

(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2011-119011

(P2011-119011A)

(43) 公開日 平成23年6月16日(2011.6.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 1 1 B 7/135 (2006.01)	G 1 1 B 7/135 A	2 K 0 0 9
G 0 2 B 1/11 (2006.01)	G 0 2 B 1/10 A	5 D 7 8 9

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2010-181888 (P2010-181888)	(71) 出願人	000113263 H O Y A 株式会社 東京都新宿区中落合2丁目7番5号
(22) 出願日	平成22年8月16日 (2010. 8. 16)	(74) 代理人	100078880 弁理士 松岡 修平
(31) 優先権主張番号	特願2009-253197 (P2009-253197)	(74) 代理人	100148895 弁理士 荒木 佳幸
(32) 優先日	平成21年11月4日 (2009. 11. 4)	(72) 発明者	井上 智 東京都新宿区中落合2丁目7番5号 H O Y A 株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	吉田 侑太 東京都新宿区中落合2丁目7番5号 H O Y A 株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光情報記録再生光学系及び光情報記録再生装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】青色レーザー光を使用する光情報記録再生光学系において、樹脂製の対物レンズに発生する白濁を防止する。

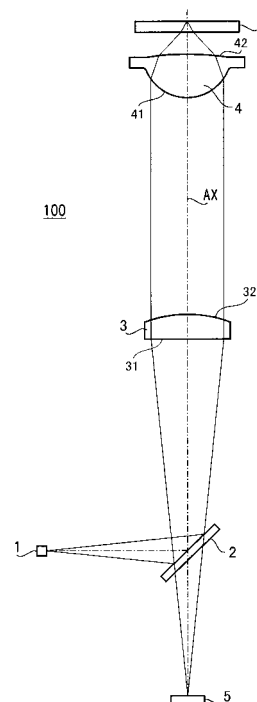
【解決手段】樹脂製の対物レンズを有する光情報記録再生光学系が提供される。樹脂のガラス転移温度 T_g 及び経路長 3 mm 当たりの波長 406 nm における光線透過率 T (単位: %) は、それぞれ次の条件式 (2) 及び (3) に定める範囲内にあり、

$$T_g \geq 115 \dots (2)$$

$$85 \leq T \leq 90 \dots (3)$$

対物レンズの各光学面に酸素透過性の低い所定の構成の反射防止膜を設け、白濁の発生に必要な酸素の基材内へ進入を防止する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光ディスクの記録層にレーザ光束を当てて該光ディスクに対する情報の記録または再生を行う光情報記録再生光学系における使用に適した対物レンズであって、

前記光束の中心波長（単位：nm）は次の条件式（1）に定める範囲内にあり、

$$390 < \lambda < 420 \quad \dots (1)$$

前記対物レンズの基材は樹脂から形成され、該樹脂のガラス転移温度 T_g 及び経路長 3 mm 当たりの波長 406 nm における光線透過率 T （単位：%）は、それぞれ次の条件式（2）及び（3）に定める範囲内にあり、

$$T_g > 115 \quad \dots (2)$$

$$85 < T < 90 \quad \dots (3)$$

10

前記対物レンズの各光学面には同一の又は異なる反射防止膜が形成されており、該反射防止膜は光軸近傍においてそれぞれ 100 nm 以上の膜厚を有することを特徴とする対物レンズ。

【請求項 2】

前記反射防止膜は真空度 10^{-2} Pa 以下で真空蒸着された高密度層を含み、該高密度層の光軸近傍における膜厚がそれぞれ 40 nm 以上であ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 3】

前記高密度層はスパッタリング法により形成されたことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の対物レンズ。

20

【請求項 4】

前記反射防止膜を構成する少なくとも一つの層は、酸化シリコン、酸化アルミニウム、又は、これらの混合物から形成された層であることと特徴とする、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の光情報記録再生用対物レンズ。

【請求項 5】

前記対物レンズのガラス転移温度 T_g が次の条件式（4）に定める範囲内にある

$$T_g > 125 \quad \dots (4)$$

ことを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の対物レンズ。

【請求項 6】

30

前記反射防止膜は、いずれも単層膜又は 4 層以下の積層膜であることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の対物レンズ。

【請求項 7】

前記光源からの光束が入射する前記対物レンズの光学面に形成された前記反射防止膜において、垂直入射光の反射率が最小となる波長 B_1 （単位：nm）が次の条件式（5）に定める範囲内にある

$$600 < B_1 < 800 \quad \dots (5)$$

ことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の対物レンズ。

【請求項 8】

40

前記光源からの光束が出射する前記対物レンズの光学面に形成された前記反射防止膜において、垂直入射光の反射率が最小となる波長 B_2 （単位：nm）が次の条件式（6）に定める範囲内にある

$$430 < B_2 < 600 \quad \dots (6)$$

ことを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の対物レンズ。

【請求項 9】

前記光源からの光束が出射する前記対物レンズの光学面において

前記反射防止膜は、前記基材上に第 1 層から第 3 層までが番号順に積層された 3 層膜であり、

前記第 1 層～第 3 層を形成する材料の波長 406 nm における屈折率をそれぞれ $n_1 \sim n_3$ とし、

50

前記第1層～第3層の厚さをそれぞれ $d_1 \sim d_3$ (単位: nm) としたときに、

第1層: $n_1 = 1.55, d_1 = 200$

第2層: $1.55 < n_2 < 1.70, d_2 = 150$

第3層: $n_3 = 1.55, d_3 = 200$

であることを特徴とする請求項1から8のいずれか一項に記載の対物レンズ。

【請求項10】

請求項1から9のいずれか一項に記載の対物レンズを備えた光情報記録再生装置。

【請求項11】

光ディスクの記録層にレーザ光束を当て、該光ディスクに対する情報の記録または再生を行う光情報記録再生光学系において、

10

前記光束を発生する光源と、

前記光源から出射した光束を略平行光に変換する光学素子と、

前記光学素子からの光束を前記光ディスクの記録層に集光する対物レンズとを有し、

前記光束の中心波長 (単位: nm) は次の条件式(1)に定める範囲内にあり、

$$390 < \lambda < 420 \quad \dots (1)$$

前記対物レンズの基材は樹脂から形成され、該樹脂のガラス転移温度 T_g 及び経路長 3 mm 当たりの波長 406 nm における光線透過率 T (単位: %) は、それぞれ次の条件式(2)及び(3)に定める範囲内にあり、

$$T_g > 115 \quad \dots (2)$$

$$85 < T < 90 \quad \dots (3)$$

20

前記対物レンズの各光学面には同一の又は異なる反射防止膜が形成されており、該反射防止膜は光軸近傍においてそれぞれ 100 nm 以上の膜厚を有することを特徴とする光情報記録再生光学系。

【請求項12】

前記光学素子の各光学面にも前記反射防止膜が形成されていることを特徴とする請求項11に記載の光情報記録再生光学系。

【請求項13】

前記光学素子の基材を形成する樹脂のガラス転移温度 T_g 及び経路長 3 mm 当たりの波長 406 nm における光線透過率 T (単位: %) は、それぞれ前記条件式(2)及び(3)に定める範囲内にあることを特徴とする請求項11又は12に記載の光情報記録再生光学系。

30

【請求項14】

前記反射防止膜に真空度 10^{-2} Pa 以下で真空蒸着された高密度層の光軸近傍における膜厚がそれぞれ 40 nm 以上であることを特徴とする請求項11から13のいずれか一項に記載の光情報記録再生光学系。

【請求項15】

前記反射防止膜の少なくとも一方はスパッタリング法により形成された層を有することを特徴とする請求項11から14のいずれか一項に記載の光情報記録再生光学系。

【請求項16】

40

前記対物レンズのガラス転移温度 T_g が次の条件式(4)に定める範囲内にある

$$T_g > 125 \quad \dots (4)$$

ことを特徴とする請求項11から15のいずれか一項に記載の光情報記録再生光学系。

【請求項17】

請求項11から16のいずれか一項に記載の光情報記録再生光学系を備えた光情報記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、所定の規格の光ディスクの記録層にレーザ光束を照射して情報の記録及びノ

50

又は再生を行うための光情報記録再生光学系に関連し、特にBD (Blu-ray Disc) 等の高記録密度光ディスクに対する情報の記録及び/又は再生に適した光情報記録再生光学系に関する。また、本発明は上記の光情報記録再生光学系を搭載した光情報記録再生装置、及び上記の光情報記録再生光学系に使用される対物レンズに関する。

【背景技術】

【0002】

光ディスクには、CD (Compact Disc) やDVD (Digital Versatile Disc) といった記録密度や保護層の厚みが異なる複数の規格が存在する。また、近年では、情報記録のさらなる高容量化を実現した、DVDよりも記録密度が一層高い高記録密度光ディスクが実用化されている。そのような高記録密度光ディスクとして、例えばBDが一般に普及している。ここで、光ディスクの記録層にレーザ光束を照射して情報の記録及び/又は再生を行う装置を光情報記録再生装置という。なお、本明細書において、「光情報記録再生装置」とは、「情報の記録専用装置」、「情報の再生専用装置」、「情報の記録および再生兼用装置」の全てを含む。「光情報記録再生光学系」についても同様である。なお、以下の説明において、「光情報記録再生光学系」を「光ピックアップ光学系」とも呼ぶ。

10

【0003】

BDに代表される高記録密度光ディスクに対する情報の記録及び再生には、波長が400nm程度の青色レーザ光(紫色あるいは青紫色レーザ光とも呼ばれる)が使用される。このように紫外領域に近いレーザ光は、光子エネルギーが高いため、光ピックアップ光学系を構成する樹脂レンズ等の光学素子に化学的な作用を及ぼす場合がある。その一つに、高温下で一定以上の強度の青色レーザを光学素子に長時間照射したときに発生する樹脂基材の白濁現象がある。光学素子の基材に白濁が発生すると、光学素子の透過率が低下し、また強い散乱光が発生するようになるため、光ピックアップ光学系の性能低下を招くことになり問題となる。このような白濁現象は、青色レーザの波長において比較的吸収の大きい樹脂が使用される場合に多く見られる。

20

【0004】

樹脂基材の白濁を防ぐために様々な検討が行われている。例えば、特許文献1では、基材を形成する樹脂材料に軟質重合体やアルコール性化合物等の添加剤を加えることにより、樹脂材料自体を白濁が生じ難くなるように改質する対策が提案されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2005-266780号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、新規な樹脂材料への変更は、材料自体の評価の他に、基材の加工条件、基材にコーティングする各種光学膜、基材を固定するための接着剤等、基材樹脂に関係する様々な適合性の再評価が必要となり、高いリスクやコストを伴う。そのため、基材樹脂を変更する以外に基材の白濁を防ぐ手段が望まれる。

40

【0007】

本発明は、上記の事情に鑑みてなされたものであり、青色レーザ光の吸収の多い材料をレンズ基材に用いた場合でも、高温環境下で青色レーザ光による基材の白濁が発生しにくい対物レンズ、対物レンズを含む光情報記録再生光学系、及び光情報記録再生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】

【0008】

本発明により、光ディスクの記録層に青色レーザ光束を当てて光ディスクに対する情報の記録または再生を行う光情報記録再生光学系における使用に適した対物レンズが提供される。なお、この光情報記録再生用光学系で使用される青色レーザ光束の中心波長(単

50

位：nm)は次の条件式(1)に定める範囲内にある。

$$390 \leq 420 \leq \dots (1)$$

また、対物レンズの基材は樹脂から形成され、この樹脂のガラス転移温度 T_g 及び経路長3mm当たりの波長406nmにおける光線透過率 T (単位：%)は、それぞれ次の条件式(2)及び(3)に定める範囲内にある。

$$T_g \geq 115 \dots (2)$$

$$85 \leq T \leq 90 \dots (3)$$

対物レンズの各光学面には、同一の又は異なる反射防止膜が形成されている。反射防止膜は光軸近傍においてそれぞれ100nm以上の膜厚を有している。

【0009】

白濁の要因は全て解明されているわけではないが、大気中の酸素による樹脂の酸化劣化が大きな要因の一つと考えられている。また、樹脂の分子運動が活発なほど樹脂内に酸素が拡散しやすく、酸化反応も活性化されるため、白濁が発生しやすい。同じ温度においては、ガラス転移温度が高い樹脂ほど分子運動が穏やかなものとなり、白濁等の反応が進み難くなる。例えば90℃近くの比較的高い温度において使用される場合には、ガラス転移温度 T_g が115℃以上の樹脂を基材に用いることによって十分な白濁防止効果が得られる。また、青色レーザー光の吸収の多い材料ほど、また環境温度が高いほど、白濁が発生しやすい。条件式(3)の下限を超える場合、青色レーザー光の透過率が著しく低くなってしまい、所望の光学特性が得られない。上限を超える場合、青色レーザー光の吸収が小さく白濁現象がほとんど発生しない。そのため、白濁対策を行う必要がない。従って、対物レンズを上記のように構成することにより、反射防止膜を介して基材に供給される酸素の量が抑制されるため、高い強度の青色レーザー光を長時間照射したときに対物レンズの基材に発生する白濁が軽減され、あるいは実質的に防止される。

【0010】

青色レーザー光の吸収の大きく白濁の発生しやすい材料に上記対策を行うことで十分な耐光性を得ることができ、材料選択の幅が広がることで設計自由度が大幅に増す。

【0011】

反射防止膜には真空度 10^{-2} Pa以下で真空蒸着された高密度層が含まれることが望ましい。なお、真空度 10^{-2} Pa以下とは、気圧が 10^{-2} Pa以下の高真空を意味する。さらに、高密度層の光軸近傍における膜厚は、それぞれ40nm以上であることが望ましい。高密度層の膜厚は、より好ましくは70nm以上、さらに好ましくは100nm以上であることが望ましい。また、高密度層を蒸着する場合の真空度は、より好ましくは真空度 10^{-3} Pa以下、さらに好ましくは真空度 10^{-4} Pa以下であることが望ましい。

【0012】

このような高真空下で形成した高密度層は膜密度が高いため酸素透過性が低い。このように酸素透過性の低い高密度層を40nm以上の厚さで形成することにより、反射防止膜を介した対物レンズの雰囲気(空気)から基材への酸素の移動を抑制することができる。また、高密度層の膜厚をより厚く形成するか、より高い真空度において高密度層を形成することにより、反射防止膜を介した基材中への酸素の移動を更に効果的に阻害することができる。

【0013】

また高密度層は、スパッタリング法により形成された層であっても良い。スパッタリング法によって形成された薄膜は膜密度が高く、酸素ガスの透過性が低いため、白濁発生を抑制する効果が高い。

【0014】

上記反射防止膜を構成する少なくとも一つの層は、酸化シリコン、酸化アルミニウム、又はこれらの混合物から形成された層であることが望ましい。これらの層は真空度を高く設定しやすいという特徴がある。

【0015】

10

20

30

40

50

また、対物レンズのガラス転移温度 T_g は、次の条件式 (4) に定める範囲内にあることがより望ましい。

$$T_g \geq 125 \quad \dots (4)$$

使用条件によっては、光情報記録再生光学系の温度は使用中に 90°C 近くに及ぶ場合があり、このような高温下で対物レンズに十分な耐光性を与えるためには、 125°C 以上のガラス転移温度を有する基材を使用する必要がある。

【0016】

反射防止膜は、いずれも単層膜又は4層以下の積層膜であることが望ましい。5層膜以上の多層の積層膜は波長特性が複雑な波形になるため、このような対物レンズを使用して光情報記録再生光学系を構成するとジッターが増える場合がある。

10

【0017】

光源からの光束が入射する対物レンズの光学面に形成された反射防止膜において、垂直入射光の反射率が最小となる波長 B_1 が次の条件式 (5) に定める範囲内にあることが望ましい。

$$600 < B_1 < 800 \quad \dots (5)$$

【0018】

対物レンズ等の光学素子の光学面に蒸着やスパッタにより反射防止膜を形成する際、光学面の光軸を蒸着源やスパッタ源に向けた状態で膜が形成される。このとき、光軸に対する傾斜角度 (光軸と光学面の法線が成す角度) が大きくなるにつれて光学面上に形成される反射防止膜の膜厚は減少することが分かっている。光源からの光束が入射する対物レンズの光学面では光軸から離れた周辺部の膜厚を確保するため、条件式 (5) で示すような厚い反射防止膜が必要となる。条件式 (5) を満たすような反射防止膜とすることで、周辺部においても十分な白濁防止効果が得られる。また、入射側 (光源側) の反射防止膜にこのような波長特性を与えると、中心部の反射率を上げ周辺部での反射率を下げることができ、リム強度の低下が抑制される。そのため、光ディスクDの記録面において細いビームウエストが形成され、より良好なジッター特性が得られる。条件式 (5) の上限を超えた場合、反射率が大きくなりすぎて所望の光学特性が得られない。

20

【0019】

また、光源からの光束が出射する対物レンズの光学面に形成された反射防止膜において、垂直入射光の反射率が最小となる波長 B_2 が次の条件式 (6) に定める範囲内にあることが望ましい。

30

$$430 < B_2 < 600 \quad \dots (6)$$

対物レンズの出射側の面においても反射防止膜の膜厚を確保するために、条件式 (6) を満たすことが望ましい。波長 B_2 が条件式 (6) の上限を超えた場合には、光軸が光学面に対して垂直となるレンズの中心部での透過率の落ち込みが大きくなり、全体の透過率が下がりすぎてしまう。

【0020】

光源からの光束が出射する対物レンズの光学面において、反射防止膜は基材上に第1層から第3層までが番号順に積層された3層膜であってもよい。この場合、第1層~第3層を形成する材料の波長 406nm における屈折率をそれぞれ $n_1 \sim n_3$ とし、第1層~第3層の厚さをそれぞれ $d_1 \sim d_3$ (単位: nm) としたときに、次の条件を満たすように構成されてもよい。

40

$$\begin{aligned} \text{第1層:} & \quad n_1 \geq 1.55, \quad 50 \leq d_1 \leq 200 \\ \text{第2層:} & \quad 1.55 < n_2 < 1.70, \quad 40 \leq d_2 \leq 150 \\ \text{第3層:} & \quad n_3 \geq 1.55, \quad 50 \leq d_3 \leq 200 \end{aligned}$$

【0021】

また、本発明により、光ディスクの記録層に中心波長 λ のレーザ光束を当てて光ディスクに対する情報の記録または再生を行う光情報記録再生光学系が提供される。本発明に係る光情報記録再生光学系は、レーザ光束を発生する光源と、光源から出射した光束を略平行光に変換する光学素子と、光学素子からの光束を光ディスクの記録層に集光する対物レ

50

レンズとを有している。対物レンズには上記構成のものが使用される。

【0022】

光学素子の各光学面にも上記の反射防止膜が形成されてもよい。この場合、光学素子の基材を形成する樹脂のガラス転移温度 T_g 及び経路長 3 mm 当たりの波長 406 nm における光線透過率 T (単位: %) は、それぞれ上記の条件式 (2) 及び (3) に定める範囲内にあることが望ましい。

【0023】

対物レンズ以外の樹脂基材が使用される光学素子では、白濁の発生が問題となる程の強い強度の青色レーザ光に晒されることが少ないため、従来一般的な反射防止膜を使用できる場合が多い。しかし、特に高い温度環境で使用される場合や、高い信頼性が要求される場合には、対物レンズと同様の反射防止膜や基材樹脂を使用することで、十分な耐光性を達成することができる。

10

【発明の効果】

【0024】

本発明の構成によれば、青色レーザ光の照射による対物レンズ等の光学素子の基材に発生する白濁が抑制される。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本発明の実施形態に係る光ピックアップ光学系の概略構成を示す図である。

【発明を実施するための最良の形態】

20

【0026】

以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態に係る対物レンズ、光ピックアップ光学系、及び光情報記録再生装置について説明する。

【0027】

図1は、本発明の実施形態に係る光情報記録再生装置に搭載される光ピックアップ光学系100の概略構成を表す模式図である。本実施形態の光情報記録再生装置は、BD規格に準拠した高記録密度光ディスクD(以下「光ディスクD」という。)に対する情報の記録や再生を行う装置である。

【0028】

図1に示されるように、光ピックアップ光学系100は、光源1、ハーフミラー2、コリメートレンズ3、受光部5、および対物レンズ4を有している。なお、図1に示される一点鎖線は、光ピックアップ光学系100の基準軸AXを示す。また、実線は光ディスクDへの入射光束またはその戻り光を示している。また、以下の説明において、光源1からのレーザ光束がコリメートレンズ3に入射する光学面(光源側の光学面)をA面31、コリメートレンズ3から出射する光学面(対物レンズ側の光学面)をB面32、B面32から出射したレーザ光束が対物レンズ4に入射する光学面(光ディスクとは反対側の光学面)をC面41、対物レンズ4から出射する光学面(光ディスク側の光学面)をD面42と呼ぶ。

30

【0029】

光ディスクDは、図示省略された保護層及び記録面を有している。なお、実際の光ディスクDにおいては、記録面は保護層と基板層(あるいはレーベル層)によって挟持されている。また、光ディスクDは、図示省略されたターンテーブル上にセットされ、回転された状態で記録面に光源1が発生するレーザ光束が当てられて情報の記録又は再生が行われる。

40

【0030】

光源1は、設計基準波長406 nmの青色レーザ光を発振する半導体レーザである。一般に光ピックアップ光学系に使用されるファブリー・ペロー型半導体レーザの中心波長(単位: nm)は、使用環境や製品個体差により数nm~数十nm程度の範囲(例えば390~420 nm)で変動する。

【0031】

50

図 1 に示されるように、光源 1 から照射されたレーザ光束は、ハーフミラー 2 により偏向されてコリメートレンズ 3 の A 面 3 1 に入射する。A 面 3 1 からコリメートレンズ 3 に入射したレーザ光束は、平行光束に変換された後、B 面 3 2 にてコリメートレンズ 3 から出射し、対物レンズ 4 の C 面 4 1 に入射する。C 面 4 1 に入射したレーザ光束は、対物レンズ 4 の D 面 4 2 から射出して、情報の記録または再生の対象となる光ディスク D の記録面近傍に収束する。収束したレーザ光束は、光ディスク D の記録面上で収差の少ない良好なスポットを形成する。そして、レーザ光束は、光ディスク D の記録面で反射して、入射時と同一の光路を戻り、ハーフミラー 2 を透過して受光部 5 により受光される。

【 0 0 3 2 】

受光部 5 は、受光したレーザ光束を光電変換してアナログ信号を生成し、図示省略された信号処理回路に出力する。信号処理回路は、入力されたアナログ信号をビットストリームに変換して所定の誤り訂正処理を行う。次いで、誤り訂正されたビットストリームをオーディオストリームやビデオストリーム等の各ストリームに分離してデコードする。信号処理回路は、デコードして得られたオーディオ信号やビデオ信号等をアナログ信号に変換してスピーカやディスプレイ（何れも不図示）に出力する。これにより、光ディスク D に記録された音声や映像等がスピーカやディスプレイを通じて再生される。

10

【 0 0 3 3 】

対物レンズ 4 は、光ディスク D に対する情報の記録や再生が適切に行われるように、使用波長における光ディスク D 側の開口数 NA が例えば $0.8 \sim 0.87$ の範囲に収まるように構成されている。

20

【 0 0 3 4 】

コリメートレンズ 3 及び対物レンズ 4 は、合成樹脂等から成形された樹脂製レンズである。樹脂製レンズはガラス製レンズに比べて軽量であるため、対物レンズ 4 に樹脂レンズを採用することにより、レンズ駆動用アクチュエータ（不図示）に加える負担を軽くすることができる。また、樹脂は、ガラスと比べてガラス転移温度 T_g が格段に低く、低い温度で成形することができる。このため樹脂製レンズはガラス製レンズと比べて、製造が容易であり、製造に必要なエネルギー消費量も少ない。更に、樹脂製レンズは割れ難く取扱いが容易であり、量産による低コスト化に適している。コリメートレンズ 3 及び対物レンズ 4 の材料には、使用波長における屈折率 n が例えば $1.4 \sim 1.7$ の範囲に収まる樹脂が選択される。コリメートレンズ 3 と対物レンズ 4 の基材に使用される樹脂は、同一種類の樹脂であっても、異なる種類の樹脂であってもよい。

30

【 0 0 3 5 】

また、対物レンズ 4 の基材は、青色レーザの発光波長域に比較的強い吸収をもち、設計基準波長における光線透過率（経路長 3 mm 当たりの値。以下同じ。）が $85 \sim 90\%$ の樹脂から形成される。白濁現象は、このように青色レーザ光の波長域に比較的強い吸収をもつ樹脂基材に、一定以上の強度の青色レーザ光を長時間照射した場合に発生する。従って、光線透過率が $85 \sim 90\%$ の樹脂を使用する場合には、白濁現象を防止するための何らかの対策が必要となる。なお、光線透過率が 85% 未満の樹脂の使用は、過剰なパワー損失を与え、白濁の抑制も困難となるため、実用に適さない。

40

【 0 0 3 6 】

ところで、本発明者らは、様々な文献報告例や独自の実験結果の分析を通じて、青色レーザ光による光学素子の白濁現象は樹脂基材の酸化に起因するとの見解に至った。本発明者らの見解によれば、基材内に酸素が供給され難い光学素子の構成にすることにより、白濁現象の発生を防止し、又は白濁現象の進行を抑制して光学素子に十分な耐光性を与えることができる。そのため、本発明の実施形態に係る対物レンズ 4 の基材には、ガラス転移温度 T_g が 115 以上（望ましくは 125 以上、より望ましくは 130 以上）の樹脂が使用される。白濁現象は、高温環境下で速く進行するが、ガラス転移温度 T_g が低い樹脂ほど進行が速い。これは、樹脂中の酸素分子の拡散係数がガラス転移温度 T_g 付近で急激に上昇することによると考えられる。すなわち、動作中の基材温度よりも基材樹脂のガラス転移温度 T_g が十分に高ければ、基材中の酸素の拡散速度が小さく、白濁現象が進

50

行し難いと考えられる。なお、光線透過率が85～90%の範囲にあり、115以上のガラス転移温度T_gを有する市販の光学樹脂としては、例えば三井化学社製APL5014DP等がある。

【0037】

また、本実施形態では、真空度の高い環境下で真空蒸着された、もしくはスパッタリング法によって形成された高密度層が含まれる反射防止膜が対物レンズ4の両面に形成されている。酸素分子の拡散係数が低い高密度層を含む反射防止膜が対物レンズ4の両面に形成されている。この構成により、基材内への酸素の供給が抑制され、白濁現象が軽減される。具体的には、対物レンズ4の各光学面には、酸化シリコン、酸化アルミニウム、フッ化アルミニウム、フッ化マグネシウム、又はこれらの混合物から形成された低屈折率層、酸化タンタルを含む高屈折率層のいずれかが真空度 10^{-2} （単位：Pa）以下で真空蒸着された、もしくはスパッタリングによって形成された高密度層を含む反射防止膜が形成されていることが望ましい。酸素分子が反射防止膜を透過する速度を十分に低く抑えるために、反射防止膜は少なくとも光軸近傍における膜厚が100nm以上（望ましくは150nm以上、更に望ましくは200nm以上）となるように形成されている。また、本実施形態では酸化シリコンを含む膜を真空度の高い環境下での真空蒸着、もしくはスパッタリング法により形成して高密度層とした。高密度層は光軸近傍において40nm以上（望ましくは80nm以上、更に望ましくは150nm）の膜厚を有している。光軸近傍においてはレーザ光のパワー密度が高く、白濁が速く進行する。このため、光軸近傍の基材への酸素の進入を妨げるために、一定以上の厚さの膜が設けられる。また、反射防止膜は真空蒸着やスパッタリング法等の様々な製膜方法によって成膜することができるが、特にスパッタリング法によって形成された薄膜は膜密度が高く、酸素透過性が低いため、白濁防止の効果が高い。

【0038】

ところで、光源1からのレーザ光束が入射する対物レンズ4のC面41は曲率が大きいため、C面41の周縁部におけるレンズ面の角度（光軸とレンズ面法線のなす角度）が大きくなる。通常の成膜を行う場合、レンズ面の角度が大きくなるにつれて成膜される膜厚は薄くなり、反射率が最低となる波長が目標値よりも短波長側に大幅にシフトし、反射率が極めて大きくなる。また、従来、反射防止膜は垂直入射光（すなわち光軸近傍の光束）に対する反射率が低くなるように形成されていたため、入射角が大きいレーザ光束の周縁部の光線に対する反射率は非常に大きなものとなった。そのため、光束がC面41を透過することにより、リム強度の低下（光軸の近傍に対する周縁部の強度の低下）が発生していた。リム強度が低下すると、レーザ光束の強度分布がガウス曲線から乖離するため、光ディスクDの記録面においてビームウエストが細く絞られず、ジッターが増大するという問題が生じる。そこで、本実施形態においては、対物レンズ4のC面41（光源からのレーザ光束が入射する面）に形成される反射防止膜は、光軸近傍において反射率が最小となるパレー波長 $m_{in}(C)$ が600nmから800nmの範囲に入るように通常よりも厚めに形成されている。これにより、周縁部でも十分な膜厚を確保できるため十分な白濁防止効果が得られる。また、レーザ光束の光軸近傍の光線と周縁部の光線のC面41における反射率の差が軽減されるため、細かいビームウエストが形成され、ジッター特性が改善する。また、光源1からのレーザ光束が出射する対物レンズ4のD面42に形成される反射防止膜は、反射率が最小となるパレー波長 $m_{in}(D)$ が430nmから600nmの範囲に入るように厚めに形成されている。これにより、対物レンズの出射側の反射防止膜の酸素透過の抑制に必要な膜厚を十分に確保できる。そのため、上記範囲の下限を超えた場合には、十分な白濁防止効果が得られない。上限を超えた場合には、レンズ面が光軸と垂直となるレンズの中心部での透過率の落ち込みが大きくなり、全体の透過率が下がってしまう。

【0039】

なお、コリメートレンズ3の基材樹脂は、設計基準波長における光線透過率が85～90%の範囲にあるものでも、90%以上の光線透過率を有するものでもよい。また、コリ

10

20

30

40

50

メートルレンズ 3 における青色レーザ光束の最大パワー密度は、対物レンズ 4 における最大パワー密度の 20% ~ 25% 程度と低い。そのため、コリメートルレンズ 3 に白濁現象が発生し易い樹脂（光線透過率が 85 ~ 90% の樹脂）が使用される場合であっても、対物レンズ 4 において採用されるような白濁防止効果を有する反射防止膜を設けることは必ずしも必要ではなく、コリメートルレンズ 3 の各光学面には一般的な反射防止膜を設けても良い。また、コリメートルレンズ 3 に白濁防止効果を有する反射防止膜を設ける場合は、反射防止膜の光学特性は特に限定されない。典型的には、コリメートルレンズ 3 の光学面に設けられる反射防止膜は、設計基準波長の垂直入射光に対する反射率を最小化するように設定される。また、コリメートルレンズ 3 の全ての光学面に反射防止膜を設けることが望ましい。コリメートルレンズ 3 各光学面に設けられる反射防止膜は、互いに同一の構成であっても、異なる構成であってもよい。なお、コリメートルレンズ以外の光学素子を用いて光源から出射された光束を略平行光に変換することでも、本発明の効果を得ることができる。

10

【実施例】**【0040】**

上記に説明した本発明の実施形態に係る対物レンズについて、以下に幾つかの実施例を示す。表 1 に、各実施例の構成を示す。実施例 1 ~ 10 は、対物レンズ 4 の各光学面（C 面 4 1 及び D 面 4 2）の実施例である。

【表 1】

項目		実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7	実施例8	実施例9	実施例10
第1層	材料	酸化シリコン	酸化シリコン	酸化シリコン	酸化シリコン	酸化シリコン	酸化シリコン	酸化タンタル	酸化タンタル	酸化タンタル	酸化タンタル
	n ₁	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.94	1.94	1.94	1.94
第2層	d ₁	31 nm	51 nm	51 nm	14 nm	17 nm	69 nm	12 nm	25 nm	50 nm	50 nm
	材料	酸化アルミニウム	酸化アルミニウム	酸化アルミニウム	酸化アルミニウム	酸化アルミニウム	酸化アルミニウム	酸化シリコン	酸化シリコン	酸化シリコン	酸化シリコン
第3層	n ₂	1.64	1.64	1.64	1.64	1.64	1.64	1.46	1.46	1.46	1.46
	d ₂	55 nm	38 nm	84 nm	23 nm	53 nm	62 nm	100 nm	105 nm	142 nm	95 nm
第4層	材料	酸化シリコン	酸化シリコン	酸化シリコン	酸化タンタル	酸化タンタル	酸化シリコン	酸化シリコン			
	n ₃	1.46	1.46	1.46	1.94	1.94	1.46				
第4層	d ₃	99 nm	104 nm	86 nm	60 nm	71 nm	69 nm				
	材料				酸化シリコン	酸化アルミニウム	酸化アルミニウム				
第4層	n ₄				1.49	1.64	1.64				
	d ₄				125 nm	111 nm	62 nm				
各種	光線透過率	87.5 %	87.5 %	87.5 %	87.5 %	87.5 %	87.5 %	87.5 %	87.5 %	87.5 %	87.5 %
	T _g	135 °C	135 °C	135 °C	135 °C	135 °C	135 °C	135 °C	135 °C	135 °C	135 °C
ハレー波長 λ _{min}		465 nm	440 nm	490 nm	660 nm	645 nm	645 nm	445 nm	485 nm	700 nm	510 nm

10

20

30

40

いずれの実施例も、基準設計波長 406 nm における光線透過率 T が 90% 以下 (87.5%) と低く、白濁現象を誘起する青色レーザー光の吸収が比較的大きい樹脂から基材が形成されている。しかしながら、基材樹脂は 130 以上 (135) のガラス転移温度 T_g を有しているため、白濁の原因である酸化反応が急速に進むことがない。

【0042】

また、いずれの実施例の反射防止膜も、少なくとも 1 層の酸化シリコン層を含む多層膜として形成されており、100 nm 以上の膜厚を有している。特に、実施例 1 ~ 6 及び 9 においては 150 nm 以上の膜厚が確保され、更に実施例 3 ~ 6 においては 200 nm 以上と非常に厚い反射防止膜が形成されているため、基材への酸素の進入が極めて良好に防がれる。酸化シリコンから形成される高密度層の厚さの合計も、いずれも 80 nm 以上が確保されている。特に、実施例 2 では、酸化シリコン層の厚さの合計が 150 nm 以上あり、基材への酸素の進入が極めて良好に防がれる。

10

【0043】

対物レンズの C 面 41 には、いずれの実施例の光学面も適用することができる。特に、実施例 4 ~ 6 及び 9 は、パレー波長 λ_{min} が 600 ~ 800 nm の範囲内にあるため、十分な白濁防止効果が得られると共にリム強度の低下が有効に抑制される。

【0044】

対物レンズの D 面 42 には、実施例 1 ~ 3、7 ~ 8 及び 10 を適用することができる。これらの光学面は、パレー波長 λ_{min} が 430 ~ 600 nm (440 ~ 510 nm) の範囲内にあるため、透過率の落ち込みをある程度抑えながら反射防止膜の必要な膜厚が確保され、十分な白濁防止効果が得られる。

20

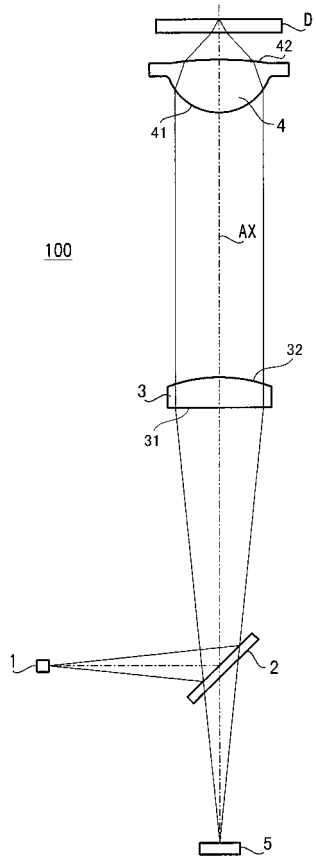
【符号の説明】

【0045】

- 1 光源
- 2 ハーフミラー
- 3 コリメートレンズ
- 31 A 面
- 32 B 面
- 4 対物レンズ
- 41 第一面、C 面
- 42 第二面、D 面
- 5 受光部
- 100 光ピックアップ光学系 (光情報記録再生光学系)
- A X 基準軸
- D 光ディスク

30

【 図 1 】



フロントページの続き

(72)発明者 橋本 直人

東京都新宿区中落合 2 丁目 7 番 5 号 HOYA株式会社内

(72)発明者 滝島 俊

東京都新宿区中落合 2 丁目 7 番 5 号 HOYA株式会社内

Fターム(参考) 2K009 AA04 AA05 AA06 AA07 BB11 CC03 DD03 DD04

5D789 AA21 AA32 JA43 JA65 JB03 JB10 NA05