



- (51) 国際特許分類 :
G11B 7/135 (2006.01) G02B 13/08 (2006.01)
G02B 13/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号 : PCT/JP201 1/063962
- (22) 国際出願日 : 201 1 年 6 月 17 日 (17.06.201 1)
- (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 2010-154943 2010 年 7 月 7 日 (07.07.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について):マ
クセルファインテック株式会社 (MAXELL
FINETECH LTD.) [JP/JP]; 〒9892383 宮城県亘理郡
亘理町逢隈田沢字神明42の2 Miyagi (JP).
- (72) 発明者 ;および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ):水口 麻美
(MIZUGUCHI, Asam i) [JP/JP]; 〒9892383 宮城県亘
理郡亘理町逢隈田沢字神明42の2 マクセル
ファインテック株式会社内 Miyagi (JP). 杉
靖幸 (SUGI, Yasuvuki) [JP/JP]; 〒9892383 宮城県亘
理郡亘理町逢隈田沢字神明42の2 マクセル
ファインテック株式会社内 Miyagi (JP).
- (74) 代理人 :特許業務法人第一国際特許事務所
(Patent Corporate Body Dai-ichi Kokusai Tokkyo
Jimusho); 〒1080014 東京都港区芝4丁目10番
5号 ダヴィンチ田町 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, 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,
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, PE, PG, PH, PL,
PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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).

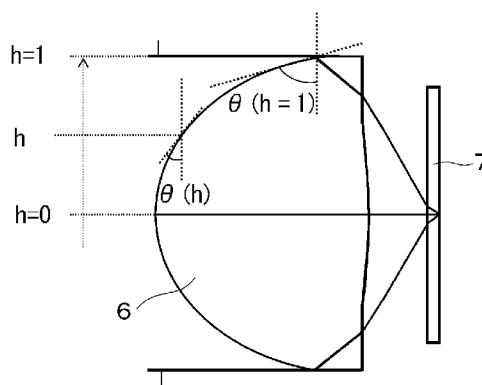
[続葉有]

(54) Title: OPTICAL PICKUP LENS AND OPTICAL PICKUP DEVICE

(54) 発明の名称 :光ピックアップ対物レンズ及び光ピックアップ装置

[図7]

図7



(57) Abstract: With regard to a plastic optical pickup lens having a numerical aperture (NA) of at least 0.84 and provided with annular zone steps to improve temperature characteristics, an optical pickup lens and an optical pickup device are provided with which appropriately-sized light spots can be formed at depth positions of three or more information recording surfaces without producing higher-order spherical aberrations to the greatest extent possible, even when the thickness of a disk has changed. The tangent angle $\Theta(h)$, the tangent angle approximation ϕ , and the normalized beam height h of the optical pickup lens satisfy the following conditional expression: $-1 < \text{tangent angle } \Theta(h) - (\text{tangent angle approximation } \phi \times \text{normalized beam height } h) < +1$. However, the tangent angle $\Theta(h)$ is the tangent angle ($^\circ$) when the beam height is h , the tangent angle approximation ϕ is the value of the angle ($^\circ$) when $h = 1$ when each point of the tangent angle $\Theta(h)$ has been obtained by linear approximation, and the normalized beam height h is the value obtained by normalizing the outermost circumference of the effective diameter of the lens to 1.

(57) 要約 :

[続葉有]





添付公開書類：

- 国際調査報告 (条約第 21 条⁽³⁾)

温度特性改善のための輪帯段差を設けた開口数 NA が 0.84 以上のプラスチック製光ピックアップ対物レンズにおいて、ディスク厚が変化した場合にも、高次球面収差をできる限り発生させることなく、適切なサイズの光スポットを 3 個以上の各情報記録面の深さ位置に形成することができる光ピックアップ対物レンズ及び光ピックアップ装置を提供する。光ピックアップ対物レンズの接線角 $\theta(h)$ と近似接線角 ϕ と規格化光線高さ h とが以下の条件式を満足する。 $-1 < \text{接線角 } \theta(h) - (\text{近似接線角 } \phi \times \text{規格化光線高さ } h) < +1$ 、但し、接線角 $\theta(h)$ は、光線高さ h の時の接線角 (°)、近似接線角 ϕ は、接線角 $\theta(h)$ の各点を線形近似した時の $h = 1$ の時の角度 (°) の値、規格化光線高さ h は、レンズ有効径の最外周を 1 に規格化した値である。

明 細 書

発明の名称 : 光ピックアップ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、光記録媒体（光ディスク）の情報を記録再生する光情報再生装置に搭載される光ピックアップ装置用の対物レンズに関し、特に、3層以上の複数の情報記録層を有する光ディスクに使用したときでも、波面収差の劣化が小さく、且つ、各情報記録層に適切なサイズの光スポットを形成することができるプラスチック製の光ピックアップ対物レンズの構造、およびこの光ピックアップ対物レンズを搭載した光ピックアップ装置に関する。

背景技術

[0002] 青紫色レーザーを使った記録容量25GBの高密度光ディスクのブルーレイディスク（Blu-ray disc：登録商標）では更なる高容量化のため、情報記録層を2層もつタイプ、いわゆる2層ディスクが製品化されている。

[0003] これは光ディスクのカバー層表面から0.075mmと0.100mmの深さに2層の情報記録層を設けることで、50GBもの記録容量を達成している。一般的に、Blu-ray用の光ピックアップ装置に搭載する光ピックアップ対物レンズは、2層ディスクに対応するため、カバー層の厚みを情報記録層の中間の0.0875mmに焦点を結ぶように設計される。

[0004] この光ピックアップ対物レンズを使って、各層を記録再生する場合、カバー層の厚みが設計の厚みと異なる場合には、波面収差が発生してしまう。これを補正するためにコリメータに可動機構を設けて、光ピックアップ対物レンズに入射する光束の物体距離を変えることで波面収差を補償している。

[0005] また、Blu-ray用の光ピックアップ対物レンズは開口数NAが0.85と大きく、材料にプラスチックを使うと周囲温度が変化したときの屈折率変化が大きい為、波面収差が増大してしまう。

[0006] 特に、近年ではさらなる記憶容量増大の為、カバーガラス厚みが2層以上

ある多層ディスクが開発されている。これはカバー層厚みが0.05mmから0.1mmと今までよりも2倍広くなっており、ディスク厚変化による波面収差が2層ディスクに比べ、2倍程度大きくなる事が懸念される。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1 :特許4 1 9 3 9 1 4 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 一般に、対物レンズを2層ディスクに使用する場合には、3次球面収差をキャンセルする為にカバー層厚み0.075mmでは収束光、0.1mmでは発散光が使用されるが、この時、高次球面収差（以下、高次球面収差は $(SA_5^2 + SA_7^2 + SA_9^2 + SA_{11}^2)$ を示す）はキャンセルする事が出来ない事が知られている。

[0009] 特許文献1の実施例についての波面収差計算結果とスポット径計算結果を図1～3に記載した。

[0010] 図1は、従来例1（特許文献1の実施例2）の計算結果を示している。従来例1におけるカバー層表面から0.075mmと0.1mmの深さの位置の高次球面収差について計算したところ、0.075mmで7.3m rms、0.1mmで5.5m rmsとなった。

[0011] これを多層ディスクとして仮定し、設計ディスク厚み0.0875mmから0.025mmずれた0.0625mmと0.1125mmで計算してみたところ、0.0625mmでは13.4m rms、0.1125mmでは11.8m rmsとなった。平均値は12.6m rmsであり、高次球面収差が発生している。

[0012] 図2は、従来例2（特許文献1の実施例3）の計算結果を示している。従来例2におけるカバー層表面から0.075mmと0.1mmの深さの位置の高次球面収差について計算したところ、0.075mmで7.6m rms

s、0.1mmで6.9m rms となった。

[001 3] これを多層ディスクとして仮定し、設計ディスク厚み0.0875mmから0.025mmずれた0.0625mmと0.1125mmで計算してみたところ、0.0625mmでは14.4m rms、0.1125mmでは13.8m rms となった。平均値は14.1m rms であり、高次球面収差が発生している。

[0014] このように、複数層あるディスクでは高次球面収差の劣化がおこる。特にプラスチックレンズの場合には温度特性を改善する方法として、例えば特許文献1では輪帯をつける事で温度特性を改善する方法が提案されているが、このような輪帯がついた場合には、カバー層厚みが増えた場合に高次球面収差の発生量が大きくなる。また、屈折率が1.52以下のレンズでは更に設計が困難になりカバー層厚みが増えた時の高次球面収差発生量が大きくなる。

[001 5] 本発明の目的は、温度特性改善のための輪帯段差を設けた開口数NAが0.84以上のプラスチック製の光ピックアップ対物レンズにおいて、ディスク厚が増えた場合にも、高次球面収差をできる限り発生させることなく、適切なサイズの光スポットを各情報記録面の深さ位置に形成することができる光ピックアップ対物レンズ及び光ピックアップ装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[001 6] 図5に本発明にかかわる光ピックアップ対物レンズ6の一例を示す。図5に示すように、本発明にかかわる光ピックアップ対物レンズ6の少なくとも一方の面には、同心の大きさの異なる複数の輪帯9からなる輪帯構造が形成される。そして、各輪帯構造のとなり合う輪帯間には段差が形成されている。この段差により、それぞれの輪帯を透過する光束間に位相差が生じる。

[001 7] 光ピックアップ対物レンズの設計においては、透過したレーザー光の位相が隣接する輪帯間において波長単位で異なるように設定されている。すなわち、設計と同条件でレーザー光が光ピックアップ対物レンズ6に入射する場

合、各輪帶領域 9 を透過したレーザー光の位相は相互に波長の整数倍だけ異なる。

[001 8] したがって、光ピックアップ対物レンズ 6 から出射したレーザー光には位相差が発生せず光ピックアップ対物レンズ 6 から出射されるレーザー光の収差は、段差が形成されていない光ピックアップ対物レンズから出射されるレーザー光の収差とほぼ同じとなる。

[001 9] 一方、周辺温度が変化し、波長が変化したレーザー光が光ピックアップ対物レンズ 6 に入射する場合、各輪帶領域 9 を透過したレーザー光の位相の違いは波長の整数倍とならない。したがって、波長が変化した場合には、異なる輪帶領域 9 を透過したレーザー光に位相差が発生する。そしてこの位相差は、周辺温度が変化したことによって発生する収差を低減するような大きさとなっている。

[0020] さらに、周辺温度が変化した場合の収差を小さくするため、各輪帯 9 は設計での波面収差と周辺温度が変化した場合のバランスをとるように、異なる面形状に最適化されている。

[0021] 一般に、カバー層厚が設計からずれた場合にはコリメータレンズの位置の調整をすることで波面収差を抑える事がおこなわれている。その為、カバー層厚みが設計からずれた場合には光ピックアップ対物レンズ 6 に入射するレーザー光は発散光や収束光となっている。

[0022] 発散する光や収束する光が光ピックアップ対物レンズ 6 に入射した場合に 3 次球面収差はキャンセルする事が出来るが、高次球面収差は残ってしまう。

[0023] そこで、このような高次球面収差の発生が起これないための輪帯 9 の形状が満たすべき条件を見出した。その詳細な説明を行うために、先ず接線角の定義を説明する。図 6 は本発明における接線角の説明図である。接線角は図 6 における θ であり、光軸に垂直な面がレンズ面の交わる点での接線と、光軸に垂直な面のなす角度である。

[0024] 本発明では、

[数1]

数1

$$-1 < \text{接線角 } \theta_{(h)} - (\text{近似接線角 } \phi \times \text{光線高さ } h) < +1 \quad \dots (1)$$

を満足する面形状を設定することにより、多層ディスク7での各カバー層の厚みにおいても高次球面収差の発生を抑制する。

[0025] 但し、規格化光線高さ h は、レンズ有効径の最外周を1に規格化した値であり、接線角 $\theta(h)$ は、規格化光線高さ h の時の接線角 $(^\circ)$ 、近似接線角 ϕ は、接線角 $\theta(h)$ の各点を線形近似した時の $h=1$ の時の角度 $(^\circ)$ の値であり、詳細は図7に示すとおりである。接線角 $\phi(^\circ)$ が(1)式を満たさない領域では、ある半径での面形状が大きく異なっている為、発散する光や収束する光が入射した場合に屈折力に差ができ高次球面収差が発生させる。

[0026] 図3に従来例2の第2面の接線角をプロットした図を載せた。1式を満たさない場合の設計では、図3のように第2面の接線角は滑らかな曲線とならない。

[0027] 同様に、図4に従来例3の第2面の接線角をプロットした図を載せた。1式を満たさない場合の設計では、図4のように第2面の接線角は滑らかな曲線とならない。

[0028] このような第2面の形状をもったレンズでは、カバー層厚みが変わった事による球面収差を補正する為にコリメータの位置を変える事で発散する光や収束する光となった場合に第2面の到着地点が変わり屈折力の異なる形状の位置に当たる事で高次球面収差が発生する。

[0029] 逆に(1)式を満たす面形状となっている場合には、各半径での面形状に差がない為に、発散する光や収束する光が光ピックアップ対物レンズ6に入射した場合にも波面のズレによる高次球面収差が発生させることなく収束する。

さらに接線角 $\theta(h=1)$ は下記を満たす事が望ましい。

[数2]

数2

$$107 < \text{屈折率 } n \times \text{接線角 } \theta (h=1) < 113 \quad \text{--- (2)}$$

(2) 式を満足することで、近軸のNA（以下、「NAO」という。）とマージナル光線のNA（以下、「NAM」という。）がほぼ一致する。NAOとNAMが一致すると光線のバラツキが小さくなる為、高次球面収差の小さい、良好な光スポットを得ることができる。

[0030] なお、本発明での光スポットは、

[数3]

数3

$$0.96 < \text{スポット径比} < 1.04 \quad \text{... (3)}$$

を満足する光スポット径となることを特徴としている。

ここで、

スポット径比 = スポット径計算値 / スポット径理論値、

スポット径理論値 = $0.82 \times \text{ス/NAO}$ 、

で定義している。

[0031] さらに、焦点距離 f は

[数4]

数4

$$1.15 < f \quad \text{'... (4)}$$

とすることが望ましい。 $1.15 < f$ とすることが好ましい理由は、ワーキングディスタンスを確保することにある。

[0032] さらに、焦点距離 f が短いということは、光ピックアップ対物レンズ6の第一面と第二面の曲率半径 R が小さくなり、結果としてコバ厚が薄くなる。コバ厚が薄くなると、コバが割れるなどの不具合が発生し、光ピックアップ対物レンズ6の取り付けが困難になる。

[0033] また、式 (1)、(2) を同時に満たすような光ピックアップ対物レンズ6を設計することにより、カバー層厚みが 0.075 mm や 0.1 mm と異なる場合でも波面収差とスポット径が悪くならない光ピックアップ対物レンズ6の設計が可能となる

[0034] さらに、多層ディスク7のような、カバー層厚みが 0.05 mm から 0.1 mm と範囲が広く、情報記録面が3層以上の複数層形成されるディスク7においても波面収差とスポット径を劣化させることなく使用可能である。

[0035] 本発明の光ピックアップ対物レンズは、複数の情報記録面をもつ光情報記録媒体に情報の記録及び再生を行う光ピックアップ装置に搭載される開口数 0.84 以上のプラスチック製の光ピックアップ対物レンズであって、当該光ピックアップ対物レンズは少なくとも一面が輪帯形状となっており、前記光ピックアップ対物レンズに、波長が $380\text{ nm} \sim 430\text{ nm}$ の青紫色レーザー光が入射して、接線角 $\theta(h)$ と近似接線角 ϕ と規格化光線高さ h とが以下の条件式を満足することを特徴とする。

[数5]

数1

$$-1 < \text{接線角 } \theta(h) - (\text{近似接線角 } \phi \times \text{光線高さ } h) < +1 \quad \dots(1)$$

但し、接線角 $e(h)$ は、光線高さ h の時の接線角 (e) 、近似接線角 ϕ は、接線角 $e(h)$ の各点を線形近似した時の $h = 1$ の時の角度 (e) の値、規格化光線高さ h は、レンズ有効径の最外周を1に規格化した値である。

[0036] 本発明の光ピックアップ対物レンズは、更に、屈折率 n と接線角 $\theta(h = 1)$ が、以下の式を満足することを特徴とする。

[数6]

数2

$$107 < \text{屈折率 } n \times \text{接線角 } \theta (h=1) < 113 \quad \dots (2)$$

[0037] 本発明の光ピックアップ対物レンズは、更に、スポット径比が、以下の式を満足することを特徴とする。

[数7]

数3

$$0.96 < \text{スポット径比} < 1.04 \quad \dots (3)$$

但し、スポット径比 = スポット径計算値 / スポット径理論値、(スポット径理論値 = $0.82 \times \lambda / \text{NA0}$)、NA0 は近軸での開口数であり、 λ は入射する光の波長である。

[0038] 本発明の光ピックアップ対物レンズは、更に、焦点距離 f (mm) が、以下の式を満足することを特徴とする。

[数8]

数4

$$1.15 < f \quad \dots (め)$$

[0039] また、本発明の光ピックアップ対物レンズは、3層以上の複数の情報記録面をもつ光情報記録媒体に情報の記録及び再生を行う光ピックアップ装置に搭載される開口数0.84以上のプラスチック製の光ピックアップ対物レンズであつて、当該光ピックアップ対物レンズは少なくとも一面が輪帯形状となっており、前記光ピックアップ対物レンズに、波長が380nm～430nmの青紫色レーザー光が入射して、接線角 θ (h)と近似接線角 ϕ と規格

化光線高さ h とが以下の条件式を満足することを特徴とする。

[数 9]

数 1

$$-1 < \text{接線角 } \theta_{(h)} - (\text{近似接線角 } \phi \times \text{光線高さ } h) < +1 \quad \dots (1)$$

但し、規格化光線高さ h は、レンズ有効径の最外周を 1 に規格化した値であり、接線角 $\theta_{(h)}$ は、規格化光線高さ h の時の接線角 ($^{\circ}$)、近似接線角 ϕ は、接線角 $\theta_{(h)}$ の各点を線形近似した時の $h = 1$ の時の角度 ($^{\circ}$) の値である。

[0040] 本発明の光ピックアップ装置は、上記の光ピックアップ対物レンズを搭載していることを特徴とする。

[0041] また、本発明の光ピックアップ装置は、カバー層厚みが 3 層以上であり、3 個以上の複数の情報記録面を備えた情報記録媒体を記録再生することができ、光ピックアップ装置であつて、上記の光ピックアップ対物レンズを搭載していることを特徴とする。

発明の効果

[0042] 本発明によれば、光ピックアップ対物レンズの波面収差、光スポットとともに向上することが出来る。

図面の簡単な説明

[0043] [図 1] 図 1 は、従来例 1 (特許文献 1 の実施例 2) にかかる計算結果である。

[図 2] 図 2 は、従来例 2 (特許文献 1 の実施例 3) にかかる計算結果である。

[図 3] 図 3 は、従来例 1 にかかる相対瞳座標と接線角の表と、R 1 面相対瞳座標と接線角のグラフと R 2 面 (光ピックアップ対物レンズの出射面) 側の規格化光線高さと接線角の関係を表した図である。

[図 4] 図 4 は、従来例 2 にかかる相対瞳座標と接線角の表と、R 1 面相対瞳座標と接線角のグラフと R 2 面 (光ピックアップ対物レンズの出射面) 側の規格化光線高さと接線角の関係を表した図である。

[図5] 図5は、本実施の形態にかかる光ピックアップ対物レンズの形状図である。

[図6] 図6は、本実施の形態にかかる、光ピックアップ対物レンズの接線角を説明した図である。

[図7] 図7は、本実施の形態にかかる、光ピックアップ対物レンズの記号の定義を説明した図である。

[図8] 図8は、光ピックアップ対物レンズのR1面の規格化光線高さとR2面の規格化光線高さを説明した図である。

[図9] 図9は、本実施形態にかかる光ピックアップ光学系1の一例を示す図である。

[図10] 図10は、本発明の実施例1にかかる対物レンズの非球面係数、曲率などを示す表である。

[図11] 図11は、本発明の実施例1にかかる結果である。

[図12] 図12は、本発明の実施例1にかかる相對瞳座標と接線角の表と、R1面相對瞳座標と接線角のグラフとR2面（光ピックアップ対物レンズの射出面）側の規格化光線高さと接線角の関係を表した図である。

[図13] 図13は、本発明の実施例2にかかる対物レンズの非球面係数、曲率などを示す表である。

[図14] 図14は、本発明の実施例2にかかる結果である。

[図15] 図15は、本発明の実施例2にかかる相對瞳座標と接線角の表と、R1面相對瞳座標と接線角のグラフとR2面（光ピックアップ対物レンズの射出面）側の規格化光線高さと接線角の関係を表した図である。

[図16] 図16は、本発明の実施例3にかかる対物レンズの非球面係数、曲率などを示す表である。

[図17] 図17は、本発明の実施例3にかかる結果である。

[図18] 図18は、本発明の実施例3にかかる相對瞳座標と接線角の表と、R1面相對瞳座標と接線角のグラフとR2面（光ピックアップ対物レンズの射出面）側の規格化光線高さと接線角の関係を表した図である。

[図19] 図19は、本発明の実施例4にかかる対物レンズの非球面係数、曲率などを示す表である。

[図20] 図20は、本発明の実施例4にかかる結果である。

[図21] 図21は、本発明の実施例4にかかる相對瞳座標と接線角の表と、R1面相對瞳座標と接線角のグラフとR2面（光ピックアップ対物レンズの出射面）側の規格化光線高さと接線角の關係を表した図である。

[図22] 図22は、本発明の実施例5にかかる対物レンズの非球面係数、曲率などを示す表である。

[図23] 図23は、本発明の実施例5にかかる結果である。

[図24] 図24は、本発明の実施例5にかかる相對瞳座標と接線角の表と、R1面相對瞳座標と接線角のグラフとR2面（光ピックアップ対物レンズの出射面）側の規格化光線高さと接線角の關係を表した図である。

発明を実施するための形態

[0044] 次に、本発明の実施の形態にかかわる光ピックアップ装置について説明する。図8は、ブルーレイディスク（BD）7に対して適切に情報の記録、再生をおこなえ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。かかる光ピックアップ装置PU1は、光情報記録再生装置に搭載できる。

[0045] 光ピックアップ装置PU1は、BD7に対して情報の記録再生を行う場合に使用され380nm以上のレーザー光束を発光する。レーザー光の光路上にビームスプリッタ2が設けられている。ビームスプリッタ2及び1/4波長板3を透過することにより、円偏光に変換される。

[0046] 1/4波長板3から出射されたレーザー光の光路上にカップリングレンズ4が設けられている。カップリングレンズ4は、プラスチック素材またはガラス素材から形成され、カップリングレンズ4がアクチュエータにより光軸方向を動く事で適切な角度をもった光に広げられる。適切な角度とは一般的にディスク7に到達した時の波面収差が一番小さくなるように設定された角度である。

[0047] このようにして、カップリングレンズ4 を通過した光は、絞り5 を通過した後、輪帯構造9 をもった光ピックアップ対物レンズ6 に入射される。この時、本発明によれば、多層ディスク7 でのカバー層厚みが変化した場合にも高次球面収差を発生させないよう設計されている。

[0048] このように、適切なスポットを持った開口数NA 0.85 の光とした後、光ディスク7 の情報記録面に入射することになる。

[0049] 光ディスク7 の情報記録面で反射されたレーザー光は、光ピックアップ対物レンズ6 を介して光検出器8 に入射し、検出される。光検出器8 は、当該レーザー光を検出し、光電変換して出力信号を出力する。そして、光検出器8 の出力信号に基づいて、フォーカスエラー信号、トラックエラー信号、再生信号などを生成する。また、当該フォーカスエラー信号、トラックエラー信号、再生信号などを用いて、光ディスク7 の記録及び／又は再生を行う。

実施例 1

[0050] 次に、本発明にかかる実施例1 について説明する。図10 に示す表に、実施例1 にかかる光ピックアップ装置PU 1 の光ピックアップ対物レンズ6 の屈折率、中心厚、輪帯9 の幅、輪帯9 の段差量、非球面係数、曲率を示す。図10 に示す係数は後述する数式(5) の係数として用いられる。したがって、実施例1 にかかる光ピックアップ対物レンズ6 の面形状は図10 に示す係数を用いた数式(5) で表現される。

[数10]

数5

$$Z_j(h) = \frac{h^2}{1 + \sqrt{1 - (K + 1)C^2 h^2}} + Z_4 h^4 + Z_6 h^6 + A_4 h^8 + A_{10} h^{10} + A_8 h^{12} + A_{16} h^{14} + A_{16} h^{16} + \dots \quad (5)$$

但し、 Z_j は非球面形状、 h は光軸からの光線の高さ、 C は曲率、 K はコーン係数、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} 、 A_{12} 、 A_{14} 、 A_{16} はそれぞれ、4次から16次までの非球面係数である。なお、 $C = 1/R$ (R は曲率半径) である。

[0051] 図 11 に本発明の実施例 1 の結果を示す。屈折率は 1.50 と低い場合の例となっている。実施例 1 はカバー層厚み 0.075 mm での高次球面収差は 6.5 m rms、カバー層厚み 0.1 mm での高次球面収差は 6.7 m rms となっており、高次球面収差は十分小さくなっている。

[0052] また、カバー層厚み 0.075 mm でのスポット径は 0.393 μm 、カバー層厚み 0.0875 mm でのスポット径は 0.394 μm 、0.1 mm でのスポット径は 0.395 μm となっている。スポット径の理論値は 0.391 μm であるので、スポット径も十分小さくなっていることが分かる。

[0053] 本発明の実施例 1 では、光ディスク 7 の情報記録面を、カバー層厚み 0.075 mm、0.0875 mm、0.1 mm の位置に設けられた 3 層のブルーレイ光ディスクにおいても、各情報記録面に、高次球面収差は十分小さく、また、スポット径も十分小さく、良好に、ブルーレイのレーザー光を収束することができる。

[0054] また、光ディスク 7 の情報記録面を、カバー層厚み 0.075 mm、0.1 mm の位置に設けられた 2 層のブルーレイ光ディスクに適用し、中間の 0.0875 mm の位置に焦点を合わせる場合にも、焦点の位置が変動しても、各情報記録面において、波面収差は十分小さく、また、スポット径も十分小さく、良好に、ブルーレイのレーザー光を収束することができる。

[0055] このような設計では、図 11 に示す通り、光線高さ h と接線角 $\theta(h)$ は、

[数 11]

数 1

$$-1 < \text{接線角 } \theta(h) - (\text{近似接線角 } \phi \times \text{光線高さ } h) < +1 \quad \dots(1)$$

を満たすような直線となるよう設計されている。

[0056] さらに、この時の有効径での接線角 $\theta(h=1)$ は 73.687 度 ($^\circ$) であり、屈折率 n は 1.50 なので、屈折率 $n \times \text{接線角 } \theta(h=1)$ は 110.5305 となり、

[数 12]

数2

$$107 < \text{屈折率 } n_x \text{ 接線角 } \theta (h=1) < 113 \quad \cdots (2)$$

を満足する光ピックアップ対物レンズとなっている。

[0057] 図 12 は、実施例 1 にかかる R2 面（光ピックアップ対物レンズの出射面）側の規格化光線高さと接線角の関係を表した図である。図 12 の横軸は、図 8 の B 点で示される R2 面（光ピックアップ対物レンズの出射面）側の規格化光線高さ 1 に対する相対的な規格化光線高さを示し、図 12 の縦軸は R2 面の接線角を示している。

[0058] 実施例 1 においては、R2 の接線角 $\theta(i)$ は、光ピックアップレンズ 6 の中央部から、規格化光線高さが増加するにつれて増加し、その後、光ピックアップレンズ 6 のレンズ周辺に向かってなだらかに接線角 $\theta(i)$ が減少していく曲線となる。

実施例 2

[0059] 次に、本発明にかかる実施例 2 について説明する。図 13 に示す表に、実施例 2 にかかる光ピックアップ装置 PU1 の光ピックアップ対物レンズ 6 の屈折率、中心厚、輪帯 9 の幅、輪帯 9 の段差量、非球面係数、曲率を示す。図 13 に示す係数は上述の数式 (5) の係数として用いられる。したがって、実施例 2 にかかる光ピックアップ対物レンズ 6 の面形状は図 13 に示す係数を用いた数式 (5) で表現される。

[0060] 図 14 に実施例 2 の結果を示す。実施例 2 はカバー層厚み 0.075 mm での高次球面収差は 5.1 m rms、0.1 mm での高次球面収差は 4.4 m rms となっており、高次球面収差は十分小さくなっている。

[0061] また、カバー層厚み 0.075 mm でのスポット径は 0.393 μm 、0.1 mm でのスポット径は 0.395 μm となっている。スポット径の理論値は 0.391 μm であるので、スポット径も十分小さくなっていることが

分かる。

[0062] 本発明の実施例 2 では、光ディスク 7 の情報記録面を、カバー層厚み 0.075 mm、0.0875 mm、0.1 mm の位置に設けられた 3 層のブルーレイ光ディスクにおいても、各情報記録面に、高次球面収差は十分小さく、また、スポット径も十分小さく、良好に、ブルーレイのレーザー光を収束することができる。

[0063] また、光ディスク 7 の情報記録面を、カバー層厚み 0.075 mm、0.1 mm の位置に設けられた 2 層のブルーレイ光ディスクに適用し、中間の 0.0875 mm の位置に焦点を合わせる場合にも、焦点の位置が変動しても、各情報記録面において、高次球面収差は十分小さく、また、スポット径も十分小さく、良好に、ブルーレイのレーザー光を収束することができる。

[0064] 本実施例でも図 15 に示す通り、光線高さ h と接線角 $\theta(h)$ は、

[数 13]

数 1

$$-1 < \text{接線角 } \theta(h) - (\text{近似接線角 } \phi \times \text{光線高さ } h) < +1 \quad \cdots (1)$$

を満たすような直線となるように設計されている。

[0065] さらに、この時の有効径での接線角 $\theta(h=1)$ は 72.744 度であり、屈折率 n は 1.52 なので、接線角 $\times$ 屈折率は 110.571 となり、

[数 14]

数 2

$$107 < \text{屈折率 } n \times \text{接線角 } \theta(h=1) < 113 \quad \cdots (2)$$

を満足するレンズとなっている。

[0066] 図 15 は、実施例 2 にかかる R2 面（光ピックアップ対物レンズの出射面）側の規格化光線高さと接線角の関係を表した図である。図 15 の横軸は、図 8 の B 点で示される R2 面（光ピックアップ対物レンズの出射面）側の規

規格化光線高さ 1 に対する相対的な規格化光線高さを示し、図 15 の縦軸は R2 面の接線角を示している。

[0067] 実施例 2 においても、R2 の接線角 $\theta(i)$ は、光ピックアップレンズ 6 の中央部から、規格化光線高さが増加するにつれて増加し、その後、光ピックアップレンズ 6 のレンズ周辺に向かってなだらかに接線角 $\theta(i)$ が減少していく曲線となる。

実施例 3

[0068] 次に、本発明にかかる実施例 3 について説明する。本実施例は多層ディスクに使用されるものであり、カバー層厚みは 0.05 mm から 0.1 mm の範囲である。本実施例ではカバー層厚み 0.05 mm から 0.1 mm の中間カバー層厚みである 0.075 mm で設計されている。

[0069] 図 16 に示す表に、実施例 3 にかかる光ピックアップ装置 PU1 の光ピックアップ対物レンズ 6 の屈折率、中心厚、輪帯 9 の幅、輪帯 9 の段差量、非球面係数、曲率を示す。図 16 に示す係数は後述する数式 (5) の係数として用いられる。したがって、実施例 3 にかかる光ピックアップ対物レンズ 6 の面形状は図 16 に示す係数を用いた数式 (5) で表現される。

[0070] 図 17 に実施例 3 の結果を示す。実施例 3 では、カバー層厚み 0.05 mm での高次球面収差は $12.6 \text{ m}\lambda \text{ rms}$ 、0.0625 mm での波面収差高次球面収差は $5.6 \text{ m}\lambda \text{ rms}$ 、0.075 mm での高次球面収差は $0.0 \text{ m}\lambda \text{ rms}$ 、0.0875 mm での高次球面収差は $4.8 \text{ m}\lambda \text{ rms}$ 、0.1 mm での高次球面収差は $9.3 \text{ m}\lambda \text{ rms}$ となっており、高次球面収差は十分小さくなっている。

[0071] カバー層厚み 0.05 mm でのスポット径は $0.393 \mu\text{m}$ 、0.0625 mm でのスポット径は $0.394 \mu\text{m}$ 、0.075 mm でのスポット径は $0.394 \mu\text{m}$ 、0.0875 mm でのスポット径は $0.396 \mu\text{m}$ 、0.1 mm でのスポット径は $0.396 \mu\text{m}$ となっている。スポット径の理論値は $0.391 \mu\text{m}$ であるので、スポット径も十分小さくなっていることが分かる。

[0072] 本発明の実施例 3 では、光ディスク 7 の情報記録面を、カバー層厚み 0.05 mm、0.0625 mm、0.075 mm、0.0875 mm、0.1 mm の位置に設けられた 5 層のブルーレイ光ディスクにおいても、各情報記録面に、高次球面収差は十分小さく、また、スポット径も十分小さく、良好に、ブルーレイのレーザー光を収束することができる。

[0073] また、光ディスク 7 の情報記録面を、カバー層厚み 0.05 mm、0.075 mm、0.1 mm の位置に設けられた 3 層のブルーレイ光ディスクに適用し、中間のに 0.0625 mm と 0.0875 mm の位置に焦点を合わせる場合にも、焦点の位置が変動しても、各情報記録面において、高次球面収差は十分小さく、また、スポット径も十分小さく、良好に、ブルーレイのレーザー光を収束することができる。

[0074] 本実施例でも図 18 に示す通り、光線高さ h と接線角 $\theta(h)$ は、

[数 15]

数 1

$$-1 < \text{接線角 } \theta(h) - (\text{近似接線角 } \phi \times \text{光線高さ } h) < +1 \quad \cdots (1)$$

を満たすような直線となるよう設計されている。

[0075] さらに、この時の有効径での接線角 $\theta(h=1)$ は 72.668 度であり、屈折率 n は 1.52 なので、接線角 $\times$ 屈折率は 110.455 となり

[数 16]

数 2

$$107 < \text{屈折率 } n \times \text{接線角 } \theta(h=1) < 113 \quad \cdots (2)$$

を満足するレンズとなっている。

[0076] 図 18 は、実施例 3 にかかる R2 面（光ピックアップ対物レンズの出射面）側の規格化光線高さと接線角の関係を表した図である。図 18 の横軸は、図 8 の B 点で示される R2 面（光ピックアップ対物レンズの出射面）側の規

規格化光線高さ 1 に対する相対的な規格化光線高さを示し、図 18 の縦軸は R2 面の接線角を示している。

[0077] 実施例 3 においても、R2 の接線角 $\theta(i)$ は、光ピックアップレンズ 6 の中央部から、規格化光線高さが増加するにつれて増加し、その後、光ピックアップレンズ 6 のレンズ周辺に向かってなだらか接線角 $\theta(i)$ が減少していく曲線となる。

実施例 4

[0078] 次に、本発明にかかる実施例 4 について説明する。図 19 に示す表に、実施例 4 にかかる光ピックアップ装置 PU1 の光ピックアップ対物レンズ 6 の屈折率、中心厚、輪帯 9 の幅、輪帯 9 の段差量、非球面係数、曲率を示す。図 19 に示す係数は上述の数式 (5) の係数として用いられる。したがって、実施例 4 にかかる光ピックアップ対物レンズ 6 の面形状は図 19 に示す係数を用いた数式 (5) で表現される。

[0079] 図 20 に実施例 4 の結果を示す。実施例 4 は従来例 1 と同じ有効径、焦点距離 f 、NA、屈折率となっており、実施例 4 と等価の設計となっている。実施例 4 はカバー層厚み 0.075 mm での高次球面収差は 3.6 m rms、0.1 mm での高次球面収差は 3.2 m rms となっており、更に多層用と仮定して設計カバー層 0.0875 から 0.025 mm ずれた 0.0625 mm と 0.1125 mm を計算してみると、0.0625 mm は 8.2 m rms、0.1125 mm は 6.3 m rms となっており、平均値は 7.25 m rms である。前記平均値を従来例 1 と比べると 5.35 m rms 小さくなっていることが分かる。

[0080] カバー層厚み 0.0625 mm でのスポット径は 0.391 μm 、0.075 mm でのスポット径は 0.391 μm 、0.1 mm でのスポット径は 0.393 μm 、0.1125 mm でのスポット径は 0.394 μm 、となっている。スポット径の理論値は 0.391 μm であるので、スポット径も十分小さくなっていることが分かる。

[0081] 本実施例でも図 21 に示す通り、光線高さ h と接線角 $\theta(h)$ は、

[数 17]

数 1

$$-1 < \text{接線角 } \theta(h) - (\text{近似接線角 } \phi \times \text{光線高さ} h) < +1 \quad \dots(1)$$

を満たすような直線となるよう設計されている。

[0082] さらに、この時の有効径での接線角 θ ($h = 1$) は 70.855 度であり、屈折率は 1.56 なので、接線角 $\times$ 屈折率は 109.534 となり

[数 18]

数2

$$107 < \text{屈折率} n \times \text{接線角 } \theta(h=1) < 113 \quad \dots(2)$$

を満足するレンズとなっている。

[0083] 図 2 1 は、実施例 4 にかかる R 2 面 (光ピックアップ対物レンズの出射面) 側の規格化光線高さと接線角の関係を表した図である。図 2 1 の横軸は、図 8 の B 点で示される R 2 面 (光ピックアップ対物レンズの出射面) 側の規格化光線高さ 1 に対する相対的な規格化光線高さを示し、図 2 1 の縦軸は R 2 面の接線角を示している。

[0084] 実施例 4 においても、R 2 の接線角 $\theta(i)$ は、光ピックアップレンズ 6 の中央部から、規格化光線高さが増加するにつれて増加し、その後、光ピックアップレンズ 6 のレンズ周辺に向かってなだらかに接線角 $\theta(i)$ が減少していく曲線となる。

実施例 5

[0085] 次に、本発明にかかる実施例 5 について説明する。図 2 2 に示す表に、実施例 5 にかかる光ピックアップ装置 P U 1 の光ピックアップ対物レンズ 6 の屈折率、中心厚、輪帯 9 の幅、輪帯 9 の段差量、非球面係数、曲率を示す。図 2 2 に示す係数は上述の数式 (5) の係数として用いられる。したがって、実施例 4 にかかる光ピックアップ対物レンズ 6 の面形状は図 2 2 に示す係

数を用いた数式 (5) で表現される。

[0086] 図 23 に実施例 5 の結果を示す。実施例 5 は従来例 2 と同じ有効径、焦点距離 f 、 NA 、屈折率となっており、実施例 4 と等価の設計となっている。

[0087] 実施例 5 はカバー層厚み 0.075 mm での高次球面収差は 4.9 m rms 、 0.1 mm での高次球面収差は 5.5 m rms となっており、更に多層用と仮定して設計カバー層 0.0875 から 0.025 mm ずれた 0.0625 mm と 0.1125 mm を計算してみると、 0.0625 mm は 9.1 m rms 、 0.1125 mm は 11.7 m rms となっており、平均値は 10.4 m rms である。

[0088] 前記平均値を従来例 2 と比べると 3.7 m rms 小さくなっていることが分かる。カバー層厚み 0.0625 mm でのスポット径は $0.391\text{ }\mu\text{m}$ 、 0.075 mm でのスポット径は $0.392\text{ }\mu\text{m}$ 、 0.1 mm でのスポット径は $0.392\text{ }\mu\text{m}$ 、 0.1125 mm でのスポット径は $0.393\text{ }\mu\text{m}$ 、となっている。スポット径の理論値は $0.391\text{ }\mu\text{m}$ であるので、スポット径も十分小さくなっていることが分かる。

[0089] 本実施例でも図 24 に示す通り、光線高さ h と接線角 $\theta(h)$ は、

[数 19]

数 1

$$-1 < \text{接線角 } \theta(h) - (\text{近似接線角 } \phi \times \text{光線高さ } h) < +1 \quad \dots (1)$$

を満たすような直線となるよう設計されている。

[0090] さらに、この時の有効径での接線角 $\theta(h=1)$ は 70.984 度であり、屈折率は 1.56 なので、接線角 $\times$ 屈折率は 110.735 となり

[数 20]

数 2

$$107 < \text{屈折率 } n \times \text{接線角 } \theta(h=1) < 113 \quad \dots (2)$$

を満足するレンズとなっている。

[0091] 図24は、実施例5にかかるR2面（光ピックアップ対物レンズの出射面）側の規格化光線高さと接線角の関係を表した図である。図24の横軸は、図8のB点で示されるR2面（光ピックアップ対物レンズの出射面）側の規格化光線高さ1に対する相対的な規格化光線高さを示し、図24の縦軸はR2面の接線角を示している。

[0092] 実施例5においても、R2の接線角 $\theta(i)$ は、光ピックアップレンズ6の中央部から、規格化光線高さが増加するにつれて増加し、その後、光ピックアップレンズ6のレンズ周辺に向かってなだらかに接線角 $\theta(i)$ が減少していく曲線となる。

符号の説明

- [0093]
- 1 光ピックアップ装置PU
 - 2 ビームスプリッタ
 - 3 $1/4$ 波長板
 - 4 カップリングレンズ
 - 5 絞り
 - 6 光ピックアップ対物レンズ
 - 7 多層ディスク
 - 8 光検出器
 - 9 輪帯

請求の範囲

[請求項 1] 複数の情報記録面をもつ光情報記録媒体に情報の記録及び再生を行う光ピックアップ装置に搭載される開口数 0.84 以上のプラスチック製の光ピックアップ対物レンズであって、当該光ピックアップ対物レンズは少なくとも一面が輪帯形状となっており、前記光ピックアップ対物レンズに、波長が 380 nm ~ 430 nm の青紫色レーザー光が入射して、接線角 $\theta(h)$ と近似接線角 ϕ と規格化光線高さ h とが以下の条件式を満足することを特徴とする光ピックアップ対物レンズ。

[数 21]

数 1

$$-1 < \text{接線角 } \theta(h) - (\text{近似接線角 } \phi \times \text{光線高さ } h) < +1 \quad \cdots (1)$$

但し、接線角 $e(h)$ は、光線高さ h の時の接線角 ($^{\circ}$)、近似接線角 Φ は、接線角 $\theta(h)$ の各点を線形近似した時の $h = 1$ の時の角度 ($^{\circ}$) の値、規格化光線高さ h は、レンズ有効径の最外周を 1 に規格化した値である。

[請求項 2] 屈折率 n と接線角 $\theta(h = 1)$ が、以下の式を満足することを特徴とする請求項 1 記載の光ピックアップ対物レンズ。

[数 22]

数 2

$$107 < \text{屈折率 } n \times \text{接線角 } \theta(h = 1) < 113 \quad \cdots (2)$$

[請求項 3] スポット径比が、以下の式を満足することを特徴とする請求項 2 記載の光ピックアップ対物レンズ。

[数23]

数 3

$$0.96 < \text{スポット径比} < 1.04 \quad \cdots (3)$$

但し、スポット径比 = スポット径計算値 / スポット径理論値、(スポット径理論値 = $0.82 \times \lambda / \text{NAO}$)、NAO は近軸での開口数であり、 λ は入射する光の波長である。

[請求項4] 焦点距離 f (mm) が、以下の式を満足することを特徴とする請求項3記載の光ピックアップ対物レンズ。

[数24]

数 4

$$1.15 < f \quad \cdots (4)$$

[請求項5] 3層以上の複数の情報記録面をもつ光情報記録媒体に情報の記録及び再生を行う光ピックアップ装置に搭載される開口数0.84以上のプラスチック製の光ピックアップ対物レンズであって、当該光ピックアップ対物レンズは少なくとも一面が輪帯形状となっており、前記光ピックアップ対物レンズに、波長が380nm～430nmの青紫色レーザー光が入射して、接線角 θ (h) と近似接線角 ϕ と規格化光線高さ h とが以下の条件式を満足することを特徴とする光ピックアップ対物レンズ。

[数25]

数 1

$$-1 < \text{接線角 } \theta(h) - (\text{近似接線角 } \phi \times \text{光線高さ } h) < +1 \quad \cdots (1)$$

但し、接線角 e (h) は、光線高さ h の時の接線角 (°)、近似接線角 Φ は、接線角 θ (h) の各点を線形近似した時の $h = 1$ の時の角

度 (°) の値、規格化光線高さ h は、レンズ有効径の最外周を 1 に規格化した値である。

[請求項 6] 請求項 1 ないし 5 のいずれかの請求項に記載の光ピックアップ対物レンズを搭載していることを特徴とする光ピックアップ装置。

[請求項 7] カバー層厚みが 3 層以上であり、3 個以上の複数の情報記録面を備えた情報記録媒体を記録再生することができる光ピックアップ装置であって、請求項 1 ないし 5 のいずれかの請求項に記載の光ピックアップ対物レンズを搭載していることを特徴とする光ピックアップ装置。

[図1]

図1

従来例1

実施例2 波面収差計算結果						
有効径	mm	2				
f	mm	1.176				
NA	-	0.851				
屈折率		1.56				
カバー層厚み	mm	0.0625	0.075	0.0875	0.1	0.1125
物体距離	mm	-107	-223	∞	236	120
TOTAL	λ rms	0.0145	0.0076	0.0020	0.0072	0.0141
SA3	λ rms	-0.0037	-0.0008	-0.0002	0.0005	0.0034
SA5	λ rms	0.0125	0.0065	0.0005	-0.0053	-0.0108
SA7	λ rms	0.0036	0.0026	0.0008	-0.0015	-0.0043
SA9	λ rms	0.0030	0.0019	0.0007	-0.0005	-0.0019
SA11	λ rms	0.0015	0.0008	0.0002	-0.0002	-0.0006
$\sqrt{(SA5^2+SA7^2+SA9^2+SA11^2)}$	λ rms	0.0134	0.0073	0.0013	0.0055	0.0118
スポット径	μ m	0.393	0.393	0.394	0.395	0.395
サイドローブ	%	1.79	1.76	1.72	1.70	1.69
スポット径理論値	μ m	0.391				

[図2]

図2

従来例2

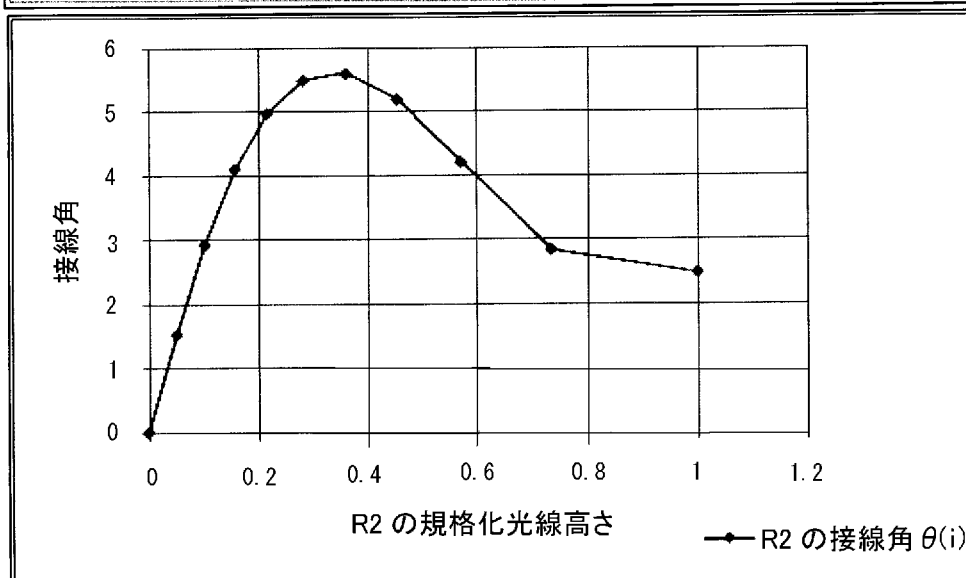
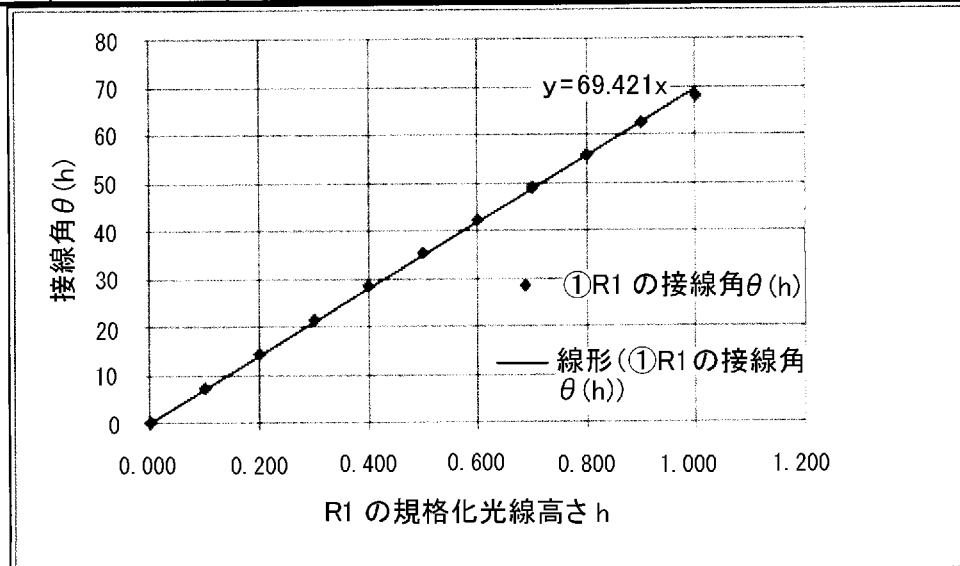
実施例3 波面収差計算結果						
有効径	mm	2.4				
f	mm	1.411				
NA	-	0.851				
屈折率		1.56				
カバー層厚み	mm	0.0625	0.075	0.0875	0.1	0.1125
物体距離	mm	-153	-317	∞	332	170
TOTAL	λ rms	0.0147	0.0084	0.0035	0.0068	0.0134
SA3	λ rms	-0.0008	-0.0005	-0.0005	0.0000	-0.0003
SA5	λ rms	0.0140	0.0074	0.0011	-0.0052	-0.0113
SA7	λ rms	0.0028	0.0014	-0.0007	-0.0034	-0.0064
SA9	λ rms	0.0016	0.0003	-0.0011	-0.0027	-0.0043
SA11	λ rms	0.0014	0.0005	-0.0004	-0.0013	-0.0020
$\sqrt{(SA5^2+SA7^2+SA9^2+SA11^2)}$	λ rms	0.0144	0.0076	0.0018	0.0069	0.0138
スポット径	μ m	0.393	0.393	0.394	0.395	0.396
サイドローブ	%	1.86	1.77	1.74	1.71	1.68
スポット径理論値	μ m	0.391				

[図3]

図3

従来例1

実施例2				
R1の 光線高さ	R1の規格化 光線高さh	①R1の接線角 $\theta(h)$	②線形近似から求まる値 $\phi \times h$	①-② $\theta(h) - \phi \times h$
0	0.000	0.000	0.000	0.000
0.1	0.100	7.152	6.942	0.210
0.2	0.200	14.273	13.884	0.389
0.3	0.300	21.363	20.826	0.537
0.4	0.400	28.341	27.768	0.572
0.5	0.500	35.276	34.711	0.566
0.6	0.600	42.149	41.653	0.496
0.7	0.700	48.931	48.595	0.336
0.8	0.800	55.758	55.537	0.221
0.9	0.900	62.458	62.479	-0.021
1	1.000	67.960	69.421	-1.461

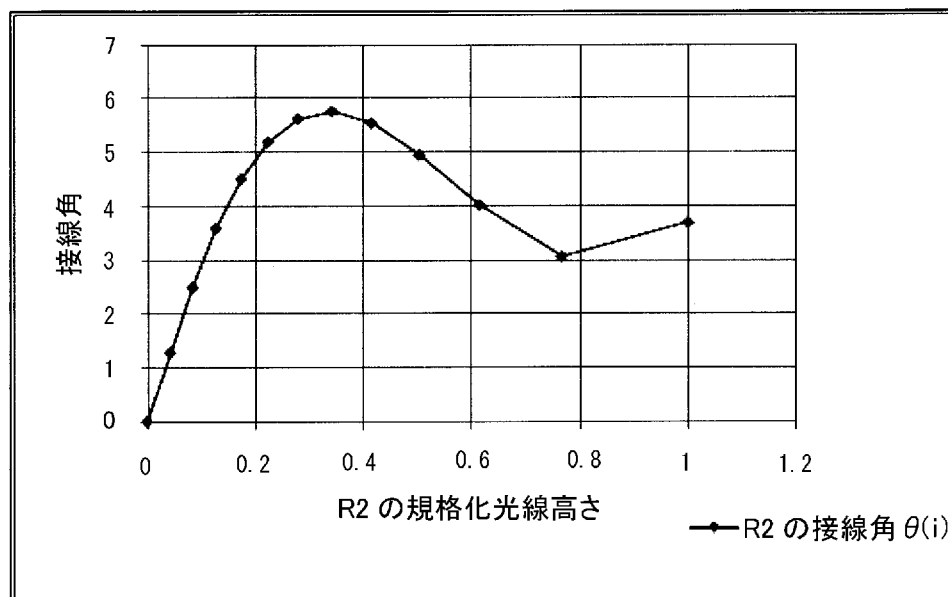
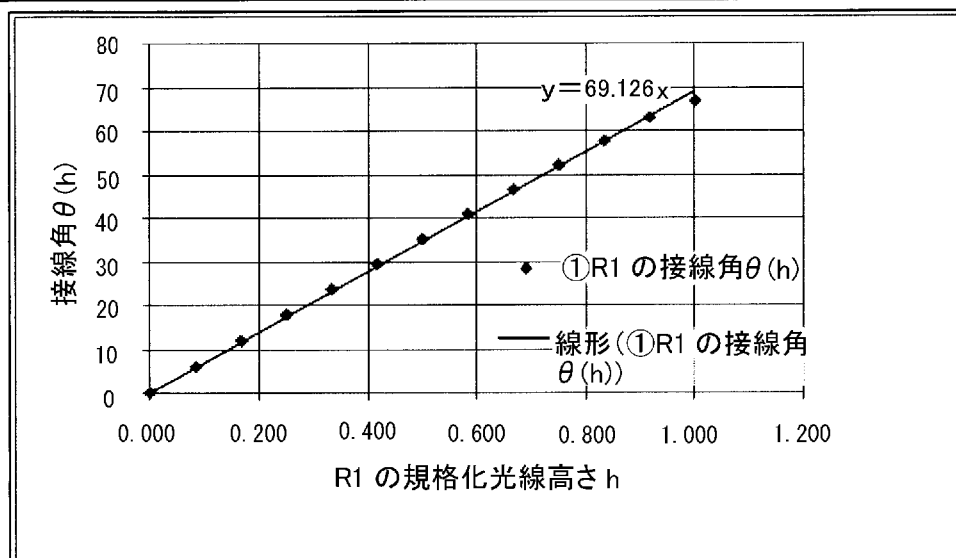


[図4]

図4

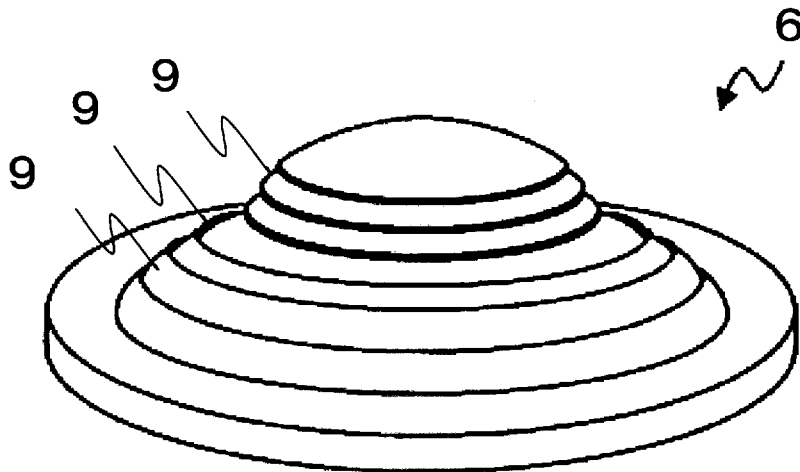
従来例2

実施例3				
R1の 光線高さ	R1の規格化 光線高さh	①R1の接線角 $\theta(h)$	②線形近似から求まる値 $\phi \times h$	①-② $\theta(h) - \phi \times h$
0	0.000	0.000	0.000	0.000
0.2	0.083	5.965	5.761	0.205
0.4	0.167	11.909	11.521	0.388
0.6	0.250	17.810	17.282	0.528
0.8	0.333	23.678	23.042	0.636
1	0.417	29.488	28.803	0.686
1.2	0.500	35.239	34.563	0.676
1.4	0.583	40.941	40.324	0.617
1.6	0.667	46.620	46.084	0.536
1.8	0.750	52.2523	51.845	0.408
2	0.833	57.885	57.605	0.280
2.2	0.917	63.213	63.366	-0.152
2.4	1.000	66.958	69.126	-2.168



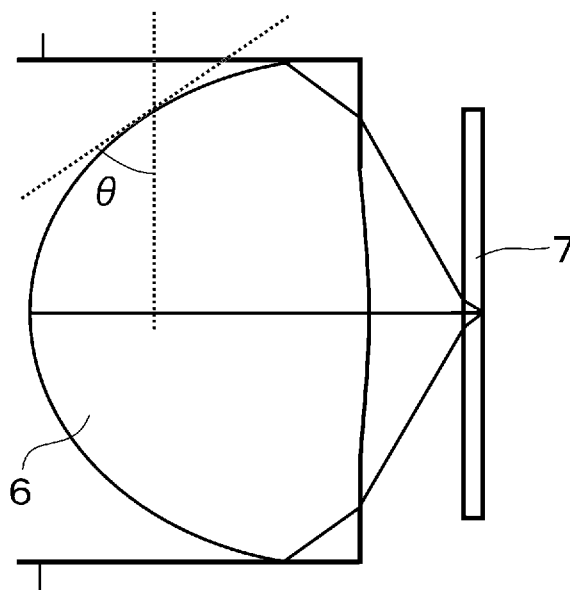
[図5]

図5



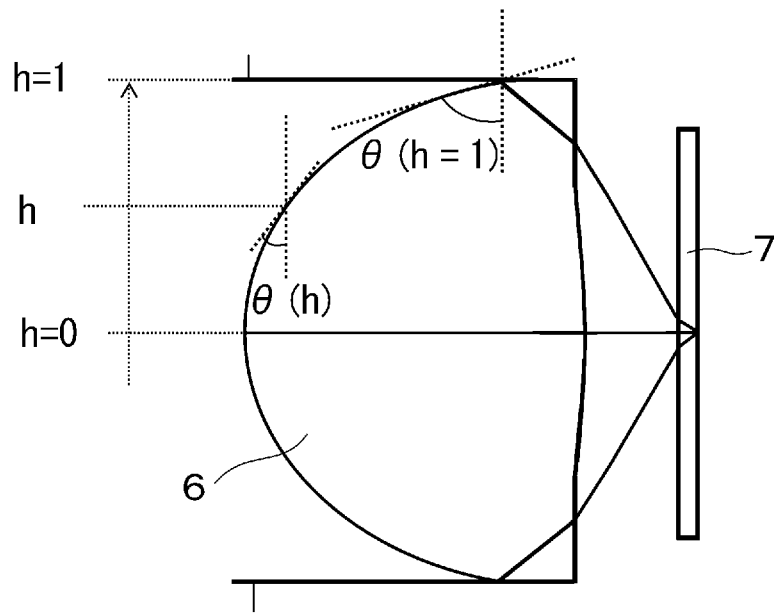
[図6]

図6



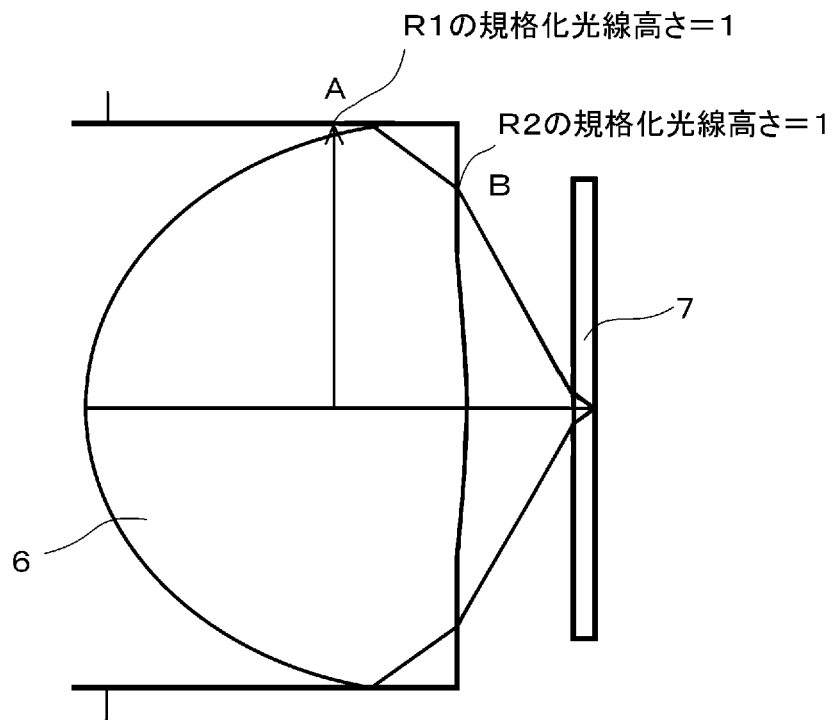
[図7]

図7



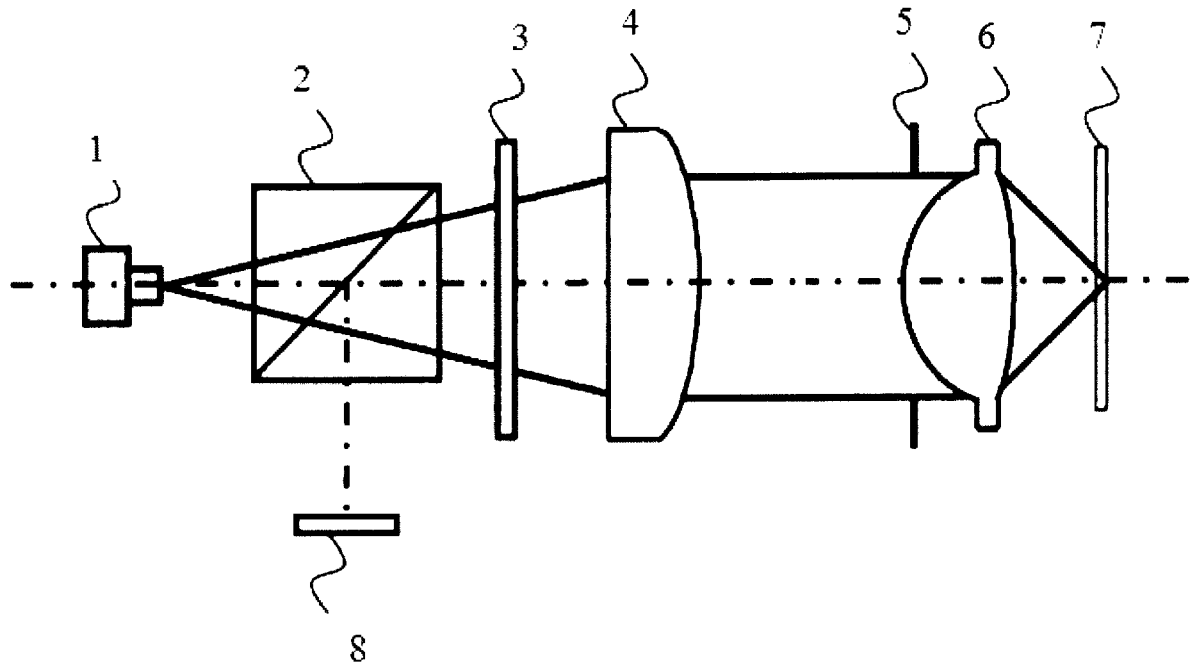
[図8]

図 8



[図9]

図9



[図10]

図10

有効径 $\phi 2.4$ NA=0.85 焦点距離 $f=1.41\text{mm}$

実施例1

面番号	r (mm)	d (mm)	N	備考
0				物点
1	下記参照	1.7700	1.50	対物レンズ
2	下記参照	0.4279		
3	∞	0.0875	1.62	保護層
4	∞			

	第1面				
輪帯NO	1	2	3	4	5
内側輪帯位置(mm)	0.000	0.346	0.446	0.524	0.617
外側輪帯位置(mm)	0.346	0.446	0.524	0.617	0.764
段差量(mm)	0.000000	0.006480	0.012960	0.019440	0.025920
R (=1/C)	0.896048	0.893885	0.891720	0.889556	0.887392
K	-8.041260E-01	-8.080494E-01	-8.047292E-01	-8.004897E-01	-7.984987E-01
A4	5.318402E-02	5.418933E-02	5.391662E-02	5.347906E-02	5.344355E-02
A6	3.435740E-02	3.527207E-02	3.596155E-02	3.659097E-02	3.727597E-02
A8	-4.036849E-02	-4.220661E-02	-4.433347E-02	-4.643850E-02	-4.840486E-02
A10	1.004712E-01	1.047920E-01	1.094573E-01	1.141116E-01	1.186229E-01
A12	-9.560879E-02	-1.002458E-01	-1.052221E-01	-1.102354E-01	-1.151560E-01
A14	5.229329E-02	5.500969E-02	5.790078E-02	6.083996E-02	6.376794E-02
A16	-9.986852E-03	-1.057729E-02	-1.120551E-02	-1.184927E-02	-1.249724E-02

	第1面				
輪帯NO	6	7	8	9	10
内側輪帯位置(mm)	0.764	0.887	0.958	1.064	1.118
外側輪帯位置(mm)	0.887	0.958	1.064	1.118	1.146
段差量(mm)	0.032400	0.038880	0.032400	0.025920	0.019440
R (=1/C)	0.885228	0.883065	0.885228	0.887392	0.889556
K	-7.985012E-01	-7.912406E-01	-7.985012E-01	-7.984987E-01	-8.004897E-01
A4	5.376647E-02	5.277872E-02	5.376647E-02	5.344355E-02	5.347906E-02
A6	3.804980E-02	3.845628E-02	3.804980E-02	3.727597E-02	3.659097E-02
A8	-5.034464E-02	-5.230723E-02	-5.034464E-02	-4.840486E-02	-4.643850E-02
A10	1.231680E-01	1.276315E-01	1.231680E-01	1.186229E-01	1.141116E-01
A12	-1.201378E-01	-1.251122E-01	-1.201378E-01	-1.151560E-01	-1.102354E-01
A14	6.675515E-02	6.976857E-02	6.675515E-02	6.376794E-02	6.083996E-02
A16	-1.316251E-02	-1.384069E-02	-1.316251E-02	-1.249724E-02	-1.184927E-02

	第1面			第2面
輪帯NO	11	12	13	-
内側輪帯位置(mm)	1.146	1.168	1.184	
外側輪帯位置(mm)	1.168	1.184	1.200	
段差量(mm)	0.012960	0.006480	0.000000	
R (=1/C)	0.891720	0.893885	0.896050	-1.131283
K	-8.047292E-01	-8.080494E-01	-7.951676E-01	-2.199427E+01
A4	5.391662E-02	5.418933E-02	5.163784E-02	3.706341E-01
A6	3.596155E-02	3.527207E-02	3.391520E-02	-5.809804E-01
A8	-4.433347E-02	-4.220661E-02	-4.031700E-02	4.615397E-01
A10	1.094573E-01	1.047920E-01	1.002430E-01	-1.303622E-01
A12	-1.052221E-01	-1.002458E-01	-9.544574E-02	-7.274911E-02
A14	5.790078E-02	5.500969E-02	5.222114E-02	6.692923E-02
A16	-1.120551E-02	-1.057729E-02	-9.975153E-03	-1.510256E-02

[図11]

図11

実施例1

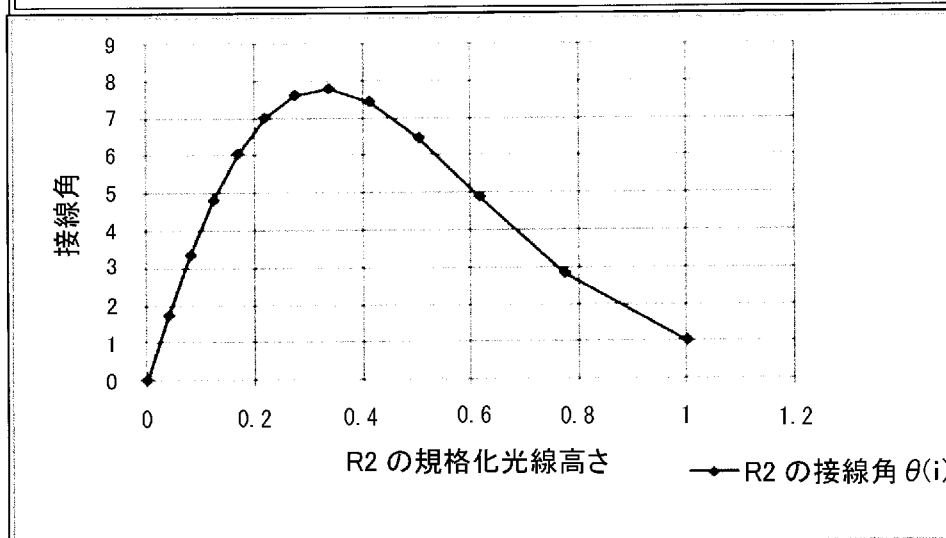
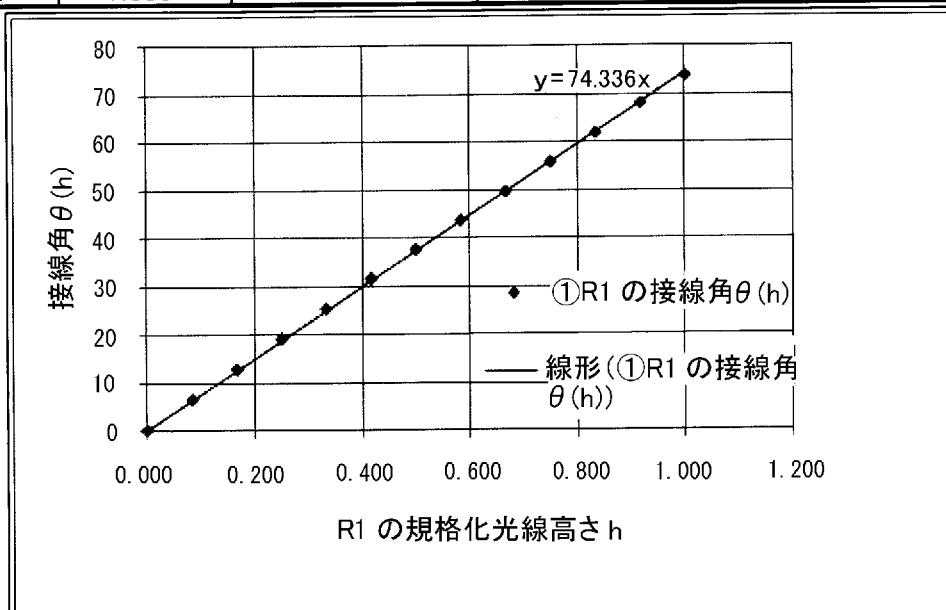
実施例1 波面収差計算結果				
有効径	mm	2.4		
f	mm	1.411		
NA	-	0.85		
屈折率		1.5		
カバー層厚み	mm	0.075	0.0875	0.1
物体距離	mm	-307	∞	323
TOTAL	λ rms	0.0078	0.0014	0.0083
SA3	λ rms	-0.0005	-0.0001	0.0008
SA5	λ rms	0.0048	0.0002	-0.0053
SA7	λ rms	0.0019	0.0000	-0.0024
SA9	λ rms	0.0030	0.0004	-0.0031
SA11		0.0024	0.0000	-0.0014
$\sqrt{(SA5^2+SA7^2+SA9^2+SA11^2)}$	λ rms	0.0065	0.0004	0.0067
スポット径		0.393	0.394	0.395
サイドローブ		1.77	1.68	1.66
スポット径理論値	μ m	0.391		

[図12]

実施例1

図12

実施例1				
R1の 光線高さ	R1の規格化 光線高さh	①R1の接線角 $\theta(h)$	②線形近似から求まる値 $\phi \times h$	①-② $\theta(h) - \phi \times h$
0	0.000	0	0.000	0.000
0.1	0.083	6.388	6.195	0.193
0.2	0.167	12.738	12.389	0.349
0.3	0.250	19.021	18.584	0.437
0.4	0.333	25.270	24.779	0.491
0.5	0.417	31.438	30.973	0.464
0.6	0.500	37.523	37.168	0.355
0.7	0.583	43.554	43.363	0.191
0.8	0.667	49.591	49.557	0.034
0.9	0.750	55.732	55.752	-0.020
1	0.833	61.804	61.947	-0.143
1.1	0.917	68.065	68.141	-0.077
1.2	1.000	73.687	74.336	-0.649



[図13]

図13

有効径 $\phi 2.0$ NA=0.85 焦点距離 $f=1.176\text{mm}$

実施例2

面番号	r (mm)	d (mm)	N	備考
0				物点
1	下記参照	1.6200	1.52	対物レンズ
2	下記参照	0.2756		
3	∞	0.0875	1.62	保護層
4	∞			

	第1面				
輪帯NO	1	2	3	4	5
内側輪帯位置(mm)	0	0.31	0.449	0.566	0.76
外側輪帯位置(mm)	0.31	0.449	0.566	0.76	0.809
段差量(mm)	0.000000	0.006231	0.012462	0.018692	0.024923
R (=1/C)	0.770089	0.767955	0.765820	0.763686	0.761552
K	-7.145590E-01	-7.117820E-01	-7.074757E-01	-7.104247E-01	-7.118675E-01
A4	6.627727E-02	6.597499E-02	6.523356E-02	6.651151E-02	6.738103E-02
A6	2.775367E-02	2.828005E-02	2.864853E-02	3.004200E-02	3.125994E-02
A8	9.281626E-02	9.176625E-02	9.032357E-02	8.927684E-02	8.802501E-02
A10	-1.720191E-01	-1.694733E-01	-1.662058E-01	-1.625680E-01	-1.586068E-01
A12	3.401094E-01	3.404601E-01	3.397646E-01	3.391401E-01	3.380105E-01
A14	-2.904034E-01	-2.933645E-01	-2.956508E-01	-2.980645E-01	-3.001736E-01
A16	1.216602E-01	1.243344E-01	1.268597E-01	1.295979E-01	1.323009E-01

	第1面			
輪帯NO	6	7	8	9
内側輪帯位置(mm)	0.809	0.91	0.955	0.98
外側輪帯位置(mm)	0.91	0.955	0.98	1.0000
段差量(mm)	0.018692	0.012462	0.006231	0.000000
R (=1/C)	0.763686	0.765820	0.767955	0.770089
K	-7.104247E-01	-7.074757E-01	-7.117820E-01	-6.961534E-01
A4	6.651151E-02	6.523356E-02	6.597499E-02	6.122866E-02
A6	3.004200E-02	2.864853E-02	2.828005E-02	2.536138E-02
A8	8.927684E-02	9.032357E-02	9.176625E-02	9.109869E-02
A10	-1.625680E-01	-1.662058E-01	-1.694733E-01	-1.710570E-01
A12	3.391401E-01	3.397646E-01	3.404601E-01	3.375401E-01
A14	-2.980645E-01	-2.956508E-01	-2.933645E-01	-2.885875E-01
A16	1.295979E-01	1.268597E-01	1.243344E-01	1.208843E-01

	第2面
輪帯NO	
内側輪帯位置(mm)	
外側輪帯位置(mm)	-
段差量(mm)	
R (=1/C)	-0.832639
K	-2.188584E+01
A4	1.243017E+00
A6	-4.963397E+00
A8	1.198338E+01
A10	-1.515678E+01
A12	3.601493E-01
A14	2.340526E+01
A16	-2.004459E+01

[図14]

図14

実施例2

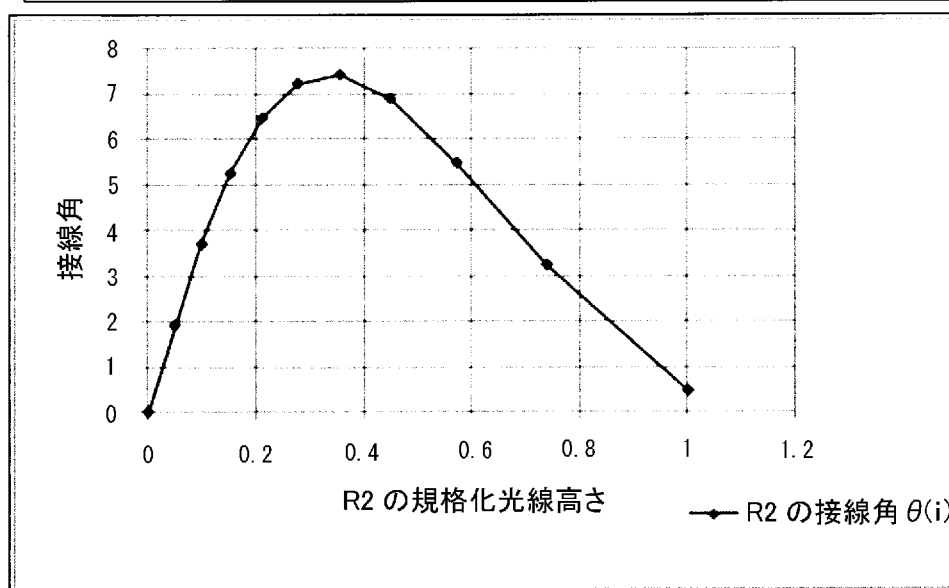
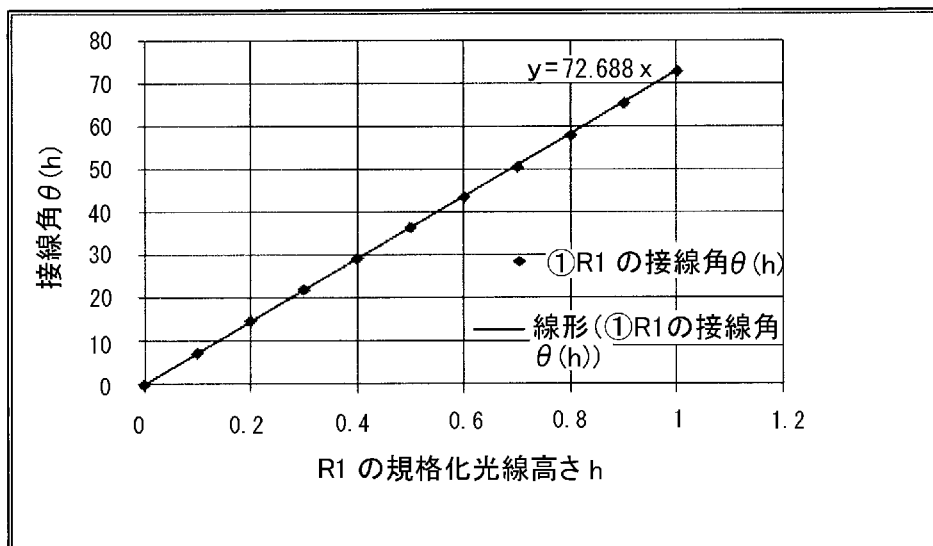
実施例2 波面収差計算結果				
有効径	mm	2		
f	mm	1.176		
NA	-	0.85		
屈折率		1.52		
カバー層厚み	mm	0.075	0.0875	0.1
物体距離	mm	-211	∞	224
TOTAL	λ rms	0.0075	0.0003	0.0078
SA3	λ rms	-0.0005	0.0000	0.0012
SA5	λ rms	0.0046	0.0000	-0.0038
SA7	λ rms	0.0004	-0.0001	-0.0011
SA9	λ rms	0.0021	0.0000	-0.0019
SA11		0.0008	-0.0001	-0.0005
$\sqrt{(SA5^2+SA7^2+SA9^2+SA11^2)}$	λ rms	0.0051	0.0001	0.0044
スポット径		0.393	0.394	0.395
サイドローブ		1.77	1.68	1.66
スポット径理論値	μ m	0.391		

[図15]

図15

実施例2

実施例2				
R1の 光線高さ	R1の規格化 光線高さh	①R1の接線角 $\theta(h)$	②線形近似から求める値 $\phi \times h$	①-② $\theta(h) - \phi \times h$
0	0	0	0.000	0.000
0.1	0.1	7.431	7.269	0.163
0.2	0.2	14.812	14.538	0.274
0.3	0.3	22.096	21.806	0.290
0.4	0.4	29.338	29.075	0.262
0.5	0.5	36.494	36.344	0.150
0.6	0.6	43.602	43.613	-0.011
0.7	0.7	50.622	50.882	-0.260
0.8	0.8	57.964	58.150	-0.186
0.9	0.9	65.355	65.419	-0.064
1	1	72.744	72.688	0.056



[図16]

図16

有効径 $\phi 2.0$ NA=0.85 焦点距離 $f=1.176\text{mm}$

実施例3

面番号	r (mm)	d (mm)	N	備考
0				物点
1	下記参照	1.6200	1.52	対物レンズ
2	下記参照	0.2833		
3	∞	0.075	1.62	保護層
4	∞			

	第1面				
輪帯NO	1	2	3	4	5
内側輪帯位置(mm)	0.000	0.305	0.448	0.568	0.758
外側輪帯位置(mm)	0.305	0.448	0.568	0.758	0.803
段差量(mm)	0.000	0.006	0.012	0.019	0.025
R (=1/C)	0.770065	0.767931	0.765798	0.763664	0.761530
K	-7.168460E-01	-7.134106E-01	-7.144890E-01	-7.091351E-01	-7.127086E-01
A4	6.766076E-02	6.719215E-02	6.797061E-02	6.695103E-02	6.844445E-02
A6	2.922622E-02	2.967309E-02	3.071727E-02	3.091800E-02	3.230445E-02
A8	8.413450E-02	8.293387E-02	8.204902E-02	8.057737E-02	7.997705E-02
A10	-1.497167E-01	-1.467644E-01	-1.437731E-01	-1.404338E-01	-1.375953E-01
A12	3.076941E-01	3.072243E-01	3.070298E-01	3.059927E-01	3.063271E-01
A14	-2.675158E-01	-2.697781E-01	-2.722885E-01	-2.742734E-01	-2.772988E-01
A16	1.149200E-01	1.173470E-01	1.199642E-01	1.224176E-01	1.253668E-01

	第1面			
輪帯NO	6	7	8	9
内側輪帯位置(mm)	0.803	0.910	0.954	0.979
外側輪帯位置(mm)	0.910	0.954	0.979	1
段差量(mm)	0.019	0.012	0.006	0.000
R (=1/C)	0.763664	0.765798	0.767931	0.770065
K	-7.091351E-01	-7.144890E-01	-7.134106E-01	-7.089771E-01
A4	6.695103E-02	6.797061E-02	6.719215E-02	6.550369E-02
A6	3.091800E-02	3.071727E-02	2.967309E-02	2.821615E-02
A8	8.057737E-02	8.204902E-02	8.293387E-02	8.349537E-02
A10	-1.404338E-01	-1.437731E-01	-1.467644E-01	-1.494716E-01
A12	3.059927E-01	3.070298E-01	3.072243E-01	3.068791E-01
A14	-2.742734E-01	-2.722885E-01	-2.697781E-01	-2.669514E-01
A16	1.224176E-01	1.199642E-01	1.173470E-01	1.146683E-01

	第2面
輪帯NO	
内側輪帯位置(mm)	
外側輪帯位置(mm)	-
段差量(mm)	
R (=1/C)	-0.832649
K	-2.322959E+01
A4	1.205250E+00
A6	-4.878941E+00
A8	1.211455E+01
A10	-1.578349E+01
A12	-1.563287E-01
A14	2.758375E+01
A16	-2.431212E+01

[図17]

図17

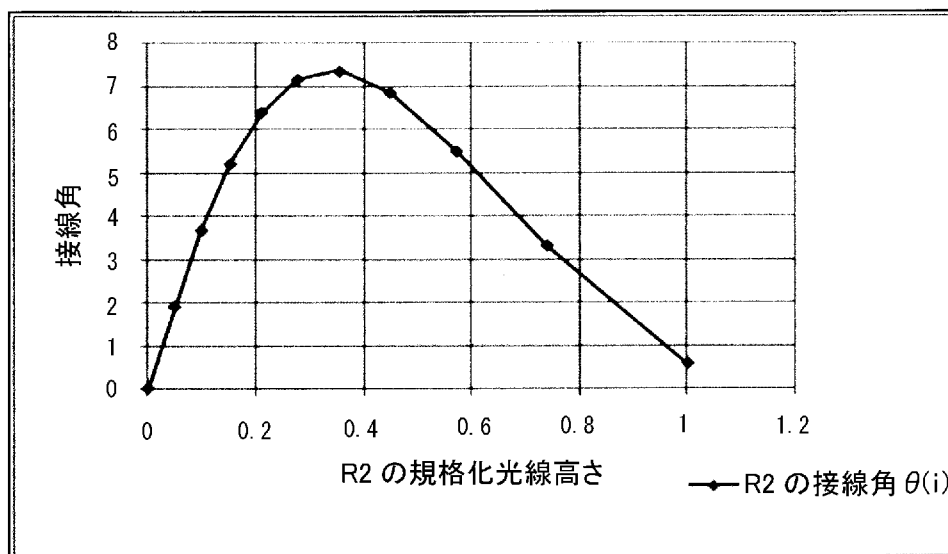
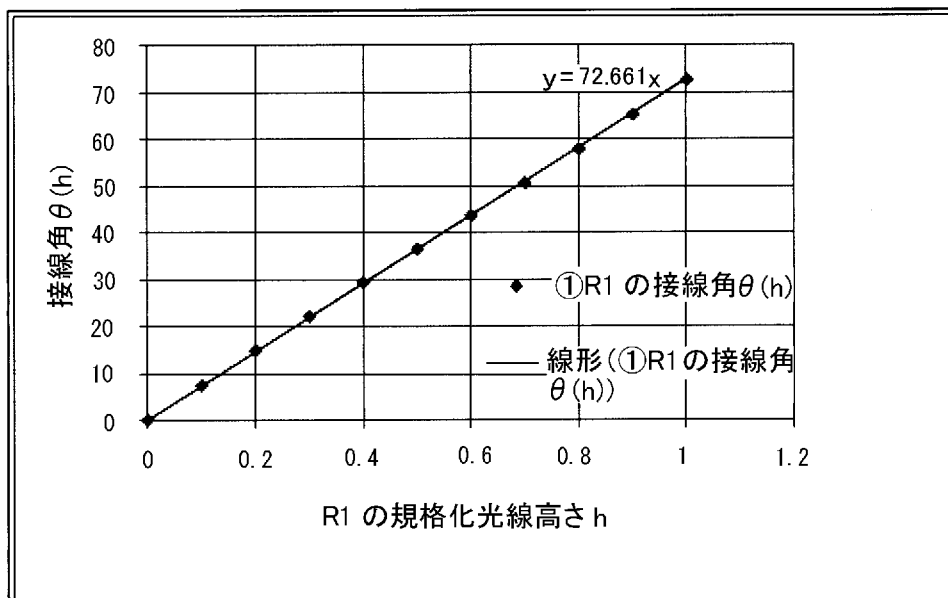
実施例3

実施例3 波面収差計算結果						
有効径	mm	2				
f	mm	1.176				
NA	-	0.85				
屈折率		1.52				
カバー層厚み	mm	0.05	0.0625	0.075	0.0875	0.1
物体距離	mm	-103	-212	∞	225	116
TOTAL	λ rms	0.0163	0.0077	0.0003	0.0073	0.0156
SA3	λ rms	0.0020	-0.0004	0.0000	0.0013	0.0019
SA5	λ rms	0.0116	0.0050	0.0000	-0.0042	-0.0082
SA7	λ rms	0.0014	0.0009	0.0000	-0.0014	-0.0032
SA9	λ rms	0.0042	0.0020	0.0000	-0.0018	-0.0030
SA11		0.0020	0.0009	0.0000	-0.0005	-0.0003
$\sqrt{(SA5^2+SA7^2+SA9^2+SA11^2)}$	λ rms	0.0126	0.0056	0.0000	0.0048	0.0093
スポット径		0.393	0.394	0.394	0.396	0.396
サイドローブ		1.80	1.76	1.71	1.65	1.61
スポット径理論値	μ m	0.391				

[図18]

図18

実施例3				
R1の 光線高さ	R1の規格化 光線高さh	①R1の接線角 $\theta(h)$	②線形近似から求まる値 $\phi \times h$	①-② $\theta(h) - \phi \times h$
0	0	0	0.000	0.000
0.1	0.1	7.432	7.266	0.166
0.2	0.2	14.814	14.532	0.281
0.3	0.3	22.101	21.798	0.303
0.4	0.4	29.347	29.064	0.283
0.5	0.5	36.507	36.331	0.176
0.6	0.6	43.615	43.597	0.019
0.7	0.7	50.628	50.863	-0.234
0.8	0.8	57.951	58.129	-0.178
0.9	0.9	65.310	65.395	-0.085
1	1	72.668	72.661	0.007



[図19]

図19

有効径 $\phi 2.0$ NA=0.85 焦点距離 $f=1.176\text{mm}$

実施例4

面番号	r (mm)	d (mm)	N	備考
0				物点
1	下記参照	1.6200	1.56	対物レンズ
2	下記参照	0.2641		
3	∞	0.0875	1.62	保護層
4	∞			

	第1面				
輪帯NO	1	2	3	4	5
内側輪帯位置(mm)	0.000	0.317	0.508	0.644	0.857
外側輪帯位置(mm)	0.317	0.508	0.644	0.857	0.929
段差量(mm)		0.006	0.012	0.017	0.012
R (=1/C)	0.797191	0.795120	0.793048	0.790975	0.793048
K	-7.055820E-01	-7.057731E-01	-7.100074E-01	-7.036433E-01	-7.100074E-01
A4	3.170000E-01	6.142223E-02	6.304602E-02	6.199828E-02	6.304602E-02
A6	2.625567E-02	2.539286E-02	2.511210E-02	2.374279E-02	2.511210E-02
A8	7.992656E-02	8.688063E-02	9.362568E-02	9.918752E-02	9.362568E-02
A10	-9.937250E-02	-1.151354E-01	-1.298811E-01	-1.432630E-01	-1.298811E-01
A12	1.542969E-01	1.766617E-01	1.980049E-01	2.171067E-01	1.980049E-01
A14	-7.765584E-02	-9.259404E-02	-1.068735E-01	-1.196411E-01	-1.068735E-01
A16	2.233922E-02	2.654299E-02	3.061278E-02	3.418214E-02	3.061278E-02

	第1面	
輪帯NO	6	7
内側輪帯位置(mm)	0.929	0.984
外側輪帯位置(mm)	0.984	1.000
段差量(mm)	0.006	0.000
R (=1/C)	0.795120	0.797191
K	-7.057731E-01	-7.131601E-01
A4	6.142223E-02	6.267604E-02
A6	2.539286E-02	2.709354E-02
A8	8.688063E-02	8.037460E-02
A10	-1.151354E-01	-9.943488E-02
A12	1.766617E-01	1.547040E-01
A14	-9.259404E-02	-7.791775E-02
A16	2.654299E-02	2.246525E-02

	第2面
輪帯NO	
内側輪帯位置(mm)	-
外側輪帯位置(mm)	
段差量(mm)	
R (=1/C)	-1.024688
K	-2.674704E+01
A4	1.561568E+00
A6	-6.013737E+00
A8	9.799571E+00
A10	-2.802486E-01
A12	-8.341651E+00
A14	-3.022465E+01
A16	5.535859E+01

[図20]

図20

実施例4

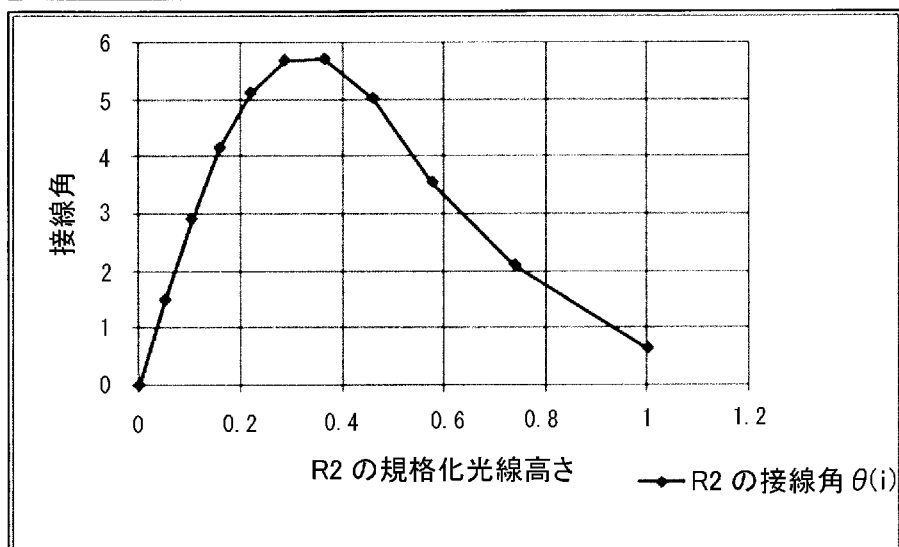
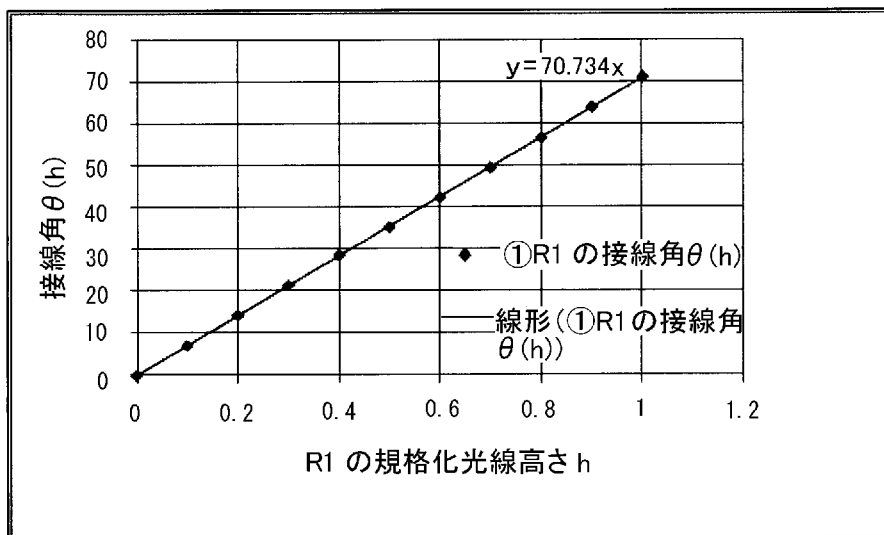
実施例4 波面収差計算結果						
有効径	mm	2				
f	mm	1.176				
NA	—	0.85				
屈折率		1.56				
カバー層厚み	mm	0.0625	0.075	0.0875	0.1	0.1125
物体距離	mm	-105	-219	∞	234	121
TOTAL	λ rms	0.0122	0.0057	0.0012	0.0085	0.0115
SA3	λ rms	-0.0002	0.0003	0.0000	-0.0010	-0.0021
SA5	λ rms	-0.0010	-0.0004	-0.0001	0.0004	0.0005
SA7	λ rms	-0.0070	-0.0027	-0.0001	0.0012	0.0011
SA9	λ rms	0.0024	0.0016	-0.0002	-0.0020	-0.0046
SA11	λ rms	0.0034	0.0017	0.0000	-0.0022	-0.0042
$\sqrt{(SA5^2+SA7^2+SA9^2+SA11^2)}$	λ rms	0.0082	0.0036	0.0003	0.0032	0.0063
スポット径	μ m	0.391	0.391	0.392	0.393	0.394
サイドローブ	%	1.81	1.77	1.76	1.67	1.63
スポット径理論値	μ m	0.391				

[図21]

図21

実施例4

実施例4				
R1の 光線高さ	R1の規格化 光線高さh	①R1の接線角 $\theta(h)$	②線形近似から求まる値 $\phi \times h$	①-② $\theta(h) - \phi \times h$
0	0	0	0.000	0.000
0.1	0.1	7.180	7.073	0.107
0.2	0.2	14.319	14.147	0.172
0.3	0.3	21.380	21.220	0.160
0.4	0.4	28.526	28.294	0.233
0.5	0.5	35.175	35.367	-0.192
0.6	0.6	42.284	42.440	-0.157
0.7	0.7	49.342	49.514	-0.172
0.8	0.8	56.491	56.587	-0.096
0.9	0.9	63.750	63.661	0.089
1	1	70.855	70.734	0.121



[図22]

図22

実施例5	面番号	r (mm)	d (mm)	N	備考
	0				物点
	1	下記参照	1.7700	1.5	対物レンズ
	2	下記参照	0.4279		
	3	∞	0.0875	1.62	保護層
	4	∞			

	第1面				
輪帯NO	1	2	3	4	5
内側輪帯位置(mm)	0.000	0.368	0.488	0.619	0.772
外側輪帯位置(mm)	0.368	0.488	0.619	0.772	1.056
段差量(mm)	0.000	0.006	0.012	0.017	0.023
R (=1/C)	0.940273	0.938200	0.936126	0.934052	0.931978
K	-8.211320E-01	-8.278830E-01	-8.242216E-01	-8.232049E-01	-8.149663E-01
A4	5.110760E-02	5.248597E-02	5.229057E-02	5.249486E-02	5.158676E-02
A6	3.457595E-02	3.491629E-02	3.496253E-02	3.509662E-02	3.498835E-02
A8	-4.581544E-02	-4.574492E-02	-4.576639E-02	-4.579240E-02	-4.583350E-02
A10	1.158981E-01	1.169268E-01	1.180033E-01	1.191285E-01	1.202187E-01
A12	-1.232473E-01	-1.250327E-01	-1.268847E-01	-1.287979E-01	-1.307168E-01
A14	7.408572E-02	7.562815E-02	7.721988E-02	7.886341E-02	8.053488E-02
A16	-1.728453E-02	-1.774762E-02	-1.822668E-02	-1.872265E-02	-1.923199E-02

	第1面			
輪帯NO	6	7	8	9
内側輪帯位置(mm)	1.056	1.115	1.157	1.184
外側輪帯位置(mm)	1.115	1.157	1.184	1.2
段差量(mm)	0.017	0.012	0.006	0.000
R (=1/C)	0.934052	0.936126	0.938200	0.940275
K	-8.232049E-01	-8.242216E-01	-8.278830E-01	-8.318069E-01
A4	5.249486E-02	5.229057E-02	5.248597E-02	5.272628E-02
A6	3.509662E-02	3.496253E-02	3.491629E-02	3.481484E-02
A8	-4.579240E-02	-4.576639E-02	-4.574492E-02	-4.554414E-02
A10	1.191285E-01	1.180033E-01	1.169268E-01	1.155831E-01
A12	-1.287979E-01	-1.268847E-01	-1.250327E-01	-1.229690E-01
A14	7.886341E-02	7.721988E-02	7.562815E-02	7.396368E-02
A16	-1.872265E-02	-1.822668E-02	-1.774762E-02	-1.726238E-02

	第2面
輪帯NO	
内側輪帯位置(mm)	-
外側輪帯位置(mm)	-
段差量(mm)	-
R (=1/C)	-1.599693
K	-3.680567E+01
A4	4.492062E-01
A6	-6.790039E-01
A8	2.389115E-01
A10	1.613035E-01
A12	5.240356E-01
A14	-1.171385E+00
A16	5.899880E-01

[図23]

図23

実施例5

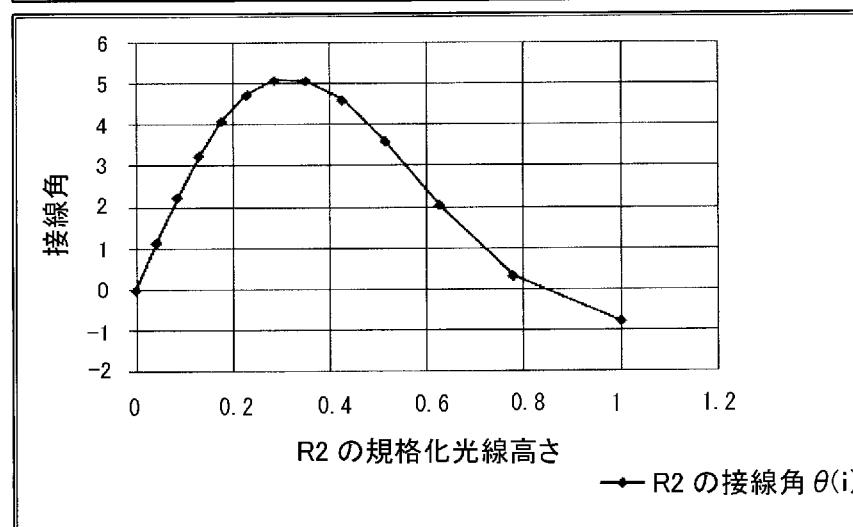
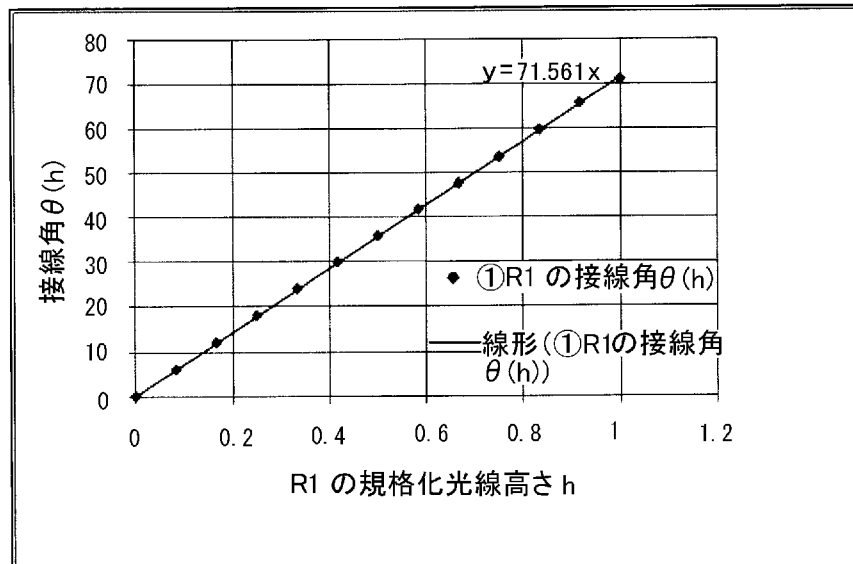
実施例5 波面収差計算結果						
有効径	mm	2.4				
f	mm	1.410				
NA	-	0.85				
屈折率		1.56				
カバー層厚み	mm	0.0625	0.075	0.0875	0.1	0.1125
物体距離	mm	-153	-312	∞	331	169
TOTAL	λ rms	0.0107	0.0056	0.0010	0.0061	0.0124
SA3	λ rms	0.0003	-0.0004	0.0000	-0.0003	-0.0010
SA5	λ rms	0.0051	0.0027	0.0002	-0.0034	-0.0072
SA7	λ rms	0.0009	0.0011	0.0000	-0.0018	-0.0045
SA9	λ rms	0.0065	0.0035	0.0002	-0.0038	-0.0075
SA11	λ rms	0.0035	0.0019	0.0000	-0.0014	-0.0028
$\sqrt{(SA5^2+SA7^2+SA9^2+SA11^2)}$	λ rms	0.0091	0.0049	0.0002	0.0055	0.0117
スポット径	μ m	0.391	0.392	0.392	0.392	0.393
サイドローブ	%	1.80	1.76	1.74	1.72	1.67
スポット径理論値	μ m	0.391				

[図24]

図24

実施例5

実施例5				
R1の 光線高さ	R1の規格化 光線高さh	①R1の接線角 $\theta(h)$	②線形近似から求まる値 $\phi \times h$	①-② $\theta(h) - \phi \times h$
0	0	0	0.000	0.000
0.1	0.09	6.089	5.963	0.125
0.2	0.18	12.149	11.927	0.222
0.3	0.27	18.158	17.890	0.267
0.4	0.36	24.152	23.854	0.298
0.5	0.45	30.095	29.817	0.278
0.6	0.55	35.916	35.781	0.135
0.7	0.64	41.787	41.744	0.042
0.8	0.73	47.700	47.708	-0.008
0.9	0.82	53.620	53.671	-0.051
1	0.91	59.718	59.635	0.083
1.1	1.00	65.749	65.598	0.151
1.2	1.09	70.974	71.561	-0.588



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT / JP2 011 / 063962

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G11B 7/135 (2006.01) i, G02B1 3/00 (2006.01) i, G02B1 3/08 (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)

G11B 7 / 135 , G02B 13 / 00 , G02B 13 / 08

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	1996-2011
Kokai	Jitsuyo	Shinan	1971-2011	Toroku	Jitsuyo	Shinan	Koho	1994-2011

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.
A	JP 2010-80040 A (Hitachi Maxell, Ltd.), 08 April 2010 (08.04.2010), entire text; all drawings & US 2009/0257338 A1	1-7
A	JP 2010-108531 A (Sony Corp.), 13 May 2010 (13.05.2010), entire text; all drawings & US 2010/0103801 A1 & CN 101726839 A	1-7



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

"I" 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
13 September, 2011 (13.09.11)Date of mailing of the international search report
27 September, 2011 (27.09.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A . 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int .Cl. G11B7/135 (2006. 01) i , G02B13/00 (2006. 01) i , G02B13/08 (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 (I P C))

Int .Cl. G11B7/135, G02B13/00, G02B13/08

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	1 9 2 2 — 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 — 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 — 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 — 2 0 1 1 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
A	JP 2010-80040 A (日立マクセル株式会社) 2010. 04. 08 全文 ,全図 & US 2009/0257338 A1	1-7
A	JP 2010-108531 A (ソニー株式会社) 2010. 05. 13 全文 ,全図 & US 2010/0103801 A1 & CN 101726839 A	1-7

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

- IA 「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」
- IE 「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」
- IF 「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)」
- IG 「口頭による開示、使用、展示等に言及する文献」
- IH 「国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- 「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」
- IX 「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」
- IY 「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」
- IZ 「同一パテントファミリー文献」

国際調査を完了した日

1 3 . 0 9 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

2 7 . 0 9 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)
郵便番号 1 0 0 — 8 9 1 5
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

5 D

9 2 9 4

電話番号 0 3 — 3 5 8 1 — 1 1 0 1 内線 3 5 5 1