

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
 【部門区分】第 6 部門第 4 区分
 【発行日】平成 19 年 5 月 31 日 (2007.5.31)

【公開番号】特開 2004-335080 (P2004-335080A)
 【公開日】平成 16 年 11 月 25 日 (2004.11.25)
 【年通号数】公開・登録公報 2004-046
 【出願番号】特願 2004-119514 (P2004-119514)
 【国際特許分類】

G 1 1 B 7/22 (2006.01)

G 0 2 B 13/00 (2006.01)

G 0 2 B 13/18 (2006.01)

G 1 1 B 7/135 (2006.01)

【F I】

G 1 1 B 7/22

G 0 2 B 13/00

G 0 2 B 13/18

G 1 1 B 7/135 A

【手続補正書】
 【提出日】平成 19 年 4 月 10 日 (2007.4.10)
 【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲
 【補正対象項目名】全文
 【補正方法】変更
 【補正の内容】
 【特許請求の範囲】
 【請求項 1】

所定形状に予備成形し、加熱軟化した状態の成形素材を、対向する成形面を有する上下一対の金型を用いてプレス成形することを含む、光情報記録・再生用の対物レンズの製造方法において、

前記対物レンズは、第 1 面に凸非球面を有し且つ開口数 NA が、

$NA = 0.8$

を満たすレンズであり、

r を半径とする球形状の成形素材を用い、該成形素材を上下一対の金型間で押圧することによって成形面形状を転写する工程を含むとともに、

前記凸非球面の近軸曲率半径 R は、

$r/R = 1.35$

なる条件を満足することを特徴とする対物レンズの製造方法。

【請求項 2】

前記 r および前記凸非球面の近軸曲率半径 R が、

$1.0 < r/R < 1.3$

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の製造方法。

【請求項 3】

前記成形面と前記成形素材との間に生じる空間の最大高さを h としたとき、当該 h に相当する距離分を前記上下の金型が接近する間の押圧速度を 1mm/sec 以下として押圧することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の対物レンズの製造方法。

【請求項 4】

前記成形素材の温度が、少なくともガラス表面において、ガラス粘度で $10^{6.5} \sim 10^{8.5}$ ポアズ相当であるときに、前記成形素材を押圧することを特徴とする請求項 1 ~ 請

求項 3 のうちのいずれか 1 項に記載の対物レンズの製造方法。

【請求項 5】

前記対物レンズは、基準波長に対する光学倍率がゼロであることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 4 のうちのいずれか 1 項に記載の対物レンズの製造方法。

【請求項 6】

前記対物レンズの焦点距離を f (mm) とするとき、

$$0.5 \leq f \leq 2.1$$

を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 5 のうちのいずれか 1 項に記載の対物レンズの製造方法。

【請求項 7】

前記対物レンズは、基準波長における、軸上波面収差が 0.04 rms 以下であることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 6 のうちのいずれか 1 項に記載の対物レンズの製造方法。

【請求項 8】

前記対物レンズは、屈折率 n が 1.65 以上、アッペ数 d が 40 以上、そして屈伏点 TS が 650 以下の光学ガラスからなることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 7 のうちのいずれか 1 項に記載の対物レンズの製造方法。

【請求項 9】

第 1 面に凸非球面を有し且つ開口数 NA が

$$NA \geq 0.8$$

を満たす光情報記録・再生用の対物レンズであって、

前記対物レンズの体積を V とするとき、

$$(4/3) \pi r^3 = V$$

を満たす r が、前記凸非球面の近軸曲率半径 R との間で、

$$1.0 \leq r/R \leq 1.35$$

なる関係を満足するモールドプレスレンズであることを特徴とする対物レンズ。

【請求項 10】

比重が $2.20 \sim 4.70 \text{ g/cm}^3$ の光学ガラスからなることを特徴とする請求項 9 に記載の対物レンズ。

【請求項 11】

体積が $0.3 \sim 2.5 \text{ mm}^3$ であることを特徴とする請求項 9 または 10 に記載の対物レンズ。

【請求項 12】

屈伏点 TS が 650 以下の光学ガラスをプレス成形して形成されたことを特徴とする請求項 9 ~ 請求項 11 のうちのいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

【請求項 13】

基準波長を $400 \sim 450 \text{ nm}$ としたとき、当該基準波長における屈折率 n が 1.65 以上であり、かつアッペ数 d が 40 以上であることを特徴とする請求項 9 ~ 請求項 12 のうちのいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

【請求項 14】

基準波長が $400 \sim 450 \text{ nm}$ としたとき、当該基準波長における画角 0.5° における軸外波面収差が 0.05 rms 以下であることを特徴とする請求項 9 ~ 請求項 13 のうちのいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0006】

本発明は、上述した事情に鑑みてなされたもので、モールド非球面単レンズからなる光

情報記録・再生用の対物レンズにおけるレンズ収差の抑制およびレンズの製造性を両立させて、優れた光学特性を確保し、且つ金型の成形面を加工する型加工の段階およびレンズ製造段階のプレス成形などにおいて高い生産効率を得ることを可能とする対物レンズおよびその製造方法を提供することを目的としている。

すなわち、本発明の請求項 1 の目的は、特に、プリフォームと金型間に気体が閉じ込められたまま成形されることを効果的に防止し、面精度の高いレンズを成形することを可能とする対物レンズの製造方法を提供することにある。

また、本発明の請求項 2 の目的は、特に、製造性を一層向上し且つ軸外収差および色収差を一層改善することを可能とする対物レンズの製造方法を提供することにある。

本発明の請求項 3 の目的は、特に、プレス成形の際に、成形面と成形素材の間に気体が閉じ込められる現象を防止し得る対物レンズの製造方法を提供することにある。

本発明の請求項 4 の目的は、特に、熱間成形により優れた形状の光学素子と効率よく成形することが可能な対物レンズの製造方法を提供することにある。

本発明の請求項 5 の目的は、特に、少なくとも基準波長についての無限系レンズとして用いるのに好適な対物レンズの製造方法を提供することにある。

本発明の請求項 6 の目的は、特に、作動距離を確保し、軸外の画角収差、色収差、さらにはレンズ重量の増大をも効果的に抑制することを可能とする対物レンズの製造方法を提供することにある。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0007】

本発明の請求項 7 の目的は、特に、当該レンズを用いる光ピックアップ等の組立てをさらに容易にすることを可能とする対物レンズの製造方法を提供することにある。

本発明の請求項 8 の目的は、特に、レンズ曲面の曲率を極端に強くすることなく、高い屈折力を得ることができ、且つ金型成形面の精密加工が比較的容易で、色収差を効果的に低減させることができるとともに、金型素材の選択も容易な対物レンズの製造方法を提供することにある。

そして、本発明の請求項 9 の目的は、特に、プリフォームと金型間に気体が閉じ込められたまま成形されることを効果的に防止し、面精度の高いレンズを提供することにある。

本発明の請求項 10 の目的は、特に、レンズを軽量化し、光ピックアップの駆動電力を小さくすることが可能な対物レンズを提供することにある。

本発明の請求項 11 の目的は、特に、対物レンズの駆動の過度の負荷がかからず、正常な動作を維持でき、高精度のレンズを提供することにある。

本発明の請求項 12 の目的は、特に、成形温度を低くすることにより、レンズをプレス成形する際に用いる金型について、十分な剛性を有する金型素材の選択が容易となるようなレンズを提供することにある。

本発明の請求項 13 の目的は、特に、金型成形面の精密加工が比較的容易になると共に、色収差を低減化し得る対物レンズを提供することにある。

本発明の請求項 14 の目的は、特に、光ピックアップユニットの組立てが容易な対物レンズを提供することにある。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0008】

請求項 1 に記載した本発明に係る対物レンズの製造方法は、上述した目的を達成するた

めに、所定形状に予備成形し、加熱軟化した状態の成形素材を、対向する成形面を有する上下一対の金型を用いてプレス成形することを含む、光情報記録・再生用の対物レンズの製造方法において、

前記対物レンズは、第1面に凸非球面を有し且つ開口数NAが、

$$NA = 0.8$$

を満たすレンズであり、

rを半径とする球形状の成形素材を用い、該成形素材を上下一対の金型間で押圧することによって成形面形状を転写する工程を含むとともに、

前記凸非球面の近軸曲率半径Rは、

$$r/R = 1.35$$

なる関係を満足することを特徴としている。

請求項2に記載した本発明に係る対物レンズの製造方法は、請求項1の対物レンズの製造方法において、

前記rおよび前記凸非球面の近軸曲率半径Rが、

$$1.0 \leq r/R \leq 1.3$$

を満足することを特徴としている。

請求項3に記載した本発明に係る対物レンズの製造方法は、請求項1または2の製造方法において、前記成形面と前記成形素材との間に生じる空間の最大高さをhとしたとき、当該hに相当する距離分を前記上下の金型が接近する間の押圧速度を1mm/sec以下として押圧することを特徴としている。

請求項4に記載した本発明に係る対物レンズの製造方法は、請求項1～3のうちの何れか1項に記載の製造方法において、前記成形素材の温度が、少なくともガラス表面において、ガラス粘度で $10^{6.5} \sim 10^{8.5}$ ポアズ相当であるときに、前記成形素材を押圧することを特徴としている。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0009】

請求項5に記載した本発明に係る対物レンズの製造方法は、請求項1～請求項4のうちのいずれか1項の対物レンズの製造方法において、前記対物レンズは、基準波長に対する光学倍率がゼロであることを特徴としている。

請求項6に記載した本発明に係る対物レンズの製造方法は、請求項1から請求項5のうちのいずれか1項の対物レンズの製造方法において、前記対物レンズの焦点距離をf(mm)とすると、

$$0.5 \leq f \leq 2.1$$

を満足することを特徴としている。

請求項7に記載した本発明に係る対物レンズの製造方法は、請求項1から請求項6のうちのいずれか1項の対物レンズの製造方法において、前記対物レンズは、基準波長における、軸上波面収差が0.04rms以下であることを特徴としている。

請求項8に記載した本発明に係る対物レンズの製造方法は、請求項1から請求項7のうちのいずれか1項の対物レンズの製造方法において、前記対物レンズは、屈折率nが1.65以上、アッペ数dが40以上、そして屈伏点TSが650以下の光学ガラスからなることを特徴としている。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 0 0 1 0 】

請求項 9 に記載した本発明に係る対物レンズは、上述した目的を達成するために、第 1 面に凸非球面を有し且つ開口数 NA が

$$NA \quad 0.8$$

を満たす光情報記録・再生用の対物レンズであって、

前記対物レンズの体積を V とするとき、

$$(4/3) \quad r^3 = V$$

を満たす r が、前記凸非球面の近軸曲率半径 R との間で、

$$1.0 \quad r/R \quad 1.35$$

なる関係を満足するモールドプレスレンズであることを特徴としている。

請求項 10 に記載した本発明に係る対物レンズは、請求項 9 に記載の対物レンズにおいて、比重が $2.20 \sim 4.70 \text{ g/cm}^3$ の光学ガラスからなることを特徴としている。

請求項 11 に記載した本発明に係る対物レンズは、請求項 9 または 10 の対物レンズにおいて、体積が $0.3 \sim 25 \text{ mm}^3$ であることを特徴としている。

請求項 12 に記載した本発明に係る対物レンズは、請求項 9 ～ 請求項 11 の対物レンズにおいて、屈伏点 T_s が 650 以下の光学ガラスをプレス成形して形成されたことを特徴としている。

請求項 13 に記載した本発明に係る対物レンズは、請求項 9 ～ 請求項 11 の対物レンズにおいて、基準波長を $400 \sim 450 \text{ nm}$ としたとき、当該基準波長における屈折率 n が 1.65 以上であり、かつアッペ数 d が 40 以上であることを特徴としている。

請求項 14 に記載した本発明に係る対物レンズは、請求項 9 ～ 請求項 13 の対物レンズにおいて、基準波長が $400 \sim 450 \text{ nm}$ としたとき、当該基準波長における画角 0.5° における軸外波面収差が 0.05 rms 以下であることを特徴としている。

【 手 続 補 正 7 】

【 補 正 対 象 書 類 名 】 明 細 書

【 補 正 対 象 項 目 名 】 0 0 1 2

【 補 正 方 法 】 変 更

【 補 正 の 内 容 】

【 0 0 1 2 】

また、本発明の請求項 2 による対物レンズの製造方法は、請求項 1 の対物レンズの製造方法において、前記球形素材半径 r および前記凸非球面の近軸曲率半径 R が、

$$1.0 \quad r/R \quad 1.3$$

を満足する。

このような構成により、特に、製造性を一層向上し且つ軸外収差および色収差を一層改善することが可能となる。

すなわち、量産時の成形サイクルタイムを過度に長くせず、良好な歩留で十分な光学性能を達成できる。

本発明の請求項 3 による対物レンズの製造方法は、請求項 1 または請求項 2 の対物レンズの製造方法において、前記成形面と前記成形素材との間に生じる空間の最大高さを h としたとき、当該 h に相当する距離分を前記上下の金型が接近する間の押圧速度を 1 mm/s 以下として押圧する。

このような構成により、特に、プレス成形の際に、成形面と成形素材の間に気体が閉じ込められるのを防止する。

本発明の請求項 4 による対物レンズの製造方法は、請求項 1 ～ 請求項 3 のうちのいずれか 1 項の対物レンズの製造方法において、前記成形素材の温度が、少なくともガラス表面において、ガラス粘度で $10^{6.5} \sim 10^{8.5}$ ポアズ相当であるときに、前記成形素材を押圧する。

このような構成により、特に、熱間成形により、優れた形状の光学素子を効率よく成形することができる。

本発明の請求項 5 による対物レンズの製造方法は、請求項 1 または請求項 4 の対物レン

ズの製造方法において、基準波長に対する前記対物レンズの光学倍率がゼロである。

このような構成により、特に、少なくとも基準波長についての無限系レンズとして用いるのに好適となる。

本発明の請求項 6 による対物レンズの製造方法は、請求項 1 ~ 請求項 5 のうちのいずれか 1 項の対物レンズの製造方法において、前記対物レンズの焦点距離を f (mm) とするとき、

$$0.5 \leq f \leq 2.1$$

を満足する。

このような構成により、特に、作動距離を確保し、軸外の画角収差、色収差、さらにはレンズ重量の増大をも効果的に抑制することが可能となる。

【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0013】

本発明の請求項 7 による対物レンズの製造方法は、請求項 1 ~ 請求項 6 のうちのいずれか 1 項の対物レンズの製造方法において、前記対物レンズが基準波長における、軸上波面収差を 0.04 rms 以下とする。

このような構成により、特に、当該レンズを用いる光ピックアップ等の組立てをさらに容易にすることが可能となる。

本発明の請求項 8 による対物レンズの製造方法は、請求項 1 ~ 請求項 7 のうちのいずれか 1 項の対物レンズの製造方法において、前記対物レンズが、屈折率 n が 1.65 以上、アッペ数 d が 40 以上、そして屈伏点 T_s が 650 以下の光学ガラスからなる。

このような構成により、特に、レンズ曲面の曲率を極端に強くすることなく、高い屈折力を得ることができ、且つ金型成形面の精密加工が比較的容易で、色収差を効果的に低減させることができるとともに、プレス成形条件および金型素材の選択も容易となる。

【手続補正 9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0014】

そして、本発明の請求項 9 による対物レンズは、第 1 面に凸非球面を有し且つ開口数 NA が

$$NA \geq 0.8$$

を満たす光情報記録・再生用の対物レンズであって、

前記対物レンズの体積を V とするとき、

$$(4/3) \pi r^3 = V$$

を満たす r が、前記凸非球面の近軸曲率半径 R との間で、

$$1.0 \leq r/R \leq 1.35$$

なる関係を満足するモールドプレスレンズである。

このようにすることにより、モールド非球面単レンズからなる光情報記録・再生用の対物レンズにおけるレンズ収差の抑制およびレンズの製造性を両立させて、優れた光学特性を確保し、且つレンズ製造に伴う型加工およびプレス成形などにおける高い生産効率を得ることができ、特に、プリフォームと金型間に気体が閉じ込められたまま成形されることを効果的に防止し、面精度の高いレンズを製造することが可能となる。

本発明の請求項 10 による対物レンズは、請求項 9 の対物レンズにおいて、比重が $2.20 \sim 4.70 \text{ g/cm}^3$ の光学ガラスからなる。

このような構成により、特に、レンズを軽量化し、光ピックアップの駆動電力を小さく

することが可能となる。

本発明の請求項 1 1 による対物レンズは、請求項 9 または 1 0 の対物レンズにおいて、
 体積が $0.3 \sim 25 \text{ mm}^3$ である。

このような構成により、特に、対物レンズの駆動に過度の負荷がかかわらず、正常な動作を維持することができ、延いては、高精度の対物レンズを提供することができる。

本発明の請求項 1 2 による対物レンズは、請求項 9 ~ 請求項 1 1 のうちのいずれか 1 項の対物レンズにおいて、屈伏点 T_s が 650 以下の光学ガラスをプレス成形して形成する。

このような構成により、特に、成形温度を低くできるため、レンズをプレス成形する際に用いる金型について、精密な鏡面加工を行うことができ且つ十分な剛性を有する金型素材の選択が容易となる。

本発明の請求項 1 3 による対物レンズは、請求項 9 ~ 請求項 1 2 のうちのいずれか 1 項の対物レンズにおいて、基準波長 を $400 \sim 450 \text{ nm}$ としたとき、当該基準波長 における屈折率 n が 1.65 以上であり、かつアッペ数 d が 40 以上である。

このように、屈折率を 1.65 以上とすることで、レンズ曲面の曲率を極端に強くすることなく、高度の屈折率を得られる為、金型成形面の精密加工が比較的容易になる。

また、アッペ数 d を 40 以上とすることで、色収差を低減することができる。

本発明の請求項 1 4 による対物レンズは、請求項 9 ~ 請求項 1 3 のうちのいずれか 1 項の対物レンズにおいて、基準波長 が $400 \sim 450 \text{ nm}$ としたとき、当該基準波長 における画角 0.5° における軸外波面収差が 0.05 rms 以下である。

このような構成により、特に、光ピックアップユニットの組立てが容易となる。

【手続補正 1 0】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 1 6

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 1 6】

また、本発明の請求項 2 の対物レンズの製造方法によれば、請求項 1 の対物レンズの製造方法において、前記球形素材半径 r および前記凸非球面の近軸曲率半径 R が、

$$1.0 < r/R < 1.3$$

を満足することにより、特に、製造性を一層向上し且つ軸外収差および色収差を一層改善することが可能となる。

すなわち、量産時の成形サイクルタイムを過度に長くせず、良好な歩留で十分な光学性能を達成できる。

本発明の請求項 3 による対物レンズの製造方法によれば、請求項 1 または請求項 2 の対物レンズの製造方法において、前記成形面と前記成形素材との間に生じる空間の最大高さを h としたとき、当該 h に相当する距離分を前記上下の金型が接近する間の押圧速度を 1 mm/sec 以下として押圧することにより、

特に、プレス成形の際に、成形面と成形素材の間に気体が閉じ込められる現象を防止することができる。

本発明の請求項 4 による対物レンズの製造方法によれば、請求項 1 ~ 請求項 3 のうちのいずれか 1 項の対物レンズの製造方法において、前記成形素材の温度が、少なくともガラス表面において、ガラス粘度で $10^6 \cdot 5 \sim 10^8 \cdot 5$ ポアズ相当であるときに、前記成形素材を押圧することにより、特に、熱間成形により、優れた形状の光学素子を効率よく成形することができる。

本発明の請求項 5 の対物レンズの製造方法によれば、請求項 1 ~ 請求項 4 のいずれか 1 項の対物レンズの製造方法において、対物レンズの基準波長に対する光学倍率がゼロであることにより、特に、少なくとも基準波長についての無限系レンズとして用いるのに好適となる。

本発明の請求項 6 の対物レンズの製造方法によれば、請求項 1 ~ 請求項 5 のうちのい

れか 1 項の対物レンズの製造方法において、前記対物レンズの焦点距離を f (mm) とするとき、

$$0.5 \leq f \leq 2.1$$

を満足することにより、特に、作動距離を確保し、軸外の画角収差、色収差、さらにはレンズ重量の増大をも効果的に抑制することが可能となる。

【手続補正 11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0017】

本発明の請求項 7 の対物レンズの製造方法によれば、請求項 1 ~ 請求項 6 のうちのいずれか 1 項の対物レンズの製造方法において、基準波長 λ_0 における、対物レンズの軸上波面収差を 0.04 rms 以下とすることにより、特に、当該レンズを用いる光ピックアップ等の組立てをさらに容易にすることが可能となる。

本発明の請求項 8 の対物レンズの製造方法によれば、請求項 1 ~ 請求項 7 のうちのいずれか 1 項の対物レンズの製造方法において、対物レンズが、屈折率 n が 1.65 以上、アッベ数 V_d が 40 以上、そして屈伏点 T_s が 650 以下の光学ガラスからなる構成とすることにより、特に、レンズ曲面の曲率を極端に強くすることなく、高い屈折力を得ることができ、且つ金型成形面の精密加工が比較的容易で、色収差を効果的に低減させることができるとともに、金型素材の選択も容易となる。

【手続補正 12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0018】

また、本発明の請求項 9 の対物レンズによれば、

第 1 面に凸非球面を有し且つ開口数 NA が

$$NA \geq 0.8$$

を満たす光情報記録・再生用の対物レンズであって、

前記対物レンズの体積を V とするとき、

$$(4/3) \pi r^3 = V$$

を満たす r が、前記凸非球面の近軸曲率半径 R との間で、

$$1.0 \leq r/R \leq 1.35$$

なる関係を満足することにより、モールド非球面単レンズからなる光情報記録・再生用の対物レンズにおけるレンズ収差の抑制およびレンズの製造性を両立させて、優れた光学特性を確保し、且つレンズ製造に伴う型加工およびプレス成形などにおける高い生産効率を得ることができ、特に、プリフォームと金型間に気体が閉じ込められたまま成形されることを効果的に防止し、面精度の高いモールドプレスレンズを製造することが可能となる。

本発明の請求項 10 による対物レンズによれば、請求項 9 の対物レンズにおいて、比重が $2.20 \sim 4.70 \text{ g/cm}^3$ の光学ガラスからなることにより、特に、レンズを軽量化し、光ピックアップの駆動電力を小さくすることができる。

本発明の請求項 11 による対物レンズによれば、請求項 9 または 10 の対物レンズにおいて、体積を $0.3 \sim 25 \text{ mm}^3$ とすることにより、特に、対物レンズの駆動に過度の負荷がかかわらず、正常な動作を維持することができ、延いては、高精度の対物レンズを提供することができる。

本発明の請求項 12 による対物レンズによれば、請求項 9 ~ 請求項 11 のうちのいずれか 1 項の対物レンズにおいて、屈伏点 T_s が 650 以下の光学ガラスをプレス成形して形成することにより、特に、成形温度を低くできるため、レンズをプレス成形する際に用い

る金型について、精密な鏡面加工を行うことができ且つ十分な剛性を有する金型素材の選択が容易となる。

本発明の請求項 13 による対物レンズによれば、請求項 9 ~ 請求項 12 のうちのいずれか 1 項の対物レンズにおいて、基準波長 λ を $400 \sim 450 \text{ nm}$ としたとき、当該基準波長 λ における屈折率を 1.65 以上とすることにより、レンズ曲面の曲率を極端に強くすることなく、高度の屈折率を得られる為、金型成形面の精密加工が比較的容易になり、また、アッペ数 d を 40 以上とすることにより、色収差を低減することができる。

本発明の請求項 14 による対物レンズによれば、請求項 9 ~ 請求項 13 のうちのいずれかの対物レンズにおいて、基準波長 λ が $400 \sim 450 \text{ nm}$ としたとき、当該基準波長 λ における画角 0.5° における軸外波面収差を 0.05 rms 以下とすることにより、特に、光ピックアップユニットの組立てが容易となる。

【手続補正 13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0020

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0020】

本発明の一つの実施の形態に係る光情報記録・再生用の対物レンズ 1 は、第 1 面に凸非球面を形成し、且つ開口数 NA が、

$$NA = 0.8$$

を満たすレンズである。この対物レンズ 1 は、第 2 面にも非球面を形成することが望ましいが、第 2 面は、凸非球面であっても凹非球面であっても良い。

そして、球形のプリフォーム PF を用いて成形するとき、その半径 r が、前記凸非球面の近軸曲率半径 R との間で、

$$r/R = 1.35$$

を満足するようにすることにより、プリフォーム PF と金型間に気体が閉じ込められたまま成形されることを防止し、面精度の高いレンズを成形することが可能である。

さらに、この半径比 r/R を 1.3 以下にすることにより、製造性が、一層向上する。また、より望ましくは、半径比 r/R を 1.0 以上とすれば、軸外収差および色収差を、さらに改善することができる。さらに好ましくは、 1.2 以下、 1.0 以上である。

【手続補正 14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0021

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0021】

本発明に係る対物レンズは、光学倍率をゼロとしており、無限系レンズとして用いることが望ましいが、使用する光学系に応じて、発散光を入射させる有限系レンズ等として用いるようにしても良い。特に、単一の光学系の対物レンズを用いて、複数の波長による記録・再生を行う場合など、一つの波長においては無限系、他の波長においては有限系に用いることも可能である。

また、焦点距離を f とするとき、作動距離を確保する上で、

$$0.5 \text{ (mm)} < f$$

であることが望ましい。また、

$$f > 2.1 \text{ (mm)}$$

では、軸外の画角収差および色収差が増大する上に、レンズ重量も増大するため、

$$f = 2.1 \text{ (mm)}$$

であることが望ましい。より望ましくは、

$$f = 1.8 \text{ (mm)}$$

であり、さらに望ましくは、

$f = 1.2 \text{ (mm)}$

である。

【手続補正 15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0023

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0023】

本発明に係る対物レンズ1は、ガラスまたは樹脂等の光学素材により成形され、使用する光学素材としては、例えば、予め所定形状および重量に予備成形した、球形状のガラスプリフォームPFが好適である。この場合、使用されるプリフォームPFの光学特性として、基準波長における屈折率 n は、1.65以上であり、望ましくは1.7以上である。このような屈折率を選択することにより、レンズ曲面の曲率を極端に強くすることなく、高度の屈折力を得ることができるため、金型成形面を、研削および研磨加工などの精密加工によって形成する際に比較的加工が容易であり、有利である。アッペ数 d は、望ましくは40以上であり、さらには50以上であることが、レンズの色収差を低減させる上で望ましい。さらに、本発明に係る対物レンズ1には、比重 $2.20 \sim 4.70 \text{ g/cm}^3$ の光学ガラスを用いることが望ましい。これは、比重を小さくすることによって光ピックアップの駆動電力を小さくすることができるからである。また、ガラスの屈伏点 T_s は過度に高いと、成形温度が高くなるため、精密な鏡面加工を行なうことができず且つ十分な剛性を有する金型素材の選択が困難になる。したがって、屈伏点 T_s は650以下であることが望ましい。さらに、ガラスの液相温度 L_T が適切な範囲にあると、所望の体積をもった球形のガラスプリフォームを熱間成形によって準備することが可能である。十分な体積精度を確保するため、液相温度 L_T は、1000未満であることが望ましい。なお、ガラスプリフォームは、冷間で加工してもよいが、熱間成形を行なうようにすると、生産工程を短縮することができるので、有利である。因みに、熱間成形とは、溶融ガラスを滴下又は流下することによって形成する方法、冷間加工とは、カットしたガラスを研磨して成形する方法をいうものとする。