーと回折パワーとを合成して得られる回折構造が形成された光学面のトータルの近軸パワーは、屈折パワーが 0 であるので、以下に示す (6) 式で与えられる。そこで、回折構造が形成された光学面とは反対側の光学面をその近軸パワーの絶対値が (6) 式と同じになるような負屈折力を有する屈折面とすることで、色収差補正用光学素子のトータルの近軸パワーを略 0 又は 0 とすることができるので、平行光束中に配置するのが容易となる。

さらに、回折輪帯構造を平面上に形成すると、回折輪帯構造の間隔が数 μm となる高密度記録光ピックアップ用の色収差補正用光学素子を、微細な回折構造を形状誤差なく形成できる電子ビーム描画により作製することが可能となる。電子ビーム描画による微細な回折構造の作製法に関しては、「OPTICS DESIGN 光設計研究グループ機関誌 No.20 2000.2.25p.26-p.31」に記載されている。

ここで、「巨視的にみると平面」とは、輪帯段差が平面の光学面上に形成されていることをいい、後述する図 2 (a) において、各輪帯段差の頂点を結んだ線 L 1 (包絡線) が直線となることと同義である。

【0012】

参考例である第 1 の色収差補正用光学素子は、 550 nm 以下の波長の光が発生する光源と、d 線のアッペ数が 95.0 以下である材料から形成された対物レンズとの間の光路中に配置される色収差補正用光学素子であって、少なくとも 1 つの面上に複数の輪帯段差からなる回折構造を有し、次式 (1) を満たすことを特徴とする。

$$P_1 < P_0 < P_2 \quad (1)$$

ただし、 P_0 : 前記光源が発生する光の波長 λ_0 における前記色収差補正用光学素子のトータルの近軸パワー (mm^{-1})

P_1 : 前記波長 λ_0 より 10 nm 短い波長 λ_1 における前記色収差補正用光学素子のトータルの近軸パワー (mm^{-1})

P_2 : 前記波長 λ_0 より 10 nm 長い波長 λ_2 における前記色収差補正用光学素子のトータルの近軸パワー (mm^{-1})

【0013】

上述の (1) 式は、 550 nm 以下の波長の光が発生する光源であって、単色性が悪い光源、あるいは波長が急激に変動する光源を使用した光ピックアップ装置において、この光源と、軸上色収差が残留した対物レンズとの間に配置される色収差補正用光学素子のトー

10

20

30

40

50

タルの近軸パワーに関して、対物レンズの軸上色収差を補正するための条件である。(1)式の意味するところは、色収差補正用光学素子自身では、軸上色収差を光源が発生する光の波長 λ_0 より10nm長い波長 λ_2 において近軸パワーが大きくなるように軸上色収差を補正過剰とし、波長 λ_2 において対物レンズで発生する補正不足の軸上色収差を相殺補正することで、色収差補正用光学素子と対物レンズとを含む光ピックアップ光学系全系の軸上色収差を補正するものである。本発明による色収差補正用光学素子と組み合わせることで、軸上色収差を厳しく補正していない対物レンズであっても、対物レンズの残存軸上色収差が問題となる、単色性の悪い短波長光源を使用する光ピックアップ装置用の対物レンズとして使用することが可能となる。なお、色収差補正用光学素子の近軸パワーとは、屈折レンズとしての屈折パワーと、回折構造のみの回折パワーとを合成した、色収差補正用光学素子全系のパワーである。なお、色収差補正用光学素子のトータルの近軸パワーとは、屈折レンズとしての屈折パワーと回折レンズとしての回折パワーとを合成して得られる近軸パワーを指す。

10

【0014】

また、参考例である第2の色収差補正用光学素子は、550nm以下の波長の光を発生する光源と、d線のアップ数が95.0以下である材料から形成された対物レンズとの間の光路中に配置される色収差補正用光学素子であって、前記色収差補正用光学素子は、少なくとも1つの面上に複数の輪帯段差からなる回折構造を有し、次式(2)、(2')で表されるmが0、±1以外の整数となるような光軸方向の段差量 (mm)を有する前記輪帯段差が少なくとも1つ有効径内に形成されている特徴とする。

20

【0015】

$$m = \text{INT}(Y) \quad (2)$$

$$Y = \lambda \times (n - 1) / (\lambda_0 \times 10^{-6}) \quad (2')$$

ただし、INT(Y)：Yを四捨五入して得られる整数

n：前記光源が発生する光の波長 λ (nm)における前記色収差補正用光学素子の屈折率

λ_0 ：前記光源が発生する光の波長 (nm)

【0016】

上述の(2)式は、入射光束が、色収差補正用光学素子の光学面上に形成した回折構造により回折される際に、±2次以上の回折次数を有する高次回折光の回折光量が、他のいずれの回折次数の回折光の回折光量よりも大きくなるように、回折輪帯の光軸方向の段差量 (mm)を決定することを意味する。

30

【0017】

また、参考例である第3の色収差補正用光学素子は、550nm以下の波長の光を発生する光源と、d線のアップ数が95.0以下である材料から形成された対物レンズとの間の光路中に配置される色収差補正用光学素子であって、少なくとも2つの面上に複数の輪帯段差からなる回折構造を有することを特徴とする。

【0018】

一般的な光学材料では、短波長になるほど微少な波長変化に対する屈折率の変化が大きくなるので、波長 λ が550nm以下の短波長光源を使用する場合、微少な波長変化が起きた際に対物レンズでは軸上色収差が大きく発生する。そのため、対物レンズの軸上色収差を補正するために必要な色収差補正用光学素子の回折レンズとしての回折パワーは大きくなる。対物レンズの近軸パワーを ϕ_{BJ} 、色収差補正用光学素子のトータルの近軸パワーを ϕ_A とすると、波長の変化によって、対物レンズと色収差補正用光学素子との合成系のバックフォーカスが変化しないためには、以下の(3)式が成り立てばよい。

40

【0019】

$$d\phi_A / d\lambda = -d\phi_{BJ} / d\lambda \quad (3)$$

【0020】

一方、対物レンズの波長変化に対する近軸パワーの変化はバックフォーカスの変化との関係では、次の(4)式により表され、また、色収差補正用光学素子を回折レンズとした場

50

合のトータルの近軸パワー（即ち、回折レンズとしての回折パワー）は、波長に比例するので、次の（５）式により表される。

【００２１】

$$d_{OBJ} / d = - (dfB / d) \cdot O_{BJ}^2 \quad (4)$$

$$d_{SA} / d = S_A / \quad (5)$$

【００２２】

（４）、（５）式を（３）式に代入すると、回折レンズとして構成される色収差補正用光学素子の回折パワー S_A は以下の（６）式により得られる。

【００２３】

$$S_A = (dfB / d) \cdot O_{BJ}^2 \quad (6)$$

10

【００２４】

例えば、焦点距離 3.33 mm、使用波長 650 nm、NA = 0.6、入射瞳径 4 mm、 $d = 55$ である一般的な DVD 用の対物レンズでは、 $dfB / d = 0.15 \mu m / nm$ であるので、色収差補正用光学素子の回折パワー S_A は以下の（７）式で示すように設定される。

【００２５】

$$S_A = 0.15 \times 10^{-3} \cdot 650 \cdot (1/3)^2 = 1/92.3 (mm^{-1}) = 1.1 \times 10^{-2} (mm^{-1}) \quad (7)$$

【００２６】

また、焦点距離 2.35 mm、使用波長 405 nm、NA = 0.85、入射瞳径 4 mm、 $d = 55$ である高密度記録光ピックアップ用の対物のレンズでは、 $dfB / d = 0.40 \mu m / nm$ であるので、色収差補正用光学素子の回折パワー S_A は以下の（８）式で示すように設定される。

20

【００２７】

$$S_A = 0.40 \times 10^{-3} \cdot 405 \cdot (1/2.35)^2 = 1/34.1 (mm^{-1}) = 2.9 \times 10^{-2} (mm^{-1}) \quad (8)$$

【００２８】

すなわち、高密度記録光ピックアップ用の色収差補正用光学素子には DVD 用の色収差補正用光学素子と比して、約 2.7 倍の回折パワーが必要となる。実際には、NA が大なる高密度記録光ピックアップ用の対物レンズの焦点深度は小さいので、軸上色収差をより厳しく補正しなければならず、高密度記録光ピックアップ用の色収差補正用光学素子に必要な回折パワーは（８）式よりも大きくなる。

30

【００２９】

ところで、回折パワー S_A の色収差補正用光学素子によって透過波面に付加される光路差は光軸からの高さ h の関数として以下の（９）式により表される。

【００３０】

$$= (S_A / 2) \cdot h^2 \quad (9)$$

【００３１】

また、色収差補正用光学素子に形成される回折輪帯構造の隣り合う輪帯の光軸に垂直な方向に測った間隔は、輪帯構造の最適化波長を λ_0 、最大の回折光量を有する回折光の回折次数を m とした場合、以下の（１０）式により表される。

40

【００３２】

$$= m \cdot \lambda_0 / (d / dh) \quad (10)$$

【００３３】

（１０）式を（９）式に代入すると、回折輪帯構造の間隔は以下の（１１）式により決定される。

【００３４】

$$= m \cdot \lambda_0 / (S_A \cdot h) \quad (11)$$

【００３５】

したがって、上述の DVD 用の色収差補正用光学素子では、光軸からの高さ 2 mm にお

50

る回折輪帯構造の間隔 λ_{650} は、輪帯構造の最適化波長を 650 nm とすると、以下の (12) 式ようになる。

$$\lambda_{650} = m \cdot 650 \times 10^{-3} / (1/92.3 \cdot 2) = 30 \cdot m (\mu\text{m}) \quad (12)$$

【0036】

一方、上述の高密度記録光ピックアップ用の色収差補正用光学素子では、光軸からの高さ 2 mm における回折輪帯構造の間隔 λ_{405} は、輪帯構造の最適化波長を 405 nm とすると、以下の (13) 式ようになる。

$$\lambda_{405} = m \cdot 405 \times 10^{-3} / (1/34.1 \cdot 2) = 6.9 \cdot m (\mu\text{m}) \quad (13)$$

【0038】

(13) 式において、回折輪帯構造を 1 次回折光が最大の回折光量を有するように決定した場合、対物レンズの入射瞳径に対応する位置での回折輪帯構造の間隔は $6.9\text{ }\mu\text{m}$ であるので、射出成形用のモールドを S P D T による切削加工で加工する際の、ダイヤモンドバイトの先端形状の転写によって生じる輪帯段差の位相不整合部分による光量損失の影響が大きくなる可能性がある。また、回折輪帯構造の間隔が小さいと、成形時に正確に輪帯形状が転写されにくいので、これによっても位相不整合部分による光量損失の影響が大きくなる。

【0039】

以上より、本発明による色収差補正用光学素子のように、 $\pm m$ (ただし、 m は $0, \pm 1$ 以外の整数) 次以上の回折次数を有する高次回折光の回折光量が、他のいずれの回折次数の回折光の回折光量よりも大きくなるように、回折輪帯の光軸方向の段差量 ($m\text{ mm}$) を決定すると、上述の (13) 式により、回折輪帯構造の間隔を m 倍とすることができるので、位相不整合部分による光量損失の影響を小さくすることができる。

【0040】

さらに、参考例の第 3 の色収差補正用光学素子のように、 n (ただし、 n は 2 以上の整数) 面以上の光学面上に回折輪帯構造を形成し、色収差補正用光学素子に必要な回折パワー P_{SA} を n 個の光学面に均等に分配すると、1 面あたりの回折パワーは $1/n$ 倍となり、上述の (11) 式により、回折輪帯構造の間隔を n 倍とすることができるので、位相不整合部分による光量損失の影響を小さくすることができる。ここでは説明を簡単にするために、色収差補正用光学素子に必要な回折パワーを n 個の光学面に均等に分配することを説明したが、均等な分配でなくても良いことはもちろんである。

【0041】

例えば、2 つの光学面上に回折輪帯構造を形成し、さらに、2 次の回折次数を有する高次回折光の回折光量が、他のいずれの回折次数の回折光の回折光量よりも大きくなるように、回折輪帯の光軸方向の段差量 ($m\text{ mm}$) を決定した場合、(11)、(13) 式により、上述の対物レンズの入射瞳径に対応する位置での回折輪帯構造の間隔を $27.6\text{ }\mu\text{m}$ とすることができる。

【0042】

また、参考例である第 4 の色収差補正用光学素子は、 550 nm 以下の波長の光を発生する光源と、 d 線のアップベ数が 95.0 以下である材料から形成された対物レンズと、間の光路中に配置される色収差補正用光学素子であって、前記色収差補正用光学素子は、単レンズであって、巨視的にみると平面の複数の輪帯段差からなる回折構造が形成された一方の光学面と、その反対側の面であって凹面の屈折面に形成された他方の光学面と、を有することを特徴とする。

【0043】

回折輪帯構造を平面上に形成すると、回折構造での反射光は入射光と異なる方向に進むので、光ピックアップの検出系におけるゴースト信号の発生を防ぐことができる。また、屈折パワーと回折パワーとを合成して得られる回折構造が形成された光学面のトータルの近軸パワーは、屈折パワーが 0 であるので、上述の (6) 式で与えられる。そこで、回折構造が形成された光学面とは反対側の光学面をその近軸パワーの絶対値が (6) 式と同じに

10

20

30

40

50

なるような負屈折力を有する屈折面とすることで、色収差補正用光学素子のトータルの近軸パワーを 0 とすることができるので、平行光束中に配置するのが容易となる。

【 0 0 4 4 】

さらに、回折輪帯構造を平面上に形成すると、回折輪帯構造の間隔が上述の (1 3) 式で与えられるように数 μm となる高密度記録光ピックアップ用の色収差補正用光学素子を、微細な回折構造を形状誤差なく形成できる電子ビーム描画により作製することが可能となる。電子ビーム描画による微細な回折構造の作製法に関しては、「OPTICS DESIGN 光設計研究グループ機関誌 No.20 2000.2.25p.26-p.31」に記載されている。

ここで、「巨視的にみると平面」とは、輪帯段差が平面の光学面上に形成されていることをいい、後述する図 2 (a) において、各輪帯段差の頂点を結んだ線 L 1 (包絡線) が直線となることと同義である。

10

【 0 0 4 5 】

また、本発明による色収差補正用光学素子では以下の (1 4) 式を満たすことが好ましい。

【 0 0 4 6 】

$$0.5 \times 10^{-2} < P_D < 15.0 \times 10^{-2} \quad (14)$$

ただし、

P_D : 前記色収差補正用光学素子に形成された回折構造により、前記色収差補正用光学素子を透過する波面に付加される光路差 b_i を光軸からの高さ h_i (mm) の関数として、
 $b_i = n_i \cdot (b_{2i} \cdot h_i^2 + b_{4i} \cdot h_i^4 + b_{6i} \cdot h_i^6 + \dots)$ により定義される光路差関数で表したとき (ここで、 n_i は回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量を有する回折光の回折次数、 b_{2i} 、 b_{4i} 、 b_{6i} 、 \dots は、それぞれ 2 次、4 次、6 次、 \dots の光路差関数係数 (回折面係数ともいう) である)、 $P_D = (-2 \cdot b_{2i} \cdot n_i)$ により定義される回折レンズとしての回折パワー (mm^{-1})

20

【 0 0 4 7 】

上述したように、高密度記録光ピックアップ用の色収差補正用光学素子には、例えば、焦点距離 2.35 mm、使用波長 405 nm、 $NA = 0.85$ 、入射瞳径 4 mm、 $d = 55$ である対物のレンズの軸上色収差を補正するために、 $S_A = 2.9 \times 10^{-2}$ (mm^{-1}) 程度の回折パワーが必要である。実際には、 NA が大なる高密度記録光ピックアップ用の対物レンズの焦点深度は小さいので、軸上色収差をより厳しく補正しなければならず、高密度記録光ピックアップ用の色収差補正用光学素子に必要な回折パワーは上述の値より大きくなる。また、色収差補正用光学素子に必要な回折パワーは、対物レンズの焦点距離や、アッペ数の値によっても変化する。そこで、高密度記録光ピックアップ用の色収差補正用光学素子の回折パワーの好ましい範囲として、上述の (1 4) 式のような条件を定めた。

30

【 0 0 4 8 】

(1 4) 式の下限以上で、光情報記録媒体の情報記録面上に集光された波面の軸上色収差が補正不足になりすぎず、また、(1 4) 式の上限以下で、光情報記録媒体の情報記録面上に集光された波面の軸上色収差が補正過剰になりすぎない。以上の作用を達成するには、本発明による色収差補正用光学素子は以下の (1 5) 式を満たすのがより好ましい。

40

【 0 0 4 9 】

$$1.0 \times 10^{-2} < P_D < 10.0 \times 10^{-2} \quad (15)$$

【 0 0 5 0 】

また、本発明による色収差補正用光学素子は、前記光源が発生する光の波長 λ_0 における前記色収差補正用光学素子のトータルの近軸パワー P_0 が略零であることが好ましく、平行光束中に配置することが容易となる。具体的には、以下の (1 6) 乃至 (1 8) 式を満たすことである。

【 0 0 5 1 】

$$P_D > 0 \quad (16)$$

$$P_R < 0 \quad (17)$$

50

$$-0.9 < P_D / P_R < -1.1 \quad (18)$$

ただし、

P_R : 前記色収差補正用光学素子の屈折レンズとしての屈折パワー (mm^{-1})

【0052】

また、本発明による色収差補正用光学素子は、入射する光束の波長が長波長側に变化した際に、出射する光束の球面収差が補正不足、あるいは、補正過剰となる方向に変化するような球面収差特性を有し、次式(19)を満たすような回折構造を有する面を少なくとも1つ有していることが好ましい。

$$0.2 \leq |(P_{hf} / P_{hm}) - 2| \leq 6.0 \quad (19)$$

ただし、

P_{hf} : 最大有効径 h_m の半分の位置 h_f における前記回折構造の光軸に垂直な方向の輪帯

間隔 P_{hm} : 最大有効径 h_m における前記回折構造の光軸に垂直な方向の輪帯間隔

【0053】

550nm以下、特に400nm程度の短波長光源を用いた場合、上述したように、レンズ材料の微少な波長変化に対する屈折率変化が大きいので、微少な波長変化が起きた際に、対物レンズでは軸上色収差が発生するほかに、球面収差も変化する。例えば、単レンズ構成の対物レンズでは、波長が設計波長より10nm長波長側に变化すると、補正過剰方向に球面収差が変化する。また、2群構成の対物レンズでは、レンズ群の近軸パワー配置によって、波長が設計波長より10nm長波長側に变化した際の球面収差は、補正過剰方向に変化したり、補正不足方向に変化したりする。

【0054】

上述の(19)式は微少な波長変化が起きた際の、対物レンズの球面収差変化を色収差補正用光学素子の回折作用によって補正するための条件である。光路差関数が2次の光路差関数係数(回折面係数ともいう)しか有しないならば、

$(P_{hf} / P_{hm}) - 2 = 0$ となるが、本発明による色収差補正用光学素子は、設計波長からの微少な波長変化によって対物レンズにおいて生じる球面収差の変化を、色収差補正用光学素子の回折構造の回折作用により良好に補正するために、光路差関数の高次の光路差関数係数を用いる。このとき、 $(P_{hf} / P_{hm}) - 2$ が0からある程度離れた値をとることが好ましく、(19)式を満たしていれば、上述の球面収差の変化を回折作用により良好に打ち消すことができる。

【0055】

また、本発明による色収差補正用光学素子は、回折効率が最大となる波長が550nm以下であるのが好ましい。より好ましくは、対物レンズの設計波長と、回折効率が最大となる波長とが略一致していることである。

【0056】

また、本発明による色収差補正用光学素子は、プラスチックレンズであることが好ましい。本発明の色収差補正用光学素子のように対物レンズとは別体の素子として、光ピックアップ光学系中に配置する場合には、対物レンズのように作動距離の確保や軽量化のため薄型化、小型化の要求が強くないので、プラスチック材料から形成された回折屈折一体型光学素子のレンズをモールドを使った射出成形法等によって容易に低コストで生産することができる。

【0057】

なお、本明細書において、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、入射光束を回折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。また、回折構造または回折パターンとは、この回折を生じる領域のことをいう。レリーフの形状としては、例えば、光学素子の表面に、光軸を中心として略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、各輪帯は鋸歯状、あるいは階段状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。

【0058】

10

20

30

40

50

また、本発明による光学系は、550nm以下の波長の光を発生する光源と、d線のアップ数が95.0以下である材料から形成された対物レンズと、前記光源と前記対物レンズとの間の光路中に配置された色収差補正用光学素子とを有する、光情報記録媒体の情報記録面から情報を再生する、および/または、情報記録面に情報を記録するための光学系であって、前記色収差補正用光学素子として上述の本発明による色収差補正用光学素子を有することを特徴とする。

【0059】

また、本発明による光ピックアップ装置は、550nm以下の波長の光を発生する光源と、d線のアップ数が95.0以下である材料から形成された対物レンズと、前記光源と前記対物レンズとの間の光路中に配置された色収差補正用光学素子と、を有する光学系を備えた、光情報記録媒体の情報記録面からの情報を再生する、および/または、情報記録面に情報を記録するための光ピックアップ装置であって、前記集光光学系は前記色収差補正用光学素子として本発明による色収差補正用光学素子を有することを特徴とする。

10

【0060】

上述の光学系によれば、例えば高密度記録光ピックアップシステムなどにおいて単色性が悪い光源あるいは波長が急激に変動する光源が用いられた場合であっても、比較的簡単な構成で軸上色収差を補正でき、しかも低コストで製造可能な光ピックアップ用光学系及び光ピックアップ装置を実現できる。

【0061】

なお、本明細書において、光情報記録媒体としては、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、DVD+RW等の各種DVD、あるいはMD等のディスク状の現在の光情報記録媒体のみならず、次世代の高密度記録媒体なども含まれる。

20

【0062】

また、本明細書において、情報の記録および再生とは、上記のような光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。本発明の集光光学系は、記録だけある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、ある光情報記録媒体に対しては記録を行い、別の光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、ある光情報記録媒体に対しては記録または再生を行い、別の光情報記録媒体に対しては記録およ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。

30

【0063】

上述の本発明による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、DVD+RW、MD等の光情報記録媒体に対してコンパクトなプレーヤーまたはドライブ等、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/または画像の記録装置および/または再生装置に搭載することができる。

【0064】

【発明の実施の形態】

40

以下、本発明による実施の形態について図面を用いて説明する。図1は本実施の形態に係る光ピックアップ用集光光学系を含む光ピックアップ装置の構成を概略的に示す図であり、図2(a)は図1の色収差補正用光学素子の側面図であり、図2(b)は図2(a)の矢印方向Aから見た平面図である。

【0065】

図1の光ピックアップ装置1は、光源としての半導体レーザ2と、回折一体型の色収差補正用光学素子3と、対物レンズ4とを含む。半導体レーザ2は波長400nm程度の光束を射出するGaN系青紫色レーザである。なお、波長400nm程度の光束を射出する光源としては上記のGaN系青紫色レーザのほかに、SHG青紫色レーザであってもよい。

【0066】

50

また、図2(a), (b)に示すように、色収差補正用光学素子3の半導体レーザ2側の面S1には、平面の光学面上に略同心円状の回折パターンpが設けられている。この回折パターンpの回折パワーは上述の(14)式を満たすように決定され、この回折パターンpの光軸に垂直な方向の間隔は上述の(11)式によって決定されている。さらに、色収差補正用光学素子3の対物レンズ4側の面S2は負屈折力を有する凹面とされており、回折パターンの回折パワーと凹面の屈折パワーの絶対値を等しく設定することで色収差補正用光学素子3の全系のパワーを0としている。

【0067】

なお、略同心円状の回折パターンは、色収差補正用光学素子3の対物レンズ4側の面に設けられてもよいし、光源側の面と対物レンズ4側の面の両方に設けられてもよい。また、色収差補正用光学素子3のトータルの近軸パワーを0としたが、このトータルの近軸パワーは正であってもよいし負であってもよい。また、色収差補正用光学素子3の回折パターンは光軸に対して略同心円状としたが、これ以外の回折パターンが設けられていてもよい。

10

また、図1の光ピックアップ装置1では、色収差補正用光学素子3を1枚のレンズから構成したが、本発明の範囲を逸脱しない限り、複数のレンズから構成されるようにしてもよい。また、図1の光ピックアップ装置1では、色収差補正用光学素子3を対物レンズ4とは別体の素子として配置したが、色収差補正用光学素子3と対物レンズ4とを鏡枠や接着剤等で一体化してもよい。この場合、色収差補正用光学素子3と対物レンズ4とが一体となって2軸アクチュエータ10によってトラッキング制御されるので、良好なトラッキング特性が得られる。

20

【0068】

また、図1の対物レンズ4は、色収差補正用光学素子3からの光束を光ディスク5の情報記録面5'上に回折限界内で集光するレンズであって、1枚のレンズから構成されており、少なくとも1つの非球面を有している。また、対物レンズ4は光軸に対し垂直に延びた面を持つフランジ部4'を有し、このフランジ部4'により対物レンズ4を光ピックアップ装置1に精度よく取り付けることができる。対物レンズ4の光ディスク5側の開口数は0.65以上であることが好ましく、0.75以上であることがより好ましい。なお、対物レンズ4は1枚のレンズから構成されているとしたが、2枚以上のレンズから構成されていてもよい。

30

【0069】

また、半導体レーザ2から出射された発散光束は、偏向ビームスプリッタ6を透過し、コリメートレンズ7および1/4波長板8を経て円偏向の平行光束となり、色収差補正用光学素子3、絞り9を透過した後、対物レンズ4によって高密度記録用光ディスク5の透明基板5''を介して情報記録面5'上に形成されるスポットとなる。対物レンズ4は、その周辺に配置された2軸アクチュエータ10によってフォーカス制御およびトラッキング制御される。

【0070】

情報記録面5'で情報ピットにより変調された反射光束は、再び対物レンズ4、色収差補正用光学素子3、1/4波長板8、およびコリメートレンズ7を透過した後、収斂光束となり、偏向ビームスプリッタ6によって反射され、シリンダリカルレンズ11を経ることによって非点収差が与えられ、光検出器12に収束する。そして、光検出器12の出力信号を用いて光ディスク5に記録された情報を読み取ることができる。

40

【0071】

本実施の形態において、色収差補正用光学素子3は、上述したような略同心円状の回折パターンが光学面上に設けられていることにより、半導体レーザ2の発振波長に対して、対物レンズ4とは、逆符号で、かつその絶対値が略一致した軸上色収差を発生する。そのため、半導体レーザ2から出射された光束は、色収差補正用光学素子3および対物レンズ4を経ることによってほとんど軸上色収差なく光ディスク5の情報記録面5'上に集光することができる。

50

【 0 0 7 2 】

また、図 1 に示したような光ピックアップ装置 1 は、例えば、CD、CD-R、CD-RW、CD-Video、CD-ROM、DVD、DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-R、DVD-RW、DVD+RW、MD等の光情報記録媒体に対してコンパクトなプレーヤーまたはドライブ等、あるいはそれらを組み込んだ A V 機器、パソコン、その他の情報端末等の音声および / または画像の記録装置および / または再生装置に搭載することができる。

【 0 0 7 3 】

【実施例】

図 3、図 4 に本発明による色収差補正用光学素子により軸上色収差が補正される対物レンズの実施例を示す。図 3 は、本発明の色収差補正用光学素子により軸上色収差が補正される対物レンズ（焦点距離 1 . 7 6 m m、像側開口数 0 . 8 5 ）の光路図である。この対物レンズは、d 線のアッベ数 5 6 . 5 であるオレフィン系樹脂から形成されている。また、図 4 は、この対物レンズの波長 4 0 5 ± 1 0 n m における球面収差および軸上色収差を示すグラフであり、波長が 1 0 n m 長波長側に变化すると、焦点がオーバー側に約 3 μ m 变化することを示している。

10

【 0 0 7 4 】

次に、本発明による光ピックアップ光学系についての実施例 1 ~ 3 について説明する。なお、本実施例における非球面は光軸方向を X 軸、光軸に垂直な方向の高さを h、屈折面の曲率半径を r とするとき次の数 1 で表す。但し、 κ を円すい係数、 A_{2i} を非球面係数とする。

20

【 0 0 7 5 】

【数 1】

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

30

【 0 0 7 6 】

また、本実施例のレンズに設けた輪帯状の回折面は光路差関数 Φ_b として次の数 2 により表すことができる。ここで、n は該回折面で発生する回折光のうち最大の回折光量を有する回折光の回折次数であり、h は光軸に垂直な高さであり、 b_{2j} は光路差関数の係数である。

【 0 0 7 7 】

【数 2】

$$\Phi_b = n \sum_{j=1} b_{2j} h^{2j}$$

40

【 0 0 7 8 】

実施例 1

【 0 0 7 9 】

表 1 に実施例 1 の光ピックアップ光学系に関するデータを示し、図 5 に実施例 1 の光ピックアップ光学系の光路図を示す。

【 0 0 8 0 】

【表 1】

面番号	r (mm)	d (mm)	N λ	ν d	備考
0		∞			光源
1	-27.620	1.500	1.52491	56.5	色収差補正用 光学素子
2	28.168	5.000			
3	2.074	2.400	1.52491	56.5	対物レンズ
4	8.053	0.100			
5	0.863	1.100	1.52491	56.5	
6	∞	0.240			
7	∞	0.100	1.61949	30.0	透明基板
8	∞				

10

非球面係数

	第1面	第2面	第3面	第4面	第5面
κ	-5.4091E+00	1.2966E+00	-1.2955E-01	4.7554E+01	-7.1425E-01
A4	-1.1312E-05	-4.2412E-07	-3.7832E-03	1.3641E-02	1.3647E-01
A6			5.1667E-04	-2.9201E-02	-5.3414E-02
A8			-1.1780E-03	-9.3339E-03	3.0269E-01
A10			-2.0628E-04	3.3011E-02	-1.6898E-01
A12			2.5941E-05	-2.2626E-02	
A14			1.4917E-04		
A16			-5.1578E-05		

20

回折面係数

	第1面	第2面
b2	-4.7281E-03	-4.6816E-03

【0081】

実施例1では、色収差補正用光学素子をオレフィン系樹脂から形成し、光源側の面と対物レンズ側の両方の光学面を回折面とすることで対物レンズの軸上色収差を補正した。また、それぞれの光学面における屈折パワーを負として、その絶対値を回折パワーの絶対値と同じとし、それぞれの光学面のトータルの近軸パワーを0とすることで、色収差補正用光学素子の出射光束径が入射光束径に比して変化しないようにした。さらに、表1の光路差関数の係数を2次回折光が最大の回折光量を有するように決定した。

30

【0082】

図6は実施例1の光ピックアップ光学系の波長 405 ± 10 nmにおける球面収差および軸上色収差を示すグラフであり、波長に関わらず、焦点がほとんど移動しないことを示している。

【0083】

また、色収差補正用光学素子の回折パワーを、対物レンズとの合成系の軸上色収差が補正過剰となるように決定し、さらに、合成系の長波長側の球面収差と短波長側の球面収差をそれぞれ補正過剰、補正不足となるように残留させ、基準波長の球面収差のグラフと長波長側および短波長側の球面収差グラフを交差させることで、波長変化時の最良像点位置の移動を小さく抑えたので、+1 nmのモードホッピングが発生したときの波面収差のデフォーカス成分を0.002 rms (計算値)と小さくすることができた。

40

【0084】

また、上述のように合成系の色収差を補正する場合、合成系の軸上色収差をほぼ完全に補正し、さらに、長波長側の球面収差と短波長側の球面収差もほぼ完全に補正することで波長変化時の最良像点位置の移動を小さく抑える場合に比して、色収差補正用光学素子の回折輪帯構造の間隔を大きくできるので、作製時の回折輪帯構造の形状誤差による光量損失を小さくすることができる。

【0085】

実施例2

50

【 0 0 8 6 】

表 2 に実施例 2 の光ピックアップ光学系に関するデータを示し、図 7 に実施例 2 の光ピックアップ光学系の光路図を示す。

【 0 0 8 7 】

【表 2】

面番号	r (mm)	d (mm)	N _λ	ν _d	備考
0		∞			光源
1	∞	1. 000	1. 52491	56. 5	色収差補正用 光学素子
2	14. 165	5. 000			
3	2. 074	2. 400	1. 52491	56. 5	対物レンズ
4	8. 053	0. 100			
5	0. 863	1. 100	1. 52491	56. 5	
6	∞	0. 240			
7	∞	0. 100	1. 61949	30. 0	透明基板
8	∞				

非球面係数

	第2面	第3面	第4面	第5面
κ	-1. 0003E+00	-1. 2955E-01	4. 7554E+01	-7. 1425E-01
A4	-1. 0589E-04	-3. 7832E-03	1. 3641E-02	1. 3647E-01
A6		5. 1667E-04	-2. 9201E-02	-5. 3414E-02
A8		-1. 1780E-03	-9. 3339E-03	3. 0269E-01
A10		-2. 0628E-04	3. 3011E-02	-1. 6898E-01
A12		2. 5941E-05	-2. 2626E-02	
A14		1. 4917E-04		
A16		-5. 1578E-05		

回折面係数

	第1面
b2	-9. 0435E-03
b4	3. 1856E-05

【 0 0 8 8 】

実施例 2 では、色収差補正用光学素子をオレフィン系樹脂から形成し、光源側の光学面を巨視的にみると平面の回折面とすることで対物レンズの軸上色収差を補正した。また、対物レンズ側の光学面の屈折パワーを負とし、その絶対値を光源側の光学面の回折パワーの絶対値と同じにすることで色収差補正用光学素子のトータルの近軸パワーを 0 とした。さらに、表 2 の光路差関数の係数を 2 次回折光が最大の回折光量を有するように決定した。

【 0 0 8 9 】

図 8 は実施例 2 の光ピックアップ光学系の波長 4 0 5 ± 1 0 n m における球面収差および軸上色収差を示すグラフであり、波長に関わらず、焦点がほとんど移動しないことを示している。

【 0 0 9 0 】

実施例 3

【 0 0 9 1 】

表 3 に実施例 3 の光ピックアップ光学系に関するデータを示し、図 9 に実施例 3 の光ピックアップ光学系の光路図を示す。

【 0 0 9 2 】

【表 3】

10

20

30

40

面番号	r (mm)	d (mm)	N λ	ν_d	備考
0		∞			光源
1	-17.495	1.000	1.52491	56.5	色収差補正用 光学素子
2	∞	5.000			
3	2.074	2.400	1.52491	56.5	対物レンズ
4	8.053	0.100			
5	0.863	1.100	1.52491	56.5	
6	∞	0.240			
7	∞	0.100	1.61949	30.0	透明基板
8	∞				

10

非球面係数

	第1面	第3面	第4面	第5面
κ	2.7605E+01	-1.2955E-01	4.7554E+01	-7.1425E-01
A4	1.9423E-03	-3.7832E-03	1.3641E-02	1.3647E-01
A6	-1.4942E-03	5.1667E-04	-2.9201E-02	-5.3414E-02
A8		-1.1780E-03	-9.3339E-03	3.0269E-01
A10		-2.0628E-04	3.3011E-02	-1.6898E-01
A12		2.5941E-05	-2.2626E-02	
A14		1.4917E-04		
A16		-5.1578E-05		

20

回折面係数

	第1面
b2	-7.5000E-03
b4	3.3173E-04
b6	-4.0384E-04
b8	3.8224E-06
b10	-1.0509E-06

30

【0093】

実施例3では、色収差補正用光学素子をオレフィン系樹脂から形成し、光源側の光学面を回折面とすることで対物レンズの軸上色収差を補正した。また、光源側の光学面の屈折パワーを負とし、かつ、その絶対値を回折パワーの絶対値と同じとし、さらに対物レンズ側の光学面を平面とすることで色収差補正用光学素子のトータルの近軸パワーを0とした。さらに、表3の光路差関数の係数を2次回折光が最大の光量を有するように決定した。また、光路差関数の係数の2次以上の項を使用し、波長が長波長側に变化したときに球面収差が補正不足方向に変化するような球面収差特性を有する回折面とすることで、波長が長波長側に变化したときに対物レンズで発生する球面収差の変化を相殺補正した。

【0094】

40

図10は実施例3の光ピックアップ光学系の波長 405 ± 10 nmにおける球面収差および軸上色収差を示すグラフであり、波長に関わらず、焦点および球面収差がほとんど変化しないことを示している。

【0095】

なお、上述の表または図では、10のべき乗の表現にE（またはe）を用いて、例えば、 $E-02$ （ $=10^{-2}$ ）のように表す場合がある。

また、本発明における色収差補正用光学素子は以下のように定義される。即ち、550 nm以下のある波長の光を対物レンズに入射させた際の最良像点位置をfB1とし、よりも10 nm長い波長の光をこの対物レンズに入射させた際の最良像点位置をfB2とし、「ある光学素子」を介した波長の光をこの対物レンズに入射させた際の最良像点

50

置を $f_{B1'}$ とし、この「ある光学素子」を介したよりも 10 nm 長い波長の光をこの対物レンズに入射させた際の最良像点位置を $f_{B2'}$ としたとき、 $|f_{B2} - f_{B1}| > |f_{B1'} - f_{B2'}|$ が満たされる場合に、この「ある光学素子」を本発明による色収差補正用光学素子と定義する。

また、本明細書において、屈折パワーとは、曲率半径や軸上厚さや屈折率の近軸量によって決定されるパワーを指し、回折パワーとは、回折構造によって透過波面に付加される光路差を上記数 2 の光路差関数で表したときに、

$$PD = (-2 \cdot b_{2i} \cdot n_i)$$

で定義される回折構造のパワーを指す。そして、光学素子や光学面のトータルの近軸パワーとは、屈折パワーと回折パワーとを合成して得られたパワーを指す。すなわち、光学素子や光学面に回折構造が形成されていない場合は、光学素子や光学面のトータルの近軸パワーは、光学素子や光学面の屈折パワーに等しく、光学素子や光学面に回折構造が形成されているが、光学素子や光学面の屈折パワーがゼロである場合は、光学素子や光学面のトータルの近軸パワーは、光学素子や光学面の回折パワーに等しい。

【0096】

【発明の効果】

本発明によれば、光情報記録媒体側の開口数が大きいために球面収差の補正、正弦条件の補正および小型化、薄型化、軽量化、低コスト化の目的で軸上色収差が残留した対物レンズとともに使用された場合に軸上色収差を補正することができる色収差補正用光学素子を提供できる。

【0097】

また、例えば高密度記録光ピックアップシステムなどにおいて単色性が悪い光源あるいは波長が急激に変動する光源が用いられた場合であっても、比較的簡単な構成で軸上色収差を補正でき、しかも低コストで製造可能な光ピックアップ用光学系、これを備えた光ピックアップ装置、および、これを備えた記録・再生装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施の形態による光ピックアップ装置を概略的に示す図である。

【図 2】図 2 (a) は図 1 の色収差補正用光学素子の側面図であり、図 2 (b) は図 2 (a) の矢印方向 A から見た図 1 の色収差補正用光学素子の平面図である。

【図 3】本発明による色収差補正用光学素子により軸上色収差が補正される対物レンズの実施例を示す図であり、この対物レンズの光路図である。

【図 4】図 3 の対物レンズの波長 $405 \pm 10\text{ nm}$ における球面収差および軸上色収差を示すグラフである。

【図 5】実施例 1 の光ピックアップ光学系に関する光路図である。

【図 6】実施例 1 の光ピックアップ光学系の波長 $405 \pm 10\text{ nm}$ における球面収差及び軸上色収差を示すグラフである。

【図 7】実施例 2 の光ピックアップ光学系に関する光路図である。

【図 8】実施例 2 の光ピックアップ光学系の波長 $405 \pm 10\text{ nm}$ における球面収差及び軸上色収差を示すグラフである。

【図 9】実施例 3 の光ピックアップ光学系に関する光路図である。

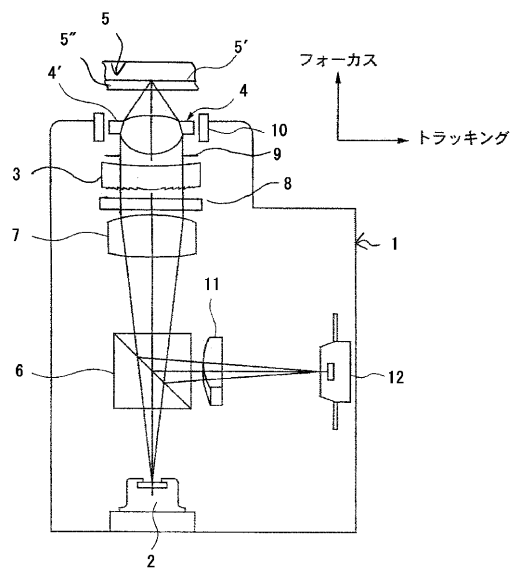
【図 10】実施例 3 の光ピックアップ光学系の波長 $405 \pm 10\text{ nm}$ における球面収差及び軸上色収差を示すグラフである。

【符号の説明】

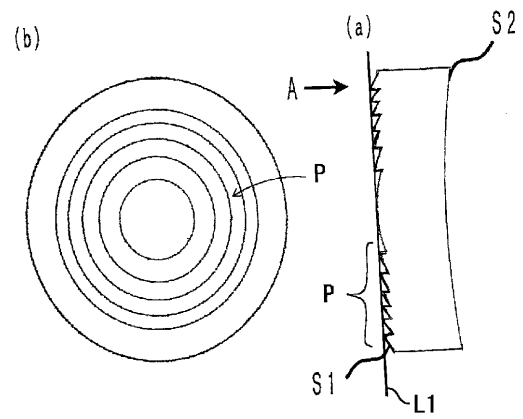
- 1 光ピックアップ装置
- 2 半導体レーザ（光源）
- 3 色収差補正用光学素子
- 4 対物レンズ
- 5 光ディスク（光情報記録媒体）
- 5' 情報記録面
- S1 色収差補正用光学素子 3 の光源側の面

S 2 色収差補正用光学素子 3 の対物レンズ 4 側の面
p 回折パターン

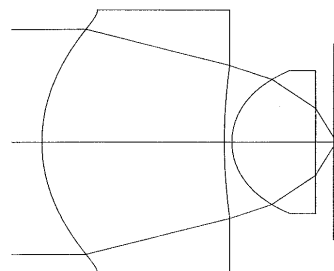
【図 1】



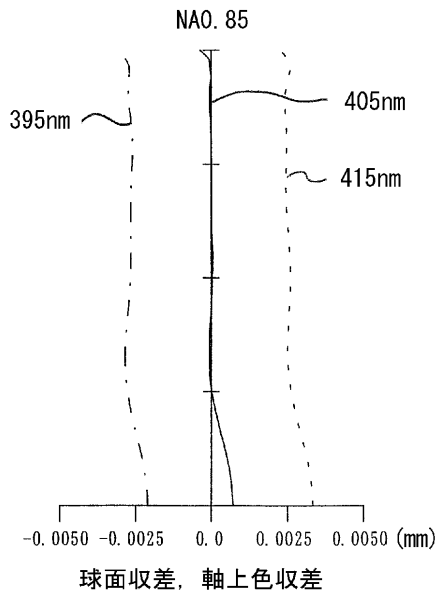
【図 2】



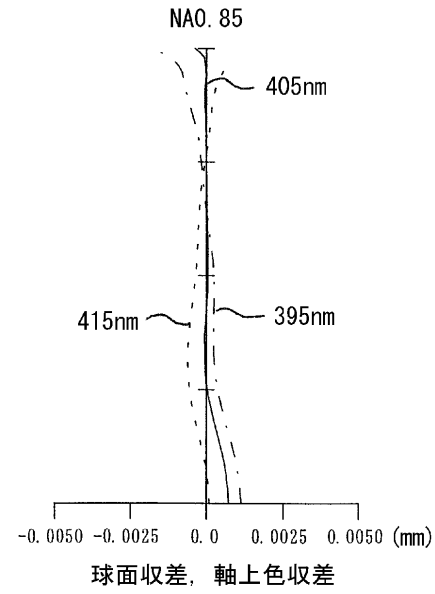
【図 3】



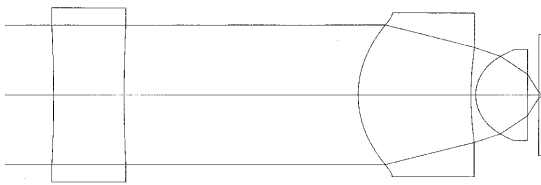
【図 4】



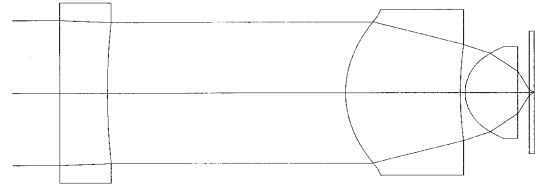
【図 6】



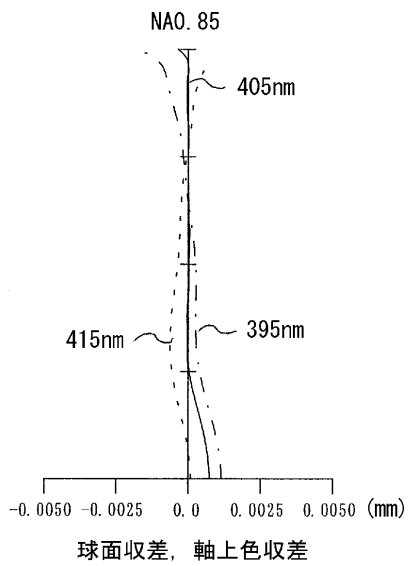
【図 5】



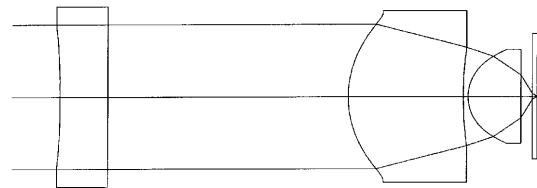
【図 7】



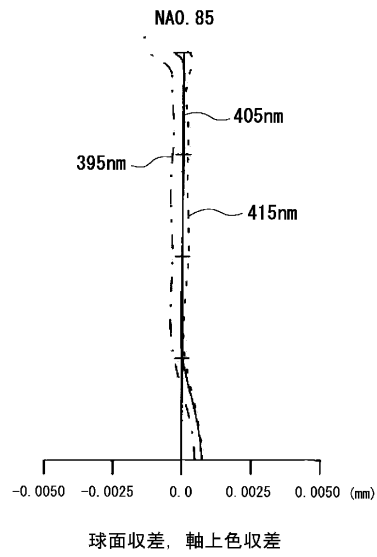
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平06-250081(JP,A)
特開2001-108894(JP,A)
特開平08-062493(JP,A)
特開平09-091749(JP,A)
特開2000-019388(JP,A)
特開平11-337817(JP,A)
特開2001-159731(JP,A)
特開2000-260056(JP,A)
特開2000-35535(JP,A)
特開平9-318873(JP,A)
特開平9-311271(JP,A)
特開平10-104506(JP,A)
米国特許第5589982(US,A)
特開2001-296472(JP,A)
特開2001-256672(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00 - 17/08

G02B 21/02 - 21/04

G02B 25/00 - 25/04