(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2008-77728
(P2008-77728A)
(43)公開日　平成20年4月3日(2008.4.3)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
G11B 7/135	(2006.01)	G11B 7/135		A	2H087
G02B 13/00	(2006.01)	G02B 13/00			5D789
G02B 13/18	(2006.01)	G02B 13/18			

審査請求 未請求　請求項の数 10　ＯＬ　（全 30 頁）

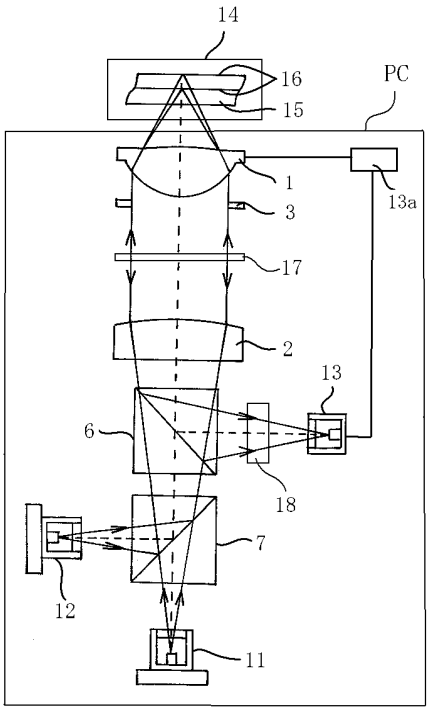
(21)出願番号　特願2006-254235 (P2006-254235)
(22)出願日　平成18年9月20日 (2006.9.20)

(71)出願人　000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子３丁目３０番２号
(74)代理人　100086818
弁理士　高梨　幸雄
(72)発明者　高山　英美
東京都大田区下丸子３丁目３０番２号　キヤノン株式会社内

Ｆターム(参考)　2H087 KA13 LA01 PA01 PB02 PB03 QA02 QA06 QA07 QA13 QA17 QA21 QA22 QA26 QA37 QA41 QA46 RA05 RA12 RA13 UA01
5D789 AA41 BA01 EC01 JA44 JA47 JB02 JB04

(54)【発明の名称】対物レンズ及びそれを用いた光ピックアップ装置

(57)【要約】
【課題】　高いＮＡ（開口数）であり、かつ環境安定性の優れた光学素子及びそれを用いた光ピックアップ装置を得ること。
【解決手段】　光情報記録媒体に光を集光するための対物レンズであって、
該対物レンズは第１の固体材料より成る基板と、該基板の材料とは異なる第２の固体材料より成り、該基板の一面に形成した光学部材とを有し、該光学部材の第２の固体材料のアッベ数をνｄ、該光学部材の第２の固体材料の部分分散比をθｇＦとするとき、
θｇＦ－（－１．６６５×１０$^{-7}$・νｄ^{3}＋５．２１３×１０$^{-5}$・νｄ^{2}
－５．６５６×１０$^{-3}$・νｄ＋０．７５５）＞０
かつ、
θｇＦ－（－１．６６５×１０$^{-7}$・νｄ^{3}＋５．２１３×１０$^{-5}$・νｄ^{2}
－５．６５６×１０$^{-3}$・νｄ＋１．０１１）＜０



【特許請求の範囲】
【請求項１】
光情報記録媒体に光を集光するための対物レンズであって、
該対物レンズは第１の固体材料より成る基板と、該基板の材料とは異なる第２の固体材料より成り、該基板の一面に形成した光学部材とを有し、該光学部材の第２の固体材料のアッベ数をνｄ、該光学部材の第２の固体材料の部分分散比をθｇＦとするとき、
θｇＦ－（－１．６６５×１０$^{-7}$・νｄ^{3}＋５．２１３×１０$^{-5}$・νｄ^{2}
－５．６５６×１０$^{-3}$・νｄ＋０．７５５）＞０
かつ、
θｇＦ－（－１．６６５×１０$^{-7}$・νｄ^{3}＋５．２１３×１０$^{-5}$・νｄ^{2}
－５．６５６×１０$^{-3}$・νｄ＋１．０１１）＜０
なる条件を満足することを特徴とする対物レンズ。
【請求項２】
光情報記録媒体に光を集光するための対物レンズであって、
該対物レンズは第１の固体材料より成る基板と、該基板の材料とは異なる第２の固体材料より成り、該基板の一面に形成した光学部材とを有し、該光学部材の第２の固体材料のアッベ数をνｄ、該光学部材の第２の固体材料の部分分散比をθｇｄとするとき、
θｇｄ－（－１．６８７×１０$^{-7}$・νｄ^{3}＋５．７０２×１０$^{-5}$・νｄ^{2}
－６．６０３×１０$^{-3}$・νｄ＋１．５００）＞０
かつ、
θｇｄ－（－１．６８７×１０$^{-7}$・νｄ^{3}＋５．７０２×１０$^{-5}$・νｄ^{2}
－６．６０３×１０$^{-3}$・νｄ＋１．８０９）＜０
なる条件を満足することを特徴とする対物レンズ。
【請求項３】
前記光学部材の第２の固体材料のアッベ数をνｄ、前記光学部材の第２の固体材料の部分分散比をθｇｄとするとき、
θｇｄ－（－１．６８７×１０$^{-7}$・νｄ^{3}＋５．７０２×１０$^{-5}$・νｄ^{2}
－６．６０３×１０$^{-3}$・νｄ＋１．５００）＞０
かつ、
θｇｄ－（－１．６８７×１０$^{-7}$・νｄ^{3}＋５．７０２×１０$^{-5}$・νｄ^{2}
－６．６０３×１０$^{-3}$・νｄ＋１．８０９）＜０
なる条件を満足することを特徴とする請求項１に記載の対物レンズ。
【請求項４】
前記光学部材の第２の固体材料のアッベ数νｄは、
νｄ＜６０
なる条件を満足することを特徴とする請求項１から３のいずれか１項に記載の対物レンズ。
【請求項５】
前記光学部材の第２の固体材料は、樹脂であることを特徴とする請求項１から４のいずれか１項に記載の対物レンズ。
【請求項６】
前記光学部材の第２の固体材料は、無機微粒子を透明媒体に分散させた混合体からなることを特徴とする請求項１から４のいずれか１項に記載の対物レンズ。
【請求項７】
前記光学部材の第２の固体材料は、成形型を用いて光重合成形または熱重合成形されることを特徴とする請求項１から６のいずれか１項に記載の対物レンズ。
【請求項８】
前記基板の両面は屈折面より成り、そのうち少なくとも一方の屈折面は非球面形状であることを特徴とする請求項１から７のいずれか１項に記載の対物レンズ。
【請求項９】

前記基板は、少なくとも一方の面に回折格子を有していることを特徴とする請求項１又は２に記載の対物レンズ。
【請求項１０】
請求項１から９のいずれか１項に記載の対物レンズと、互いに異なった波長のレーザ光を放射する複数のレーザ光源と、を有していることを特徴とする光ピックアップ装置。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は対物レンズ及びそれを用いた光ピックアップ装置に関し、光情報記録媒体（光ディスク）に対する記録及び再生が可能な光ヘッドに使用される高いＮＡ(高ＮＡ（開口数)）の対物レンズに関するものである。
【０００２】
特にレーザ光源のモードホップが発生しても性能劣化の少ない色消し用の対物レンズや、保護層の厚さが異なる複数種類の光ディスクに対する記録及び再生に異なる波長レーザを使用する色収差補正がなされた対物レンズに関するものである。
【背景技術】
【０００３】
従来、光ピックアップ装置ではＣＤ（コンパクトディスク）に対応し、レーザ光源から発した赤外レーザ光を光ディスク上に集光することで記録及び再生を行っている。このような装置としてＣＤ－ＲＯＭ、ＣＤ－ＲＷが製品化されてきた。また最近はＤＶＤとＣＤの両方に対応し、ＤＶＤ用には赤色レーザ光（波長650nm）、ＣＤ用には赤外レーザ光（波長780nm）を使用した光ピックアップ装置が製品化されている。また最近はさらに青色レーザ光(波長405nm)を使用することで記録密度を高めたＢｌｕ－ｒａｙ　Ｄｉｓｋ規格やＨＤ－ＤＶＤ規格に対応した光ピックアップ装置も実用化されている。
【０００４】
現在、これらの３種類の光ディスク（メディア）に１つの対物レンズで対応した光ピックアップ装置はまだ市販されていない。この理由としては３種類の光ディスクは異なる規格に基づいて作成されており、光ディスクの保護層(透明基板)の厚みもＣＤが1.2mm、ＤＶＤが0.6mm、Ｂｌｕ－ｒａｙ　Ｄｉｓｋが0.1mm、ＨＤ－ＤＶＤが0.6mmとなっているからである。さらに異なる波長のレーザ光にそれぞれ異なる開口数（ＮＡ）にて対応する必要があることなど、開発上の課題が多いからである。
【０００５】
この異なる保護層の厚みに対応するために、対物レンズを光軸方向に移動させれば、近軸的な集光位置を移動させることはできる。しかしながら保護層の厚さが変化すると球面収差が変化するため、単に対物レンズを移動させるのみではレーザ光の波面が乱れ、スポットを必要な径に収束させることができず、情報の記録及び再生ができなくなる。
【０００６】
またＤＶＤの使用時に球面収差が補正されるよう設計された対物レンズをＣＤの再生に利用すると、該対物レンズを光軸方向に移動させることにより近軸的な集光位置を記録面に一致させることができる。しかしながら球面収差がオーバーになり、情報の高い精度の再生ができなくなる。
【０００７】
そこで保護層の厚さに応じて各光ディスクに適したレーザ光を対物レンズに入射させる光学系が種々提案されている（特許文献１，２参照）。
【０００８】
特許文献１は、対物レンズの手前（光入射側）にホログラムレンズを設けて単一の半導体レーザから発したレーザ光を０次光と１次光とに分離している。そして平行光である０次光を保護層の薄い光ディスク用のスポット、発散光である１次光を保護層の厚い光ディスク用のスポットとして形成する技術を開示している。

【０００９】
上記特許文献１の光学系によれば、ホログラムレンズを保護層の厚さに応じて最も適したレーザ光が得られるよう設計することにより、球面収差の発生を抑え、それぞれの光ディスクに関して回折限界性能を有するスポットを得ることができる。
【００１０】
特許文献２は、その実施例に示されているようにＣＤにおいては波長780nmの赤外レーザ光、ＤＶＤにおいては波長650nmの赤色レーザ光、ＨＤ－ＤＶＤにおいては波長400nmの青色レーザ光を用いている。つまり特許文献２においては波長の違いに着目して対物レンズのレンズ面に回折格子を設けることで３つの光ディスクに対応した光ピックアップ用の対物レンズを開示している。
【００１１】
この特許文献２の実施例においては、赤色と青色のレーザ光のＮＡが明るいためにスポット径が小さく深度(焦点深度)が狭い。このためレーザ光源のモードホップにおける波長変動によるピント変化に対応することが難しい。赤色と赤外のレーザ光においてはレーザモードホップが0.2～0.3nm/℃、青色のレーザ光においてはレーザモードホップが0.04～0.07nm/℃程度発生する。赤色のレーザ光の深度が2μm程度であることから考えるとモードホップに対する対応を行うことは必須である。
【００１２】
またさらにＢｌｕ－ｒａｙ　Ｄｉｓｋ規格に対応した対物レンズにおいては青色のレーザ光におけるＮＡは0.85となり、焦点深度は非常に狭く0.7μm程度であり、さらに問題は深刻である。
【００１３】
また従来の２つの波長に対応可能な光ピックアップ装置の対物レンズはプラスチックレンズにて構成されており、温度に対する屈折率変化を回折格子（回折レンズ）の負の分散を利用することで補正する構成となっている。
【００１４】
しかしながらプラスチックレンズは温度に対する屈折率変化であるdn/dtが-100×10^{-6}/℃と大きい。そのために全てを補正すると回折レンズのパワーが大きくなり、緩やかな温度変動に対しては屈折率の変化と回折レンズの色収差で良好に補正することができる。しかしながら温度変化に対するレーザモードホップによる階段上に変化する波長の変化に対して大きなピントずれとなってしまう。
【００１５】
従って実用上は回折レンズのパワーを弱くして、該回折レンズのパワーをその径方向に変化させることで球面収差が波長変動時に発生するようにしている。これにより軸上のピント移動とマージナル光線のピント移動とを反対方向に移動するように構成することでバランスをとっている。
【特許文献１】特開平７－９８４３１号公報
【特許文献２】特開２００１-１９５７６９号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【００１６】
回折光学を使用した回折光学素子は高ＮＡになるに従ってレンズのサグ量が大きくなる。さらに回折格子の加工は非常に難しくなるため回折格子のベース面のサグ量を減らす工夫が必要であり、できれば回折格子を使用しない方が技術的にも製造的にも有利である。
【００１７】
特にＢｌｕ－ｒａｙ　ＤｉｓｋにおいてはＮＡが０．８５以上と非常に明るくスポット径が非常に小さいために、僅かな波面収差の変化でもスポット径に大きな乱れを発生させてしまう。そのため上記に示した従来の方法では対応することが極めて難しい状況であった。
【００１８】

また上記に示した従来の方法によると回折格子を用いても複数波長により異なる種類の光ディスクの記録及び再生を行う場合、全ての波長に対してピントを出した上で収差補正を行うことは実際は非常に困難であった。

【００１９】

本発明はレーザ光源のモードホップが発生しても良好なる結像性能の維持が可能な色収差が良好に補正された対物レンズ及びそれを用いた光ピックアップ装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【００２０】

請求項１の発明の対物レンズは、

光情報記録媒体に光を集光するための対物レンズであって、

該対物レンズは第１の固体材料より成る基板と、該基板の材料とは異なる第２の固体材料より成り、該基板の一面に形成した光学部材とを有し、該光学部材の第２の固体材料のアッベ数をνｄ、該光学部材の第２の固体材料の部分分散比をθｇＦとするとき、

$$\theta gF-(-1.665\times10^{-7}\cdot\nu d^{3}+5.213\times10^{-5}\cdot\nu d^{2}-5.656\times10^{-3}\cdot\nu d+0.755)>0$$

かつ、

$$\theta gF-(-1.665\times10^{-7}\cdot\nu d^{3}+5.213\times10^{-5}\cdot\nu d^{2}-5.656\times10^{-3}\cdot\nu d+1.011)<0$$

なる条件を満足することを特徴としている。

【００２１】

請求項２の発明の対物レンズは、

光情報記録媒体に光を集光するための対物レンズであって、

該対物レンズは第１の固体材料より成る基板と、該基板の材料とは異なる第２の固体材料より成り、該基板の一面に形成した光学部材とを有し、該光学部材の第２の固体材料のアッベ数をνｄ、該光学部材の第２の固体材料の部分分散比をθｇｄとするとき、

$$\theta gd-(-1.687\times10^{-7}\cdot\nu d^{3}+5.702\times10^{-5}\cdot\nu d^{2}-6.603\times10^{-3}\cdot\nu d+1.500)>0$$

かつ、

$$\theta gd-(-1.687\times10^{-7}\cdot\nu d^{3}+5.702\times10^{-5}\cdot\nu d^{2}-6.603\times10^{-3}\cdot\nu d+1.809)<0$$

なる条件を満足することを特徴としている。

【００２２】

請求項３の発明は請求項１の発明において、

前記光学部材の第２の固体材料のアッベ数をνｄ、前記光学部材の第２の固体材料の部分分散比をθｇｄとするとき、

$$\theta gd-(-1.687\times10^{-7}\cdot\nu d^{3}+5.702\times10^{-5}\cdot\nu d^{2}-6.603\times10^{-3}\cdot\nu d+1.500)>0$$

かつ、

$$\theta gd-(-1.687\times10^{-7}\cdot\nu d^{3}+5.702\times10^{-5}\cdot\nu d^{2}-6.603\times10^{-3}\cdot\nu d+1.809)<0$$

なる条件を満足することを特徴としている。

【００２３】

請求項４の発明は請求項１から３のいずれか１項の発明において、

前記光学部材の第２の固体材料のアッベ数νｄは、

$$\nu d<60$$

なる条件を満足することを特徴としている。

【００２４】

請求項５の発明は請求項１から４のいずれか１項の発明において、

前記光学部材の第２の固体材料は、樹脂であることを特徴としている。

【００２５】
請求項６の発明は請求項１から４のいずれか１項の発明において、
前記光学部材の第２の固体材料は、無機微粒子を透明媒体に分散させた混合体からなることを特徴としている。
【００２６】
請求項７の発明は請求項１から６のいずれか１項の発明において、
前記光学部材の第２の固体材料は、成形型を用いて光重合成形または熱重合成形されることを特徴としている。
【００２７】
請求項８の発明は請求項１から７のいずれか１項の発明において、
前記基板の両面は屈折面より成り、そのうち少なくとも一方の屈折面は非球面形状であることを特徴としている。
【００２８】
請求項９の発明は請求項１又は２の発明において、
前記基板は、少なくとも一方の面に回折格子を有していることを特徴としている。
【００２９】
請求項１０の発明の光ピックアップ装置は、
請求項１から９のいずれか１項に記載の対物レンズと、互いに異なった波長のレーザ光を放射する複数のレーザ光源と、を有していることを特徴としている。
【発明の効果】
【００３０】
本発明によればレーザ光源のモードホップが発生しても良好なる結像性能の維持が可能な色収差が良好に補正された対物レンズ及びそれを用いた光ピックアップ装置を達成することができる。
【００３１】
また本発明における光学素子は少なくとも２種類の異なる厚みを有した光ディスクに対応し、該光ディスクについてそれぞれ異なる色のレーザ光により光スポットを結像させ、各波長に対して良好に色収差を補正することができる。
【発明を実施するための最良の形態】
【００３２】
以下、図面を用いて本発明の実施例を説明する。
【実施例１】
【００３３】
図１は本発明の対物レンズ（光学素子）を用いた光ピックアップ装置の実施例１の要部概略図である。図２は図1の対物レンズの要部断面図である。
【００３４】
図中、ＰＣは光ピックアップ装置である。１４は光ディスクの一部分である。１１は第１の光ディスクに記録した情報を再生するための半導体レーザ（光源手段、第1の光源）であり、波長405nmのレーザ光（青色レーザ光）を射出する。１２は第２、第３の光ディスクに記録した情報を再生するためのハイブリッド半導体レーザ（光源手段、第２、第3の光源）であり、波長650nm（赤色光）と波長780nm（赤外）のレーザ光を射出する。
【００３５】
７は光合成手段（ビームスプリッター）であり、波長405nmの光束を透過させ、波長650nmと波長780nmのレーザ光を反射させる特性を有している。６は偏光ビームスプリッタであり、Ｐ偏光を透過させ、Ｓ偏光を反射させる特性を有している。２はコリメータレンズであり、光源手段１１，１２から発せられた発散光束を平行光束に変換する。１７は１／４波長板である。３は絞りである。
【００３６】
１は対物レンズであり、コリメータレンズ２からの平行光束を光情報記録面（光ディスク面）１６に集光する。対物レンズ１は、少なくとも２種類の異なる厚みの保護層（透明

基板）に対応した３種類の光ディスク（光情報記録媒体)に対応するように構成されている。

【００３７】

３種類の光ディスクの情報を読み取るときは、それぞれ波長の異なる青色、赤色、赤外の３つの色光のレーザ光のうちから１つのレーザ光を選択して用いている。

【００３８】

対物レンズ１は３つの色光のレーザ光をいずれも光ディスク１４の情報記録面１６に結像させている。

【００３９】

１５は光ディスク１４を構成する透明基板である。１８はシリンドリカルレンズであり、偏光ビームスプリッタ６で反射した光に非点収差を与えて出射している。１３は光検出器である。１３ａは２次元アクチュエータであり、光検出器１３からの光信号（合焦信号）を用いて対物レンズ１の位置を変えている。

【００４０】

次に図１の構成において第１、第２、第３の光ディスクの情報を再生する場合について説明する。

【００４１】

まず第１の光ディスクの情報を再生する場合について説明する。この場合は、半導体レーザ１１を用いる。半導体レーザ１１から波長405nmのレーザ光（光束）が出射し、光合成手段であるビームスプリッタ７を透過する。

【００４２】

そしてビームスプリッタ７を透過したレーザ光(Ｐ偏光)は、偏光ビームスプリッタ６、コリメータレンズ２、そして１／４波長板１７を透過して円偏光の平行光束となる。

【００４３】

この平行光束は絞り３によって絞られ、対物レンズ１により第１の光ディスク１４の透明基板（保護層）１５を介して情報記録面１６に集光される。

【００４４】

そして情報記録面１６で情報ビットにより変調されて反射した光束は、再び対物レンズ１、絞り３、１／４波長板１７、コリメータレンズ２を透過する。コリメータレンズ２を透過したレーザ光(Ｓ偏光)は、偏光ビームスプリッタ６に入射し、ここで反射した光束はシリンドリカルレンズ１８により非点収差が与えられ、光検出器１３上へ入射する。そして光検出器１３からの出力信号を用いて、第１の光ディスク１４に記録された情報の読み取り信号が得られる。

【００４５】

また光検出器１３上でのスポットの形状変化、位置変化による光量変化を検出して、合焦検出やトラック検出を行う。この検出結果に基づいて２次元アクチュエータ１３ａが半導体レーザ１１から発せられたレーザ光を第１の光ディスク１４の情報記録面１６上に結像するように対物レンズ１を移動させる。それと共に半導体レーザ１１からのレーザ光を規定のトラックに結像するように対物レンズ１を移動させる。

【００４６】

第２の光ディスクの情報を再生する場合について説明する。このときはハイブリッド半導体レーザ１２の第２の光源から波長650nmのレーザ光が出射し、ビームスプリッタ７で反射される。第１の半導体１１からのレーザ光と同様、偏光ビームスプリッタ６、コリメータレンズ２、１／４波長板１７、絞り３、対物レンズ１を介して第２の光ディスク１４の透明基板１５を介して情報記録面１６に集光される。

【００４７】

そして情報記録面１６で情報ビットにより変調されて反射したレーザ光は、再び対物レンズ１、絞り３、１／４波長板１８、コリメータレンズ２を透過して、偏光ビームスプリッタ６に入射する。偏光ビームスプリッタ６で反射したレーザ光は、シリンドリカルレンズＣＬにより非点収差が与えられ、光検出器１３上へ入射し、その出力信号を用いて、第

２の光ディスク１４に記録された情報の読み取り信号が得られる。

【００４８】

また第１の光ディスクの場合と同様、光検出器１３上でのスポットの形状変化、位置変化による光量変化を検出して、合焦検出やトラック検出を行い、２次元アクチュエータ１３ａにより、合焦、トラッキングのために対物レンズ１を移動させる。

【００４９】

次に第３の光ディスクの情報を再生する場合について説明する。このときは第２の光ディスクを再生する場合と同様にハイブリッド半導体レーザ１２の第３の光源から波長780nmのレーザ光を出射する。そして第２の光ディスクを再生する場合と同様の光路により、光検出器１３によりビーム検知及び合焦検出やトラック検出を行い、２次元アクチュエータ１３ａにより、合焦、トラッキングのために対物レンズ１を移動させる。

【００５０】

上記の透明基板１５の厚みは前述した如く第１、第２、第３の光ディスク１４によりそれぞれ規格化されている。

【００５１】

次に本実施例における対物レンズ1の特徴について説明する。

【００５２】

対物レンズはガラスまたは樹脂材料等の第１の固体材料よりなる基板２１と、その一方の面に基板２１とは異なる第２の固体材料より成る光学部材２２を形成している。光学部材２２の光学作用面に部分分散比の大きい（高い）屈折作用を持たせている。つまりパワーを有する屈折光学素子（光学部材）２２を、部分分散比が大きい固体材料で形成している。

【００５３】

尚、ここで屈折光学素子とは屈折作用でパワーが生じる、屈折レンズを意味し、回折作用でパワーが生じる回折光学素子を含んでいない。

【００５４】

また、固体材料とは、光学系を使用する状態で固体の材料を指し、製造時の光学系を使用する前での状態は、どのような状態であっても良い。また製造時には液体材料であっても、それを硬化させて固体材料としたものも、ここでいう固体材料に該当する。

【００５５】

後述する各実施例に用いられる屈折光学素子（光学部材）２２は、光入射側（前方、拡大側）と光射出側（後方、縮小側）が共に屈折面であり、このうち少なくとも一方の屈折面は屈折力を有している。

【００５６】

本実施例において光学部材２２のアッベ数をνｄ、部分分散比をθｇＦとする。このとき光学部材２２は、以下の条件式（１ａ），（１ｂ）を満足するように常温常圧で成形されている。

【００５７】

$$\theta gF-(-1.665\times10^{-7}\cdot\nu d^{3}+5.213\times10^{-5}\cdot\nu d^{2}-5.656\times10^{-3}\cdot\nu d+0.755)>0 \quad \cdots\cdots(1a)$$

かつ、

$$\theta gF-(-1.665\times10^{-7}\cdot\nu d^{3}+5.213\times10^{-5}\cdot\nu d^{2}-5.656\times10^{-3}\cdot\nu d+1.011)<0 \quad \cdots\cdots(1b)$$

条件式（１ａ），（１ｂ）を満足する固体材料より成る屈折光学素子を光学系中に用いることによって、ｇ線からＣ線の広い波長帯域にわたって色収差の補正を良好に行っている。

【００５８】

また光学部材２２の材料は、部分分散比をθｇｄとするとき、以下の条件式（２ａ），（２ｂ）を満足している。

【００５９】

$$\theta gd-(-1.687\times10^{-7}\cdot\nu d^{3}+5.702\times10^{-5}\cdot\nu d^{2}-6.603\times10^{-3}\cdot\nu d+1.500)>0 \quad \cdots\cdots(2a)$$

$$\theta gd-(-1.687\times10^{-7}\cdot\nu d^{3}+5.702\times10^{-5}\cdot\nu d^{2}-6.603\times10^{-3}\cdot\nu d+1.809)<0 \quad \cdots\cdots(2b)$$

条件式（２ａ），（２ｂ）を満足する固体材料より成る屈折光学素子を光学系中に用いることによって、ｇ線からＣ線の広い波長帯域にわたって色収差の補正を良好に行っている。

【００６０】

本実施例では条件式（１ａ），（１ｂ）または条件式（２ａ），（２ｂ）を満足することによって、ｇ線とｄ線間の色収差補正を行うことが容易になる。これにより、ｇ線からＣ線の広い波長帯域でより緻密な色収差の補正が容易となる。

【００６１】

尚、条件式（１ａ），（１ｂ）に加えて条件式（２ａ），（２ｂ）を同時に満足させれば、さらにｇ線からＣ線の広い波長帯域でより緻密な色収差の補正が容易となる。

【００６２】

ここでアッベ数νｄ、部分分散比θｇＦ，θｇｄはｇ線（波長４３５．８ｎｍ），Ｆ線（４８６．１ｎｍ），ｄ線（５８７．６ｎｍ），Ｃ線（６５６．３ｎｍ）に対する材料の屈折率をそれぞれＮｇ，Ｎｄ，ＮＦ，ＮＣとするとき、

$$\nu d=(Nd-1)/(NF-NC)$$

$$\theta gd=(Ng-Nd)/(NF-NC)$$

$$\theta gF=(Ng-NF)/(NF-NC)$$

である。

【００６３】

図２８は本発明の条件式（１ａ）、（１ｂ）の範囲を説明するための説明図、図２９は本発明の条件式（２ａ）、（２ｂ）の範囲を説明するための説明図である。図２８において横軸はνｄ、縦軸はθｇＦ、図２９において横軸はνｄ、縦軸はθｇｄである。

【００６４】

本実施例では色収差の補正の観点から、光学部材２２の材料のアッベ数νｄが

$$\nu d<60 \quad \cdots\cdots(3)$$

なる条件を満足する固体材料とすることが好ましい。

【００６５】

条件式（１ａ），（１ｂ）または条件式（２ａ），（２ｂ）を満足する固体材料（以下、「光学材料」とも称す。）の具体例としては、樹脂が挙げられる。

【００６６】

様々な樹脂の中でもＵＶ硬化樹脂（Ｎｄ＝１．６３５，νｄ＝２２．７，θｇＦ＝０．６９）やＮ－ポリビニルカルバゾール（Ｎｄ＝１．６９６，νｄ＝１７．７，θｇＦ＝０．６９）は条件式（１ａ），（１ｂ）を満足する光学材料である。尚、条件式（１ａ）、（１ｂ）を満足する樹脂であれば、これらに限定するものではない。

【００６７】

また、一般の硝材とは異なる特性を持つ光学材料として、下記の無機酸化物ナノ微粒子を合成樹脂中に分散させた混合体がある。

【００６８】

混合体としては、

TiO_2（Ｎｄ＝２．３０４，νｄ＝１３．８），Nb_2O_5（Ｎｄ＝２．３６７，νｄ＝１４．０），ＩＴＯ（Ｎｄ＝１．８５８１，νｄ＝５．５３）がある。さらにCr_2O_3（Ｎｄ＝２．２１７８，νｄ＝１３．４），$BaTiO_3$（Ｎｄ＝２．４３６２，νｄ＝１１．３）がある。

【００６９】

これらの無機酸化物の中では、TiO_2（Ｎｄ＝２．３０４，νｄ＝１３．８，θｇＦ＝０．８７）微粒子を合成樹脂中に適切なる体積比で分散させた場合、上記条件式（１ａ

），（１ｂ）または条件式（２ａ），（２ｂ）を満足する光学材料が得られる。

【００７０】

TiO_2は様々な用途で使われる材料であり、光学分野では反射防止膜の光学薄膜を構成する蒸着用材料として用いられている。他にも光触媒、白色顔料として、またTiO_2微粒子は化粧品材料として用いられている。

【００７１】

後述する各実施例において樹脂に分散させるTiO_2微粒子の平均径は、散乱の影響を考えると２ｎｍから５０ｎｍ程度がよく、凝集を抑えるために分散剤を添加しても良い。TiO_2を分散させる媒体材料としては、ポリマーが良く、成形型を用いて光重合成形または熱重合成形することにより高い量産性を得ることができる。

【００７２】

また、ポリマーの光学定数の特性としても、部分分散比が大きいポリマー、あるいはアッベ数が小さいポリマーか、両者を満たすポリマーが良く、Ｎ－ポリビニルカルバゾール、スチレン、ポリメタクリル酸メチル（アクリル）が適用できる。後述する各実施例ではTiO_2微粒子を分散させるホストポリマーとしてＵＶ硬化樹脂を用いている。しかし、これに限定するものではない。

【００７３】

本実施例の固体材料は、無機微粒子（例えば、ナノ微粒子）を透明媒体に分散させた混合体であることが好ましい。

【００７４】

ナノ微粒子を分散させた混合体の分散特性Ｎ（λ）は、良く知られたＤｒｕｄｅの式から導きだされた次式によって簡単に計算することができる。つまり、波長λにおける屈折率Ｎ（λ）は、

$$N(\lambda)=[1+V\{N_{TiO}^{2}(\lambda)-1\}+(1-V)\{N_{P}^{2}(\lambda)-1\}]^{1/2}$$

である。

【００７５】

ここで、λは任意の波長、N_{TiO}はTiO_2の屈折率、N_Pはポリマーの屈折率、Ｖはポリマー体積に対するTiO_2微粒子の総体積の分率である。

【００７６】

後述する各実施例では、条件式（１ａ），（１ｂ）または条件式（２ａ），（２ｂ）を満足する光学材料を光学系中のレンズやレンズ表面に設けられた屈折力のある層（面）に適用している。

【００７７】

そして、この光学材料で構成された屈折面を非球面とすれば、色の球面収差の色収差フレアを良好に補正することができる。また、この光学部材と空気の雰囲気とで界面を形成したり、屈折率の低い光学材料とで界面を形成したりすれば、界面の僅かな曲率変化で色収差を大きく変化させることができるため好ましい。

【００７８】

次に部分分散比が大きい光学材料でパワーのある光学部材を光学系中に用いたときの光学系の収差補正に及ぼす作用について説明する。

【００７９】

光学材料の屈折率の波長依存特性（分散特性）において、アッベ数は分散特性曲線の全体の傾きを表し、部分分散比は分散特性曲線の曲がり具合を表している。

【００８０】

一般的に光学材料は、短波長側の屈折率が長波長側の屈折率よりも高く（アッベ数が正の値）、分散特性曲線は下に凸状（部分分散比が正の値）の軌跡を描き、短波長側になるほど波長の変化に対する屈折率の変化は大きくなる。そして、アッベ数の小さい分散の大きな光学材料ほど部分分散比が大きくなり、分散特性曲線は下に凸状が強まる傾向にある。

【００８１】
部分分散比が大きな光学材料では、その光学材料を用いたレンズ面の色収差係数の波長依存特性曲線は、部分分散比が小さな光学材料を用いた場合に比べて短波長側でより大きな曲がりを示す。
【００８２】
一方、部分分散比が小さな光学材料では、その光学材料を用いたレンズ面の色収差係数の波長依存特性曲線は波長域全体でより直線に近い形状を示す。
【００８３】
硝材など一般的な光学材料の部分分散比は、アッベ数に対してほとんど直線的な変化をする。この直線的な変化から外れた特性を持つ光学材料が、異常部分分散性を示す光学材料である。異常部分分散を持つ光学材料として、一般的には分散の小さな蛍石がある。しかし、分散が小さく異常部分分散を持つ光学材料もアッベ数に対する変化はほとんど一様である。
【００８４】
異常部分分散を持つ光学材料をパワーのあるレンズとして用いた場合、レンズ面の色収差係数の波長依存特性曲線は一般の硝材を用いた場合と比べると、より線形性が高くなるか（部分分散比が小さい）又は、より曲がりが大きくなる（部分分散比が大きい）。
【００８５】
色収差係数の波長依存特性曲線の線形性が高いという点で、回折光学素子は部分分散比が極めて小さい。回折光学素子を用いた光学系では、全波長域に渡って色収差を良好に補正できる。しかし回折と屈折では光への影響が異なる。一般の光学材料は、上述の様にアッベ数は常に正の値をとり、また分散特性曲線は多かれ少なかれ下に凸状となる。
【００８６】
これに対して回折光学素子では逆に長波長側の屈折率の方が短波長側の屈折率よりも高くなり、また屈折率の波長に対する変化も一様となる。したがって回折光学素子のアッベ数は－３．４５と負の値をとり、またその分散特性は直線となる。
【００８７】
このような一般の屈折材料とは異なる特性を活かした、回折光学素子を用いた光学系では、回折光学素子以外の部分で発生した大きな色収差を回折光学素子部分でキャンセルすることにより、全波長域に渡って色収差を良好に補正することができる。
【００８８】
このように、部分分散比が極めて小さな光学材料を用いて光学系全体で全波長域に渡って色収差を良好に補正できる。
【００８９】
各実施例では異常部分分散材料のうち一般の硝材と比べて部分分散比が高い光学材料を用いて光学系全体で全波長域に渡って色収差を良好に補正している。
【００９０】
一般の硝材と比べて部分分散比の小さな光学材料と部分分散比の高い光学材料とをレンズに用いた場合の違いは、そのレンズ面における色収差係数の波長依存特性曲線の短波長側の曲がりが少なくなるか大きくなるかということである。
【００９１】
また、この短波長側の曲がりは光学材料の分散特性の曲がりによるものである。ここで今、単純化のためにｄ線の屈折率とアッベ数が等しい光学材料について説明する。部分分散比が大きい材料、普通の部分分散比が普通の材料（一般の光学材料）、そして部分分散比が小さな材料を同じパワーでレンズとして使った時の、この短波長側と長波長側の色収差係数の差をそれぞれ$\Delta N_{高}$、$\Delta N_{中}$、$\Delta N_{低}$とする。このときのこれらの関係は以下の式で表される。
【００９２】
$$\Delta N_{高} > \Delta N_{中} > \Delta N_{低} > 0 \qquad \cdots\cdots (a)$$
片方のレンズを異常部分分散の材料で構成した２枚のレンズの組み合わせから成る光学

系について説明する。

【００９３】

まず部分分散比が普通の材料と部分分散比が小さな材料で構成される同じパワーのレンズが２枚並んでいるとすると、この光学系の短波長側と長波長側の色収差係数の差は、$\Delta N_{中}+\Delta N_{低}$となる。これは部分分散比の普通の材料を２枚用いた時と比べると、$\Delta N_{中}-\Delta N_{低}$だけ減っていることになる。つまり部分分散比が普通の材料を２枚用いたときに比べて色収差を減らすことができる。

【００９４】

次に部分分散比が普通の材料と、部分分散比が大きな材料の組み合わせについて説明する。

【００９５】

この光学系の短波長側と長波長側の色収差係数の差は、$\Delta N_{中}+\Delta N_{高}$となる。これは部分分散比が普通の材料を２枚用いた時と比べると、$\Delta N_{高}-\Delta N_{中}$だけ増えている。

【００９６】

したがって、曲がりの少ない部分分散比が小さい材料を用いた場合に、短波長側の色収差を減らすことができるとすれば、曲がりの大きい部分分散比が大きな材料を用いた場合は、逆に短波長側の色収差を増やしてしまう。

【００９７】

しかし、これは部分分散比が大きな材料と部分分散比が小さな材料を同じパワーで用いた場合である。この状態で部分分散比が大きな材料を用いたレンズのパワーを正，負逆にする、つまり２枚並んでいるレンズのうち片方のレンズのパワーを正，負逆にして、そこに部分分散比が大きな材料を用いる。すると部分分散比の大きな材料を用いた場合は、部分分散比が普通の材料を２枚用いたときと比べると逆に$\Delta N_{高}-\Delta N_{中}$だけ短波長側の収差を減らすことができる。

【００９８】

部分分散比が普通の材料を組み合わせても、色収差係数の波長依存特性曲線の曲がり成分と傾き成分を同時に波長域全体で色収差を良好に補正することは困難である。

【００９９】

そこで部分分散比が普通の硝材に比べて短波長側の曲がり成分を減らすことのできる部分分散比が小さな材料を適切に用いて色収差を補正することができる。しかし短波長側の色収差を減らすという観点では、部分分散比が大きな材料を部分分散比が小さな材料とは逆のパワーで用いてやれば同様なことが可能である。なお、パワーの正負が異なるということは、部分分散比が大きな材料と部分分散比が小さな材料では短波長側以外でも逆の作用をする。したがって、それとバランスを取るための光学系の他の硝材の動かし方も逆になる。

【０１００】

また屈折光学系においてはアッベ数の絶対値が小さい、すなわち分散が大きければ、色収差を独立に補正することが可能となるので好ましい。このことをレンズ面の軸上色収差係数及び倍率色収差係数を用いて説明する。

【０１０１】

屈折レンズの面のパワー変化を$\Delta\psi$とするとレンズ面での軸上色収差係数の変化ΔLと倍率色収差係数の変化$\triangle T$は、次のように表せる。

【０１０２】

$$\Delta L \propto \Delta\psi / \nu \qquad \cdots\cdots (b)$$

$$\Delta T \propto \Delta\psi / \nu \qquad \cdots\cdots (c)$$

式（ｂ）及び式（ｃ）から明らかなとおり、レンズ面のパワー変化に対する各収差係数の変化ΔL，ΔTは、アッベ数νの絶対値が小さい（つまり分散が大きい）ほど大きくなる。したがって、アッベ数νの絶対値が小さい分散の大きな材料を用いれば、必要な色収差を得るためのパワー変化量は小さくて済むことになる。

【０１０３】

このことは収差論上、球面収差、コマ収差や非点収差に大きな影響を及ぼすことなく色収差をコントロールでき、色収差補正の独立性が高まることを意味する。

【０１０４】

逆に、分散の小さな材料を用いると、必要な色収差を得るためのパワー変化量は大きくなり、それに伴って球面収差の諸収差が大きく変化し、色収差補正の独立性が弱まることになる。したがって、光学系を構成するレンズのうち、少なくとも１つのレンズ面は、高分散材料で形成された屈折レンズ面であることが収差補正上重要である。

【０１０５】

また屈折光学系部分は一般の光学材料と組み合わせて使用するため、屈折光学系部分に用いられる材料の部分分散比は一般の光学材料とは異なることが必要ではあるが、あまりかけ離れすぎては良くない。

【０１０６】

あまりに一般の光学材料とかけ離れた材料より成るレンズとして用いた場合、そのレンズ面の色収差係数の波長依存特性曲線の短波長側の曲がりが大きくなる。その大きな曲がりを打ち消すためには、他のレンズのパワーも強くしなければならず、結局、球面収差、コマ収差や非点収差に大きな影響を及ぼし、収差補正上困難となる。

【０１０７】

つまり、屈折光学系部分の材料としては、一般の光学材料に比べて部分分散比が大きな光学材料であり、かつ一般の光学材料と比べて部分分散比がかけ離れすぎないことも重要である。

【０１０８】

本発明の各実施例で特定する条件式（１ａ），（１ｂ）または条件式（２ａ），（２ｂ）は、上述した原理に基づいて色収差を良好に補正するためのアッベ数νｄと部分分散比θｇＦの関係を表したものである。つまり、屈折光学素子ＧＮＬの材料としては、一般の光学材料に比べて部分分散比が大きな光学材料であり、かつ一般の光学材料と比べて部分分散比がかけ離れすぎないことも重要である。

【０１０９】

本発明で特定する条件式（１ａ），（１ｂ）または条件式（２ａ），（２ｂ）は、上述した原理に基づいて色収差を良好に補正するためのアッベ数νｄと部分分散比θｇＦ、θｇｄの関係を表したものである。

【０１１０】

なお、条件式（１ａ）の数値範囲は、以下の範囲とすることで更に良好なる色収差の補正効果が期待できる。

【０１１１】

$$\theta gF-(-1.665\times10^{-7}\cdot\nu d^{3}+5.213\times10^{-5}\cdot\nu d^{2}-5.656\times10^{-3}\cdot\nu d+0.762)>0 \quad \cdots\cdots(1aa)$$

条件式（１ｂ）の数値範囲は、条件式（１ａ），（１ａａ）を満足した上で、以下の範囲とすると更に良好なる色収差の補正効果が期待できる。

【０１１２】

$$\theta gF-(-1.665\times10^{-7}\cdot\nu d^{3}+5.213\times10^{-5}\cdot\nu d^{2}-5.656\times10^{-3}\cdot\nu d+0.870)<0 \quad \cdots\cdots(1bb)$$

更に望ましくは、条件式（１ｂｂ）を以下に示す範囲とするのが良い。

【０１１３】

$$\theta gF-(-1.665\times10^{-7}\cdot\nu d^{3}+5.213\times10^{-5}\cdot\nu d^{2}-5.656\times10^{-3}\cdot\nu d+0.825)<0 \quad \cdots\cdots(1bbb)$$

条件式（２ａ）の数値範囲は、以下の範囲とすることで更に良好なる色収差の補正効果が期待できる。

【０１１４】

$$\theta gd-(-1.687\times10^{-7}\cdot\nu d^{3}+5.702\times10^{-5}\cdot\nu d^{2}-6.603\times10^{-3}\cdot\nu d+1.513)>0 \quad \cdots\cdots(2aa)$$

条件式（２ｂ）の数値範囲は、条件式（２ａ），（２ａａ）を満足した上で、以下の範囲とすると更に良好なる色収差の補正効果が期待できる。

【０１１５】

$$\theta gd-(-1.687\times10^{-7}\cdot\nu d^{3}+5.702\times10^{-5}\cdot\nu d^{2}-6.603\times10^{-3}\cdot\nu d+1.620)<0 \quad \cdots\cdots(2bb)$$

更に望ましくは、条件式（２ｂｂ）を以下に示す範囲とするのが良い。

【０１１６】

$$\theta gd-(-1.687\times10^{-7}\cdot\nu d^{3}+5.702\times10^{-5}\cdot\nu d^{2}-6.603\times10^{-3}\cdot\nu d+1.580)<0 \quad \cdots\cdots(2bbb)$$

条件式（３）の数値範囲は、以下の範囲とすることで更に良好なる色収差の補正効果が期待できる。

【０１１７】

$$\nu d<45 \quad \cdots\cdots(3a)$$

更に望ましくは、条件式（３ａ）を以下に示す範囲とするのが良い。

【０１１８】

$$\nu d<30 \quad \cdots\cdots(3b)$$

更に望ましくは、条件式（３ｂ）を以下に示す範囲とするのが良い。

【０１１９】

$$\nu d<25 \quad \cdots\cdots(3c)$$

条件式（１ａ），（１ｂ）または条件式（２ａ），（２ｂ）を満足する光学材料として、ＵＶ硬化樹脂１、Ｎ－ポリビニルカルバゾールを用いている。またTiO_2をホストポリマーであるＵＶ硬化樹脂、Ｎ－ポリビニルカルバゾールに分散させたTiO_2微粒子分散材料を用いている。

【０１２０】

なおTiO_2微粒子を分散させるＵＶ硬化樹脂は２種類（ＵＶ硬化樹脂１、ＵＶ硬化樹脂２）を用いている。

【０１２１】

図２に示す本発明に係わる対物レンズ1において２１は基板であり、固体材料Ａより成っている。２２は固体材料Ａとは異なる固体材料Ｂより成る光学部材である。固体材料Ｂは条件式（１ａ），（１ｂ）または条件式（２ａ），（２ｂ）を満足する。２３は非球面からなる第１面、２４は第１面と異なる非球面形状を有する第２面、２５はディスク側の光線出射面であり、非球面形状より成る第３面、２６は対物レンズ１の光軸である。

【０１２２】

基板２１の材料はガラスでもプラスチックでも良い。通常基板２１はモールド成形により作成される。このため、使用可能である材料が成形可能である材料であれば良い。

【０１２３】

光学部材２２の固体材料Ｂは上述した如くｕｖ硬化樹脂や熱可塑性樹脂、ナノ微粒子を分散させた材料より成り、条件式（１ａ），（１ｂ）または条件式（２ａ），（２ｂ）を満足する部分分散性を有している。この部分分散性により基板より成る単玉レンズ２１から発生する色収差を微妙なレベルまでチューニングすることが容易である。これは高ＮＡで狭焦点深度の光ピックアップ用の光学素子において効果が大きい。

【０１２４】

次に複数種類の波長（複数波長）のレーザ光を用いて光情報記録媒体（光ディスク）での記録及び再生を行う場合について説明する。

【０１２５】

複数波長のレーザ光による記録及び再生は上述した如く異なる複数の種類の光ディスクに対して記録及び再生を行う場合に必要である。複数波長のレーザ光による読み取りを行う為には対物レンズの色収差を複数波長のレーザ光に対して補正する必要がある。ｂｌｕ－ｒａｙ　Ｄｉｓｋの様な高ＮＡによる読み書きが必要な場合には色収差の補正効果が大きい回折光学素子（回折格子）を用いるのが良い。

【０１２６】
図３(A)、(B)は本実施例で用いる回折格子の形状を示した説明図である。図３(A)は回折格子を光軸方向から見たときの格子輪帯、図３(B)は断面形状を示している。
【０１２７】
図３(A)、(B)に示したように本実施例の回折格子は単層より成っている。本実施例においては更に光学部材２２（第２面２４）に前述した固体材料Ｂより成る光学部材を使用することで色収差の補正を行っている。これによりそれぞれのレーザ光の波長において良好に色収差を補正することが容易となり、安定的な記録及び再生が可能となる。
【０１２８】
図３(A)、(B)において３１は回折格子、３２は基板（レンズ）、３３は回折部である。尚、本実施例の回折格子３１は図３(B)に示ように単層の回折部より成るが、これに限らず、複層の積層した回折部より構成しても良い。
【０１２９】
また回折格子３１は分散特性が一般的なガラスの光学材料による特性と大幅に異なる特性を有している。具体的にはアッベ数νｄ及び部分分散比θgFは
【０１３０】
【数１】

$$\nu d = {\lambda_d}/{(\lambda_F - \lambda_C)} = -3.453$$

$$\theta_{gF} = {(\lambda_g - \lambda_F)}/{(\lambda_g - \lambda c)} = 0.2956$$

【０１３１】
となる。従って色収差の制御に非常に効果的である。
【０１３２】
尚、λ_dはd線の波長、λ_FはF線の波長、λ_CはC線の波長、λ_gはG線の波長である。
【０１３３】
本実施例においては、波長405nm、650nm、780nmという可視域を超えた広い波長域について色収差を制御するために回折格子を利用している。
【０１３４】
図３(A)に示したように回折格子３１は光軸に対して径方向に回折部３３のピッチを変化させることで、回折による屈折のパワーを変化させることができる。従って回折格子３１の格子部３３のピッチを径方向の位置によって変化させることによって非球面の効果を持たせることもできる。
【０１３５】
図４、図５、図６は各々本発明を実施しない場合、つまり光学部材を用いない場合の複数波長の記録再生用の光ピックアップ装置用の光学系の説明図である。
【０１３６】
図４、図５、図６において４１は対物レンズであり、第１面(光入射面)に回折格子４７を有しており、また第１面、第２面（光射出面）はともに非球面形状より成っている。４２，４３，４４は各々保護層（透明基板）である。
【０１３７】
図４,はＣＤ用の光ピックアップ装置の光学系の説明図であり、レーザ光源としては波

長７８０nmのレーザ光を使用し、厚み１．２ｍｍの保護層４２下の記録再生面に対して情報の記録再生を行っている。

【０１３８】

図５はＤＶＤ用の光ピックアップ装置の光学系の説明図であり、レーザ光源としては波長６８０ｎｍの波長のレーザ光を使用し、厚み０．６ｍｍの保護層４３下の記録再生面に対して情報の記録再生を行っている。

【０１３９】

図６はＢｌｕ－ｒａｙ　Ｄｉｓｋ用の光ピックアップ装置の光学系の説明図であり、光源としては波長４０５ｎｍのレーザ光を使用し、厚み０．１ｍｍの保護層４４の下の記録再生面に対して情報の記録再生を行っている。

【０１４０】

図７、図８、図９は各々図４、図５、図６に対応した対物レンズにおける球面収差図である。

【０１４１】

図７は図４に示すレーザ光の波長λ=780nm、ＮＡ＝0.45の場合、図８は図５に示すレーザ光の波長λ=650nm、ＮＡ＝0.65の場合を示している。また図９は図６に示すレーザ光の波長λ=405nm、ＮＡ＝0.85の場合を示している。

【０１４２】

図７、図８、図９から分かる通り、初期の設計性能としては問題のないレベルとなっており、Ｂｌｕ－ｒａｙ　Ｄｉｓｋ規格対応で、かつＣＤ、ＤＶＤに対応可能な対物レンズよりなっている。

【０１４３】

図１０、図１１、図１２は各々図４、図５、図６に対応した各波長に対する球面収差の変化を示したグラフである。

【０１４４】

図１０、図１１、図１２においては横軸に波長、縦軸に縦収差（軸上色収差）を示している。図１０、図１１、図１２において複数のラインがあるのは瞳上の光線比率において０．１間隔の光線について示しているためである。

【０１４５】

図１０は図４に示すレーザ光の波長λ=780nm、ＮＡ＝0.45の場合、図１１は図５に示すレーザ光の波長λ=650nm、ＮＡ＝0.65の場合を示している。また図１２は図６に示すレーザ光の波長λ=405nm、ＮＡ＝0.85の場合を示している。

【０１４６】

図１０、図１１、図１２より明らかなようにそれぞれ使用波長において光束は一点に集光している。しかしながら、波長に対しては殆どリニアに光線到達位置が変化している。ＮＡ=0.85のＢｌｕ－ｒａｙ　Ｄｉｓｋ対応の場合に設計上の焦点深度は0.6μm程度であり、生産上の製造公差により、さらに焦点深度は減少する。

【０１４７】

本実施例を実施しない場合には１℃の温度変動によるレーザ光源のモードホップにより0.3μmのピント移動が発生し、ピント移動の変化が急激であるため合焦のために対物レンズを移動が追随できず読み取りエラーが発生してしまう。

【０１４８】

図１３、図１４、図１５は各々本発明の実施例１の複数波長の記録再生用の光ピックアップ装置の光学系の説明図である。

【０１４９】

実施例１の構成の数値については後述する数値実施例１として表１に示している。

【０１５０】

図１３、図１４、図１５において７１は対物レンズ(図1における対物レンズ1と対応)であり、第１面(光入射面)に回折格子７７を有しており、また第１面、第２面（光射出面）はともに非球面形状より成っている。７２，７３，７４は各々保護層（透明基板）、７５

は絞りである。

【０１５１】

７６は前記条件式（１ａ），（１ｂ）または条件式（２ａ），（２ｂ）を満たす固体材料Ｂで形成された光学部材であり、レプリカ成形により基板上に成形されている。

【０１５２】

図１３はＣＤ用の光ピックアップ装置の光学系の説明図であり、レーザ光源としては７８０nmのレーザ光を使用し、厚み１．２ｍｍの保護層７２下の記録再生面に対して情報の記録再生を行っている。

【０１５３】

図１４はＤＶＤ用の光ピックアップ装置の光学系の説明図であり、レーザ光源としては６８０ｎｍの波長のレーザ光を使用し、厚み０．６ｍｍの保護層７３下の記録再生面に対して情報の記録再生を行っている。

【０１５４】

図１５はＨＤ－ＤＶＤ用の光ピックアップ装置の光学系の説明図であり、光源としては４０５ｎｍのレーザ光を使用し、厚み０．１ｍｍの保護層７４の下の記録再生面に対して情報の記録再生を行っている。

【０１５５】

図１３、図１４、図１５からも明らかなように回折格子を有した第１面のサグ量は従来の光学系と比較して大幅に小さくなる。これにより形状の観点からも回折格子の壁面によるシャドー損失や回折効率の悪化に対する改善効果、成形の難易度の緩和といった効果がある。

【０１５６】

図１６、図１７、図１８は各々本発明の実施例１の各波長における球面収差図である。

【０１５７】

図１６は図１３に示すレーザ光の波長λ=780nm、ＮＡ＝0.45の場合、図１７は図１４に示すレーザ光の波長λ=650nm、ＮＡ＝0.65の場合を示している。また１８は図１５に示すレーザ光の波長λ=405nm、ＮＡ＝0.85の場合を示している。

【０１５８】

図１６、図１７、図１８から分かる通り、それぞれＣＤ、ＤＶＤ、ＨＤ－ＤＶＤの規格について良好なる光学性能を有している。

【０１５９】

初期性能的には充分な光学性能となっており、これについては従来の光学系においては２面で収差補正をおこなっていたものに対して、３面を使用して収差補正を行う事が可能であることによるところも大きい。

【０１６０】

図１９、図２０、図２１は各々本発明の実施例１の各波長における波長に対する球面収差の変化を示したグラフである。

【０１６１】

図１９、図２０、図２１においては横軸に波長、縦軸に縦収差を示している。図１９、図２０、図２１において複数のラインがあるのは瞳上の光線比率において0.1間隔に光線について示しているためである。

【０１６２】

図１９は図１３に示すレーザ光の波長λ=780nm、ＮＡ＝0.45の場合、図２０は図１４に示すレーザ光の波長λ=650nm、ＮＡ＝0.65の場合を示している。また図２１は図１５に示すレーザ光の波長λ=405nm、ＮＡ＝0.85の場合を示している。

【０１６３】

図１９、図２０、図２１からも明らかなように波長に対する性能劣化は最小限に抑えられ、レーザモードホップにより波長変動が発生しても安定した記録再生が可能となる。

【０１６４】

図２２は本発明を実施しない場合、つまり光学部材を用いない場合のＢｌｕ－ｒａｙ

Ｄｉｓｋ用の光ピックアップ装置用の光学系の説明図である。

【０１６５】

図２２はレーザ光源として４０５ｎｍのレーザ光を使用し、厚み０．１ｍｍの保護層１０２の下の記録再生面に対して情報の記録再生を行っている。

【０１６６】

図２２において対物レンズ１０１の第１、第２面は非球面形状であり、これにより良好に球面収差を補正することができる。しかしながら、レーザ光源のモードホップに起因する波長変動に対するピント移動及び球面収差変動はＢｌｕ－ｒａｙ　Ｄｉｓｋのような高ＮＡの対物レンズにおいては焦点深度が非常に狭いために問題となる。

【０１６７】

図２３は図２２に対応した対物レンズにおける球面収差図であり、レーザ光の波長が±５ｎｍ変動した場合についても示している。Ｂｌｕ－ｒａｙ　Ｄｉｓｋのピックアップの場合焦点深度は０．６μｍ程度であり、通常はオートフォーカスの機構によりピントを調整しているが、安定的に記録再生を行う為にはできるだけ波長に対する性能劣化を抑えておく必要がある。

【０１６８】

図２４は図２２に対応した各波長における波長に対する球面収差の変化を示したグラフである。

【０１６９】

図２４においては横軸に波長、縦軸に縦収差を示している。図２４において複数のラインがあるのは瞳上の光線比率において０．１間隔に光線について示しているためである。

【０１７０】

同図のグラフからも明らかなように、波長の変動とともに急激に性能が劣化する。

【０１７１】

図２５は本発明の実施例２のＢｌｕ－ｒａｙ　Ｄｉｓｋｕ用の光ピックアップ装置用の対物レンズ１の説明図である。

【０１７２】

図２５はレーザ光源として４０５ｎｍのレーザ光を使用し、厚み０．１ｍｍの保護層１３４の下の記録再生面に対して情報の記録再生を行っている。

【０１７３】

図２５においては両面非球面の基板１３７にレプリカ工程によりＵＶ硬化樹脂より成る光学部材１３６，１３８が光線入射側１３６と出射側１３８の両側に設けられている。また光学部材１３６，１３８の表面形状は共に両面とも非球面形状よりなっている。

【０１７４】

図２６は実施例２において、レーザ光の波長４０５ｎｍ付近の波長変動に対する縦収差を示したグラフである。同図より明らかなように波長に対する球面収差の劣化を最小限に抑えることができ、Ｂｌｕ－ｒａｙ　Ｄｉｓｋ規格においても記録及び再生を安定的に行うことが可能となる。

【０１７５】

図２７は本発明の実施例２の各波長における波長に対する縦収差の変化を示したグラフである。

【０１７６】

図２７においては横軸に波長、縦軸に縦収差を示している。図２７において複数のラインがあるのは瞳上の光線比率において０．１間隔に光線について示しているためである。

【０１７７】

図２７からも明らかなように波長の変化に対する性能劣化を最小限に抑えて、良好なる記録再生が可能な光ピックアップ用の対物レンズの提供が可能となる。

【０１７８】

また本実施例におけるＵＶ硬化樹脂は熱重合のプロセスによっても成形することが可能であり、いずれにしても別にレンズを使用して光学系を構成するのに比較して構成がシン

プルとなり、組み上げによる製作が容易に行える。また複数枚のレンズを鏡筒に組み付けた場合に問題となるレンズ間の偏心についても、硝子の基板（レンズ）を基準とした成形を行うことで最小限に抑えることが可能であり、良好なる光学性能を容易に得ることができる。

【０１７９】

各実施例において、対物レンズ１は光ピックアップ用であるため径としては数ｍｍと小径であり、通常ガラスモールド成形により作成される。また対物レンズ１は通常、ＵＶ硬化によるレプリカ成形により作成され、ガラスを基準として成形することで、小径レンズで問題となる偏芯精度が良好に維持されている。

【０１８０】

また各実施例のように各要素を構成することで対物レンズ１は、従来補正することが難しかった色収差を良好に補正することができ、レーザ光源の温度変化から発生する波長変動（モードホップ）に対するピント移動及び球面収差変動を抑えることが可能となる。ＮＡ（開口数）０．８５のＢｌｕ－ｒａｙ　Ｄｉｓｋ用の対物レンズにおいては、焦点深度が狭いため効果は顕著である。

【０１８１】

「数値実施例」

以下に本発明の各実施例１、２の対物レンズから像面(光ディスク１４の情報記録面１６)までの数値実施例を示す。表中ｒは曲率半径、ｄは面間隔、ｎは各波長での屈折率を示す。また、波長により間隔が変化するものについては別表にまとめている。

【０１８２】

非球面形状は光軸からの高さがｈとなる非球面上の座標点の非球面の光軸上での接平面からの距離(サグ量)をＸ(h)、非球面の光軸上での曲率(1/r)をＣ、円錐係数をＫとする。さらに４次、６次、８次、１０次、１２次の非球面係数をA4,A6,A8,A10,A12として、以下の式で表される。

【０１８３】

【数２】

$$X(h)=\frac{C\times h^2}{\left(1+\sqrt{\left(1-(1+K)C^2\cdot h^2\right)}\right)}+A4\cdot h^4+A6\cdot h^6+A8\cdot h^8+A10\cdot h^{10}+A12\cdot h^{12}$$

【０１８４】

なお、表１における非球面の曲率半径は光軸上の曲率半径である。非球面を規定する円錐係数と非球面係数、そして回折レンズ構造を規定する光路差関数係数は表２に示される。

【０１８５】

また回折格子の構造による光路長の付加量は光軸からの高さｈ、ｎ次(偶数次)の光路差関数係数Ｃn、波長λを用いて、

$$\phi(h)=(C1\cdot h^2+C2\cdot h^4+C3\cdot h^6+\cdots)\times 2\pi/\lambda$$

により定義される光路差関数φ(ｈ)により表す。

【０１８６】

数値実施例において、ＮＢＦ１はＨＯＹＡ（株）のガラスモールド用の硝材である。またＰＣは保護層に一般的に使用される樹脂材料のポリカーボネートである。

（数値実施例）

表１は図１３、図１４、図１５に示す本発明の実施例１の数値実施例を示したものである。

【０１８７】

【表１】

面NO	r	d	材質
1	2.0327	1.3388	NBF1
2	−6.3894	0.4613	UV硬化樹脂1
3	−9.9092	0.0000	
4	∞	別表	
5	∞	別表	PC
6	像面		

	d		
面NO	405nm	650nm	780nm
4	0.98482	0.99294	0.60371
5	0.6	0.6	1.2

	405nm	650nm	780nm
f	2.2714	2.3119	2.3093
NA	0.45	0.65	0.65

	405nm	650nm	780nm
UV硬化樹脂1	1.768985	1.739101	1.733175
NBF1	1.693077	1.628636	1.61976
PC	1.623648	1.580537	1.574433

	1面	2面	3面
K	−4.3726E−01	−9.7156E+01	4.0175E+01
A	−4.6563E−03	1.4904E−01	−4.1862E−03
B	−1.8849E−03	−2.1987E−03	−8.6128E−03
C	−7.6520E−04	−3.2284E−03	3.5059E−03
D	2.5201E−06	−5.5056E−03	−6.7825E−04
E	−8.4859E−05	−2.6885E−04	−2.0280E−04
F	−2.4163E−05	1.5169E−04	1.9101E−04
G			

	1面
回折次数	1
C1	−1.042E−02
C2	−5.159E−03
C3	−2.367E−03
C4	8.348E−04
C%	−2.191E−04

表1

【０１８８】

また表２は図２５に示す本発明の実施例２の数値実施例である。

【０１８９】

【表２】

面NO	r	d	材質
1	0.74696	0.092264	UV硬化樹脂1
2	0.55913	1.124434	NBF1
3	−2.46045	0.16237	UV硬化樹脂1
4	−6.37469	0.1	
5	∞	0.1	PC
6	∞	0	
7	像面	0	

	1面	2面	3面	4面
K	−1.2150E+00	−1.4126E+00	4.1474E+01	4.9156E+02
A	2.5461E−01	9.8979E−01	1.0477E+01	4.0502E+00
B	−9.7979E−02	4.2068E−01	−6.1528E+01	−3.8471E+01
C	1.7133E+00	8.4384E−01	−4.3729E+01	1.1543E+03
D	−6.6533E+00	−1.5393E+00	4.1519E+03	−1.0660E+04
E	1.5438E+01	1.3312E+01	−4.0354E+02	−4.0354E+02
F	−1.8605E+01	−1.8845E+01	8.1777E+02	8.1777E+02
G	9.4582E+00	1.4006E+01	−6.3588E−07	−6.2949E−07

f	0.9222
NA	0.85

	400nm	405nm	410nm
UV硬化樹脂1	1.696563	1.693077	1.68978
NBF1	1.770267	1.768985	1.767756
PC	1.625722	1.623623	1.621589

表2

【図面の簡単な説明】

【０１９０】

【図１】本発明の実施例１の光ピックアップ装置の要部概略図

【図２】本発明の光学素子の説明図

【図３】本発明の単層型回折格子の説明図

【図４】本発明を実施しない場合の各波長における光路図

【図５】本発明を実施しない場合の各波長における光路図

【図６】本発明を実施しない場合の各波長における光路図

【図７】本発明を実施しない場合の各波長における収差図

【図８】本発明を実施しない場合の各波長における収差図

【図９】本発明を実施しない場合の各波長における収差図

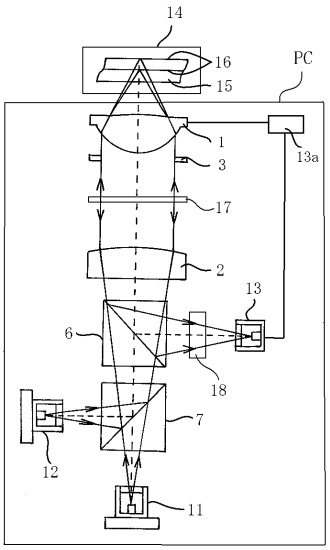
【図１０】本発明を実施しない場合の各波長に対する球面収差の変化図

【図１１】本発明を実施しない場合の各波長に対する球面収差の変化図

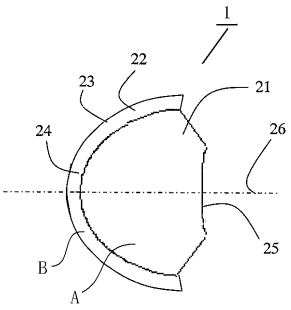
【図１２】本発明を実施しない場合の各波長に対する球面収差の変化図

【図１３】本発明の実施例１の各波長における光路図
【図１４】本発明の実施例１の各波長における収差図
【図１５】本発明の実施例１の各波長における光路図
【図１６】本発明の実施例１の各波長における光路図
【図１７】本発明の実施例１の各波長における光路図
【図１８】本発明の実施例１の各波長における光路図
【図１９】本発明の実施例１の各波長に対する球面収差の変化図
【図２０】本発明の実施例１の各波長に対する球面収差の変化図
【図２１】本発明の実施例１の各波長に対する球面収差の変化図
【図２２】本発明を実施しない場合のBlu-Ray対応ピックアップの光学系
【図２３】本発明を実施しない場合のBlu-Ray対応ピックアップの光学系の球面収差
【図２４】本発明を実施しない場合のBlu-Ray対応ピックアップの光学系の収差波長特性
【図２５】本発明の実施例２のBlu-Ray対応光ピックアップの光学系
【図２６】本発明の実施例２のBlu-Ray対応ピックアップの光学系の球面収差
【図２７】本発明の実施例２のBlu-Ray対応ピックアップの光学系の縦収差の波長特性
【図２８】本発明の実施例１の条件式（１ａ）、（１ｂ）の範囲を説明する説明図
【図２９】本発明の実施例１の条件式（２ａ）、（２ｂ）の範囲を説明する説明図
【符号の説明】
【０１９１】
１　対物レンズ
２　コリメータレンズ
３　絞り
４　光軸
６　偏光ビームスプリッタ
７　ビームスプリッタ
１１　半導体レーザ
１２　ハイブリッド半導体レーザ
１３　光検出器
１３ａ　２次元アクチュエータ
１４　光ディスク
１５　透明基板
１６　情報記録面
１７　１／４波長板
１８　シリンドリカルレンズ
２０　光学素子
２１　基板
２２　光学部材
ＰＣ　光ピックアップ装置
Ａ　固体材料
Ｂ　固体材料

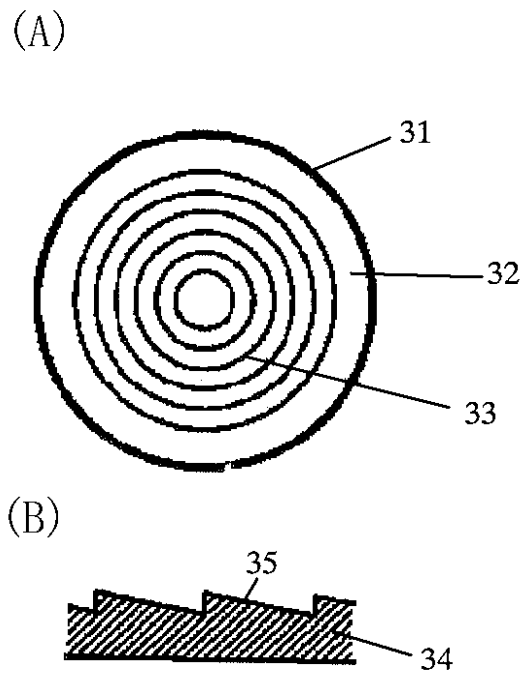
【図１】


14
16
15
PC
1
3
13a
17
2
13
6
18
7
12
11

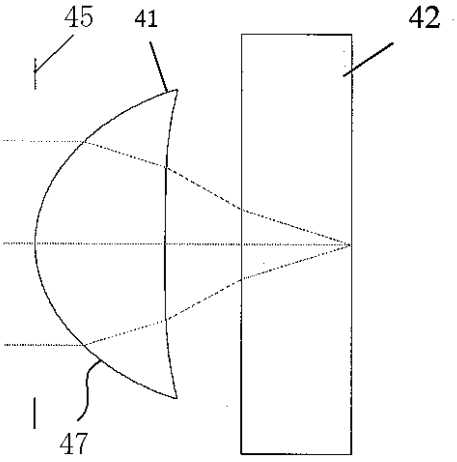
【図２】


1
22
23
21
24
26
25
B
A

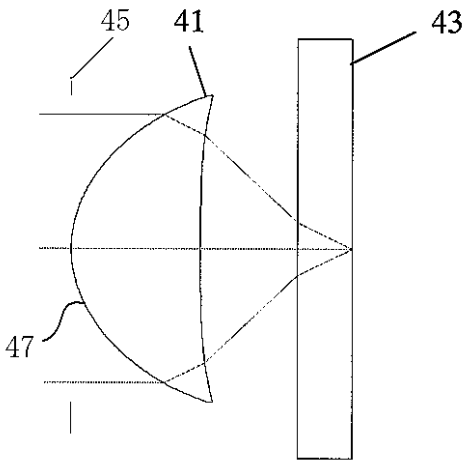
【図３】


(A)
31
32
33
(B)
35
34

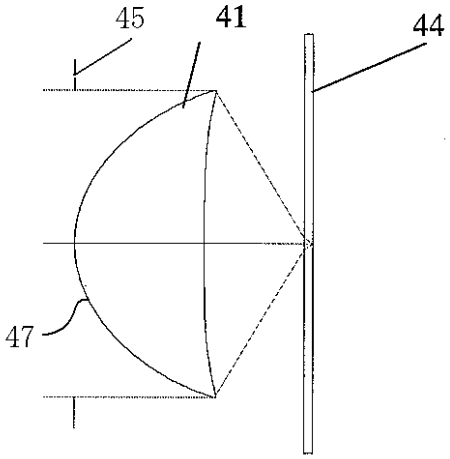
【図４】


45
41
42
47

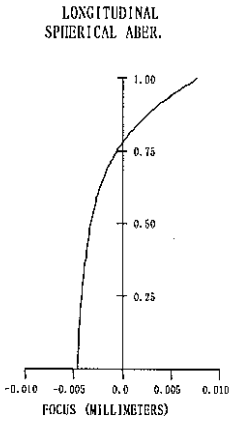
【図５】


45
41
43
47

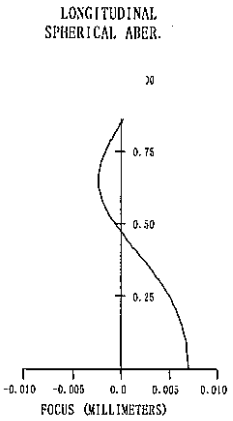
【図６】


45
41
44
47

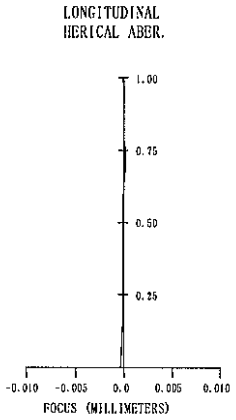
【図７】


LONGITUDINAL
SPHERICAL ABER.
1.00
0.75
0.50
0.25
-0.010
-0.005
0.0
0.005
0.010
FOCUS (MILLIMETERS)

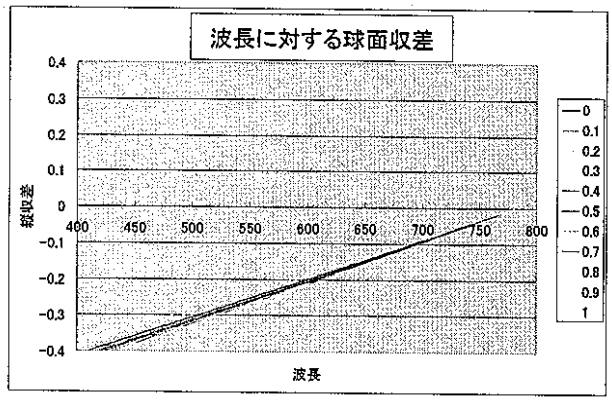
【図８】


LONGITUDINAL
SPHERICAL ABER.
0.75
0.50
0.25
-0.010
-0.005
0.0
0.005
0.010
FOCUS (MILLIMETERS)

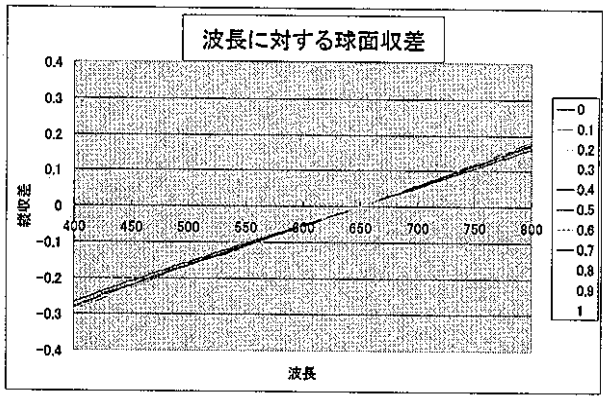
【図９】



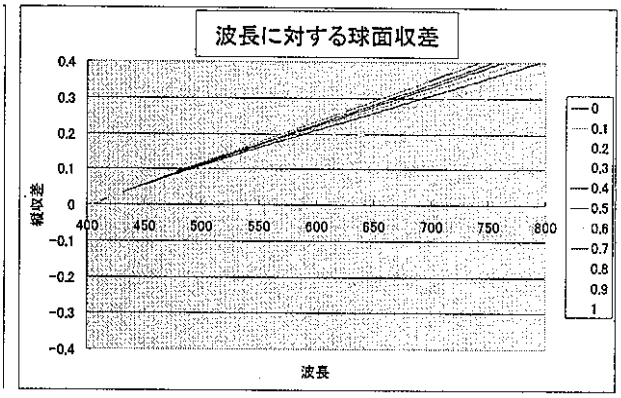
【図１０】



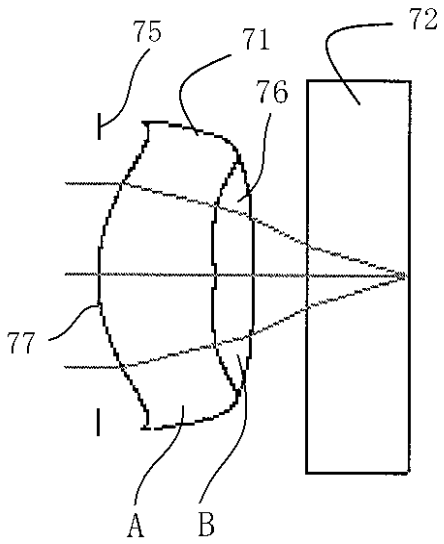
【図１１】



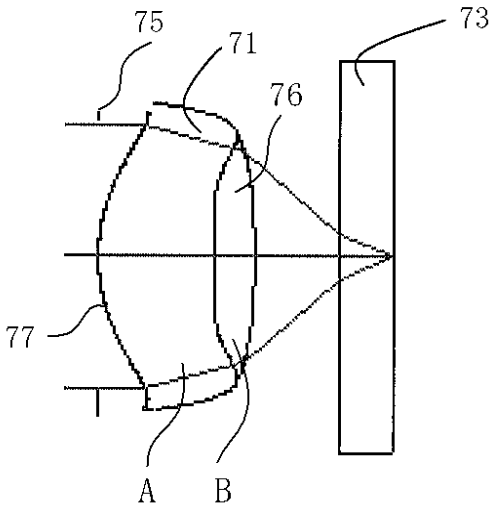
【図１２】



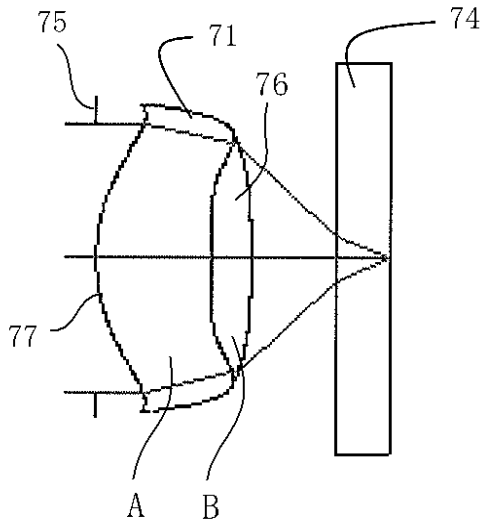
【図１３】



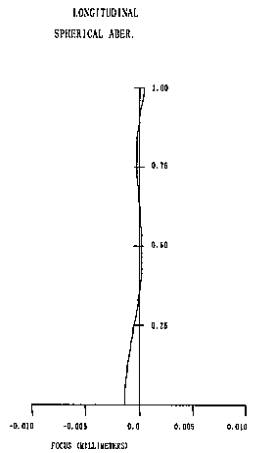
【図１４】



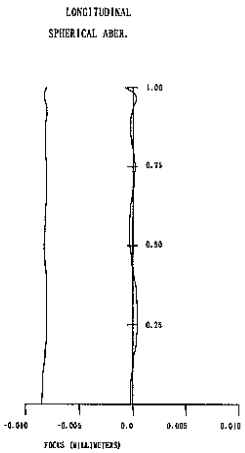
【図１５】



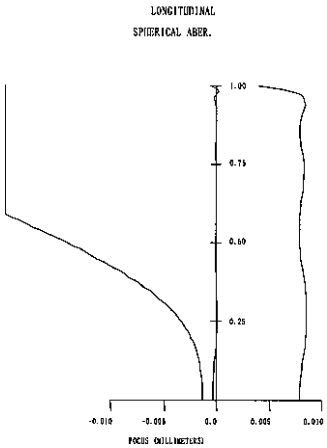
【図１６】



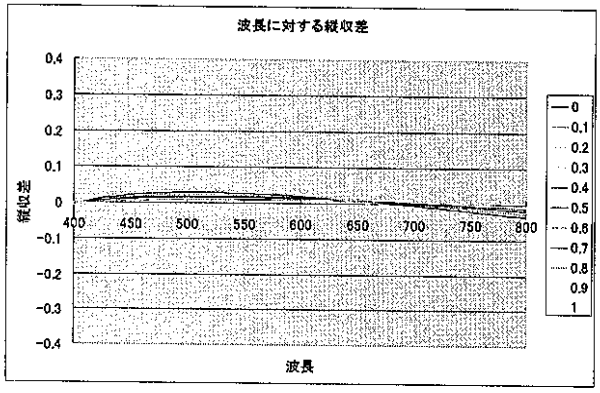
【図１７】



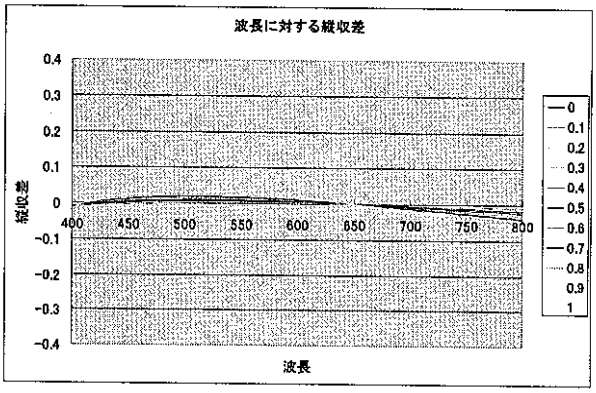
【図１８】



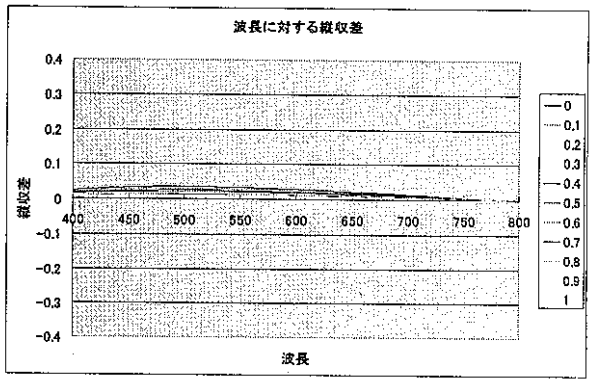
【図１９】



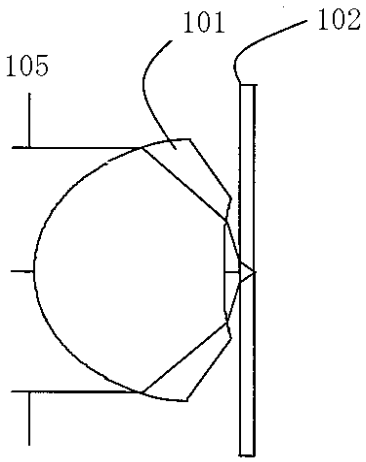
【図２０】



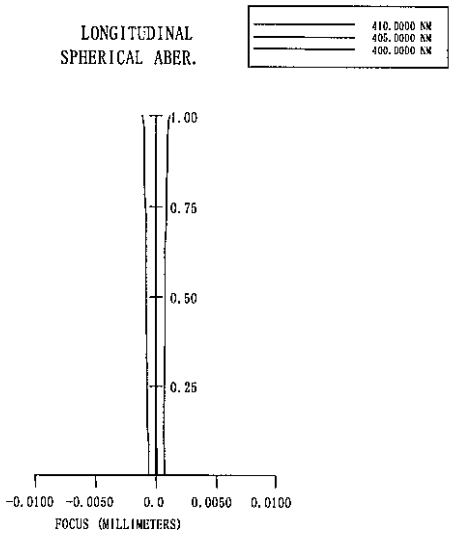
【図２１】



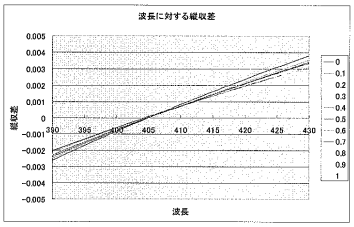
【図２２】



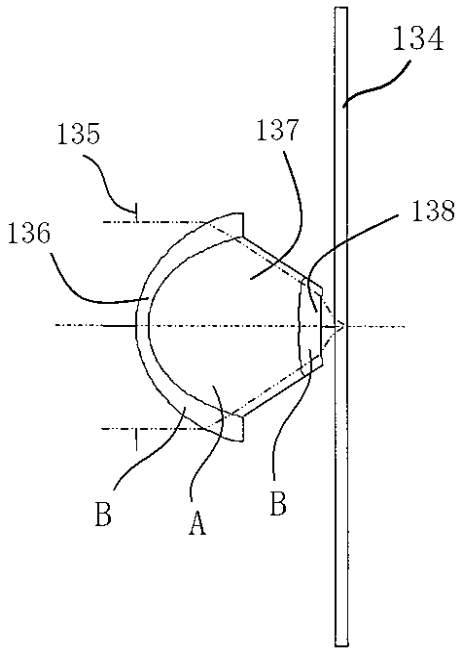
【図２３】



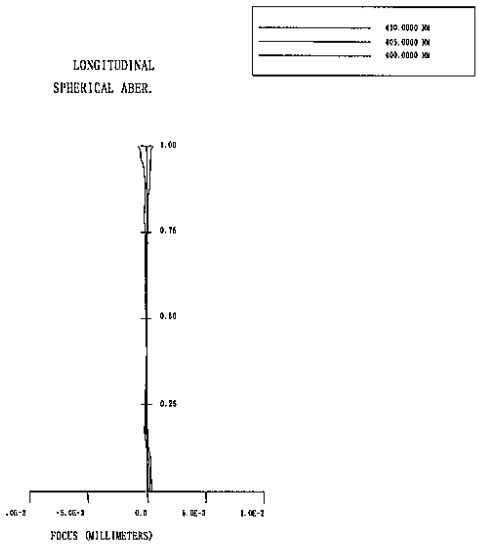
【図２４】



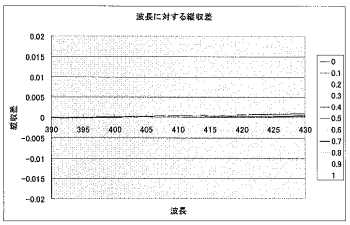
【図２５】



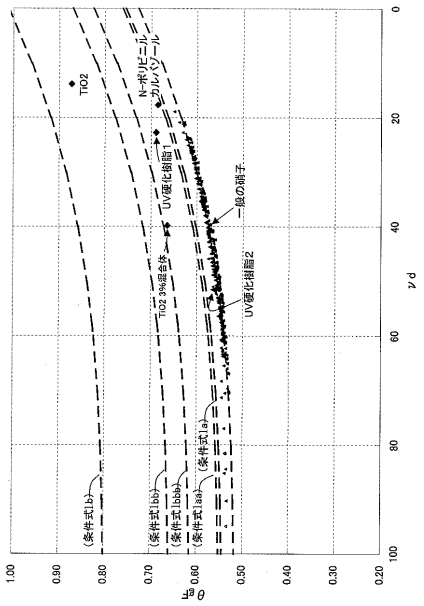
【図２６】



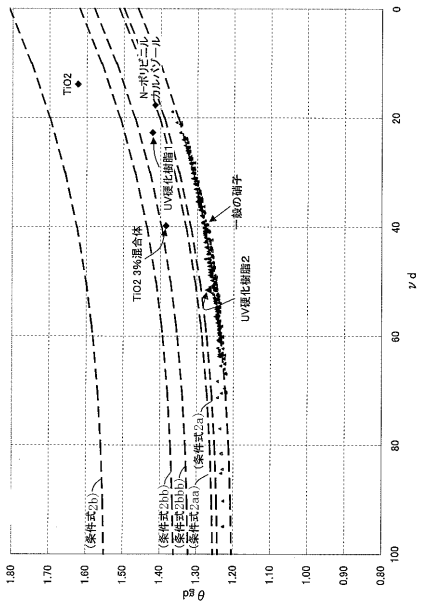
【図２７】



【図２８】



【図２９】


TiO2
N-ポリビニルカルバゾール
UV硬化樹脂1
TiO2 3%混合体
一般の硝子
UV硬化樹脂2
(条件式2b)
(条件式2b)
(条件式2b)
(条件式2a)
(条件式2a)
θgd
νd
1.80
1.70
1.60
1.50
1.40
1.30
1.20
1.10
1.00
0.90
0.80
0
20
40
60
80
100

フロントページの続き

【要約の続き】
なる条件を満足すること。
【選択図】　図１