

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013年4月4日(04.04.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/047202 A1

- (51) 国際特許分類:
G11B 7/135 (2012.01) G02B 13/18 (2006.01)
G02B 13/00 (2006.01) G11B 7/09 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/073309
- (22) 国際出願日: 2012年9月12日(12.09.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-217258 2011年9月30日(30.09.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): コニカミノルタアドバンストレイヤー株式会社(Konica Minolta Advanced Layers, Inc.) [JP/JP]; 〒1928505 東京都八王子市石川町2970番地 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 立山清乃(TATEYAMA Kiyono) [JP/JP]; 〒1928505 東京都八王子市石川町2970番地 コニカミノルタアドバンストレイヤー株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 田村敬二郎, 外(TAMURA Keijiro et al.); 〒1600023 東京都新宿区西新宿七丁目4番3号 升本ビル8階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

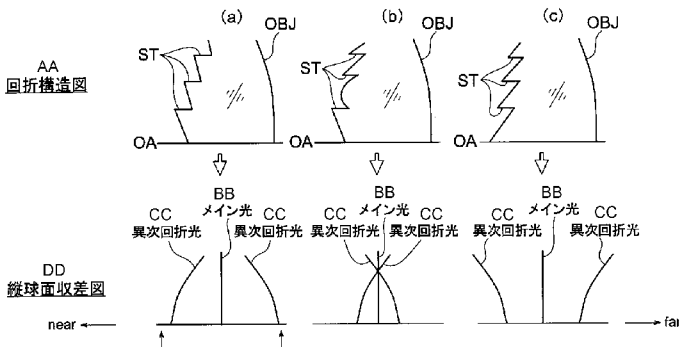
添付公開書類:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

(54) Title: OBJECTIVE LENS AND OPTICAL PICKUP DEVICE

(54) 発明の名称: 対物レンズ及び光ピックアップ装置

[図2]



AA... DIFFRACTION STRUCTURE DIAGRAM
 BB... MAIN BEAM
 CC... DIFFERENT-ORDER DIFFRACTION BEAM
 DD... VERTICAL SPHERICAL ABERRATION DIAGRAM

(57) Abstract: Provided are an objective lens and an optical pickup device that are used for recording on/playback from an optical disk having at least three information recording surfaces, said objective lens and optical pickup device being capable of effectively inhibiting crosstalk between layers even if said objective lens and optical pickup device are provided with a diffraction structure having a temperature characteristic correction function. The objective lens (OBJ) is a plastic single-element lens with an image-side numerical aperture (NA) of at least 0.8 and less than 0.90, and is designed such that spherical aberration is corrected at design substrate thickness (t) [mm] (where $t_1 \leq t \leq t_2$) and magnification = 0. For the objective lens (OBJ), the change in third-order spherical aberration per unit wavelength (ΔSA_{3w}) [λ_{rms}/nm] in response to a change in light source wavelength, multiplied by the change in third-order spherical aberration per unit temperature (ΔSA_{3T}) [$\lambda_{rms}/^\circ C$] in response to a change in environmental temperature, is negative (< 0). The objective lens (OBJ) has a diffraction structure. A main diffraction beam is generated when a beam of light from a semiconductor laser (LD) is input to the diffraction structure. By condensing said main diffraction beam on one of the information recording surfaces (RL1 to RL3), the objective lens (OBJ) starts recording and/or playback of information, with the steps of the dif-

fraction structure oriented in the light axis direction.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2013/047202 A1



3つ以上の情報記録面を有する光ディスクに対して情報の記録／再生のために用いられ、温特補正機能を有する回折構造を設けていても、層間クロストークを有効に抑制できる対物レンズ及び光ピックアップ装置を提供する。対物レンズOBJは、像側開口数（NA）が0.8以上、0.90未満のプラスチック製の単玉レンズであり、設計基板厚 t [mm]（但し、 $t_1 \leq t \leq t_2$ ）、且つ倍率=0で球面収差が補正されるように設計されており、更に、光源波長の変化に対する単位波長あたりの3次球面収差の変化量 ΔSA_3_w [λ rms/nm]と、環境温度の変化に対する単位温度あたりの3次球面収差の変化量 ΔSA_3_T [λ rms/°C]を掛け合わせた値は負（ < 0 ）である。対物レンズOBJは回折構造を有し、半導体レーザーLDからの光束が回折構造に入射したときに発生するメイン回折光が情報記録面RL1～RL3のいずれかに集光することにより、情報の記録及び／または再生を行うようになっており、回折構造は段差が光軸方向を向いている。

明 細 書

発明の名称：対物レンズ及び光ピックアップ装置

技術分野

[0001] 本発明は、厚さ方向に3つ以上の情報記録面を有する光ディスクに対して情報の記録及び／又は再生を行える光ピックアップ装置及び対物レンズに関する。

背景技術

[0002] 波長400nm程度の青紫色半導体レーザを用いて、情報の記録及び／又は再生（以下、「記録及び／又は再生」を「記録／再生」と記載する）を行える高密度光ディスクシステムが知られており、その一例であるNA0.85、光源波長405nmの仕様で情報記録／再生を行う光ディスク、いわゆるBlu-ray Disc（以下、BDという）では、DVD（NA0.6、光源波長650nm、記憶容量4.7GB）と同じ大きさである直径12cmの光ディスクに対して、1層あたり25GBの情報の記録が可能である。

[0003] ところで、従来のBDは1層もしくは2層の情報記録面を有しているものが多いが、1枚のBDに、より大きなデータを保存したいという市場の要求から、3層以上の情報記録面を有するBDについても実用化を目指して研究が進んでおり、一部製品化されている。

しかるに、情報の記録／再生を行う際の光束のNAが0.85と大きいため、複数の情報記録面を有するBDでは、一の情報記録面に対して最小の球面収差を付与するようにすると、基板厚さが異なる他の情報記録面においては球面収差が増大し、適切に情報の記録／再生を行えなくなるという問題がある。かかる球面収差の問題は情報記録面の数が多くなるほど（すなわち、表面からの距離が最も小さい情報記録面と表面からの距離が最も大きい情報記録面との間隔が大きくなるほど）顕在化する。

[0004] 一方、対物レンズのコスト低減を図るべく、素材をガラス材料からプラス

チック材料に変更することも行われている。しかしながら、プラスチック性の対物レンズでは、温度変化に伴う屈折率の変化によって発生する収差が、ガラス製の対物レンズより大きくなるという問題がある。一般的には、この屈折率の変化はプラスチック材料とガラス材料とで一桁以上異なっている。ここで、基準設計温度と実際の使用環境との温度差を ΔT としたとき、この温度差 ΔT によって変化する収差は主に3次球面収差である。波面収差の3次球面収差成分をrms値で表したものをSA3とし、ここでは球面収差が正の場合（オーバー）を $SA3 > 0$ 、負（アンダー）の場合を $SA3 < 0$ と符号を定義する。温度変化 $\Delta T [^{\circ}C]$ によって変化する3次球面収差 $\Delta SA3 [\lambda rms]$ は、対物レンズの光情報記録媒体側（像側）開口数NA、焦点距離f、結像倍率M、比例係数k、光の波長 λ を用いて、

$$\Delta SA3 / \Delta T = k \cdot f (1 - M)^4 (NA)^4 / \lambda \quad (5)$$

と表すことができ、これが温度変化 $1^{\circ}C$ あたりの3次球面収差変化量 $\Delta SA3_T$ である。尚、プラスチック材料から形成された対物レンズが正の屈折力を有する場合、温度が上昇すると3次の球面収差がよりオーバーになる。すなわち、上式（5）において、係数kは正の値となる。また、樹脂材料から形成された単レンズを対物レンズとした場合、係数kはより大きな正の値となる。

[0005] 特に、BD用のプラスチック製の対物レンズでは、NAが0.8以上とDV D等に比して大きくなるため、（5）式に従い温度変化に起因して発生する3次球面収差が大きくなりがちである。

[0006] このような問題に対し、光源と対物レンズとの間に配置した球面収差補正素子としてのカップリングレンズやビームエキスパンダなどを光軸方向に移動させることで、対物レンズの入射倍率を変更し、複数の情報記録面間の透明基板厚差による球面収差や、温度変化に起因して発生する3次球面収差を補正する技術が知られている。

[0007] しかしながら、光ピックアップ装置のコンパクト化の要求下では、球面収差補正素子の移動スペースは制限されるため、発生した球面収差を全て補正

できるとは限らない。かかるスペースの制約は、特にスリムタイプといわれる薄型の光ピックアップ装置において厳しいといえる。

- [0008] かかる問題に対し、温度変化に起因して発生する3次球面収差については、例えば特許文献1に示されているように、対物レンズに回折構造を設けたり、或いは特許文献2に示されているように、補正素子側に回折構造を設けたりして補正することもできる。かかる回折構造は、環境温度変化に応じて光源波長が変化することを利用して、回折構造の波長依存性により、温度変化に起因して発生する3次球面収差を補正する機能を有する。このような機能を温特補正機能という。これにより、球面収差補正素子の移動スペースを小さくできる。

先行技術文献

特許文献

- [0009] 特許文献1：特開2009-283122号公報
特許文献2：特開2005-18949号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0010] ここで、本発明者は、温特補正機能を有する回折構造を設けたプラスチック製の対物レンズを用いて多層の光ディスクに対して情報の記録/再生を行う際に、層間クロストークが発生するという問題に着目した。層間クロストークとは、情報の記録/再生を行うとする情報記録面以外の情報記録面からの反射光が、本来の信号光に混じってしまう現象であり、これにより記録/再生エラーを生じることになる。

- [0011] 本発明は、上述の問題を考慮してなされたものであり、3つ以上の情報記録面を有する光ディスクに対して情報の記録/再生のために用いられ、温特補正機能を有する回折構造を設けていても、層間クロストークを有効に抑制できる対物レンズ及び光ピックアップ装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0012] 請求項 1 に記載の対物レンズは、波長 λ_1 ($390 \text{ nm} < \lambda_1 < 415 \text{ nm}$) の光束を出射する光源と、球面収差補正素子と、対物レンズとを有し、前記球面収差補正素子を光軸方向に変位させることによって、光束入射面からの距離（透明基板厚）が互いに異なる情報記録面を厚さ方向に 3 つ以上有する光ディスクにおけるいずれかの情報記録面を選択し、前記光源から出射された波長 λ_1 の光束を前記対物レンズにより前記選択された情報記録面に集光することによって、情報の記録及び／または再生を行う光ピックアップ装置に使用される対物レンズであって、

前記光ディスクにおいて、光束入射面側に最も近い情報記録面の透明基板厚を t_1 [mm]、光束入射面側から最も遠い情報記録面の透明基板厚を t_2 [mm] としたときに、 Δt_{max} [mm] = $t_1 - t_2$ として、以下の式を満たし、

$$0.03 \leq \Delta t_{\text{max}} \leq 0.055 \quad (1)$$

前記対物レンズは、像側開口数 (NA) が 0.8 以上、0.90 未満のプラスチック製の単玉レンズであり、設計基板厚 t [mm] (但し、 $t_1 \leq t \leq t_2$)、且つ倍率 = 0 で球面収差が補正されるように設計されており、

更に、光源波長の変化に対する単位波長あたりの 3 次球面収差の変化量 $\Delta S A 3_w$ [$\lambda \text{ rms} / \text{nm}$] と、環境温度の変化に対する単位温度あたりの 3 次球面収差の変化量 $\Delta S A 3_T$ [$\lambda \text{ rms} / ^\circ\text{C}$] を掛け合わせた値は負 (< 0) であり、

前記対物レンズは回折構造を有し、前記光源からの光束が前記回折構造に入射したときに発生する回折光（これをメイン回折光という）が前記情報記録面のいずれかに集光することにより、情報の記録及び／または再生を行うようになっており、

前記回折構造は、段差が光軸方向を向いていることを特徴とする。

[0013] まず、前提として、本発明では対物レンズに回折構造を設けている。回折の波長依存性を利用し、光源波長の変化に対する単位波長あたりの 3 次球面収差の変化量 $\Delta S A 3_w$ [$\lambda \text{ rms} / \text{nm}$] と、環境温度の変化に対する単位温

度あたりの3次球面収差の変化量 $\Delta S A 3_T[\lambda \text{ rms}/^\circ\text{C}]$ を掛け合わせた値は負(<0)であるようにすることで、温度変化時の球面収差を波長変化により低減することが可能となるのである。これにより球面収差補正素子により補正すべき球面収差を小さくできるため、球面収差補正素子の移動距離を減らすことができる。尚、球面収差補正素子側に温特補正用回折構造を設けることも可能であるが、情報記録面を3つ以上有する多層の光ディスクでは、最大収束(又は発散)倍率が大きくなるため、温特補正時のトラッキングによりコマ収差が発生する恐れがあるから、好ましくない。

[0014] 本発明者は、対物レンズに温特補正用回折構造を設けた場合に発生する層間クロストークの原因の一つが、異次回折光にあることを見出した。例えば設計上、高い回折効率を有するメイン回折光を生じさせる回折構造であっても、実際には、製造誤差などにより微細な段差の寸法等や、光源となる半導体レーザの発振波長などが設計値からシフトし、その結果、メイン回折光の回折効率が低下し、その代わりメイン回折光とは異なる次数の回折光(これを異次回折光という)の回折効率が增大してしまう。ここで、光ディスクの複数の情報記録面のうち n 番目の情報記録面に、メイン回折光を集光していた場合において、例えば異次回折光が、 n 番目以外の情報記録面に集光してしまうと、その反射光を光検出器で検出してしまい、層間クロストークが発生する恐れがある。かかる問題は、情報記録面が2つである従来の2層タイプのBDでは、層数が少なく反射光強度が小さいため、発生しにくいという実情がある。

[0015] より具体的に図面を参照して説明すると、光ディスクの情報記録面が4つあり、その透明基板厚さ t がそれぞれ、 $53\mu\text{m}$ 、 $62\mu\text{m}$ 、 $75\mu\text{m}$ 、 $100\mu\text{m}$ であったとする。各情報記録面への集光は、球面収差補正素子を光軸方向に移動させることで、対物レンズへの入射倍率を変更することで行うものとする。ここで、図1(a)は、対物レンズの回折構造から発生したメイン回折光が、最も光入射側に近い $t = 53\mu\text{m}$ の第1の情報記録面に対して無収差で集光し、同時に異次回折光(メイン回折光とは異なる次数の回折

光)が第2、3、4の情報記録面に集光した場合の、第1の情報記録面上の縦球面収差図を表している。この図より、異次回折光がいずれかの縦収差形状に近づくと、その情報記録面からの反射光が信号光として検出される恐れがある。

[0016] 同様に、図1(b)は、対物レンズの回折構造から発生したメイン回折光が、 $t = 62 \mu\text{m}$ の第2の情報記録面に対して無収差で集光し、同時に異次回折光が第1、3、4の情報記録面に集光した場合の、第2の情報記録面上の縦球面収差図を表している。又、図1(c)は、対物レンズの回折構造から発生したメイン回折光が、 $t = 75 \mu\text{m}$ の第3の情報記録面に対して無収差で集光し、同時に異次回折光が第1、2、4の情報記録面に集光した場合の、第3の情報記録面上の縦球面収差図を表している。図1(d)は、対物レンズの回折構造から発生したメイン回折光が、 $t = 100 \mu\text{m}$ の第4の情報記録面に対して無収差で集光し、同時に異次回折光が第1、2、3の情報記録面に集光した場合の、第4の情報記録面上の縦球面収差図を表している。

[0017] ここで本発明者は、図1(a)～(d)を合成した図1(e)より、メイン回折光より近側(透明基板厚さが薄い側)に発生する異次回折光は、光軸から離れるに連れて収差がオーバー側へと変化すると、第1～4のいずれかの情報記録面を記録・再生する際に、それより透明基板厚さが薄い情報記録面に集光する可能性があることを見出した。一方、メイン回折光より遠側(透明基板厚さが厚い側)に発生する異次回折光は、光軸から離れるに連れて収差がアンダー側へと変化すると、第1～4のいずれかの情報記録面を記録・再生する際に、それより透明基板厚さが厚い情報記録面に集光する可能性があることを見出した。

[0018] 一方、回折構造により温度変化時の球面収差を補正する、言い換えると、回折構造は波長が長くなると球面収差がアンダーとなる作用を有することから、回折形状と異次回折光の縦球面収差図は、図2(a)(b)(c)の3つに分類されることが判った。例えば、図2(a)に示す対物レンズOBJ

の場合、全領域で負の回折パワーを有するため、回折構造の全ての段差 S T が光軸 O A と反対側（径方向外側）を向いている。その場合、無収差のメイン回折光に対して、近側（透明基板厚さが薄い側）に発生する異次回折光は、光軸から離れるに連れて収差がオーバー側へ変化し、メイン回折光より遠側（透明基板厚さが厚い側）に発生する異次回折光は、光軸から離れるに連れて収差がアンダー側へと変化するため、異次回折光の縦収差図は図 1（e）の形状に近づき、層間クロストークが生じる可能性が高まる。

[0019] 同様に、図 2（b）に示す対物レンズ O B J の場合、回折パワーが光軸から周辺に向かうにつれ、負から正へと変化するため、光軸 O A に近い回折構造の段差 S T が光軸 O A と反対側（径方向外側）を向き、光軸 O A から遠い回折構造の段差 S T が光軸 O A 側（径方向内側）を向いている。その場合、無収差のメイン回折光に対して、近側（透明基板厚さが薄い側）に発生する異次回折光は、光軸から離れるに連れて収差がオーバー側へ変化し、メイン回折光より遠側（透明基板厚さが厚い側）に発生する異次回折光は、光軸から離れるに連れて収差がアンダー側へと変化するため、この場合も、異次回折光の縦収差図は図 1（e）の形状に近づき、層間クロストークが生じる可能性が高まる。

[0020] これに対し、図 2（c）に示す対物レンズ O B J の場合、全領域で正の回折パワーを有する（但し近軸回折パワーは 0 を含む）ため、回折構造の全ての段差 S T が光軸 O A 側（径方向内側）を向いている。その場合、無収差のメイン回折光に対して、近側（透明基板厚さが薄い側）に発生する異次回折光は、光軸から離れるに連れて収差がアンダー側へ変化し、メイン回折光より遠側（透明基板厚さが厚い側）に発生する異次回折光は、光軸から離れるに連れて収差がオーバー側へと変化する。つまり、異次回折光は記録・再生する情報記録面以外の面に対して球面収差を持つことになり、情報記録面以外の面で異次回折光が反射しても強度が弱くなり、結果、層間クロストークを低減できることがわかった。

[0021] 請求項 2 に記載の対物レンズは、請求項 1 に記載の発明において、前記対

物レンズにおいて、光源波長の変化に対する単位波長あたりの3次球面収差の変化量を $\Delta S A 3_w [\lambda \text{ rms} / \text{nm}]$ とし、焦点距離を $f [\text{mm}]$ としたときに、以下の式を満たすことを特徴とする。

$$-0.016 \leq \Delta S A 3_w / f \leq -0.002 \quad (2)$$

[0022] 図3は、縦軸に、光源波長の1nm変化時における3次球面収差の変化量 $\Delta S A 3_w [\lambda \text{ rms} / \text{nm}]$ を焦点距離 $f [\text{mm}]$ で除した値 $\Delta S A 3_w / f$ 、横軸に、環境温度が1°C変化したときの光源の波長変動を考慮した3次球面収差の変化量 $\Delta S A 3_{TW} [\lambda \text{ rms} / \text{°C}]$ をとって示すグラフである。ここでは環境温度が1°C変化した場合光源波長は0.05nm変化すると仮定している。又、対物レンズの焦点距離 f を0.87mm、1.2mm、1.5mm、2.0mmと変化させてグラフ上にプロットした。本発明では、光源波長の変化に起因して生じる3次球面収差で、環境温度の変化に起因して生じる3次球面収差をキャンセルするため、両者は比例関係にある。ここで、 $\Delta S A 3_{TW}$ は一般的に $-0.0013 \lambda \text{ rms} \sim +0.0013 \lambda \text{ rms}$ の範囲であれば球面収差補正が不要となるため、温特補正の為に球面収差補正素子を移動させる必要がなくなり、別個に温度センサを設ける必要もなく光ピックアップ装置の小型化・低コスト化を図ることができる。そのためには $\Delta S A 3_w / f$ は、 -0.016 以上が好ましい。これは、 $\Delta S A 3_w / f$ が負の方向に小さくなるに従い回折パワーが大きくなり回折構造のピッチが小さくなるため、下限以上にすることで製造容易性が確保できるからである。

[0023] また、 $\Delta S A 3_w / f$ は、 -0.002 以下が好ましい。元々屈折面で発生する温度変化時の収差は、焦点距離が短くなると小さくなるため(式5)、焦点距離が0.8mm以下の対物レンズでは、回折で補正しなくても $\Delta S A 3_{TW}$ は $-0.0013 \lambda \text{ rms} \sim +0.0013 \lambda \text{ rms}$ が達成される。従って実質温度補正が必要で、且つスリムPUに適した焦点距離0.8~2.0mmの対物レンズを考慮すると、 $-0.002 \lambda \text{ rms}$ 以下にすることで、回折パワーによる温度補正効果が高まり、且つ異次回折光が他情報記録面に対して大きな球面収差を有する(言い換えると他情報記録面上で大きなフレ

アとなる)。よって他情報記録面からの反射光は情報記録面上においてメイン回折光とは別の位置に集光し、良好な再生・記録信号を得ることができる。

[0024] 請求項3に記載の対物レンズは、請求項1又は2に記載の発明において、前記対物レンズにおける前記回折構造による近軸回折パワーを P [m m^{-1}]とし、焦点距離を f [m m]とし、光源波長における前記光ディスクの透明基板の屈折率を n_t としたときに、以下の式を満たすことを特徴とする。

$$(60.2f - 45.4)P / 0.02m_0 \geq \Delta t_{\max} / n_t \quad (3)$$

但し、 m_0 は最も光軸に近い輪帯の回折次数

[0025] 図4は、少なくとも光軸付近の回折次数が m_0 (但し、 m_0 は0でない整数)次であるメイン回折光が、ある情報記録面に無収差で集光する状態における、縦球面収差図である。製造誤差などにより微細な段差の寸法等や、光源となる半導体レーザの発振波長などが設計値からシフトした場合、 m_0 に隣接する $(m_0 + 1)$ 次、又は $(m_0 - 1)$ 次光の異次回折光の強度が高くなる。その発生位置は、 m_0 次光(メイン光)と0次回折光(透過光)との軸上の距離を L として、 L / m_0 で表される。ここで L は、図5、図6より、直線近似により、

$$L = (60.2f - 45.4)P / 0.02 \quad (6)$$

で求められる。

[0026] 図5は、横軸に対物レンズの近軸回折パワー P [m m^{-1}]をとり、縦軸に距離 L [n m]をとって示すグラフであり、焦点距離 f [m m]を変えてプロットしたものであるが、これにより、焦点距離 f に関わらず、距離 L は近軸回折パワー P に比例することが分かる。

[0027] 図6は、横軸に対物レンズの焦点距離 f [m m]をとり、縦軸に距離 L [n m]をとって示すグラフであり、近軸回折パワー P [m m^{-1}]を変えてプロットしている。図6によれば、近軸回折パワー P [m m^{-1}]に関わらず、焦点距離 f が増大すれば、距離 L も増大しており、薄型光ピックアップ装置に適した焦点距離 $0.87 \text{ m m} \sim 2.00 \text{ m m}$ では、凡そ直線近似で問題ないことが分か

る。

[0028] 一方、図1の合成図(e)の最もメイン光から遠い位置に集光する光の、近軸集光位置は、透明基板厚の屈折率を n_t 、最大基板厚差 Δt_{max} として、最大基板厚差の空気換算長 $\Delta t_{max}/n_t$ で表される。層間クロストークを一層低減するには、別の情報記録面からの反射光がセンサー上でメイン光と異なる位置に集光ればよい、言い換えると、隣接する異次光が、最もメイン光から遠い位置に集光する光よりも更に遠くに集光すればよいことになり、

$$L/m_0 \geq \Delta t_{max}/n_t \quad (3')$$

で表すことができる。

[0029] (3')式に(6)式を代入することにより、以下の式を得る。

$$(60.2f - 45.4)P/0.02m_0 \geq \Delta t_{max}/n_t \quad (3)$$

[0030] 請求項4に記載の対物レンズは、請求項3に記載の発明において、対物レンズ単体の軸上色収差を $\Delta f_B [\mu m/nm]$ としたときに、以下の式を満たすことを特徴とする。

$$-0.3 \leq \Delta f_B \leq 0 \quad (4)$$

[0031] ここでいう軸上色収差とは、対物レンズへの入射光波長が $+1nm$ 変化した場合の、近軸光線における光軸方向位置変化量を指す。光ディスクを4層のBDとして、 $\Delta t_{max} = 0.03 [mm]$ 、 $n_t = 1.62$ を仮定すると、(3)式より、以下の式を得る。

$$P \geq 0.37 \times (60.2f - 45.4) \quad (7)$$

[0032] 焦点距離 $f = 0.87mm$ 、 $1.20mm$ 、 $1.50mm$ 、 $2.00mm$ において、回折次数 $m_0 = 1 \sim 7$ について、近軸回折パワー P を計算すると、表1のようになる。これより、焦点距離と回折次数を選択すれば、層間クロストークを低減できる近軸回折パワー P の最小値が得られる。回折次数は任意に選択できるが、高次になるほど温度や波長変動の際に効率低下が大きくなり、低次になるほど回折ピッチが小さくなることから加工性が低下するため、回折次数 m_0 は3~5が好ましい。

[0033] [表1]

$0.37 \times m_0 / (60.2f - 45.4)$		m_0						
		1	2	3	4	5	6	7
f	0.87	0.053	0.106	0.159	0.212	0.265	0.318	0.371
	1.20	0.014	0.028	0.041	0.055	0.069	0.083	0.096
	1.50	0.008	0.016	0.025	0.033	0.041	0.049	0.058
	2.00	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035

[0034] 一方、図7は、軸上色収差 $\Delta f B [\mu m / nm]$ と、対物レンズの焦点距離 $f [mm]$ の関係を近軸回折パワー $P [mm^{-1}]$ 毎にグラフ化したものである。この図に、表1の焦点距離における、回折次数 m_0 が3~5の場合の好ましい近軸回折パワー P の範囲を重ねると、最適な軸上色収差 $\Delta f B$ が求められるが、モードホッピング発生時の集光位置ずれを抑えることで記録時にも良好な特性が得られるよう、 $\Delta f B$ の絶対値は0.3以下が望ましい。更に、(4)式の上限以下にすることで回折ピッチが大きくなり加工性が向上し、加えて加工精度向上により層間クロストークを低減できる。

[0035] 請求項5に記載の対物レンズは、請求項1~4のいずれかに記載の発明において、前記対物レンズの有効径内において、光軸の周囲に形成された内側領域と、前記内側領域の外側に形成された外側領域とを有し、前記内側領域には第1の回折構造が形成され、前記外側領域には第2の回折構造が形成されており、前記光源からの光束が入射したときに、前記第1の回折構造で発生する m_1 次回折光が、選択された情報記録面に集光し、前記第2の回折構造で発生する m_2 次回折光が、前記選択された情報記録面に集光し、前記選択された情報記録面からの反射光を光検出器で検出することにより、情報の記録及び/又は再生を行うようになっており、 $|m_1| > |m_2|$ であることを特徴とする。

[0036] $|m_1| > |m_2|$ とすることで、異次回折光の縦球面収差特性は、図8に実線で示すようになり、即ち内側領域の球面収差よりも、外側領域の球面収差がオーバー側にシフトするので、スポットの寄与する周辺領域の異次回折光を、より遠くに離すことができ、他の情報記録面に対して異次回折光が

大きくフレア化するため、層間クロストークを一層抑制できる。

[0037] 請求項6に記載の対物レンズは、請求項1～4のいずれかに記載の発明において、前記対物レンズの有効径内において、光軸の周囲に形成された内側領域と、前記内側領域の外側に形成された外側領域とを有し、前記内側領域には第1の回折構造が形成され、前記外側領域には第2の回折構造が形成されており、前記光源からの光束が入射したときに、前記第1の回折構造で発生する m_1 次回折光が、選択された情報記録面に集光し、前記第2の回折構造で発生する m_2 次回折光が、前記選択された情報記録面に集光し、前記選択された情報記録面からの反射光を光検出器で検出することにより、情報の記録及び／又は再生を行うようになっており、 $|m_1| < |m_2|$ であることを特徴とする。

[0038] $|m_1| < |m_2|$ とすることで、外側領域の回折構造のピッチを広くでき、これにより対物レンズの製造容易性が高まる。

[0039] 請求項7に記載の対物レンズは、請求項1～6のいずれかに記載の発明において、前記回折構造は、周期的な輪帯状の段差構造であって、最も光軸方向の距離が長い段差が光軸の方向を向いていることを特徴とする。

[0040] 回折構造には、ブレース型回折構造と、階段型回折構造があるが、いずれも周期的な輪帯状の段差構造であって、最も光軸方向の距離が長い段差の向きにより回折パワーの符号が決まるため、光軸の方向を向いていることで、近軸の回折パワーが正となり、層間クロストークを低減できる。

[0041] 請求項8に記載の光ピックアップ装置は、請求項1～7のいずれかに記載の前記対物レンズを有することを特徴とする。

[0042] 請求項9に記載の光ピックアップ装置は、請求項8に記載の発明において、前記情報記録面の透明基板厚の差により対物レンズで発生する球面収差を、光軸方向に移動する球面収差補正素子により補正する光ピックアップ装置であって、球面収差補正素子はピックアップ動作時に前記情報記録面の数と同じ数の固定位置に配置されることを特徴とする。

[0043] 対物レンズの回折構造により温度変化時の球面収差が補正され、光源の個

体差による設計波長と実際の波長とのズレが要因で発生する色球面収差はピックアップの組み立て時に取り除くと、ピックアップ動作時に補正が必要なのは、基板厚さの違いによる球面収差のみとなる。これを補正する球面収差補正素子の配置を情報記録面の数と同じ数の固定位置にすることでアクチュエータの構成が簡素となり、安価且つ小型のピックアップを得ることが出来る。

[0044] 本発明に係る光ピックアップ装置は、第1光源を有するが、更に第2光源、第3光源を有していても良い。さらに、本発明にかかる光ピックアップ装置は、第1光束を第1光ディスクの情報記録面上に集光させる集光光学系（単に光学系と称する場合もある）を有するが、かかる集光光学系は、第2光束を第2光ディスクの情報記録面上に集光させ、第3光束を第3光ディスクの情報記録面上に集光させるために兼用されても良い。また、本発明の光ピックアップ装置は、第1光ディスクの情報記録面からの反射光束を受光する受光素子を有するが、第2光ディスク又は第3光ディスクの情報記録面からの反射光束を受光する受光素子を有していても良い。

[0045] 第1光ディスクは、厚さが t_B の保護基板と情報記録面とを有する。第2光ディスクは厚さが t_D ($t_B < t_D$)の保護基板と情報記録面とを有する。第3光ディスクは、厚さが t_C ($t_D < t_C$)の保護基板と情報記録面とを有する。第1光ディスクがBDであり、第2光ディスクがDVDであり、第3光ディスクがCDであることが好ましいが、これに限られるものではない。なお、第1光ディスクは3つ以上の情報記録面を有する。第2光ディスク又は第3光ディスクも、複数の情報記録面を有する複数層の光ディスクでもよい。

[0046] 本明細書において、BDとは、波長390~415nm程度の光束、NA0.8~0.9程度の対物レンズにより情報の記録/再生が行われ、保護基板の厚さが0.05~0.125mm程度であるBD系列光ディスクの総称であり、単一の情報記録層のみ有するBDや、2層又はそれ以上の情報記録層を有するBD等を含むものである。更に、本明細書においては、DVDと

は、NA0.60～0.67程度の対物レンズにより情報の記録／再生が行われ、保護基板の厚さが0.6mm程度であるDVD系列光ディスクの総称であり、DVD-ROM、DVD-Video、DVD-Audio、DVD-RAM、DVD-R、DVD-RW、DVD+R、DVD+RW等を含む。また、本明細書においては、CDとは、NA0.45～0.51程度の対物レンズにより情報の記録／再生が行われ、保護基板の厚さが1.2mm程度であるCD系列光ディスクの総称であり、CD-ROM、CD-Audio、CD-Video、CD-R、CD-RW等を含む。尚、記録密度については、BDの記録密度が最も高く、次いでDVD、CDの順に低くなる。

[0047] なお、保護基板の厚さ t_B 、 t_D 、 t_C に関しては、以下の条件式(8)、(9)、(10)を満たすことが好ましいが、これに限られない。尚、ここで言う、保護基板の厚さとは、光ディスク表面に設けられた保護基板の厚さのことである。即ち、光ディスク表面から、表面に最も近い情報記録面までの保護基板の厚さのことをいう。

$$[0048] \quad 0.040[\text{mm}] \leq t_B \leq 0.110[\text{mm}] \quad (8)$$

$$0.5[\text{mm}] \leq t_D \leq 0.7[\text{mm}] \quad (9)$$

$$1.0[\text{mm}] \leq t_C \leq 1.3[\text{mm}] \quad (10)$$

[0049] 前述のように、光ディスク(第1光ディスク)は3つ以上の情報記録面を有する。このとき、光ディスクの入射側表面からいずれかの情報記録面までのうち、最大の距離を t_2 とし、最小の距離を t_1 としたときに、以下の式を満たすと好ましい。

$$0.040[\text{mm}] \leq t_1 \quad (11)$$

$$t_2 \leq 0.110[\text{mm}] \quad (12)$$

$$0.03[\text{mm}] \leq t_2 - t_1 \leq 0.55[\text{mm}] \quad (1)$$

[0050] 本明細書において、第1光源は、好ましくはレーザ光源である。更に第2光源、第3光源を有する場合も、レーザ光源を用いると好ましい。レーザ光源としては、好ましくは半導体レーザ、シリコンレーザ等を用いることが出

来る。第1光源から出射される第1光束の第1波長 λ_1 は、第2光源から出射される第2光束の第2波長 λ_2 より短く、第2波長 λ_2 は、第3光源から出射される第3光束の第3波長 λ_3 より短い。

[0051] また、第1光ディスク、第2光ディスク、第3光ディスクとして、それぞれ、BD、DVD及びCDが用いられる場合、第1光源の第1波長 λ_1 は好ましくは、350nm以上、440nm以下、より好ましくは、390nm以上、415nm以下であって、第2光源の第2波長 λ_2 は好ましくは570nm以上、680nm以下、より好ましくは、630nm以上、670nm以下であって、第3光源の第3波長 λ_3 は好ましくは、750nm以上、880nm以下、より好ましくは、760nm以上、820nm以下である。

[0052] また、第1光源、第2光源、第3光源のうち少なくとも2つの光源をユニット化してもよい。ユニット化とは、例えば第1光源と第2光源とが1パッケージに固定収納されているようなものをいう。また、光源に加えて、後述する受光素子を1パッケージ化してもよい。

[0053] 受光素子としては、フォトダイオードなどの光検出器が好ましく用いられる。光ディスクの情報記録面上で反射した光が受光素子へ入射し、その出力信号を用いて、各光ディスクに記録された情報の読み取り信号が得られる。さらに、受光素子上のスポットの形状変化、位置変化による光量変化を検出して、合焦検出やトラック検出を行い、この検出に基づいて、合焦、トラッキングのために対物レンズを移動させることが出来る。受光素子は、複数の光検出器からなってもよい。受光素子は、メインの光検出器とサブの光検出器を有していてもよい。例えば、情報の記録再生に用いられるメイン光を受光する光検出器の両脇に2つのサブの光検出器を設け、当該2つのサブの光検出器によってトラッキング調整用のサブ光を受光するような受光素子としてもよい。この場合、光源から出射されたビームを複数のビーム（メイン光とサブ光）に分離するための回折格子を、光源と球面収差補正素子の間に配置することが好ましい。また、受光素子は各光源に対応した複数の受光

素子を有していてもよい。

[0054] 集光光学系は、対物レンズを有する。集光光学系は、対物レンズの他にコリメータ等の球面収差補正素子、例えばカップリングレンズを有していることが好ましい。カップリングレンズとは、対物レンズと光源の間に配置され、光束の発散角を変える単レンズ又はレンズ群のことをいう。カップリングレンズは単玉レンズであってもよいし、正負のレンズの組み合わせの様な複数のレンズ群から構成されていても良いが、好ましくは単玉レンズである。コリメータは、カップリングレンズの一種で、コリメータに入射した光を平行光にして出射するレンズである。本明細書において、対物レンズとは、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光束を光ディスクの情報記録面上に集光する機能を有する光学系を指す。対物レンズは、単玉のレンズであることが好ましい。また、対物レンズは、プラスチックレンズである。また、対物レンズは、屈折面が非球面であることが好ましい。また、対物レンズは、光路差付与構造が設けられるベース面が非球面であることが好ましい。

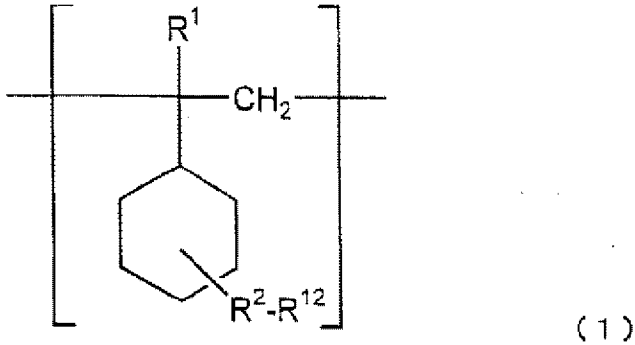
[0055] また、対物レンズを形成するプラスチックは、環状オレフィン系の樹脂材料等の脂環式炭化水素系重合体材料であることが好ましい。また、当該樹脂材料は、波長405 nmに対する温度25℃での屈折率が1.54乃至1.60の範囲内であって、-5℃から70℃の温度範囲内での温度変化に伴う波長405 nmに対する屈折率変化率 dN/dT (°C⁻¹) が -2.0×10^{-5} 乃至 -5×10^{-5} (より好ましくは、 -1.0×10^{-5} 乃至 -8×10^{-5}) の範囲内である樹脂材料を使用するのがより好ましい。また、対物レンズをプラスチックレンズとする場合、カップリングレンズもプラスチックレンズとすることが好ましい。

[0056] 脂環式炭化水素系重合体の好ましい例を幾つか、以下に示す。

[0057] 第1の好ましい例は、下記式(1)で表される繰り返し単位〔1〕を含有する重合体ブロック〔A〕と、下記式(1)で表される繰り返し単位〔1〕並びに下記式(2)で表される繰り返し単位〔2〕または/および下記式(

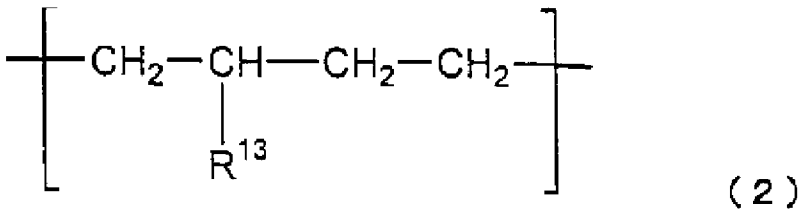
3) で表される繰り返し単位〔3〕を含有する重合体ブロック〔B〕とを有し、ブロック〔A〕中の繰り返し単位〔1〕のモル分率a(モル%)と、前記ブロック〔B〕中の繰り返し単位〔1〕のモル分率b(モル%)との関係が $a > b$ であるブロック共重合体からなる樹脂組成物である。

[0058] [化1]



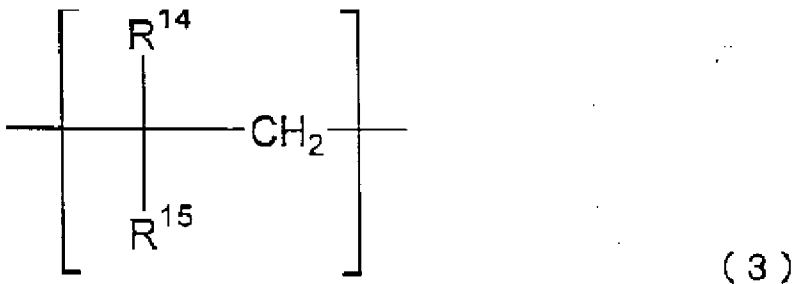
[0059] (式中、 R^1 は水素原子、または炭素数1~20のアルキル基を表し、 $\text{R}^2\text{-R}^{12}$ はそれぞれ独立に、水素原子、炭素数1~20のアルキル基、ヒドロキシ基、炭素数1~20のアルコキシ基、またはハロゲン基である。)

[0060] [化2]



[0061] (式中、 R^{13} は、水素原子、または炭素数1~20のアルキル基を表す。)

[0062] [化3]



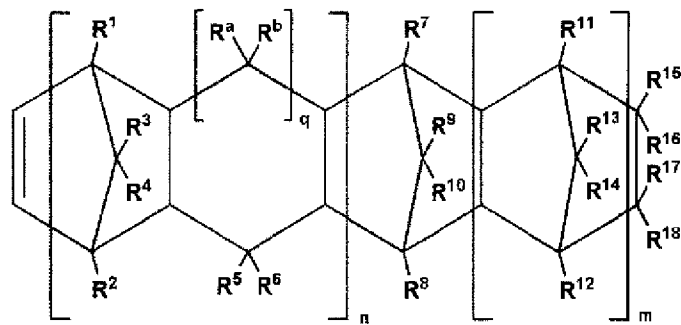
[0063] (式中、 R^{14} および R^{15} はそれぞれ独立に、水素原子、または炭素数1~20のアルキル基を表す。)

[0064] 次に、第2の好ましい例は、少なくとも炭素原子数2~20の α -オレフ

インと下記一般式(4)で表される環状オレフィンからなる単量体組成物とを付加重合させることにより得られる重合体(A)と、炭素原子数2~20の α -オレフィンと下記一般式(5)で表される環状オレフィンからなる単量体組成物とを付加重合させることにより得られる重合体(B)とを含む樹脂組成物である。

[0065] [化4]

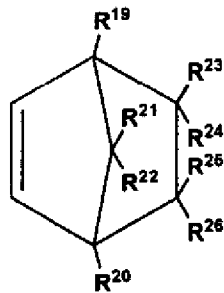
一般式(1)



[0066] [式中、nは0または1であり、mは0または1以上の整数であり、qは0または1であり、 $R^1 \sim R^{18}$ 、 R^a 及び R^b は、それぞれ独立に水素原子、ハロゲン原子または炭化水素基であり、 $R^{15} \sim R^{18}$ は互いに結合して単環または多環を形成していてもよく、括弧内の単環または多環が二重結合を有していてもよく、また R^{15} と R^{16} と、または R^{17} と R^{18} とでアルキリデン基を形成していてもよい。]

[0067] [化5]

一般式(2)



[0068] [式中、 $R^{19} \sim R^{26}$ はそれぞれ独立に水素原子、ハロゲン原子または炭化水

素基である。]

[0069] 樹脂材料に更なる性能を付加するために、以下のような添加剤を添加してもよい。

[0070] (安定剤)

フェノール系安定剤、ヒンダードアミン系安定剤、リン系安定剤及びイオウ系安定剤から選ばれた少なくとも1種の安定剤を添加することが好ましい。これらの安定剤を適宜選択し添加することで、例えば、405 nmといった短波長の光を継続的に照射した場合の白濁や、屈折率の変動等の光学特性変動をより高度に抑制することができる。

[0071] 好ましいフェノール系安定剤としては、従来公知のものが使用でき、例えば、2-*t*-ブチル-6-(3-*t*-ブチル-2-ヒドロキシ-5-メチルベンジル)-4-メチルフェニルアクリレート、2,4-ジ-*t*-アミル-6-(1-(3,5-ジ-*t*-アミル-2-ヒドロキシフェニル)エチル)フェニルアクリレートなどの特開昭63-179953号公報や特開平1-168643号公報に記載されるアクリレート系化合物；オクタデシル-3-(3,5-ジ-*t*-ブチル-4-ヒドロキシフェニル)プロピオネート、2,2'-メチレンビス(4-メチル-6-*t*-ブチルフェノール)、1,1,3-トリス(2-メチル-4-ヒドロキシ-5-*t*-ブチルフェニル)ブタン、1,3,5-トリメチル-2,4,6-トリス(3,5-ジ-*t*-ブチル-4-ヒドロキシベンジル)ベンゼン、テトラキス(メチレン-3-(3',5'-ジ-*t*-ブチル-4'-ヒドロキシフェニル)プロピオネート)メタン[すなわち、ペンタエリスリメチル-テトラキス(3-(3,5-ジ-*t*-ブチル-4-ヒドロキシフェニル)プロピオネート)]、トリエチレングリコールビス(3-(3-*t*-ブチル-4-ヒドロキシ-5-メチルフェニル)プロピオネート)などのアルキル置換フェノール系化合物；6-(4-ヒドロキシ-3,5-ジ-*t*-ブチルアニリノ)-2,4-ビスオクチルチオ-1,3,5-トリアジン、4-ビスオクチルチオ-1,3,5-トリアジン、2-オクチルチオ-4,6-ビス-(3,5-ジ-*t*-ブチル)

チル-4-オキシアニリノ)-1, 3, 5-トリアジンなどのトリアジン基含有フェノール系化合物; などが挙げられる。

[0072] また、好ましいヒンダードアミン系安定剤としては、ビス(2, 2, 6, 6-テトラメチル-4-ピペリジル)セバケート、ビス(2, 2, 6, 6-テトラメチル-4-ピペリジル)スクシネート、ビス(1, 2, 2, 6, 6-ペンタメチル-4-ピペリジル)セバケート、ビス(N-オクトキシ-2, 2, 6, 6-テトラメチル-4-ピペリジル)セバケート、ビス(N-ベンジルオキシ-2, 2, 6, 6-テトラメチル-4-ピペリジル)セバケート、ビス(N-シクロヘキシルオキシ-2, 2, 6, 6-テトラメチル-4-ピペリジル)セバケート、ビス(1, 2, 2, 6, 6-ペンタメチル-4-ピペリジル)2-(3, 5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシベンジル)-2-ブチルマロネート、ビス(1-アクロイル-2, 2, 6, 6-テトラメチル-4-ピペリジル)2, 2-ビス(3, 5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシベンジル)-2-ブチルマロネート、ビス(1, 2, 2, 6, 6-ペンタメチル-4-ピペリジル)デカンジオエート、2, 2, 6, 6-テトラメチル-4-ピペリジルメタクリレート、4-[3-(3, 5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシフェニル)プロピオニルオキシ]-1-[2-(3-(3, 5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシフェニル)プロピオニルオキシ)エチル]-2, 2, 6, 6-テトラメチルピペリジン、2-メチル-2-(2, 2, 6, 6-テトラメチル-4-ピペリジル)アミノ-N-(2, 2, 6, 6-テトラメチル-4-ピペリジル)プロピオンアミド、テトラキス(2, 2, 6, 6-テトラメチル-4-ピペリジル)1, 2, 3, 4-ブタンテトラカルボキシレート、テトラキス(1, 2, 2, 6, 6-ペンタメチル-4-ピペリジル)1, 2, 3, 4-ブタンテトラカルボキシレート等が挙げられる。

[0073] また、好ましいリン系安定剤としては、一般の樹脂工業で通常使用される物であれば格別な限定はなく、例えば、トリフェニルホスファイト、ジフェニルイソデシルホスファイト、フェニルジイソデシルホスファイト、トリス

(ノニルフェニル)ホスファイト、トリス(ジノニルフェニル)ホスファイト、トリス(2,4-ジ-tert-ブチルフェニル)ホスファイト、10-(3,5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシベンジル)-9,10-ジヒドロ-9-オキサ-10-ホスファフェナントレン-10-オキサイドなどのモノホスファイト系化合物; 4,4'-ブチリデン-ビス(3-メチル-6-tert-ブチルフェニル)-ジトリデシルホスファイト)、4,4'-イソプロピリデン-ビス(フェニル)-ジアルキル(C12~C15)ホスファイト)などのジホスファイト系化合物などが挙げられる。これらの中でも、モノホスファイト系化合物が好ましく、トリス(ノニルフェニル)ホスファイト、トリス(ジノニルフェニル)ホスファイト、トリス(2,4-ジ-tert-ブチルフェニル)ホスファイトなどが特に好ましい。

[0074] また、好ましいイオウ系安定剤としては、例えば、ジラウリル3,3-チオジプロピオネート、ジミリスチル3,3'-チオジプロピオネート、ジステアリル3,3-チオジプロピオネート、ラウリルステアリル3,3-チオジプロピオネート、ペンタエリスリトール-テトラキス-(β -ラウリル-チオ)-プロピオネート、3,9-ビス(2-ドデシルチオエチル)-2,4,8,10-テトラオキサスピロ[5,5]ウンデカンなどが挙げられる。

[0075] これらの各安定剤の配合量は、本発明の目的を損なわれない範囲で適宜選択されるが、脂環式炭化水素系共重合体100質量部に対して通常0.01~2質量部、好ましくは0.01~1質量部であることが好ましい。

[0076] (界面活性剤)

界面活性剤は、同一分子中に親水基と疎水基とを有する化合物である。界面活性剤は樹脂表面への水分の付着や上記表面からの水分の蒸発の速度を調節することで、樹脂組成物の白濁を防止することが可能となる。

[0077] 界面活性剤の親水基としては、具体的には、ヒドロキシ基、炭素数1以上のヒドロキシアルキル基、ヒドロキシル基、カルボニル基、エステル基、アミノ基、アミド基、アンモニウム塩、チオール、スルホン酸塩、リン酸塩、

ポリアルキレングリコール基などが挙げられる。ここで、アミノ基は1級、2級、3級のいずれであってもよい。界面活性剤の疎水基としては、具体的に炭素数6以上のアルキル基、炭素数6以上のアルキル基を有するシリル基、炭素数6以上のフルオロアルキル基などが挙げられる。ここで、炭素数6以上のアルキル基は置換基として芳香環を有していてもよい。アルキル基としては、具体的にヘキシル、ヘプチル、オクチル、ノニル、デシル、ウンデセニル、ドデシル、トリデシル、テトラデシル、ミリスチル、ステアリル、ラウリル、パルミチル、シクロヘキシルなどが挙げられる。芳香環としてはフェニル基などが挙げられる。この界面活性剤は、上記のような親水基と疎水基とをそれぞれ同一分子中に少なくとも1個ずつ有していればよく、各基を2個以上有していてもよい。

[0078] このような界面活性剤としては、より具体的には、例えば、ミリスチルジエタノールアミン、2-ヒドロキシエチル-2-ヒドロキシドデシルアミン、2-ヒドロキシエチル-2-ヒドロキシトリデシルアミン、2-ヒドロキシエチル-2-ヒドロキシテトラデシルアミン、ペンタエリスリトールモノステアレート、ペンタエリスリトールジステアレート、ペンタエリスリトールトリステアレート、ジ-2-ヒドロキシエチル-2-ヒドロキシドデシルアミン、アルキル（炭素数8～18）ベンジルジメチルアンモニウムクロライド、エチレンビスアルキル（炭素数8～18）アミド、ステアリルジエタノールアミド、ラウリルジエタノールアミド、ミリスチルジエタノールアミド、パルミチルジエタノールアミド、などが挙げられる。これらのうちでも、ヒドロキシアルキル基を有するアミン化合物またはアミド化合物が好ましく用いられる。本発明では、これら化合物を2種以上組合わせて用いてもよい。

[0079] 界面活性剤は、温度、湿度の変動に伴う成形物の白濁を効果的に抑え、成形物の光透過率を高く維持するという観点から、脂環式炭化水素系重合体100質量部に対して0.01～10質量部添加されることが好ましい。界面活性剤の添加量は脂環式炭化水素系重合体100質量部に対して0.05

～5質量部とすることがより好ましく、0.3～3質量部とすることが更に好ましい。

[0080] (可塑剤)

可塑剤は共重合体のメルトインデックスを調節するため、必要に応じて添加される。

[0081] 可塑剤としては、アジピン酸ビス(2-エチルヘキシル)、アジピン酸ビス(2-ブトキシエチル)、アゼライン酸ビス(2-エチルヘキシル)、ジプロピレングリコールジベンゾエート、クエン酸トリ-n-ブチル、クエン酸トリ-n-ブチルアセチル、エポキシ化大豆油、2-エチルヘキシルエポキシ化トール油、塩素化パラフィン、リン酸トリ-2-エチルヘキシル、リン酸トリクレジル、リン酸-t-ブチルフェニル、リン酸トリ-2-エチルヘキシルジフェニル、フタル酸ジブチル、フタル酸ジイソヘキシル、フタル酸ジヘプチル、フタル酸ジノニル、フタル酸ジウンデシル、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル、フタル酸ジイソノニル、フタル酸ジイソデシル、フタル酸ジトリデシル、フタル酸ブチルベンジル、フタル酸ジシクロヘキシル、セバシン酸ジ-2-エチルヘキシル、トリメリット酸トリ-2-エチルヘキシル、Santicizer 278、Paraplex G40、Drapex 334F、Plastolein 9720、Mesamoll、DNODP-610、HB-40等の公知のものが適用可能である。可塑剤の選定及び添加量の決定は、共重合体の透過性や環境変化に対する耐性を損なわないことを条件に適宜行なわれる。

[0082] これらの樹脂としては、シクロオレフィン樹脂が好適に用いられ、具体的には、日本ゼオン社製のZEONEXや、三井化学社製のAPEL、TOPAS ADVANCED POLYMERS社製のTOPAS、JSR社製ARTONなどが好ましい例として挙げられる。

[0083] また、対物レンズを構成する材料のアッペ数は、50以上であることが好ましい。

[0084] また、対物レンズの波長 λ_1 の光束に関する焦点距離 f は1.75mm未

満である。好ましくは、0.8 mm以上、1.75 mm未満である。

[0085] 対物レンズは光路差付与構造を有している。本明細書でいう光路差付与構造とは、入射光束に対して光路差を付加する構造の総称である。光路差付与構造には、位相差を付与する位相差付与構造も含まれる。また、位相差付与構造には回折構造が含まれる。本発明の光路差付与構造は回折構造であることが好ましい。光路差付与構造は、段差を有し、好ましくは段差を複数有する。この段差により入射光束に光路差及び／又は位相差が付加される。光路差付与構造により付加される光路差は、入射光束の波長の整数倍であっても良いし、入射光束の波長の非整数倍であっても良い。段差は、光軸垂直方向に周期的な間隔をもって配置されていてもよいし、光軸垂直方向に非周期的な間隔をもって配置されていてもよい。また、光路差付与構造を設けた対物レンズが単玉非球面レンズの場合、光軸からの高さによって光束の対物レンズへの入射角が異なるため、光路差付与構造の段差量は各輪帯毎に若干異なることとなる。例えば、対物レンズが単玉非球面の凸レンズである場合、同じ光路差を付与させる光路差付与構造であっても、一般的に光軸から離れる程、段差量が大きくなる傾向となる。

[0086] また、本明細書でいう回折構造とは、段差を有し、回折によって光束を収束あるいは発散させる作用を持たせる構造の総称である。例えば、単位形状が光軸を中心として複数並ぶことによって構成されており、それぞれの単位形状に光束が入射し、透過した光の波面が、隣り合う輪帯毎にズレを起こし、その結果、新たな波面を形成することによって光を収束あるいは発散させるような構造を含むものである。回折構造は、好ましくは段差を複数有し、段差は光軸垂直方向に周期的な間隔をもって配置されていてもよいし、光軸垂直方向に非周期的な間隔をもって配置されていてもよい。また、回折構造を設けた対物レンズが単玉非球面レンズの場合、光軸からの高さによって光束の対物レンズへの入射角が異なるため、回折構造の段差量は各輪帯毎に若干異なることとなる。例えば、対物レンズが単玉非球面の凸レンズである場合、同じ回折次数の回折光を発生させる回折構造であっても、一般的に光軸

から離れる程、段差量が大きくなる傾向となる。

[0087] ところで、光路差付与構造は、光軸を中心とする同心円状の複数の輪帯を有することが好ましい。また、光路差付与構造は、一般に、様々な断面形状（光軸を含む面での断面形状）をとり得、光軸を含む断面形状がブレード型構造と階段型構造とに大別される。

[0088] ブレード型構造とは、図9（a）、（b）に示されるように、光路差付与構造を有する光学素子の光軸を含む断面形状が、鋸歯状の形状ということである。尚、図9の例においては、上方が光源側、下方が光ディスク側であって、母非球面としての平面に光路差付与構造が形成されているものとする。ブレード型構造において、1つのブレード単位の光軸垂直方向の長さをピッチPという。（図9（a）、（b）参照）また、ブレードの光軸に平行方向の段差の長さを段差量Bという。（図9（a）参照）

[0089] また、階段型構造とは、図9（c）、（d）に示されるように、光路差付与構造を有する光学素子の光軸を含む断面形状が、小階段状のもの（階段単位と称する）を複数有するということである。尚、本明細書中、「Vレベル」とは、階段型構造の1つの階段単位において光軸垂直方向に対応する（向いた）輪帯状の面（以下、テラス面と称することもある）が、段差によって分けられV個の輪帯面毎に分割されていることをいい、特に3レベル以上の階段型構造は、小さい段差と大きい段差を有することになる。

[0090] 例えば、図9（c）に示す光路差付与構造を、5レベルの階段型構造といい、図9（d）に示す光路差付与構造を、2レベルの階段型構造（バイナリ構造ともいう）という。2レベルの階段型構造について、以下に説明する。光軸を中心とした同心円状の複数の輪帯を含み、対物レンズの光軸を含む複数の輪帯の断面の形状は、光軸に平行に延在する複数の段差面P a、P bと、隣接する段差面P a、P bの光源側端同士を連結する光源側テラス面P cと、隣接する段差面P a、P bの光ディスク側端同士を連結する光ディスク側テラス面P dとから形成され、光源側テラス面P cと光ディスク側テラス面P dとは、光軸に交差する方向に沿って交互に配置される。

- [0091] また、階段型構造において、1つの階段単位の光軸垂直方向の長さをピッチPという。(図9(c)、(d)参照)また、階段の光軸に平行方向の段差の長さを段差量B1、B2という。3レベル以上の階段型構造の場合、大段差量B1と小段差量B2とが存在することになる。(図9(c)参照)
- [0092] 尚、光路差付与構造は、ある単位形状が周期的に繰り返されている構造であることが好ましい。ここでいう「単位形状が周期的に繰り返されている」とは、同一の形状が同一の周期で繰り返されている形状は当然含む。さらに、周期の1単位となる単位形状が、規則性を持って、周期が徐々に長くなったり、徐々に短くなったりする形状も、「単位形状が周期的に繰り返されている」ものに含まれているとする。
- [0093] 光路差付与構造が、ブレード型構造を有する場合、単位形状である鋸歯状の形状が繰り返された形状となる。図9(a)に示されるように、同一の鋸歯状形状が繰り返されてもよいし、図9(b)に示されるように、光軸から離れる方向に進むに従って、徐々に鋸歯状形状のピッチが長くなっていく形状、又は、ピッチが短くなっていく形状であってもよい。加えて、ある領域においては、ブレード型構造の段差が光軸(中心)側とは逆を向いている形状とし、他の領域においては、ブレード型構造の段差が光軸(中心)側を向いている形状とし、その間に、ブレード型構造の段差の向きを切り替えるために必要な遷移領域が設けられている形状としてもよい。なお、このようにブレード型構造の段差の向きを途中で切り替える構造にする場合、輪帯ピッチを広げ、輪帯数を減らすことが可能となり、光路差付与構造の製造誤差による透過率低下を抑制できる。
- [0094] 光路差付与構造が、階段型構造を有する場合、図9(c)で示されるような5レベルの階段単位が、繰り返されるような形状等があり得る。さらに、光軸から離れる方向に進むに従って、徐々に階段単位のピッチが長くなっていく形状や、徐々に階段単位のピッチが短くなっていく形状であってもよい。この場合、光軸方向に最も長い段差とは、B1を指す。
- [0095] また、光路差付与構造は、対物レンズの光ディスク側の面よりも、対物レ

レンズの光源側の面に設けられることが好ましい。別の言い方では、光路差付与構造は、対物レンズの曲率半径の絶対値が小さい方の光学面に設けることが好ましい。

[0096] 以上のように、光路差付与構造は様々な形状を取り得るが、本発明の光路差付与構造、つまり回折構造は、「段差が光軸側を向いている」、図10のような状態を言う。

[0097] 更に、光源波長の変化に対する3次球面収差の変化量 $\Delta S A 3_w$ と、環境温度の変化に対する3次球面収差の変化量 $\Delta S A 3_T$ を掛け合わせた値は負(<0)であると好ましい。これにより、環境温度変化に起因した球面収差を補正できる。また、互換や軸上色収差も併せて行えるよう、複数の回折構造を重畳することにより温度変化時の球面収差を補正する場合があるが、その際は温度変化時の球面収差を補正する効果を有する光源波長の変化に対する回折構造において、本発明の構成を備えていれば良い。回折構造が温度変化時の球面収差を補正する効果を有しているかどうかは、光源波長の変化に対するその回折構造による3次球面収差の変化量 $\Delta S A 3_w$ の符号でもって判断できる。これは、通常正の屈折レンズでは温度が上昇すると $\Delta S A 3$ は正に変化するため、光源波長の変化に対するその回折構造による3次球面収差の変化量 $\Delta S A 3_w$ が負であれば温度変化時の3次球面収差を補正することが可能だからである。

[0098] 次に、対物レンズの開口数について説明する。

[0099] 第1光ディスクに対して情報を再生/記録するために必要な対物レンズの像側開口数を $NA1$ とし、第2光ディスクを用いる場合、第2光ディスクに対して情報を再生/記録するために必要な対物レンズの像側開口数を $NA2$ ($NA1 > NA2$)とし、第3光ディスクを用いる場合、第3光ディスクに対して情報を再生/記録するために必要な対物レンズの像側開口数を $NA3$ ($NA2 > NA3$)とする。 $NA1$ は、0.8以上、0.9以下であることが好ましい。特に $NA1$ は0.85であることが好ましい。 $NA2$ は、0.55以上、0.7以下であることが好ましい。特に $NA2$ は0.60又は0

、65であることが好ましい。また、NA3は、0.4以上、0.55以下であることが好ましい。特にNA3は0.45又は0.53であることが好ましい。

[0100] また、対物レンズは、以下の条件式(13)を満たす。

$$0.9 < d / f < 1.35 \quad (13)$$

但し、d[mm]は、対物レンズの軸上厚を表し、f[mm]は、第1光束における対物レンズの焦点距離を表す。

より好ましくは、以下の条件式(13')を満たすことである。

$$0.9 < d / f < 1.2 \quad (13')$$

[0101] BDのような短波長、高NAの光ディスクに対応させる場合、対物レンズにおいて、非点収差が発生しやすくなり、偏心コマ収差も発生しやすくなるという課題が生じるが、条件式(13)や(13')を満たすことにより非点収差や偏心コマ収差の発生を抑制することが可能となる。

[0102] また、光ピックアップ装置は、カップリングレンズを光軸方向に変位させることによって、光束入射面からの距離(透明基板厚)が互いに異なる情報記録面を厚さ方向に3つ以上有する光ディスクにおけるいずれかの情報記録面を選択し、光源から出射された波長 λ_1 の光束を対物レンズにより選択された情報記録面に集光することによって、情報の記録及び/または再生を行う。

[0103] 第1光束について、第1光ディスクの3つ以上の情報記録面の各層に対応するためにカップリングレンズを光軸方向に移動することにより、倍率は変化する。第1光束が対物レンズに入射する時の対物レンズの結像倍率 m_1 の最大値と最小値が、下記の式(14)の範囲内に含まれることが好ましい。

$$-1/50 < m_1 < 1/50 \quad (14)$$

より好ましくは、以下の式(14')に含まれることである。

$$-1/80 < m_1 < 1/60 \quad (14')$$

[0104] 更に、光ピックアップ装置は、対物レンズとカップリングレンズの間に、対物レンズに入射する光束の径を制限する絞りを有することが好ましい。絞

りは、対物レンズのすぐ近くに設けられることが好ましい。また、絞りの絞り径は3 mm以下であることが好ましい。尚、対物レンズと別体の絞りを有さなくても、対物レンズ自身に絞りの機能を持たせても良い。対物レンズの光源側光学面の有効径が3.0 mm以下であることが好ましい。

[0105] 本発明に係る光情報記録再生装置は、上述の光ピックアップ装置を有する光ディスクドライブ装置を有する。

[0106] ここで、光情報記録再生装置に装備される光ディスクドライブ装置に関して説明すると、光ディスクドライブ装置には、光ピックアップ装置等を収納している光情報記録再生装置本体から光ディスクを搭載した状態で保持可能なトレイのみが外部に取り出される方式と、光ピックアップ装置等が収納されている光ディスクドライブ装置本体ごと、外部に取り出される方式とがある。

[0107] 上述した各方式を用いる光情報記録再生装置には、概ね、次の構成部材が装備されているがこれに限られるものではない。ハウジング等に収納された光ピックアップ装置、光ピックアップ装置をハウジングごと光ディスクの内周あるいは外周に向けて移動させるシークモータ等の光ピックアップ装置の駆動源、光ピックアップ装置のハウジングを光ディスクの内周あるいは外周に向けてガイドするガイドレールなどを有した光ピックアップ装置の移送手段及び、光ディスクの回転駆動を行うスピンドルモータ等である。

[0108] 前者の方式には、これら各構成部材の他に、光ディスクを搭載した状態で保持可能なトレイおよびトレイを摺動させるためのローディング機構等が設けられ、後者の方式にはトレイおよびローディング機構がなく、各構成部材が外部に引き出し可能なシャーシに相当するドロワーに設けられていることが好ましい。

[0109] 尚、本発明は、スリムタイプの光ディスクドライブ装置のような厚さが15 mm未満の光ディスクドライブ装置に用いられることが好ましい。

発明の効果

[0110] 本発明によれば、3つ以上の情報記録面を有する光ディスクに対して情報

の記録／再生のために用いられ、温特補正機能を有する回折構造を設けていても、層間クロストークを有効に抑制できる対物レンズ及び光ピックアップ装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0111] [図1]メイン光と他の情報記録面に集光する異次回折光の縦球面収差図で、(a)は第1の情報記録面 ($t=53\mu\text{m}$) 上の縦球面収差図、(b)は第2の情報記録面 ($t=62\mu\text{m}$) 上の縦球面収差図、(c)は第3の情報記録面 ($t=75\mu\text{m}$) 上の縦球面収差図、(d)は第4の情報記録面 ($t=100\mu\text{m}$) 上の縦球面収差図、(e)は(a)～(d)を合成した縦球面収差図である。

[図2] (a)～(c)に示す回折構造の段差の向きと、異次回折光の縦球面収差特性との関係を示す図である。

[図3]縦軸に、光源波長の変化に対する単位波長あたりの3次球面収差の変化量 $\Delta S A 3_{\text{w}}$ [$\lambda \text{ rms} / \text{nm}$]と、焦点距離 f [mm]で除した値 $\Delta S A 3_{\text{w}} / f$ 、横軸に、環境温度の変化時の光源の波長変動を考慮した単位温度あたりの3次球面収差の変化量 $\Delta S A 3_{\text{TW}}$ [$\lambda \text{ rms} / ^\circ\text{C}$]をとって示すグラフである。

[図4]異次回折光の縦球面収差図である。

[図5]横軸に対物レンズの回折パワー P [mm^{-1}]をとり、縦軸に距離 L [nm]をとって示すグラフである。

[図6]横軸に対物レンズの焦点距離 f [mm]をとり、縦軸に距離 L [nm]をとって示すグラフである。

[図7]縦軸に軸上色収差 $\Delta f B / \text{nm}$ [$\mu\text{m} / \text{nm}$]をとり、横軸に対物レンズの焦点距離 f [mm]をとって示すグラフである。

[図8]対物レンズの光学面を2領域に分けたときの異次回折光の縦球面収差図である。

[図9]回折構造の例を示す拡大断面図であり、(a)、(b)はブレード型構造の例を示し、(c)、(d)は階段型構造の例を示す。

[図10]全ての段差が光軸の方向を向いている状態を示す図である。

[図11] BD専用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。

[図12]実施例1の縦球面収差図である。

[図13]実施例2の縦球面収差図である。

[図14]実施例3の縦球面収差図である。

[図15]実施例4の縦球面収差図である。

[図16]実施例5の縦球面収差図である。

[図17]実施例6の縦球面収差図である。

発明を実施するための形態

[0112] 以下、本発明の実施の形態を、図面を参照して説明する。図11は、厚さ方向に3つの情報記録面RL1～RL3（光ディスクの光束入射面からの距離が小さい順にRL1、RL2、RL3とする）を有する光ディスクであるBDに対して適切に情報の記録／再生を行うことができる本実施の形態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。本実施形態において、 Δt_{max} の値は、0.030～0.055mmである。かかる光ピックアップ装置PU1は、スリムタイプの光ピックアップ装置（点線で外形を概略的に示す）である。なお、本発明は、本実施の形態に限られるものではない。例えば、図11ではBD専用の光ピックアップ装置を示しているが、対物レンズOBJをBD/DVD/CD互換用としたり、或いはDVD/CD用の対物レンズを別個に配置することで、BD/DVD/CD互換用の光ピックアップ装置とすることもできる。また、3つの情報記録面ではなく、4つの情報記録面としてもよい。更に、光源とカップリングレンズとの間に回折格子を挿入し、例えば3ビームを発生させるマルチビーム式の光ピックアップ装置としても良い。マルチビーム式の光ピックアップ装置については、特開2000-187880号公報に記載されている。

[0113] 光ピックアップ装置PU1は、対物レンズOBJ、対物レンズOBJをフォーカシング方向及びトラッキング方向に移動させ、光ディスクのラジアル方向、及び／または、タンジェンシャル方向に傾ける3軸アクチュエータA

C2、 $\lambda/4$ 波長板QWP、立ち上げミラーMR、正の屈折力を有する正レンズL2と負の屈折力を有する負レンズL3とを有するカップリングCL、正レンズL2のみ光軸方向に移動させる1軸アクチュエータAC1、偏光プリズムPBS、405nmのレーザ光束（光束）を射出する半導体レーザLD、センサ用レンズSL、BDの情報記録面RL1～RL3からの反射光束を受光する受光素子PDを有する。

[0114] 本実施の形態においては、カップリングレンズCLは、偏光プリズムPBSと $\lambda/4$ 波長板QWPとの間に配置されている。半導体レーザLDから、負レンズL3、正レンズL2の順で配置されているが、半導体レーザLDから、正レンズL2、負レンズL3の順で配置しても良い。又、負レンズL3が光軸方向に移動可能となっており、正レンズL2は光ピックアップ装置に固定されている。情報記録面の透明基板厚の差により対物レンズで発生する球面収差を、球面収差補正素子としてのカップリングレンズCLを光軸方向に移動することにより補正でき、カップリングレンズCLは光ピックアップ装置動作時に情報記録面の数と同じ数の固定位置（ここでは3カ所）に配置される。

[0115] ここで、対物レンズOBJは、像側開口数（NA）が0.8以上、0.90未満のプラスチック製の単玉レンズであり、設計基板厚 t [mm]（但し、 $t_1 \leq t \leq t_2$ ）、且つ倍率=0で球面収差が補正されるように設計されており、更に、光源波長の変化に対する単位波長あたりの3次球面収差の変化量 $\Delta SA3_w$ [λ rms / nm]と、環境温度の変化に対する単位温度あたりの3次球面収差の変化量 $\Delta SA3_T$ [λ rms / °C]を掛け合わせた値は負（ < 0 ）である。対物レンズOBJは回折構造を有し、半導体レーザLDからの光束が回折構造に入射したときに発生するメイン回折光が情報記録面RL1～RL3のいずれかに集光することにより、情報の記録及び／または再生を行うようになっており、回折構造は、段差が光軸方向を向いている。

[0116] まず、BDの第1の情報記録面RL1に対して記録／再生を行う場合について説明する。かかる場合、カップリングレンズCLの正レンズL2は、1

軸アクチュエータAC1により実線の位置に移動させられる。ここで、青紫色半導体レーザーLDから射出された光束 ($\lambda_1 = 405 \text{ nm}$) の発散光束は、偏光プリズムPBSを透過し、コリメートレンズCLの負レンズL3を通過して発散角が増大され、更に正レンズL2を通過して弱い収束光束とされた後、立ち上げミラーMRで反射され、 $\lambda/4$ 波長板QWPにより直線偏光から円偏光に変換され、図示しない絞りによりその光束径が規制され、対物レンズOBJによって第1の厚さの透明基板PL1を介して、実線で示すように第1の情報記録面RL1上に形成されるスポットとなる。

[0117] 第1の情報記録面RL1上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OBJ、絞りを透過した後、 $\lambda/4$ 波長板QWPにより円偏光から直線偏光に変換され、立ち上げミラーMRで反射され、コリメートレンズCLの正レンズL2及び負レンズL3を通過して収束光束とされ、偏光プリズムPBSで反射した後、センサ用レンズSLによって、受光素子PDの受光面上に収束する。そして、受光素子PDの出力信号を用いて、3軸アクチュエータAC2により対物レンズOBJをフォーカシングやトラッキングさせることで、第1の情報記録面RL1に記録された情報を読み取ることができる。

[0118] 次に、BDの第2の情報記録面RL2に対して記録/再生を行う場合について説明する。かかる場合、カップリングレンズCLの正レンズL2は、1軸アクチュエータAC1により一点鎖線の位置に移動させられる。ここで、青紫色半導体レーザーLDから射出された光束 ($\lambda_1 = 405 \text{ nm}$) の発散光束は、偏光プリズムPBSを透過し、コリメートレンズCLの負レンズL3を通過して発散角が増大され、更に正レンズL2を通過して略平行光束とされた後、立ち上げミラーMRで反射され、 $\lambda/4$ 波長板QWPにより直線偏光から円偏光に変換され、図示しない絞りによりその光束径が規制され、対物レンズOBJによって第2の厚さ（第1の厚さより厚い）の透明基板PL2を介して、一点鎖線で示すように第2の情報記録面RL2上に形成されるスポットとなる。

[0119] 第2の情報記録面RL2上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OBJ、絞りを透過した後、 $\lambda/4$ 波長板QWPにより円偏光から直線偏光に変換され、立ち上げミラーMRで反射され、コリメートレンズCLの正レンズL2及び負レンズL3を通過して収束光束とされ、偏光プリズムPBSで反射した後、センサ用レンズSLによって、受光素子PDの受光面上に収束する。そして、受光素子PDの出力信号を用いて、3軸アクチュエータAC2により対物レンズOBJをフォーカシングやトラッキングさせることで、第2の情報記録面RL2に記録された情報を読み取ることができる。

[0120] 次に、BDの第3の情報記録面RL3に対して記録/再生を行う場合について説明する。かかる場合、カップリングレンズCLの正レンズL2は、1軸アクチュエータAC1により点線の位置に移動させられる。ここで、青紫色半導体レーザLDから射出された光束($\lambda_1 = 405 \text{ nm}$)の発散光束は、偏光プリズムPBSを透過し、コリメートレンズCLの負レンズL3を通過して発散角が増大され、更に正レンズL2を通過して弱い発散光束とされた後、立ち上げミラーMRで反射され、 $\lambda/4$ 波長板QWPにより直線偏光から円偏光に変換され、図示しない絞りによりその光束径が規制され、対物レンズOBJによって第3の厚さ(第2の厚さより厚い)の透明基板PL3を介して、点線で示すように第3の情報記録面RL3上に形成されるスポットとなる。

[0121] 第3の情報記録面RL3上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OBJ、絞りを透過した後、 $\lambda/4$ 波長板QWPにより円偏光から直線偏光に変換され、立ち上げミラーMRで反射され、コリメートレンズCLの正レンズL2及び負レンズL3を通過して収束光束とされ、偏光プリズムPBSで反射した後、センサ用レンズSLによって、受光素子PDの受光面上に収束する。そして、受光素子PDの出力信号を用いて、3軸アクチュエータAC2により対物レンズOBJをフォーカシングやトラッキングさせることで、第3の情報記録面RL3に記録された情報を読み取ることが

できる。

[0122] <実施例>

次に、上述の実施の形態に用いることができる対物レンズの実施例を、以下に説明する。以下の表中の r_i は各面の曲率半径[mm]、 d_i は各面間距離[mm]、 n_i は波長 λ_1 における各面の屈折率を表している。尚、これ以降（表のレンズデータ含む）において、10のべき乗数（例えば、 2.5×10^{-3} ）を、E（例えば、 $2.5 \times E - 03$ ）を用いて表すものとする。対物レンズの光学面は、それぞれ数1式に表1に示す係数を代入した数式で規定される、光軸の周りに軸対称な非球面に形成されている。尚、ここでは波長 λ_1 を、 λ として表すものとする。

[0123] [数1]

$$X(h) = \frac{(h^2/r)}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa)(h/r)^2}} + \sum_{i=0}^{10} A_{2i} h^{2i}$$

[0124] ここで、 $X(h)$ は光軸方向の軸（光の進行方向を正とする）、 κ は円錐係数、 A_i は非球面係数、 h は光軸からの高さ、 r は近軸曲率半径である。

[0125] 又、回折構造を有する実施例の場合、その回折構造により各波長の光束に対して与えられる光路差は、数2式の光路差関数に、表に示す係数を代入した数式で規定される。

[0126] [数2]

$$\Phi(h) = \sum (C_{2i} h^{2i} \times \lambda \times m / \lambda B)$$

[0127] ここで、 λ : 使用波長、 m : 回折次数、 λB : 製造波長、 h : 光軸から光軸垂直方向の距離である。また、ピッチ $P(h) = \lambda B / (\sum (2i \times C_{2i} \times h^{2i-1}))$ とする。

また、回折近軸パワー P は下記に定義される。

$$P = -2 \times C_2 \times \lambda \times m / \lambda B$$

[0128] (実施例1)

表2に実施例1のレンズデータを示す又、図12に、実施例1にかかる対物レンズの縦球面収差図を示す。本実施例は、3次回折光をBDの情報記録面に集光して情報の記録／再生を行うものであり、全ての回折構造は段差が光軸側を向いている。

[0129] [表2]

【実施例1】

◆仕様

	BD
焦点距離 f (mm)	1.10
波長 λ (nm)	405
NA	0.85
有効径 φ (mm)	1.87
倍率	0
WD (mm)	0.20
ディスク厚 (mm)	0.0875

◆配置

第i面	ri	di	ni	備考
0		∞		
1(絞り径)	∞	0.0(φ1.87mm)	1.0000	絞り
2	0.8301	1.54	1.5401	対物レンズ
3	-0.8952	0.20	1.0000	
4	∞	0.0875	1.6195	ディスク
5	∞			

*diは、第di面から第di+1面までの変位を表す。

◆非球面係数

	第2面	第3面
h		
r	0.830060556	-0.895230595
κ	-6.9054E-01	-6.1490E+01
A4	6.9482E-03	9.5650E-01
A6	-9.6083E-02	-7.3152E+00
A8	4.5450E-01	3.2417E+01
A10	-1.2125E+00	-1.1217E+02
A12	9.0430E-01	1.9148E+02
A14	3.3309E+00	-3.7076E+01
A16	-8.9989E+00	0.0000E+00
A18	8.7242E+00	0.0000E+00
A20	-3.1160E+00	0.0000E+00

◆光路差関数係数

	第2面	
λB (nm)	405	
次数	3	
回折構造	C1	-2.0000E-02
	C2	-1.8065E-02
	C3	-2.9770E-03
	C4	-6.6835E-03
	C5	1.2185E-02

[0130] (実施例2)

表3に実施例2のレンズデータを示す又、図13に、実施例2にかかる対

物レンズの縦球面収差図を示す。本実施例は、4次回折光をBDの情報記録面に集光して情報の記録／再生を行うものであり、全ての回折構造は段差が光軸側を向いている。

[0131] [表3]

【実施例2】

◆仕様

	BD
焦点距離 f (mm)	1.10
波長 λ (nm)	405
NA	0.85
有効径 φ (mm)	1.87
倍率	0
WD (mm)	0.21
ディスク厚 (mm)	0.0800

◆配置

第i面	ri	di	ni	備考
0	∞	∞		
1(絞径)	∞	0.0(φ1.87mm)	1.0000	絞り
2	0.7809	1.54	1.5401	対物レンズ
3	-0.8762	0.21	1.0000	
4	∞	0.0800	1.6195	ディスク
5	∞			

*diは、第di面から第di+1面までの変位を表す。

◆非球面係数

	第2面	第3面
h		
r	0.780915718	-0.876167209
κ	-6.8951E-01	-5.4115E+01
A4	1.8532E-03	1.1193E+00
A6	-8.9552E-02	-7.6402E+00
A8	4.5688E-01	3.2597E+01
A10	-1.2106E+00	-1.0389E+02
A12	9.0953E-01	1.6266E+02
A14	3.3352E+00	-3.7076E+01
A16	-8.9941E+00	0.0000E+00
A18	8.7273E+00	0.0000E+00
A20	-3.1216E+00	0.0000E+00

◆光路差関数係数

	第2面
λ B (nm)	405
次数	4
C1	-8.9000E-03
C2	-1.3581E-02
C3	-2.1381E-03
C4	-4.7272E-03
C5	9.1751E-03

[0132] (実施例3)

表4に実施例3のレンズデータを示す又、図14に、実施例3にかかる対物レンズの縦球面収差図を示す。本実施例は、5次回折光をBDの情報記録

面に集光して情報の記録／再生を行うものであり、回折構造の全ての段差が光軸側を向いている。

[0133] [表4]

【実施例3】

◆仕様

	BD
焦点距離 f(mm)	1.40
波長 λ (nm)	405
NA	0.85
有効径 φ (mm)	2.38
倍率	0
WD (mm)	0.44
ディスク厚 (mm)	0.0875

◆配置

第i面	ri	di	ni	備考
0		∞		
1(絞り径)	∞	0.0(φ2.38mm)	1.0000	絞り
2	0.9418	1.54	1.5401	対物レンズ
3	-2.0629	0.44	1.0000	
4	∞	0.0875	1.6195	ディスク
5	∞			

*diは、第di面から第di+1面までの変位を表す。

◆非球面係数

	第2面	第3面
h		
r	0.941794555	-2.062911969
κ	-6.6566E-01	-2.3993E+01
A4	2.7427E-02	7.1707E-01
A6	-1.1882E-02	-2.2143E+00
A8	7.8659E-02	4.3290E+00
A10	-1.0964E-01	-5.2257E+00
A12	4.5420E-02	3.4983E+00
A14	1.0549E-01	-9.9318E-01
A16	-1.7017E-01	0.0000E+00
A18	9.9376E-02	0.0000E+00
A20	-2.1287E-02	0.0000E+00

◆光路差関数係数

	第2面
λ B (nm)	405
次数	5
C1	-4.8000E-03
C2	-1.7051E-03
C3	-6.4323E-04
C4	-2.6833E-04
C5	-2.3164E-05

[0134] (実施例4)

表5に実施例4のレンズデータを示す又、図15に、実施例4にかかる対物レンズの縦球面収差図を示す。本実施例は、5次回折光をBDの情報記録面に集光して情報の記録／再生を行うものであり、全ての回折構造は段差が

光軸側を向いている。

[0135] [表5]

【実施例4】

◆仕様

	BD
焦点距離 f (mm)	1.40
波長 λ (nm)	405
NA	0.85
有効径 ϕ (mm)	2.38
倍率	0
WD (mm)	0.48
ディスク厚 (mm)	0.0700

◆配置

第i面	r_i	d_i	n_i	備考
0		∞		
1 (絞り径)	∞	0.0 (ϕ 2.38mm)	1.0000	絞り
2	0.9244	1.50	1.5401	対物レンズ
3	-2.8753	0.48	1.0000	
4	∞	0.0700	1.6195	ディスク
5	∞			

* d_i は、第 d_i 面から第 d_i+1 面までの変位を表す。

◆非球面係数

	第2面	第3面
h		
r	0.924379923	-2.87533075
k	-7.0548E-01	-3.3196E+01
A4	1.5238E-02	7.2232E-01
A6	-1.8612E-02	-2.2144E+00
A8	7.0777E-02	4.3189E+00
A10	-1.0156E-01	-5.2246E+00
A12	4.3297E-02	3.5052E+00
A14	1.0390E-01	-9.9622E-01
A16	-1.6900E-01	0.0000E+00
A18	1.0043E-01	0.0000E+00
A20	-2.1841E-02	0.0000E+00

◆光路差関数係数

	第2面
λB (nm)	405
次数	5
C1	-6.0000E-03
C2	-4.5379E-03
C3	-1.8192E-03
C4	-3.0607E-04
C5	3.9802E-04

[0136] (実施例5)

表6に実施例5のレンズデータを示す又、図16に、実施例5にかかる対物レンズの縦球面収差図を示す。本実施例は、有効径内の光学面が内側領域と外側領域と分かれており、内側領域の第1の回折構造で発生した4次回折光と、外側領域の第2の回折構造で発生した3次回折光を、BDの情報記録

面に集光して情報の記録／再生を行うものであり、回折構造の全ての段差が光軸側を向いている。

[0137] [表6]

【実施例5】

◆仕様

	BD
焦点距離 f(mm)	2.00
波長 λ (nm)	405
NA	0.85
有効径 φ (mm)	3.40
倍率	0
WD(mm)	0.74
ディスク厚(mm)	0.0875

◆配置

第i面	ri	di	ni	備考
0		∞		
1(絞り径)	∞	0.0(φ3.40mm)	1.0000	絞り
2	1.2794	2.10	1.5401	対物レンズ
3	-3.7083	0.74	1.0000	
4	∞	0.0875	1.6195	ディスク
5	∞			

*diは、第di面から第di+1面までの変位を表す。

◆非球面係数

	第2-1面	第2-2面	第3面
h	$0 \leq h < 1.479$	$1.479 \leq h$	
r	1.279447685	1.279447685	-3.708286991
rc	-7.2200E-01	-7.2200E-01	-4.3155E+00
A4	-2.7129E-03	-2.7129E-03	2.6196E-01
A6	3.1490E-03	3.1490E-03	-3.6443E-01
A8	3.9960E-03	3.9960E-03	3.5360E-01
A10	-2.5578E-03	-2.5578E-03	-2.1103E-01
A12	4.1273E-04	4.1273E-04	6.8223E-02
A14	9.0082E-04	9.0082E-04	-9.1588E-03
A16	-7.6203E-04	-7.6203E-04	0.0000E+00
A18	2.4990E-04	2.4990E-04	0.0000E+00
A20	-2.9989E-05	-2.9989E-05	0.0000E+00

◆光路差関数係数

	第2-1面	第2-2面
h	$0 \leq h < 1.479$	$1.479 \leq h$
λ B (nm)	405	405
次数	4	3
C1	-2.5000E-03	-3.3333E-03
C2	-2.7837E-03	-3.7116E-03
C3	3.3966E-04	4.5289E-04
C4	3.2275E-05	4.3034E-05
C5	-2.9483E-05	-3.9311E-05

[0138] (実施例6)

表7に実施例6のレンズデータを示す又、図17に、実施例6にかかる対物レンズの縦球面収差図を示す。本実施例は、有効径内の光学面が内側領域

と外側領域と分かれており、内側領域の第1の回折構造で発生した3次回折光と、外側領域の第2の回折構造で発生した4次回折光を、BDの情報記録面に集光して情報の記録／再生を行うものであり、回折構造の全ての段差が光軸側を向いている。

[0139] [表7]

【実施例6】

◆仕様

	BD
焦点距離 f (mm)	2.00
波長 λ (nm)	405
NA	0.86
有効径 ϕ (mm)	3.44
倍率	0
WD (mm)	0.75
ディスク厚 (mm)	0.0850

◆配置

第 i 面	r_i	d_i	n_i	備考
0		∞		
1 (絞り径)	∞	0.0 (ϕ 3.44mm)	1.0000	絞り
2	1.2968	2.10	1.5401	対物レンズ
3	-3.6254	0.75	1.0000	
4	∞	0.0850	1.6195	ディスク
5	∞			

* d_i は、第 d_i 面から第 d_i+1 面までの変位を表す。

◆非球面係数

	第2-1面	第2-2面	第3面
h	$0 \leq h < 1.376$	$1.376 \leq h$	
r	1.296830735	1.296830735	-3.625438766
κ	-7.1959E-01	-7.1959E-01	-6.2411E+01
A4	-3.5752E-03	-3.5752E-03	2.0878E-01
A6	2.6791E-03	2.6791E-03	-3.5314E-01
A8	3.5043E-03	3.5043E-03	3.5495E-01
A10	-2.5211E-03	-2.5211E-03	-2.0801E-01
A12	4.5338E-04	4.5338E-04	6.5170E-02
A14	8.7263E-04	8.7263E-04	-8.4787E-03
A16	-7.4610E-04	-7.4610E-04	0.0000E+00
A18	2.3840E-04	2.3840E-04	0.0000E+00
A20	-2.7630E-05	-2.7630E-05	0.0000E+00

◆光路差関数係数

	第2-1面	第2-2面
h	$0 \leq h < 1.376$	$1.376 \leq h$
λB (nm)	405	405
次数	3	4
C1	-4.0000E-03	-3.0000E-03
C2	-4.2487E-03	-3.1865E-03
C3	3.5158E-04	2.6369E-04
C4	-4.7484E-06	-3.5613E-06
C5	-1.4277E-05	-1.0708E-05

[0140] 表8に請求項にかかる式の値を示す。

[0141] [表8]

	f [mm]	p	m_0	$\Delta SA2_w / f$ [λ rms / nm]	$\Delta SA3_z$ [λ rms / °C]	$\Delta SA3_{TM}$ [λ rms / °C]	軸上色収差 ΔF [μ m / nm]	不要近軸位置 [μ m]	$0.37 \times m_0 / (60.2t - 45.4)$	
実施例1	1.10	0.120	3	-0.0028	0.0002	0.0027	-0.34	-47	50	0.053
実施例2	1.10	0.071	4	-0.0045	0.0004	0.0046	-0.21	-21	22	0.071
実施例3	1.40	0.048	5	-0.0042	0.0012	0.0272	-0.04	-18	20	0.048
実施例4	1.40	0.060	5	-0.0117	0.0010	0.0083	-0.29	-23	24	0.048
実施例5	2.00	0.025	5	-0.0059	0.0020	0.0414	-0.096	-20	20	0.025
実施例6	2.00	0.024	3	-0.0089	0.0018	0.0272	-0.255	-32	32	0.015

[0142] 本発明は、明細書に記載の実施例に限定されるものではなく、他の実施例・変形例を含むことは、本明細書に記載された実施例や思想から本分野の当業者にとって明らかである。明細書の記載及び実施例は、あくまでも例証を目的としており、本発明の範囲は後述するクレームによって示されている。

符号の説明

[0143] O B J	対物レンズ
P U 1	光ピックアップ装置
L D	青紫色半導体レーザ
A C 1	1軸アクチュエータ
A C 2	3軸アクチュエータ
B S	偏光ビームスプリッタ
P B S	偏光プリズム
C L	カップリングレンズ
M R	立ち上げミラー
L 2	正レンズ群
L 3	負レンズ群
Q W P	$\lambda/4$ 波長板
P L 1 ~ P L 3	保護基板
R L 1 ~ R L 3	情報記録面
S L	センサ用レンズ

請求の範囲

[請求項1] 波長 λ_1 ($390\text{ nm} < \lambda_1 < 415\text{ nm}$)の光束を出射する光源と、球面収差補正素子と、対物レンズとを有し、前記球面収差補正素子を光軸方向に変位させることによって、光束入射面からの距離（透明基板厚）が互いに異なる情報記録面を厚さ方向に3つ以上有する光ディスクにおけるいずれかの情報記録面を選択し、前記光源から出射された波長 λ_1 の光束を前記対物レンズにより前記選択された情報記録面に集光することによって、情報の記録及び／または再生を行う光ピックアップ装置に使用される対物レンズであって、

前記光ディスクにおいて、光束入射面側に最も近い情報記録面の透明基板厚を t_1 [mm]、光束入射面側から最も遠い情報記録面の透明基板厚を t_2 [mm]としたときに、 Δt_{max} [mm] = $t_1 - t_2$ として、以下の式を満たし、

$$0.03 \leq \Delta t_{\text{max}} \leq 0.055 \quad (1)$$

前記対物レンズは、像側開口数（NA）が0.8以上、0.90未満のプラスチック製の単玉レンズであり、設計基板厚 t [mm]（但し、 $t_1 \leq t \leq t_2$ ）、且つ倍率=0で球面収差が補正されるように設計されており、

更に、光源波長の変化に対する単位波長あたりの3次球面収差の変化量 $\Delta S A 3_w$ [$\lambda_{\text{rms}} / \text{nm}$]と、環境温度の変化に対する単位温度あたりの3次球面収差の変化量 $\Delta S A 3_T$ [$\lambda_{\text{rms}} / ^\circ\text{C}$]を掛け合わせた値は負（ < 0 ）であり、

前記対物レンズは回折構造を有し、前記光源からの光束が前記回折構造に入射したときに発生する回折光が前記情報記録面のいずれかに集光することにより、情報の記録及び／または再生を行うようになっており、

前記回折構造は、段差が光軸方向を向いていることを特徴とする対物レンズ。

[請求項2] 前記対物レンズにおいて、光源波長の変化に対する単位波長あたりの3次球面収差の変化量 $\Delta S A 3_w$ [λ r m s / n m]、焦点距離を f [m m]としたときに、以下の式を満たすことを特徴とする請求項1に記載の対物レンズ。

$$-0.016 \leq \Delta S A 3_w / f \leq -0.002 \quad (2)$$

[請求項3] 前記対物レンズにおける前記回折構造による近軸回折パワーを P [$m m^{-1}$]、焦点距離を f [m m]とし、光源波長における前記光ディスクの透明基板の屈折率を n_t としたときに、以下の式を満たすことを特徴とする請求項1又は2に記載の対物レンズ。

$$(60.2 f - 45.4) P / 0.02 m_0 \geq \Delta t_{max} / n_t$$

(3)

但し、 m_0 は最も光軸に近い輪帯の回折次数。

[請求項4] 対物レンズ単体の軸上色収差を $\Delta f B$ [μm / n m]としたときに、以下の式を満たすことを特徴とする請求項3に記載の対物レンズ。

$$-0.3 \leq \Delta f B \leq 0 \quad (4)$$

[請求項5] 前記対物レンズの有効径内において、光軸の周囲に形成された内側領域と、前記内側領域の外側に形成された外側領域とを有し、前記内側領域には第1の回折構造が形成され、前記外側領域には第2の回折構造が形成されており、前記光源からの光束が入射したときに、前記第1の回折構造で発生する m_1 次回折光が、選択された情報記録面に集光し、前記第2の回折構造で発生する m_2 次回折光が、前記選択された情報記録面に集光し、前記選択された情報記録面からの反射光を光検出器で検出することにより、情報の記録及び／又は再生を行うようになっており、 $|m_1| > |m_2|$ であることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の対物レンズ。

[請求項6] 前記対物レンズの有効径内において、光軸の周囲に形成された内側領域と、前記内側領域の外側に形成された外側領域とを有し、前記内側領域には第1の回折構造が形成され、前記外側領域には第2の回折

構造が形成されており、前記光源からの光束が入射したときに、前記第1の回折構造で発生する m_1 次回折光が、選択された情報記録面に集光し、前記第2の回折構造で発生する m_2 次回折光が、前記選択された情報記録面に集光し、前記選択された情報記録面からの反射光を光検出器で検出することにより、情報の記録及び／又は再生を行うようになっており、 $|m_1| < |m_2|$ であることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の対物レンズ。

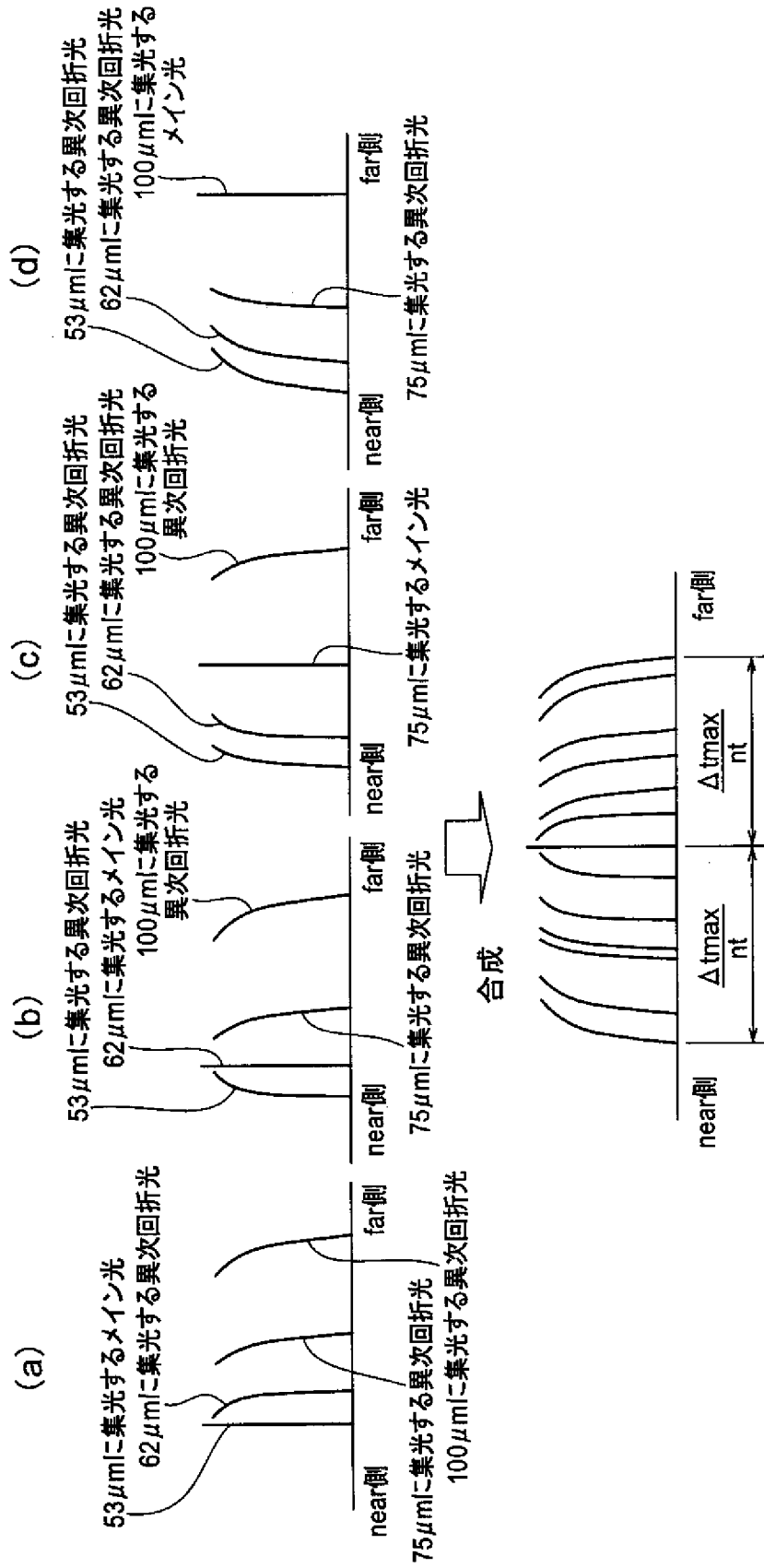
[請求項7] 前記回折構造は、周期的な輪帯状の段差構造であって、最も光軸方向の距離が長い段差が光軸の方向を向いていることを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載の対物レンズ。

[請求項8] 請求項1～7のいずれかに記載の前記対物レンズを有することを特徴とする光ピックアップ装置。

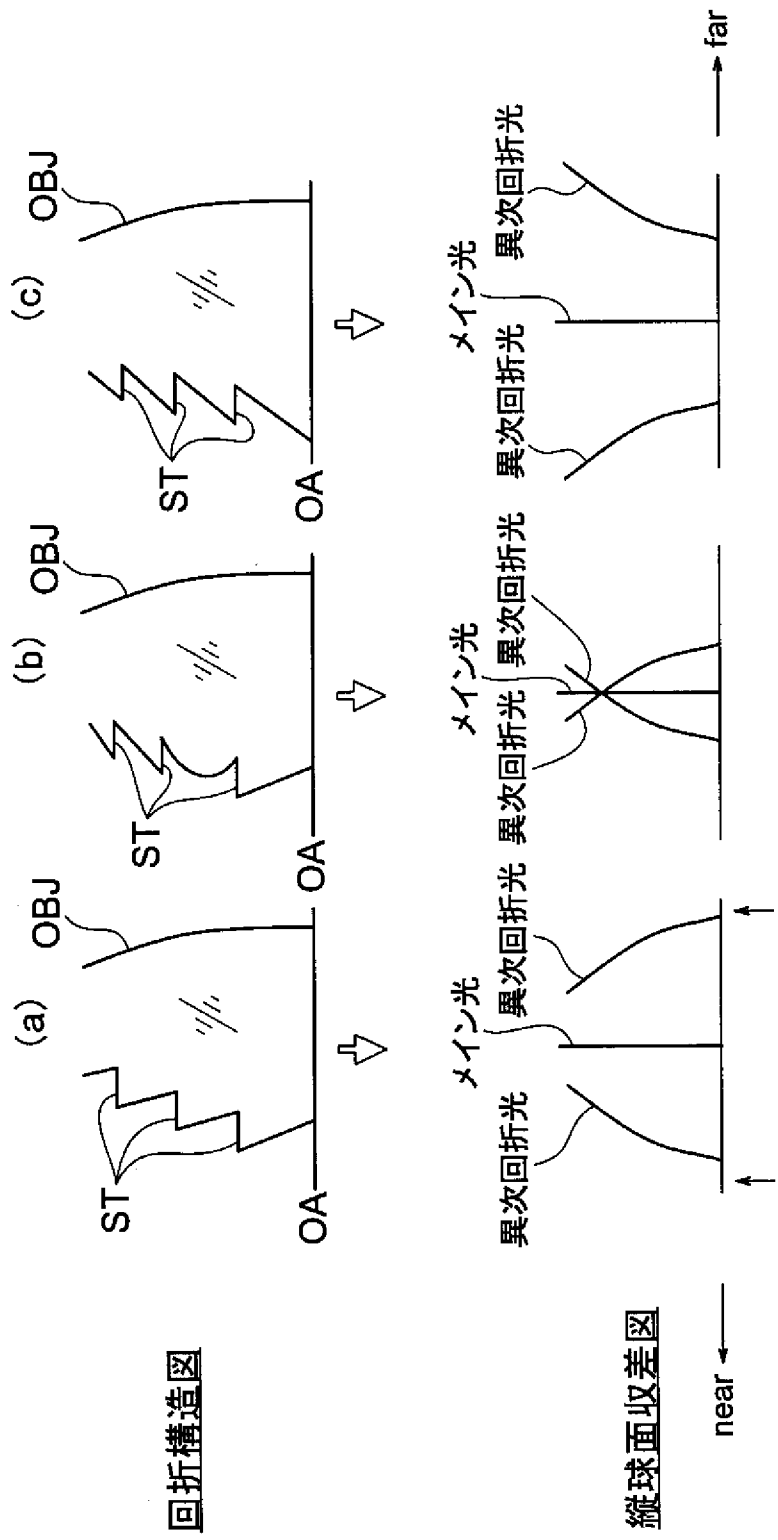
[請求項9] 前記情報記録面の透明基板厚の差により対物レンズで発生する球面収差を、光軸方向に移動する球面収差補正素子により補正する光ピックアップ装置において、

球面収差補正素子はピックアップ動作時に前記情報記録面の数と同じ数の固定位置に配置されることを特徴とする請求項8に記載の光ピックアップ装置。

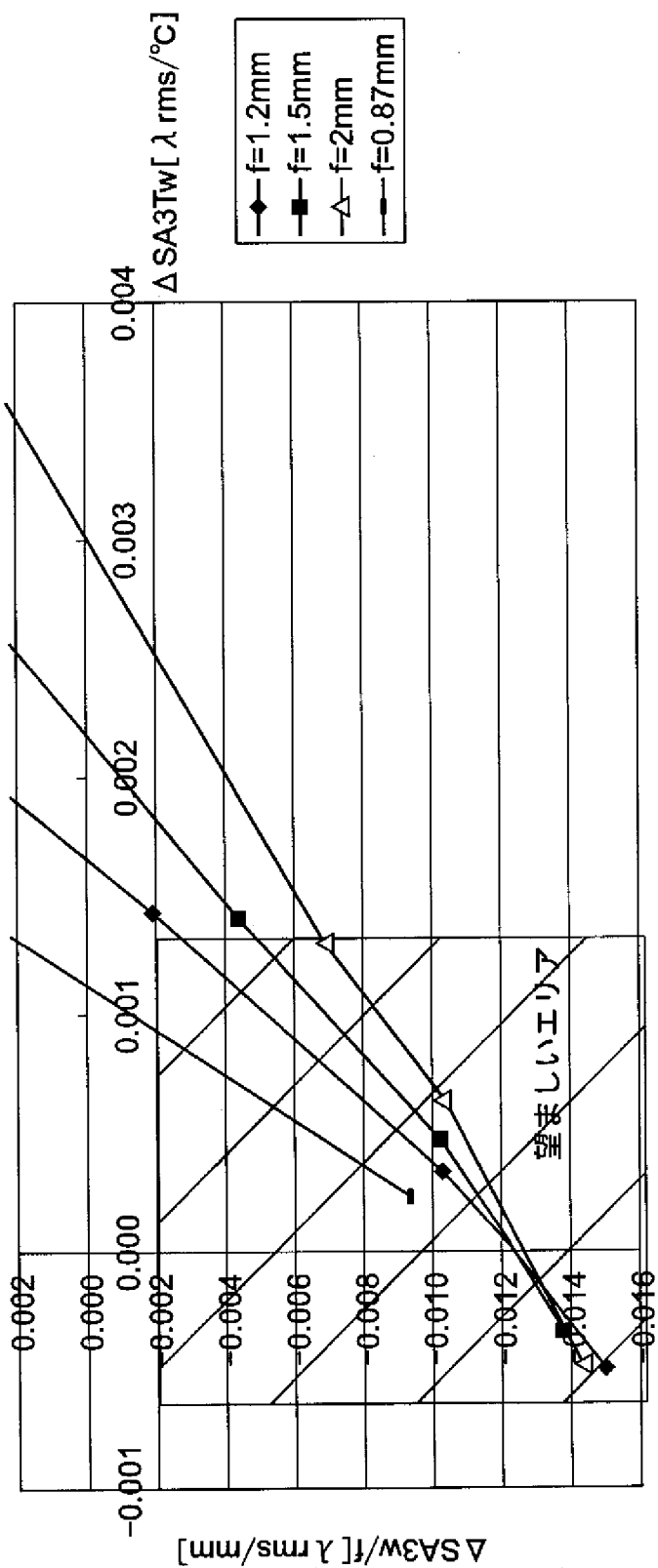
[図1]



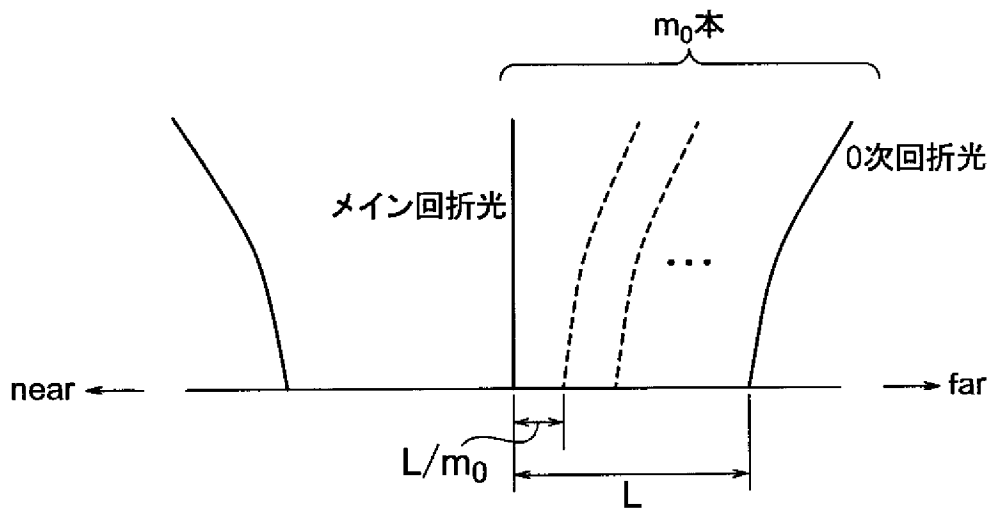
[図2]



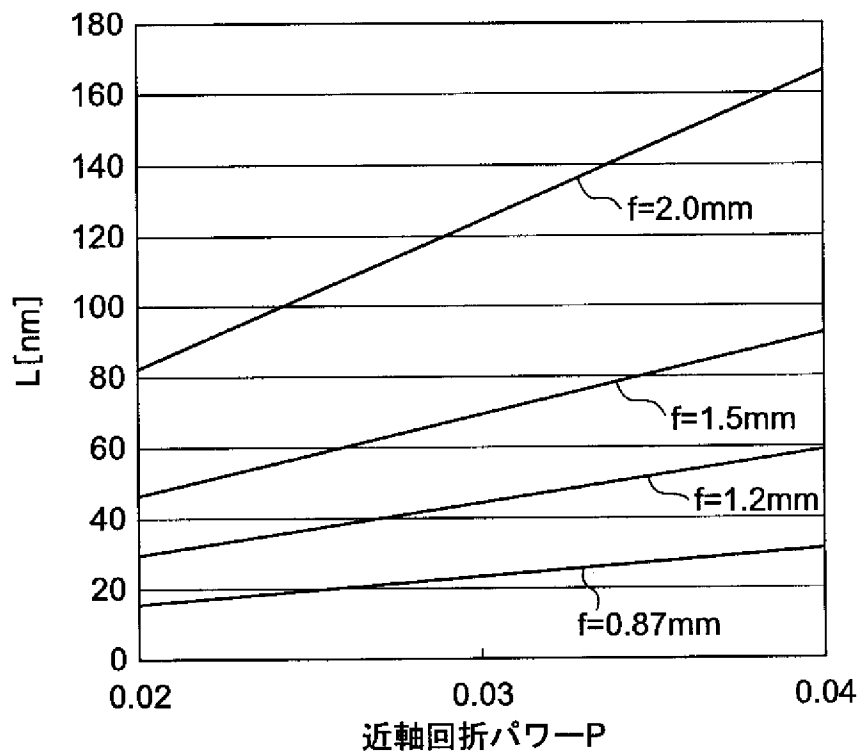
[図3]



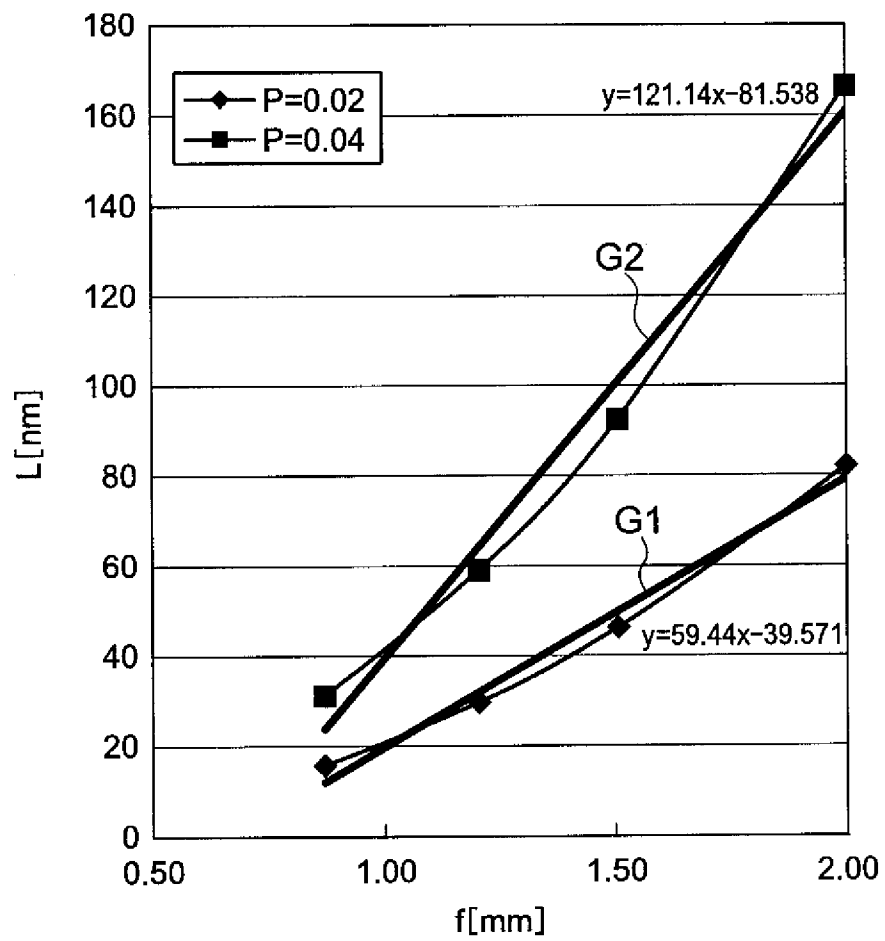
[図4]



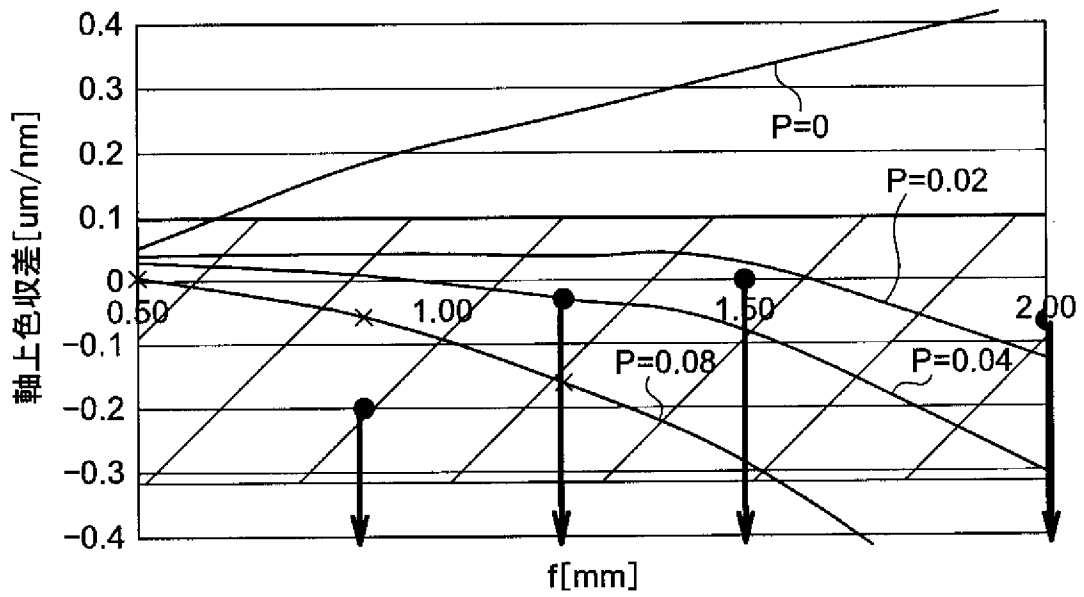
[図5]



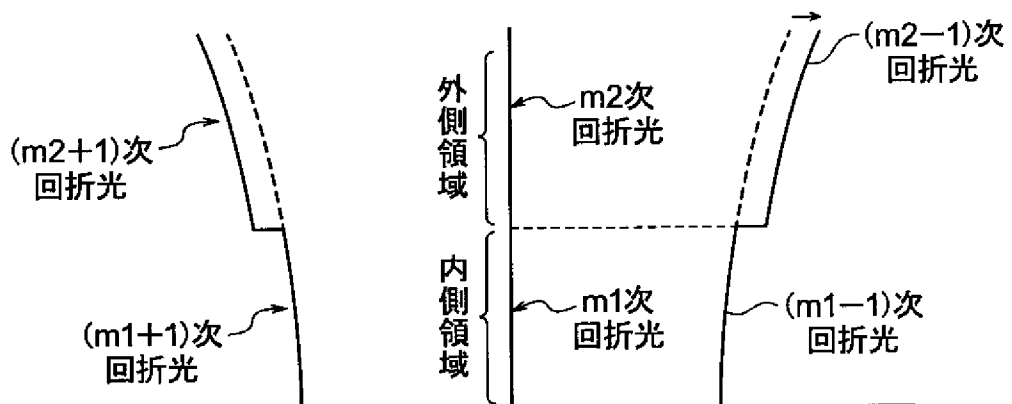
[図6]



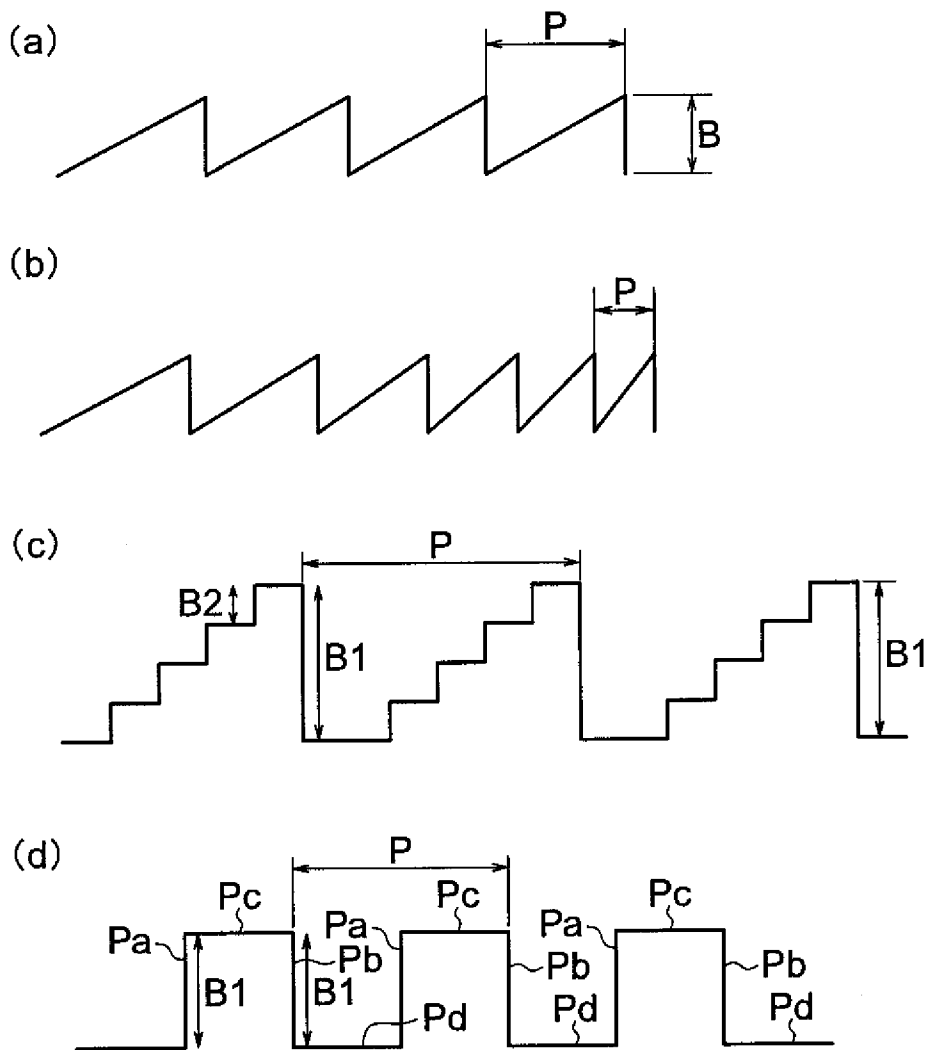
[図7]



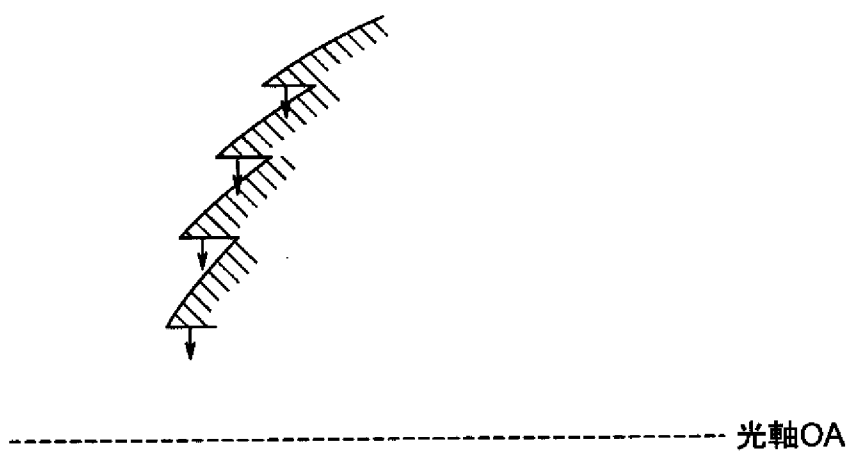
[図8]



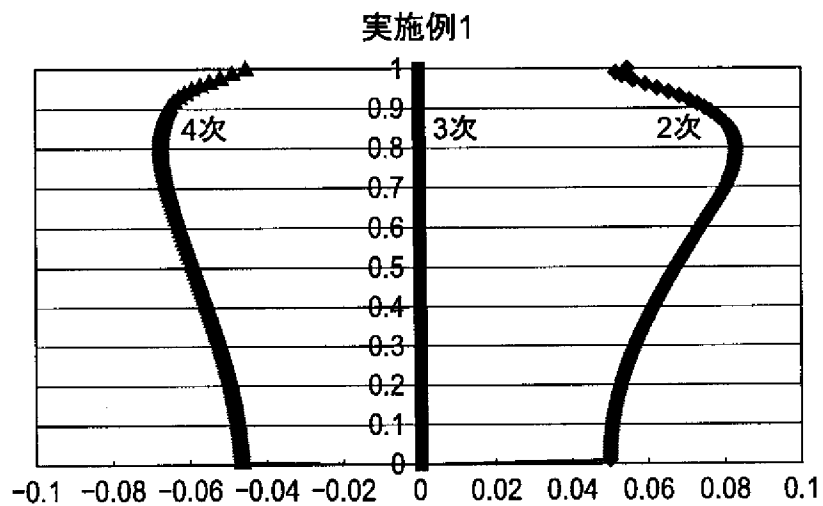
[圖9]



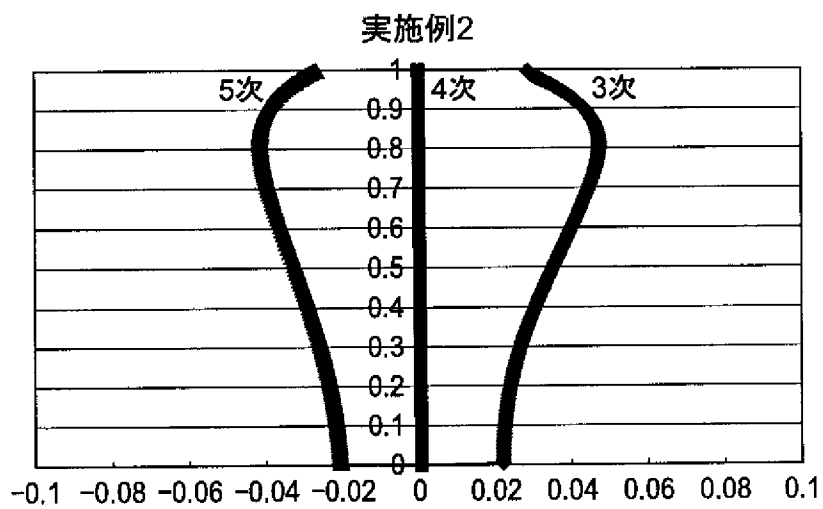
[圖10]



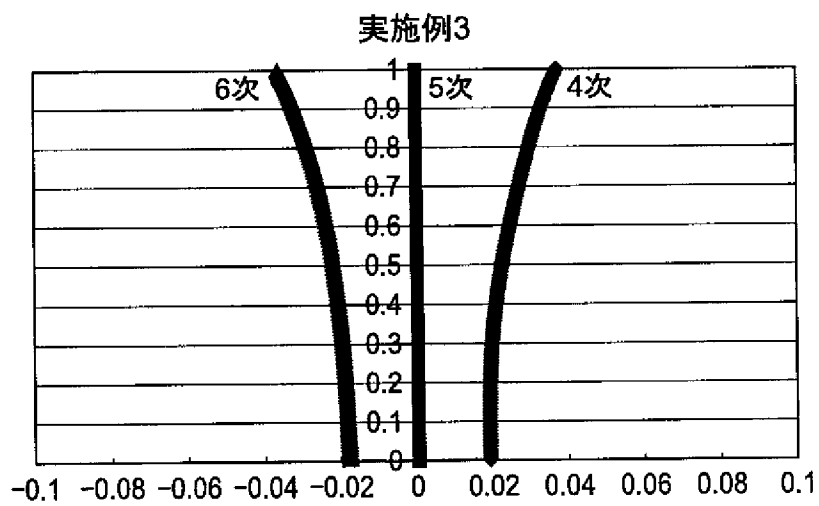
[図12]



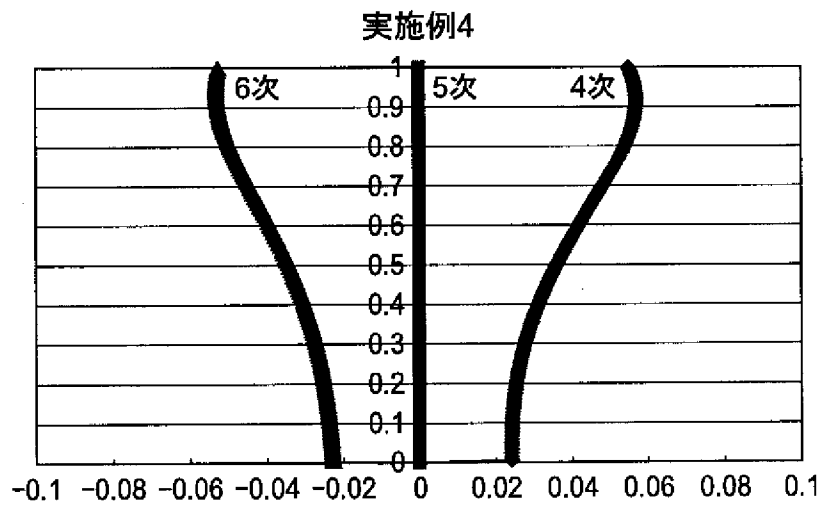
[図13]



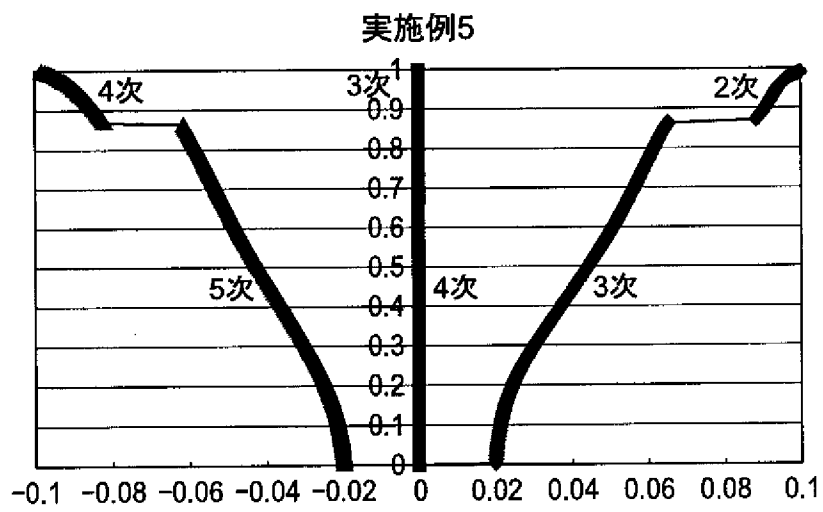
[図14]



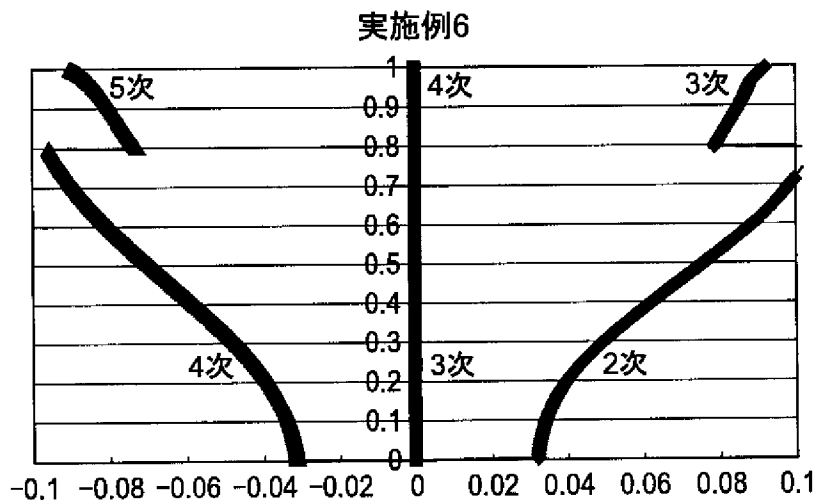
[图15]



[图16]



[图17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/073309

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G11B7/135(2012.01)i, G02B13/00(2006.01)i, G02B13/18(2006.01)i, G11B7/09(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G11B7/135, G02B13/00, G02B13/18, G11B7/09

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	WO 2011/077647 A1 (Panasonic Corp.), 30 June 2011 (30.06.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-4, 7-9 5-6
Y	WO 2007/102318 A1 (Konica Minolta Opto, Inc.), 13 September 2007 (13.09.2007), paragraph [0083] & US 2007/0211606 A1 & US 2007/0211607 A1 & US 2007/0211608 A1 & US 2007/0211609 A1 & EP 1990801 A1 & EP 1993093 A1 & EP 1993094 A1 & EP 2001020 A2 & CN 101034568 A & CN 101034569 A & CN 101034570 A & CN 101034571 A & KR 10-2008-0098643 A & KR 10-2008-0098644 A & KR 10-2008-0104290 A & KR 10-2008-0110999 A	5-6

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
05 November, 2012 (05.11.12)Date of mailing of the international search report
20 November, 2012 (20.11.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/073309

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-326868 A (Konica Minolta Opto, Inc.), 18 November 2004 (18.11.2004), entire text; all drawings & US 2004/0218503 A1	1-9
A	WO 2011/114895 A1 (Konica Minolta Opto, Inc.), 22 September 2011 (22.09.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. G11B7/135(2012.01)i, G02B13/00(2006.01)i, G02B13/18(2006.01)i, G11B7/09(2006.01)i

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. G11B7/135, G02B13/00, G02B13/18, G11B7/09

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
 日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2012年
 日本国実用新案登録公報 1996-2012年
 日本国登録実用新案公報 1994-2012年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	WO 2011/077647 A1（パナソニック株式会社）2011.06.30 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-4, 7-9 5-6

C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 05.11.2012	国際調査報告の発送日 20.11.2012
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 中野 浩昌 電話番号 03-3581-1101 内線 3551

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	WO 2007/102318 A1 (コニカミノルタオプト株式会社) 2007. 09. 13 段落【0083】 & US 2007/0211606 A1 & US 2007/0211607 A1 & US 2007/0211608 A1 & US 2007/0211609 A1 & EP 1990801 A1 & EP 1993093 A1 & EP 1993094 A1 & EP 2001020 A2 & CN 101034568 A & CN 101034569 A & CN 101034570 A & CN 101034571 A & KR 10-2008-0098643 A & KR 10-2008-0098644 A & KR 10-2008-0104290 A & KR 10-2008-0110999 A	5-6
A	JP 2004-326868 A (コニカミノルタオプト株式会社) 2004. 11. 18 全文, 全図 & US 2004/0218503 A1	1-9
A	WO 2011/114895 A1 (コニカミノルタオプト株式会社) 2011. 09. 22 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9