(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2009 年 10 月 22 日(22.10.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/128445 A1

(51) 国際特許分類:
G11B 7/135 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2009/057502

(22) 国際出願日: 2009 年 4 月 14 日(14.04.2009)

(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 2008-107712 2008 年 4 月 17 日(17.04.2008) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): コニカミノルタオプト株式会社 (Konica Minolta Opto, Inc.) [JP/JP]; 〒1928505 東京都八王子市石川町２９７０番地 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 三森 満 (MIMORI, Mitsuru) [JP/JP]; 〒1928505 東京都八王子市石川町２９７０番地コニカミノルタオプト株式会社内 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, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

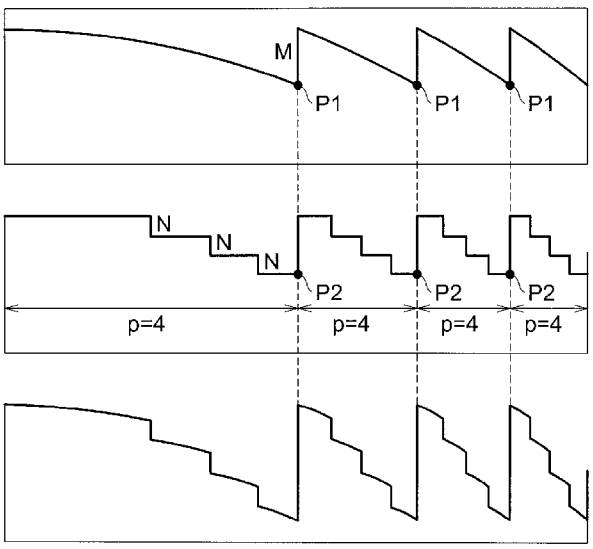
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

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

(54) 発明の名称: 対物レンズ及び光ピックアップ装置

[図3]



(57) **Abstract**: An optical pickup device and an objective lens which allow simple configuration and reduced costs of the optical pickup device by properly recording and/or reproducing information in/from three kinds of disks of different recording densities. On the optical surface of the objective lens, an optical path difference imparting structure is formed. The optical path difference imparting structure is obtained by superimposing a first foundation structure being a blazed structure and a second foundation structure being a stepped structure such that the positions of all the step portions of the first foundation structure coincide with the positions of the step portions of the second foundation structure.

(57) 要約: 記録密度が異なる３種類のディスクに対して情報の記録及び／又は再生を適切に行うことができ、その構成の簡素化、低コスト化を実現可能な光ピックアップ装置及び対物レンズを提供するために、前記対物レンズの光学面には、光路差付与構造が形成されており、前記光路差付与構造は、ブレーズ型構造である第１基礎構造と、階段型構造である第２基礎構造とを、前記第１の基礎構造の全ての段差部の位置と前記第２基礎構造の段差部の位置が一致するように重畳させてなる。

WO 2009/128445 A1

明　細　書

発明の名称 ： 対物レンズ及び光ピックアップ装置

技術分野

[0001] 本発明は、異なる種類の光ディスクに対して互換可能に情報の記録及び／又は再生を行える光ピックアップ装置及びそれに用いる対物レンズに関する。

背景技術

[0002] 近年、光ピックアップ装置において、光ディスクに記録された情報の再生や、光ディスクへの情報の記録のための光源として使用されるレーザ光源の短波長化が進み、例えば、青紫色半導体レーザや、第２高調波を利用して赤外半導体レーザの波長変換を行う青色ＳＨＧレーザ等、波長４００～４２０ｎｍのレーザ光源が実用化されつつある。これら青紫色レーザ光源を使用すると、ＤＶＤ（デジタルバーサタイルディスク）と同じ開口数（ＮＡ）の対物レンズを使用する場合で、直径１２ｃｍの光ディスクに対して、１５～２０ＧＢの情報の記録が可能となり、対物レンズのＮＡを０．８５にまで高めた場合には、直径１２ｃｍの光ディスクに対して、２３～２５ＧＢの情報の記録が可能となる。以下、本明細書では、青紫色レーザ光源を使用する光ディスク及び光磁気ディスクを総称して「高密度光ディスク」という。

[0003] 尚、ＮＡ０．８５の対物レンズを使用する高密度光ディスクでは、光ディスクの傾き（スキュー）に起因して発生するコマ収差が増大するため、ＤＶＤにおける場合よりも保護層を薄く設計し（ＤＶＤの０．６ｍｍに対して、０．１ｍｍ）、スキューによるコマ収差量を低減しているものがある。ところで、かかるタイプの高密度光ディスクに対して適切に情報の記録／再生ができると言うだけでは、光ディスクプレーヤ／レコーダ（光情報記録再生装置）の製品としての価値は十分なものとはいえない。現在において、多種多様な情報を記録したＤＶＤやＣＤ（コンパクトディスク）が販売されている現実をふまえると、高密度光ディスクに対して情報の記録／再生ができるだ

けでは足らず、例えばユーザが所有しているＤＶＤやＣＤに対しても同様に適切に情報の記録／再生ができるようにすることが、高密度光ディスク用の光ディスクプレーヤ／レコーダとしての商品価値を高めることに通じるのである。このような背景から、高密度光ディスク用の光ディスクプレーヤ／レコーダに搭載される光ピックアップ装置は、高密度光ディスクとＤＶＤ、更にはＣＤとの何れに対しても互換性を維持しながら適切に情報を記録／再生できる性能を有することが望まれる。

[0004] 高密度光ディスクとＤＶＤ、更にはＣＤとの何れに対しても互換性を維持しながら適切に情報を記録／再生できるようにする方法として、高密度光ディスク用の光学系とＤＶＤやＣＤ用の光学系とを情報を記録／再生する光ディスクの記録密度に応じて選択的に切り替える方法が考えられるが、複数の光学系が必要となるので、小型化に不利であり、またコストが増大する。

[0005] 従って、光ピックアップ装置の構成を簡素化し、低コスト化を図るためには、互換性を有する光ピックアップ装置においても、高密度光ディスク用の光学系とＤＶＤやＣＤ用の光学系とを共通化して、光ピックアップ装置を構成する光学部品点数を極力減らすのが好ましい。そして、光ディスクに対向して配置される対物レンズを共通化することが光ピックアップ装置の構成の簡素化、低コスト化に最も有利となる。尚、記録／再生波長が互いに異なる複数種類の光ディスクに対して共通に使用可能な対物レンズを得るためには、球面収差の波長依存性を有する光路差付与構造を対物光学系に形成し、波長の違いや保護層の厚みの違いにより発生する球面収差を低減する必要がある。

[0006] 特許文献１には、光路差付与構造を有し、高密度光ディスクと従来のＤＶＤ及びＣＤに対して共通に使用可能な対物レンズに用いる光学素子が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開２００６－１８５５７６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 然るに、特許文献１に開示された技術によれば、高密度光ディスクとＤＶＤとＣＤとに対して互換使用を可能にするために、第１の光路差関数を第２の光路差関数に足し合わせて形成される光路差付与構造を対物レンズに形成している。ところが、第１の光路差関数と第２の光路差関数とを関係づけないで足し合わせた場合、最終的な光路差付与構造において、特許文献１の図３に示すように、谷底に小突起が生じたり、山頂に窪みが生じるなど複雑な構造となり、成形金型の構成が困難になると共に、成形時に金型の奥まで素材が入り込みにくくなり、成形された対物レンズの光学面が理想形状で転写されにくく、所望の光学特性を得ることが困難となる。

[0009] 本発明は、上述の問題を考慮してなされたものであり、対物レンズとして単玉のレンズを用いたとしても、高密度光ディスク（特にＢＤ）とＤＶＤとＣＤ等の、記録密度が異なる３種類のディスクに対して情報の記録及び／又は再生を適切に行うことができる光ピックアップ装置及び対物レンズであって、所望の光学特性を発揮できると共に、成形金型の構成が複雑なものになりすぎる事を防止し、転写性を良好にでき、その構成の簡素化、低コスト化を実現可能な対物レンズ及びそれを用いた光ピックアップ装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 以上の課題を解決するために、請求項１に記載の発明は、第１光源から出射される波長λ１（μｍ）の第１光束を用いて厚さｔ１の保護層を有する第１光ディスクの情報記録面に対して集光スポット形成を行い、第２光源から出射される波長λ２（λ１＜λ２）の第２光束を用いて厚さｔ２（ｔ１≦ｔ２）の保護層を有する第２光ディスクの情報記録面に対して集光スポット形成を行い、第３光源から出射される波長λ３（λ２＜λ３）の第３光束を用いて厚さｔ３（ｔ２＜ｔ３）の保護層を有する第３光ディスクの情報記録面に対して集光スポット形成を行う光ピックアップ装置用の対物レンズにおい

て、

前記対物レンズの光学面には、光路差付与構造が形成されており、

前記光路差付与構造は、ブレーズ型構造である第１基礎構造と、階段型構造である第２基礎構造とを、前記第１基礎構造の全ての段差部の位置と前記第２基礎構造の段差部の位置が一致するように重畳させてなり、

Ｌ、Ｍ、Ｎを任意の整数としたときに、前記光路差付与構造に前記第１光束が入射した場合に発生する回折光のうち、Ｌ次回折光が最大の回折光量を有し、前記光路差付与構造に前記第２光束が入射した場合に発生する回折光のうち、Ｍ次回折光が最大の回折光量を有し、前記光路差付与構造に前記第３光束が入射した場合に発生する回折光のうち、Ｎ次回折光が最大の回折光量を有することを特徴とする。

[0011] 例えばブレーズ型形状の回折構造又は階段形状の回折構造のいずれかのみを互換用の対物レンズに形成する場合、回折効率が高い第１光束と第２光束と第３光束の回折次数の組み合わせが定まってしまうため、設計の自由度が低下するという問題がある。本発明のように基礎構造を重畳させることで、任意の回折次数の選択を行うことが出来、設計の自由度が向上すると共に、単一の光路差関数を使用して設計することが可能なため、設計がしやすくなる。加えて、前記第１の基礎構造の全ての段差部の位置と前記第２基礎構造の段差部の位置が一致するように重畳させることにより、前記光路差付与構造をシンプルにすることができ、対物レンズの成形金型の加工が容易になり、対物レンズの成形時に樹脂やガラスが金型の末端まで入り込みやすく、製造精度を高めることが出来、設計値に近い光量を得る事が可能となり、光量ロスを減らすことが可能となる。

[0012] 請求項２に記載の対物レンズは、請求項１に記載の発明において、前記第２基礎構造は４分割の階段型構造であり、前記第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と前記第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、前記第１基礎構造の前記段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式、

（１．２λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（１．２λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（１．２５λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（１．２５λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（３．７５λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（３．７５λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たすことを特徴とする。ただし、ｎは、前記第１光束における前記対物レンズの屈折率を表す。

[0013] 請求項３に記載の対物レンズは、請求項１又は２に記載の発明において、前記第一光路差付与構造は、４分割のブレーズ階段型構造であり、前記第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）が以下の条件式、

（４．９５λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（４．９５λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たすことを特徴とする。

[0014] 請求項４に記載の対物レンズは、請求項１から請求項３のいずれか一項に記載の発明において、

｜Ｌ｜＝２、Ｍ＝０、｜Ｎ｜＝１を満たし、

ＬとＮの正負の符号が異なることを特徴とする。

[0015] 請求項５に記載の対物レンズは、請求項１に記載の発明において、前記第２基礎構造は６分割の階段型構造であり、前記第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と前記第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、前記第１基礎構造の前記段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式、

（λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（１．２λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（１．２λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（６λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（６λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たすことを特徴とする。ただし、ｎは、前記第１光束における前記対物レンズの屈折率を表す。

[0016] 請求項６に記載の対物レンズは、請求項１又は５に記載の発明において、前記第一光路差付与構造は、４分割のブレーズ階段型構造であり、前記第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）が以下の条件式、

（５λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（５λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たすことを特徴とする。

[0017] 請求項７に記載の対物レンズは、請求項１、５又は６に記載の発明において、

Ｌ＝０、｜Ｍ｜＝２、｜Ｎ｜＝３を満たし、

ＭとＮの正負の符号が等しいことを特徴とする。

[0018] 請求項８に記載の対物レンズは、請求項１に記載の発明において、前記第２基礎構造は７分割の階段型構造であり、前記第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と前記第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、前記第１基礎構造の前記段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式、

（３λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（３λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（１．３１λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（１．３１λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（７．８６λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（７．８６λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たすことを特徴とする。ただし、ｎは、前記第１光束における前記対物レンズの屈折率を表す。

[0019] 請求項９に記載の対物レンズは、請求項１又は５に記載の発明において、前記第一光路差付与構造は、７分割のブレーズ階段型構造であり、前記第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）が以下の条件式、

（４．８６λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（４．８６λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たすことを特徴とする。

[0020] 請求項１０に記載の対物レンズは、請求項１、８又は９に記載の発明において、

｜Ｌ｜＝１、｜Ｍ｜＝３、｜Ｎ｜＝４を満たし、

ＬとＭとＮの正負の符号が等しいことを特徴とする。

[0021] 請求項１１に記載の対物レンズは、請求項１から請求項１０までのいずれか一項に記載の発明において、

前記対物レンズの光学面は、少なくとも、光軸を含む輪帯状の中央領域と、前記中央領域の周囲に形成された輪帯状の周辺領域と、前記周辺領域の周囲に形成された輪帯状の最周辺領域を有し、

前記中央領域、前記周辺領域及び前記最周辺領域を通過した前記第１光束が、前記第１光ディスクの情報記録面に集光され、

前記中央領域と前記周辺領域とを通過した前記第２光束が、前記第２光ディスクの情報記録面に集光され、

前記中央領域を通過した前記第３光束が、前記第３光ディスクの情報記録面に集光され、

前記第一光路差付与構造は前記中央領域に設けられていることを特徴とする。

[0022] 請求項１２に記載の光ピックアップ装置は、第１光源から出射される波長λ１（μｍ）の第１光束を用いて厚さｔ１の保護層を有する第１光ディスクの情報記録面に対して集光スポット形成を行い、第２光源から出射される波長λ２（λ１＜λ２）の第２光束を用いて厚さｔ２（ｔ１≦ｔ２）の保護層

を有する第２光ディスクの情報記録面に対して集光スポット形成を行い、第３光源から出射される波長λ３（λ２＜λ３）の第３光束を用いて厚さｔ３（ｔ２＜ｔ３）の保護層を有する第３光ディスクの情報記録面に対して集光スポット形成を行う対物レンズを備えた光ピックアップ装置において、

前記対物レンズの光学面には、第一光路差付与構造が形成されており、

前記第一光路差付与構造は、ブレーズ型構造である第１基礎構造と、階段型構造である第２基礎構造とを、前記第１基礎構造の全ての段差部の位置と前記第２基礎構造の段差部の位置が一致するように重畳させてなり、

Ｌ、Ｍ、Ｎを任意の整数としたときに、前記第一光路差付与構造に前記第１光束が入射した場合に発生する回折光のうち、Ｌ次回折光が最大の回折光量を有し、前記第一光路差付与構造に前記第２光束が入射した場合に発生する回折光のうち、Ｍ次回折光が最大の回折光量を有し、前記第一光路差付与構造に前記第３光束が入射した場合に発生する回折光のうち、Ｎ次回折光が最大の回折光量を有することを特徴とする。

[0023] 請求項１３に記載の光ピックアップ装置は、請求項１２に記載の発明において、前記第２基礎構造は４分割の階段型構造であり、前記第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と前記第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、前記第１基礎構造の前記段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式、

（１．２λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（１．２λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（１．２５λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（１．２５λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（３．７５λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（３．７５λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

を満たすことを特徴とする。ただし、ｎは、前記第１光束における前記対物レンズの屈折率を表す。

[0024] 請求項１４に記載の光ピックアップ装置は、請求項１２又は１３に記載の

発明において、前記第一光路差付与構造は、４分割のブレーズ階段型構造であり、前記第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）が以下の条件式、

（４．９５λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（４．９５λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

を満たすことを特徴とする。

[0025] 請求項１５に記載の光ピックアップ装置は、請求項１２から請求項１４までのいずれか一項に記載の発明において、

｜Ｌ｜＝２、Ｍ＝０、｜Ｎ｜＝１を満たし、

ＬとＮの正負の符号が異なることを特徴とする。

[0026] 請求項１６に記載の光ピックアップ装置は、請求項１２に記載の発明において、前記第２基礎構造は６分割の階段型構造であり、前記第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と前記第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、前記第１基礎構造の前記段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式、

（λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（１．２λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（１．２λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（６λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（６λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

を満たすことを特徴とする。ただし、ｎは、前記第１光束における前記対物レンズの屈折率を表す。

[0027] 請求項１７に記載の光ピックアップ装置は、請求項１２又は１６に記載の発明において、前記第一光路差付与構造は、４分割のブレーズ階段型構造であり、前記第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）が以下の条件式、

（５λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（５λ１＋０．４λ１）／（

ｎ－１）

を満たすことを特徴とする。

[0028] 請求項１８に記載の光ピックアップ装置は、請求項１２、１６又は１７に記載の発明において、

Ｌ＝０、｜Ｍ｜＝２、｜Ｎ｜＝３を満たし、

ＭとＮの正負の符号が等しいことを特徴とする。

[0029] 請求項１９に記載の光ピックアップ装置は、請求項１２に記載の発明において、前記第２基礎構造は７分割の階段型構造であり、前記第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と前記第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、前記第１基礎構造の前記段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式、

（３λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（３λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（１．３１λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（１．３１λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（７．８６λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（７．８６λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

を満たすことを特徴とする。ただし、ｎは、前記第１光束における前記対物レンズの屈折率を表す。

[0030] 請求項２０に記載の光ピックアップ装置は、請求項１２又は１９に記載の発明において、前記第一光路差付与構造は、７分割のブレーズ階段型構造であり、前記第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）が以下の条件式、

（４．８６λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（４．８６λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

を満たすことを特徴とする。

[0031] 請求項２１に記載の光ピックアップ装置は、請求項１２、１９又は２０に記載の発明において、

｜Ｌ｜＝１、｜Ｍ｜＝３、｜Ｎ｜＝４を満たし、

ＬとＭとＮの正負の符号が等しいことを特徴とする。

[0032] 請求項２２に記載の光ピックアップ装置は、請求項１２から請求項２１までのいずれか一項に記載の発明において、

前記対物レンズの光学面は、少なくとも、光軸を含む輪帯状の中央領域と、前記中央領域の周囲に形成された輪帯状の周辺領域と、前記周辺領域の周囲に形成された輪帯状の最周辺領域を有し、

前記中央領域、前記周辺領域及び前記最周辺領域を通過した前記第１光束が、前記第１光ディスクの情報記録面に集光され、

前記中央領域と前記周辺領域とを通過した前記第２光束が、前記第２光ディスクの情報記録面に集光され、

前記中央領域を通過した前記第３光束が、前記第３光ディスクの情報記録面に集光され、

前記第一光路差付与構造は前記中央領域に設けられていることを特徴とする。

[0033] 請求項２３に記載の光ピックアップ装置は、請求項１２から請求項２２までのいずれか一項に記載の発明において、前記第１光束が前記対物レンズに入射する時の、前記対物レンズの結像倍率ｍ１が下記の式（１）、前記第２光束が前記対物レンズに入射する時の、前記対物レンズの結像倍率ｍ２が下記の式（２）、前記第３光束が前記対物レンズに入射する時の、前記対物レンズの結像倍率ｍ３が下記の式（３）、

－０．０２＜ｍ１＜０．０２　　（１）

－０．０２＜ｍ２＜０．０２　　（２）

－０．０２＜ｍ３＜０．０２　　（３）

を満たすことを特徴とする。

[0034] 本発明に係る光ピックアップ装置は、第１光源、第２光源、第３光源の少なくとも３つの光源を有する。さらに、本発明の光ピックアップ装置は、第１光束を第１光ディスクの情報記録面上に集光させ、第２光束を第２光ディ

スクの情報記録面上に集光させ、第３光束を第３光ディスクの情報記録面上に集光させるための集光光学系を有する。また、本発明の光ピックアップ装置は、第１光ディスク、第２光ディスク又は第３光ディスクの情報記録面からの反射光束を受光する受光素子を有する。このときの第１光ディスクはＢＤ（Ｂｌｕ－ｒａｙ　Ｄｉｓｃ）又はＨＤ　ＤＶＤ（以下、ＨＤと記載）、第２光ディスクはＤＶＤである事が好ましく、第３光ディスクはＣＤであることが好ましいが、これに限られない。第１光ディスク、第２光ディスク、又は第３光ディスクは、複数の情報記録面を有する複数層の光ディスクでもよい。

[0035] ＢＤは、ＮＡ０．８５の対物レンズにより情報の記録／再生が行われ、保護基板の厚さが０．１ｍｍ程度である。また、ＨＤは、ＮＡ０．６５乃至０．６７の対物レンズにより情報の記録／再生が行われ、保護基板の厚さが０．６ｍｍ程度である。更に、ＤＶＤとは、ＮＡ０．６０～０．６７程度の対物レンズにより情報の記録／再生が行われ、保護基板の厚さが０．６ｍｍ程度であるＤＶＤ系列光ディスクの総称であり、ＤＶＤ－ＲＯＭ、ＤＶＤ－Ｖｉｄｅｏ、ＤＶＤ－Ａｕｄｉｏ、ＤＶＤ－ＲＡＭ、ＤＶＤ－Ｒ、ＤＶＤ－ＲＷ、ＤＶＤ＋Ｒ、ＤＶＤ＋ＲＷ等を含む。また、本明細書においては、ＣＤとは、ＮＡ０．４５～０．５３程度の対物レンズにより情報の記録／再生が行われ、保護基板の厚さが１．２ｍｍ程度であるＣＤ系列光ディスクの総称であり、ＣＤ－ＲＯＭ、ＣＤ－Ａｕｄｉｏ、ＣＤ－Ｖｉｄｅｏ、ＣＤ－Ｒ、ＣＤ－ＲＷ等を含む。尚、記録密度については、ＢＤの記録密度が最も高く、次いでＨＤ、ＤＶＤ、ＣＤの順に低くなる。

[0036] なお、保護基板の厚さｔ１、ｔ２、ｔ３に関しては、以下の条件式（４）、（５）、（６）、

０．０７５０ｍｍ≦ｔ１≦０．１１２５ｍｍ又は、

０．５ｍｍ≦ｔ１≦０．７ｍｍ　（４）

０．５ｍｍ≦ｔ２≦０．７ｍｍ　（５）

１．０ｍｍ≦ｔ３≦１．３ｍｍ　（６）

を満たすことが好ましいが、これに限られない。

[0037] 本明細書において、第１光源、第２光源、第３光源は、好ましくはレーザ光源である。レーザ光源としては、好ましくは半導体レーザ、シリコンレーザ等を用いることが出来る。第１光源から出射される第１光束の第１波長λ１、第２光源から出射される第２光束の第２波長λ２（λ２＞λ１）、第３光源から出射される第３光束の第３波長λ３（λ３＞λ２）は以下の条件式（７）、（８）、

１．５×λ１＜λ２＜１．７×λ１　　（７）

１．９×λ１＜λ３＜２．１×λ１　　（８）

を満たすことが好ましい。

[0038] また、第１光ディスク、第２光ディスク、第３光ディスクとして、それぞれ、ＢＤ又はＨＤ、ＤＶＤ及びＣＤが用いられる場合、第１光源の第１波長λ１は好ましくは、０．３５μｍ以上、０．４４μｍ以下、より好ましくは、０．３８μｍ以上、０．４１５μｍ以下であって、第２光源の第２波長λ２は好ましくは０．５７μｍ以上、０．６８μｍ以下、より好ましくは０．６３μｍ以上、０．６７μｍ以下であって、第３光源の第３波長λ３は好ましくは、０．７５μｍ以上、０．８８μｍ以下、より好ましくは、０．７６μｍ以上、０．８２μｍ以下である。

[0039] また、第１光源、第２光源、第３光源のうち少なくとも２つの光源をユニット化してもよい。ユニット化とは、例えば第１光源と第２光源とが１パッケージに固定収納されているようなものをいうが、これに限られず、２つの光源が収差補正不能なように固定されている状態を広く含むものである。また、光源に加えて、後述する受光素子を１パッケージ化してもよい。

[0040] 受光素子としては、フォトダイオードなどの光検出器が好ましく用いられる。光ディスクの情報記録面上で反射した光が受光素子へ入射し、その出力信号を用いて、各光ディスクに記録された情報の読み取り信号が得られる。さらに、受光素子上のスポットの形状変化、位置変化による光量変化を検出して、合焦検出やトラック検出を行い、この検出に基づいて、合焦、トラッ

キングのために対物レンズを移動させることが出来る。受光素子は、複数の光検出器からなっていてもよい。受光素子は、メインの光検出器とサブの光検出器を有していてもよい。例えば、情報の記録再生に用いられるメイン光を受光する光検出器の両脇に２つのサブの光検出器を設け、当該２つのサブの光検出器によってトラッキング調整用のサブ光を受光するような受光素子としてもよい。また、受光素子は各光源に対応した複数の受光素子を有していてもよい。

[0041] 集光光学系は、対物レンズを有する。集光光学系は、対物レンズのみを有していても良いが、集光光学系は、対物レンズの他にコリメータ等のカップリングレンズを有していてもよい。カップリングレンズとは、対物レンズと光源の間に配置され、光束の発散角を変える単レンズ又はレンズ群のことをいう。コリメータは、カップリングレンズの一種で、コリメータに入射した光を平行光にして出射するレンズである。更に集光光学系は、光源から射出された光束を、情報の記録再生に用いられるメイン光束と、トラッキング等に用いられる二つのサブ光束とに分割する回折光学素子などの光学素子を有していてもよい。本明細書において、対物レンズとは、光ピックアップ装置において光ディスクに対向する位置に配置され、光源から射出された光束を光ディスクの情報記録面上に集光する機能を有する光学系を指す。好ましくは、対物レンズとは、光ピックアップ装置において光ディスクに対向する位置に配置され、光源から射出された光束を光ディスクの情報記録面上に集光する機能を有する光学系であって、更に、アクチュエータにより少なくとも光軸方向に一体的に変位可能とされた光学系を指す。対物レンズは、好ましくは単玉の対物レンズであるが、複数の光学素子から形成されていても良い。また、対物レンズは、ガラスレンズであってもプラスチックレンズであっても、又は、ガラスレンズの上に光硬化性樹脂などで光路差付与構造などを設けたハイブリッドレンズであってもよい。また、対物レンズは、屈折面が非球面であることが好ましい。また、対物レンズは、光路差付与構造が設けられるベース面が非球面であることが好ましい。

[0042] また、対物レンズをガラスレンズとする場合は、ガラス転移点Ｔｇが４００℃以下であるガラス材料を使用することが好ましい。ガラス転移点Ｔｇが４００℃以下であるガラス材料を使用することにより、比較的低温での成形が可能となるので、金型の寿命を延ばすことが出来る。このようなガラス転移点Ｔｇが低いガラス材料としては、例えば（株）住田光学ガラス製のＫ－ＰＧ３２５や、Ｋ－ＰＧ３７５（共に製品名）がある。

[0043] ところで、ガラスレンズは一般的に樹脂レンズよりも比重が大きいため、対物レンズをガラスレンズとすると、重量が大きくなり対物レンズを駆動するアクチュエータに負担がかかる。そのため、対物レンズをガラスレンズとする場合には、比重が小さいガラス材料を使用するのが好ましい。具体的には、比重が３．０以下であるのが好ましく、２．８以下であるのがより好ましい。

[0044] また、対物レンズをプラスチックレンズとする場合は、環状オレフィン系の樹脂材料を使用するのが好ましく、環状オレフィン系の中でも、波長４０５ｎｍに対する温度２５℃での屈折率が１．５２乃至１．６０の範囲内であって、－５℃から７０℃の温度範囲内での温度変化に伴う波長４０５ｎｍに対する屈折率変化率ｄＮ／ｄＴ（$℃^{-1}$）が-20×10^{-5}乃至-5×10^{-5}（より好ましくは、-10×10^{-5}乃至-8×10^{-5}）の範囲内である樹脂材料を使用するのがより好ましい。また、対物レンズをプラスチックレンズとする場合、カップリングレンズもプラスチックレンズとすることが好ましい。

[0045] 対物レンズについて、以下に記載する。対物レンズの少なくとも一つの光学面が、中央領域と、中央領域の周りの周辺領域とを有する。対物レンズの少なくとも一つの光学面が、周辺領域の周りに最周辺領域を有していてもよい。中央領域は、対物レンズの光軸を含む領域であることが好ましいが、含まない領域であってもよい。中央領域、周辺領域、及び最周辺領域は同一の光学面上に設けられていることが好ましい。図１に示されるように、中央領域ＣＮ、周辺領域ＭＤ、最周辺領域ＯＴは、同一の光学面上に、光軸を中心

とする同心円状に設けられていることが好ましい。また、対物レンズの中央領域には第１光路差付与構造が設けられることが好ましい。また、周辺領域には第２光路差付与構造が設けられていてもよい。最周辺領域を有する場合、最周辺領域は屈折面であってもよいし、最周辺領域に第３光路差付与構造が設けられていてもよい。中央領域、周辺領域、最周辺領域はそれぞれ隣接していることが好ましいが、間に僅かに隙間があっても良い。

[0046] 第１光路差付与構造は、対物レンズの中央領域の面積の７０％以上の領域に設けられていることが好ましく、９０％以上がより好ましい。より好ましくは、第１光路差付与構造が、中央領域の全面に設けられていることである。第２光路差付与構造は、対物レンズの周辺領域の面積の７０％以上の領域に設けられていることが好ましく、９０％以上がより好ましい。より好ましくは、第２光路差付与構造が、周辺領域の全面に設けられていることである。第３光路差付与構造は、対物レンズの最周辺領域の面積の７０％以上の領域に設けられていることが好ましく、９０％以上がより好ましい。より好ましくは、第３光路差付与構造が、最周辺領域の全面に設けられていることである。

[0047] なお、本明細書でいう光路差付与構造とは、入射光束に対して光路差を付加する構造の総称である。光路差付与構造には、位相差を付与する位相差付与構造も含まれる。また、位相差付与構造には回折構造が含まれる。本願発明の光路差付与構造は、回折構造であるといえる。光路差付与構造は、段差を有し、好ましくは段差を複数有する。この段差により入射光束に光路差及び／又は位相差が付加される。光路差付与構造により付加される光路差は、入射光束の波長の整数倍であっても良いし、入射光束の波長の非整数倍であっても良い。段差は、光軸垂直方向に周期的な間隔をもって配置されていてもよいし、光軸垂直方向に非周期的な間隔をもって配置されていてもよい。

[0048] 光路差付与構造は、光軸を中心とする同心円状の複数の輪帯を有することが好ましい。また、光路差付与構造は、様々な断面形状（光軸を含む面での断面形状）をとり得る。特に、第１光路差付与構造は、光軸を含む断面形状

がブレーズ型構造である第１基礎構造と、光軸を含む断面形状が階段型構造である第２基礎構造とを重畳させたものが好ましい。

[0049] ブレーズ型構造とは、図２（ａ）、（ｂ）に示されるように、光路差付与構造を有する光学素子の光軸を含む断面形状が、鋸歯状の形状ということであり、別の言い方としては、光路差付与構造がベース面に対して、直角でも平行でもない、斜めの面を有するということである。また、階段型構造とは、図２（ｃ）に示されるように、光路差付与構造を有する光学素子の光軸を含む断面形状が、小階段状のものを複数有するということであり、別の言い方としては、光路差付与構造がベース面に対して平行な面と光軸に対して平行な面のみを有し、ベース面に対して斜めの面を有さず、ベース面の方向に進むに従って、段階的に光軸方向の長さが変化する小構造を複数有するということである。また、基礎構造が階段型構造である場合、ベース面が曲率を有する面であると、ベース面において光線が屈折するため光軸からの距離ごとに屈折角度が異なるという現象が生じる。そのため、ベース面を光軸方向に平行にシフトすることにより階段型構造を得るよりも、光線の進む方向にベース面を同じ光路長分シフトすることにより階段型構造を得る事が好ましい。尚、本明細書中、「Ｘ分割」とは、１つの階段型構造の光軸垂直方向に対応する（向いた）輪帯状の面が、段差によって区分けされＸ個に分割されていることをいい、「小さい段差」とは、１つの階段型構造において、最も小さな光軸方向の段差をいい、「大きな段差」とは、１つの階段型構造において、最も大きな光軸方向の段差をいうものとする。

[0050] 第１基礎構造と第２基礎構造とを重畳する場合、第１基礎構造に、第１基礎構造とは異なる第２基礎構造を、第１基礎構造の全ての段差部の位置と第２基礎構造の段差部の位置が一致するように重畳することが好ましい。好ましい態様としては、図３（ａ）に示すブレーズ型構造の最も深くなる位置Ｐ１と、図３（ｂ）に示す階段型構造の最も深くなる位置Ｐ２とを一致させて重畳することをいう。これにより、図３（ｃ）に示す第１光路差付与構造を得ることができる。このように、ブレーズ型構造と階段型構造とをブレーズ

型の段差の位置と階段型構造の大きな段差の位置とを一致させて重畳させて得られる図３（ｃ）のような構造を、本明細書においてブレーズ型階段構造と称する。ブレーズ型階段構造は、光路差付与構造がベース面に対して斜めの面と光軸に対して平行な面を有し、ベース面の方向に進むに従って、段階的に光軸方向の長さが変化する小構造を複数有する構造である。なお、第１の基礎構造の一単位の輪帯に対して、第２の基礎構造の複数単位の輪帯を重畳させても良い。また、第２基礎構造の段差部の全ての位置が第１基礎構造の段差部の位置と一致していなくてもよい。即ち、第２基礎構造の段差部の中には、第１基礎構造の段差部の位置と一致しないものがあってもよい。第２光路差付与構造、第３光路差付与構造は、基礎構造を重畳させても重畳させなくても良く、この場合には図２や図３に示す任意の形状の構造を採りうる。

[0051] 尚、光路差付与構造又は基礎構造は、ある単位形状が周期的に繰り返されている構造であることが好ましい。ここでいう「単位形状が周期的に繰り返されている」とは、同一の形状が同一の周期で繰り返されている形状は当然含む。さらに、周期の１単位となる単位形状が、規則性を持って、周期が徐々に長くなったり、徐々に短くなったりする形状も、「単位形状が周期的に繰り返されている」ものに含まれているとする。

[0052] 光路差付与構造又は基礎構造が、ブレーズ型構造を有する場合、単位形状である鋸歯状の形状が繰り返された形状となる。図２（ａ）に示されるように、同一の鋸歯状形状が繰り返されてもよいし、図２（ｂ）に示されるように、ベース面の方向に進むに従って、徐々に鋸歯状形状の大きさが大きくなっていく形状、又は、小さくなっていく形状であってもよい。また、徐々に鋸歯状形状の大きさが大きくなった形状と、徐々に鋸歯状形状の大きさが小さくなっていく形状を組み合わせた形状としてもよい。但し、鋸歯状形状の大きさが徐々に変化する場合であっても、鋸歯状形状において、光軸方向（又は通過する光線の方向）の大きさはほとんど変化しないことが好ましい。なお、ブレーズ型構造において、１つの鋸歯状形状の光軸方向の長さ（鋸歯

状形状を通過する光線の方向の長さとしてもよい）を、ピッチ深さといい、１つの鋸歯状形状の光軸垂直方向の長さをピッチ幅という。加えて、ある領域においては、ブレーズ型構造の段差が光軸（中心）側とは逆を向いている形状とし、他の領域においては、ブレーズ型構造の段差が光軸（中心）側を向いている形状とし、その間に、ブレーズ型構造の段差の向きを切り替えるために必要な遷移領域が設けられている形状としてもよい。この遷移領域は、光路差付与構造である光路差付与構造により付加される光路差を光路差関数で表現した時、光路差関数の極値となる点に相当する領域である。なお、光路差関数が極値となる点を持つと、光路差関数の傾きが小さくなるので、輪帯ピッチを広げることが可能となり、光路差付与構造の形状誤差による透過率低下を抑制できる。

[0053] 光路差付与構造又は基礎構造が、階段型構造を有する場合、単位形状である、階段形状が繰り返された形状となる。図２（ｃ）で示されるような数段（例えば、図２（ｃ）に示す様に５分割の構造）の同一の小階段形状が、繰り返されるような形状等があり得る。さらに、ベース面の方向に進むに従って、徐々に階段の大きさが大きくなっていく形状や、徐々に階段の大きさが小さくなっていく形状であってもよいが、光軸方向（又は通過する光線の方向）の長さはほとんど変化しないことが好ましい。

[0054] 光路差付与構造が、図２（ｄ）に示されるようにバイナリ状の形状（この様な構造は、２分割の階段型構造とも言える）を有する場合、ベース面の方向に進むに従って、徐々にバイナリの大きさが大きくなっていく形状や、徐々に階段の大きさが小さくなっていく形状であってもよいが、通過する光線の方向の長さはほとんど変化しないことが好ましい。

[0055] 次に、様々な第一光路差付与構造の例について、図６～図２６を用い、より詳細に説明する。尚、以下の例で示すＬ、Ｍ、Ｎとは、第一光路差付与構造に第１光束が入射した場合に発生する回折光のうち、最大の回折光量を有する回折光の回折次数をＬ次、第一光路差付与構造に第２光束が入射した場合に発生する回折光のうち、最大の回折光量を有する回折光の回折次数をＭ

次、第一光路差付与構造に第３光束が入射した場合に発生する回折光のうち、最大の回折光量を有する回折光の回折次数をＮ次としたときの整数Ｌ、Ｍ、Ｎを表している。

[0056] （第一光路差付与構造　例１）

例１においては、図６（ｂ）に示すように階段型構造である第２基礎構造は４分割の階段型構造である。また、第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、図６（ａ）に示すようにブレーズ型構造である第１基礎構造の段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式、

（１．２λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（１．２λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（１．２５λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（１．２５λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（３．７５λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（３．７５λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。ただし、ｎは、第１光束における対物レンズの屈折率を表す。

[0057] 尚、上記の式は、第１基礎構造の光軸方向の段差量ｄ１が第１光束の波長λ１に対して、１．２λ１±０．４λ１の光路差を与えるような段差量であることを意味しているとも言える。また、第２基礎構造の小さな光軸方向の段差量ｄ２１が第１光束の波長λ１に対して、１．２５λ１±０．２λ１の光路差を与えるような段差量であって、第２基礎構造の大きな光軸方向の段差量ｄ２２が第１光束の波長λ１に対して、３．７５λ１±０．２λ１の光路差を与えるような段差量であることを意味しているとも言える。

[0058] 尚、第１基礎構造のようなブレーズ型構造の光路差付与構造において、回折効率は以下の数１に示すような式に基づいて計算することが可能である。

[0059]

[数1]

ブレーズ形状

$$\eta_m = \left[\frac{\sin(\pi(\alpha m_B - m))}{\pi(\alpha m_B - m)}\right]^2 \qquad \text{但し、} \quad \alpha = \frac{\lambda_B}{\lambda}\left[\frac{n(\lambda)-1}{n(\lambda_B)-1}\right]$$

η_m：回折次数mでの回折効率
λ：波長
$n(\lambda)$：λでの屈折率
m：回折次数
λ_B：基準波長（ブレーズ化波長）
$n(\lambda B)$：λ_Bでの屈折率
m_B：ブレーズ化の回折次数

[0060] また、段差の光軸方向の段差量ｄと回折次数ｍの関係は、ｍ＝（ｎ－１）・ｄ／λで表すことが可能である。

[0061] 更に、第２基礎構造のような階段型構造において、回折効率は以下の数２に示すような式に基づいて計算することが可能である。

[0062] [数2]

階段形状

$$\eta_m = \left[\frac{\sin\pi\frac{m}{N}}{\pi m}\cdot\frac{\sin\pi(\beta-m)}{\sin\pi\frac{(\beta-m)}{N}}\right]^2 \qquad \text{但し、} \quad \beta = d\cdot N\cdot\frac{\lambda_B}{\lambda}\left[\frac{n(\lambda)-1}{n(\lambda_B)-1}\right]$$

η_m：回折次数mでの回折効率
λ：波長
$n(\lambda)$：λでの屈折率
m：回折次数
λ_B：位相シフトの基準波長
$n(\lambda B)$：λ_Bでの屈折率
d：位相シフト量(単位：λ_B)
N：ステップ数（分割数）

[0063] また、本例においては、図６（ａ）、（ｂ）に示すように第１基礎構造と第２基礎構造の向きを同じ向きで重畳している。「同じ向き」とは、対物レ

ンズの光軸を含む断面において、光軸を縦軸とし光軸直交方向を横軸としたときに、ブレーズ型構造の斜めの面の傾きの方向（右下がりか左下がりか）と、階段型構造の各段の包絡面である斜めの面の傾きの方向が同じであることをいう。

[0064] また、第１基礎構造と第２基礎構造を重畳して得られた第一光路差付与構造は、図６（ｃ）に示す様に４分割のブレーズ階段型構造であり、第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）と、第一光路差付与構造の小さな段差の光軸方向の長さｄ００（μｍ）が以下の条件式、

（４．９５λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（４．９５λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（１．２５λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ００≦（１．２５λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。尚、中央領域の第１光路差付与構造の全ての段差量ｄ０、ｄ００が上記の条件式を満たすことがより好ましいが、光軸から離れた段差の場合、対物レンズの非球面形状の曲面を考慮した段差量にしなければならず、光軸から離れた段差の段差量ｄ０、ｄ００が徐々に大きくなって行く傾向があり、上記条件式よりも若干大きな段差が存在することもある。従って、第１光路差付与構造の光軸に最も近いｄ０とｄ００が少なくとも上記条件式を満たすことが好ましい。

[0065] また、上記の式は、第１光路差付与構造の小さな光軸方向の段差量ｄ００が第１光束の波長λ１に対して、１．２５λ１±０．２λ１の光路差を与えるような段差量であって、第１光路差付与構造の大きな光軸方向の段差量ｄ０が第１光束の波長λ１に対して、４．９５λ１±０．２λ１の光路差を与えるような段差量であることを意味しているとも言える。

[0066] また、本例においては、｜Ｌ｜＝２、Ｍ＝０、｜Ｎ｜＝１を満たし、ＬとＮの正負の符号が異なる。Ｌが正であることが好ましい。

[0067] なお、第１光路差付与構造を通過した第１光束は光軸から離れる程、位相が進み、且つ、第１光路差付与構造を通過した第３光束は光軸から離れる程

、位相が遅れるような場合、又は、第１光路差付与構造を通過した第１光束は光軸から離れる程、位相が遅れ、且つ、第１光路差付与構造を通過した第３光束は光軸から離れる程、位相が進むような場合、ＬとＮの正負の符号が異なると言える。尚、第１光路差付与構造が、階段形状の繰り返し構造である場合は、単位構造である一つの階段形状の中で、上記の位相の進みと位相の遅れが起きている事が好ましい。

[0068] 例１の第１光路差付与構造においては、第１光束の第１波長を約４０５ｎｍとし、第２光束の第２波長を約６５５ｎｍとし、第３光束の第３波長を約７８５ｎｍとした場合の回折効率を、第１光束において約７７％、第２光束において約６８％、第３光束において約５７％とできる。本例によれば、通常のブレーズ型構造や、階段型構造の回折構造では得られない次数を最大の回折効率とすることが可能となる。

[0069] 尚、光路差付与構造において、回折効率は以下の数３に示すような式に基づいても計算することが可能である。

[0070] [数3]

一般式

$$\eta_m = \left[\int_0^1 f(x) \cdot e^{-i2\pi \cdot mx} dx \right]^2$$

f(x)：光路差付与構造による位相差を現す関数

[0071] （第一光路差付与構造　例２）

例２においては、図７（ｂ）に示すように階段型構造である第２基礎構造は６分割の階段型構造である。また、第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、図７（ａ）に示すようにブレーズ型構造である第１基礎構造の段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式、

（λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（１．２λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（１．２λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（６λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（６λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。

[0072] また、本例においては、図７（ａ）、（ｂ）に示すように第１基礎構造と第２基礎構造の向きを異なる向きで重畳している。「異なる向き」とは、対物レンズの光軸を含む断面において、光軸を縦軸とし光軸直交方向を横軸としたときに、ブレーズ型構造の斜めの面の傾きの方向（右下がりか左下がりか）と、階段型構造の各段の包絡面である斜めの面の傾きの方向が逆であることをいう。

[0073] また、第１基礎構造と第２基礎構造を重畳して得られた第一光路差付与構造は、図７（ｃ）に示す様に６分割のブレーズ階段型構造であり、第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）と、第一光路差付与構造の小さな段差の光軸方向の長さｄ００（μｍ）が以下の条件式、

（５λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（５λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（１．２λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ００≦（１．２λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。尚、中央領域の第１光路差付与構造の全ての段差量ｄ０、ｄ００が上記の条件式を満たすことがより好ましいが、光軸から離れた段差の場合、対物レンズの非球面形状の曲面を考慮した段差量にしなければならず、光軸から離れた段差の段差量ｄ０、ｄ００が徐々に大きくなって行く傾向があり、上記条件式よりも若干大きな段差が存在することもある。従って、第１光路差付与構造の光軸に最も近いｄ０とｄ００が少なくとも上記条件式を満たすことが好ましい。

[0074] また、本例においては、Ｌ＝０、｜Ｍ｜＝２、｜Ｎ｜＝３を満たし、ＭとＮの正負の符号が等しい。ＭとＮが共に正であることが好ましい。

[0075] なお、第１光路差付与構造を通過した第２光束は光軸から離れる程、位相が進み、且つ、第１光路差付与構造を通過した第３光束も光軸から離れる程、位相が進むような場合、又は、第１光路差付与構造を通過した第２光束は光軸から離れる程、位相が遅れ、且つ、第１光路差付与構造を通過した第３光束も光軸から離れる程、位相が遅れるような場合、ＭとＮの正負の符号が等しいと言える。尚、第１光路差付与構造が、階段形状の繰り返し構造である場合は、単位構造である一つの階段形状の中で、上記の位相の進みと位相の遅れが起きている事が好ましい。

[0076] 例２の第１光路差付与構造においては、第１光束の第１波長を約４０５ｎｍとし、第２光束の第２波長を約６５５ｎｍとし、第３光束の第３波長を約７８５ｎｍとした場合の回折効率を、第１光束において約８０％、第２光束において約６２％、第３光束において約５４％とできる。本例によれば、通常のブレーズ型構造や、階段型構造の回折構造では得られない次数を最大の回折効率とすることが可能となる。

[0077] （第一光路差付与構造　例３）

例３においては、図８（ｂ）に示すように階段型構造である第２基礎構造は７分割の階段型構造である。また、第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、図８（ａ）に示すようにブレーズ型構造である第１基礎構造の段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式、

（３λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（３λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（１．３１λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（１．３１λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（７．８６λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（７．８６λ１＋

０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。

[0078] また、本例においては、図８（ａ）、（ｂ）に示すように第１基礎構造と第２基礎構造の向きを異なる向きで重畳している。

[0079] また、第１基礎構造と第２基礎構造を重畳して得られた第一光路差付与構造は、図８（ｃ）に示す様に７分割のブレーズ階段型構造であり、第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）と、第一光路差付与構造の小さな段差の光軸方向の長さｄ００（μｍ）が以下の条件式、

（４．８６λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（４．８６λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（１．３１λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ００≦（１．３１λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。尚、中央領域の第１光路差付与構造の全ての段差量ｄ０、ｄ００が上記の条件式を満たすことがより好ましいが、光軸から離れた段差の場合、対物レンズの非球面形状の曲面を考慮した段差量にしなければならず、光軸から離れた段差の段差量ｄ０、ｄ００が徐々に大きくなって行く傾向があり、上記条件式よりも若干大きな段差が存在することもある。従って、第１光路差付与構造の光軸に最も近いｄ０とｄ００が少なくとも上記条件式を満たすことが好ましい。

[0080] また、本例においては、｜Ｌ｜＝１、｜Ｍ｜＝３、｜Ｎ｜＝４を満たし、ＬとＭとＮの正負の符号が等しい。また、ＬとＭとＮが共に正であることが好ましい。

[0081] 例３の第１光路差付与構造においては、第１光束の第１波長を約４０５ｎｍとし、第２光束の第２波長を約６５５ｎｍとし、第３光束の第３波長を約７８５ｎｍとした場合の回折効率を、第１光束において約６９％、第２光束において約６５％、第３光束において約６４％とできる。本例によれば、通常のブレーズ型構造や、階段型構造の回折構造では得られない次数を最大の回折効率とすることが可能となる。

[0082] （第一光路差付与構造　例４）

例４においては、図９（ｂ）に示すように階段型構造である第２基礎構造は７分割の階段型構造である。また、第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、図９（ａ）に示すようにブレーズ型構造である第１基礎構造の段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式、

（４λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（４λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（１．２８λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（１．２８λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（７．６８λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（７．６８λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。

[0083] また、本例においては、図９（ａ）、（ｂ）に示すように第１基礎構造と第２基礎構造の向きを異なる向きで重畳している。

[0084] また、第１基礎構造と第２基礎構造を重畳して得られた第一光路差付与構造は、図９（ｃ）に示す様に７分割のブレーズ階段型構造であり、第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）と、第一光路差付与構造の小さな段差の光軸方向の長さｄ００（μｍ）が以下の条件式、

（３．６８λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（３．６８λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（１．２８λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ００≦（１．２８λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。尚、中央領域の第１光路差付与構造の全ての段差量ｄ０、ｄ００が上記の条件式を満たすことがより好ましいが、光軸から離れた段差の場合、対物レンズの非球面形状の曲面を考慮した段差量にしなければならず、光軸から離れた段差の段差量ｄ０、ｄ００が徐々に大きくなって行く傾向があ

り、上記条件式よりも若干大きな段差が存在することもある。従って、第１光路差付与構造の光軸に最も近いｄ０とｄ００が少なくとも上記条件式を満たすことが好ましい。

[0085] また、本例においては、｜Ｌ｜＝２、｜Ｍ｜＝４、｜Ｎ｜＝５を満たし、ＬとＭとＮの正負の符号が等しい。また、ＬとＭとＮが共に正であることが好ましい。

[0086] 例４の第１光路差付与構造においては、第１光束の第１波長を約４０５ｎｍとし、第２光束の第２波長を約６５５ｎｍとし、第３光束の第３波長を約７８５ｎｍとした場合の回折効率を、第１光束において約６７％、第２光束において約６８％、第３光束において約６０％とできる。本例によれば、通常のブレーズ型構造や、階段型構造の回折構造では得られない次数を最大の回折効率とすることが可能となる。

[0087] （第一光路差付与構造　例５）

例５においては、図１０（ｂ）に示すように階段型構造である第２基礎構造は５分割の階段型構造である。また、第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、図１０（ａ）に示すようにブレーズ型構造である第１基礎構造の段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式、

（２λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（２λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（１．２λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（１．２λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（４．８λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（４．８λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。

[0088] また、本例においては、図１０（ａ）、（ｂ）に示すように第１基礎構造と第２基礎構造の向きを同じ向きで重畳している。

[0089] また、第１基礎構造と第２基礎構造を重畳して得られた第一光路差付与構造は、図１０（ｃ）に示す様に５分割のブレーズ階段型構造であり、第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）と、第一光路差付与構造の小さな段差の光軸方向の長さｄ００（μｍ）が以下の条件式、

（６．８λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（６．８λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（１．２λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ００≦（１．２λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。尚、中央領域の第１光路差付与構造の全ての段差量ｄ０、ｄ００が上記の条件式を満たすことがより好ましいが、光軸から離れた段差の場合、対物レンズの非球面形状の曲面を考慮した段差量にしなければならず、光軸から離れた段差の段差量ｄ０、ｄ００が徐々に大きくなって行く傾向があり、上記条件式よりも若干大きな段差が存在することもある。従って、第１光路差付与構造の光軸に最も近いｄ０とｄ００が少なくとも上記条件式を満たすことが好ましい。

[0090] また、本例においては、｜Ｌ｜＝３、Ｍ＝０、｜Ｎ｜＝１を満たし、ＬとＮの正負の符号が異なる。また、Ｌが正であることが好ましい。

[0091] 例５の第１光路差付与構造においては、第１光束の第１波長を約４０５ｎｍとし、第２光束の第２波長を約６５５ｎｍとし、第３光束の第３波長を約７８５ｎｍとした場合の回折効率を、第１光束において約８８％、第２光束において約７０％、第３光束において約５７％とできる。本例によれば、通常のブレーズ型構造や、階段型構造の回折構造では得られない次数を最大の回折効率とすることが可能となる。

[0092] （第一光路差付与構造　例６）

例６においては、図１１（ｂ）に示すように階段型構造である第２基礎構造は２分割の階段型構造（バイナリ構造）である。また、第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、図１１（ａ

）に示すようにブレーズ型構造である第１基礎構造の段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式、

（４λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（４λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（１．１λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（１．１λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（１．１λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（１．１λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。ここでは、ｄ２１＝ｄ２２の場合を含む（例７、８、１８、１９も同じ）。

[0093] また、本例においては、図１１（ａ）、（ｂ）に示すように第１基礎構造と第２基礎構造の向きを異なる向きで重畳している。

[0094] また、第１基礎構造と第２基礎構造を重畳して得られた第一光路差付与構造は、図１１（ｃ）に示す様に２分割のブレーズ階段型構造であり、第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）と、第一光路差付与構造の小さな段差の光軸方向の長さｄ００（μｍ）が以下の条件式、

（２．９λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（２．９λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（１．１λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ００≦（１．１λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。尚、中央領域の第１光路差付与構造の全ての段差量ｄ０、ｄ００が上記の条件式を満たすことがより好ましいが、光軸から離れた段差の場合、対物レンズの非球面形状の曲面を考慮した段差量にしなければならず、光軸から離れた段差の段差量ｄ０、ｄ００が徐々に大きくなって行く傾向があり、上記条件式よりも若干大きな段差が存在することもある。従って、第１光路差付与構造の光軸に最も近いｄ０とｄ００が少なくとも上記条件式を満たすことが好ましい。

[0095] また、本例においては、｜Ｌ｜＝４、｜Ｍ｜＝３、｜Ｎ｜＝３を満たし、

ＬとＭとＮの正負の符号が等しい。また、Ｌ、Ｍ、Ｎが正であることが好ましい。

[0096] 例６の第１光路差付与構造においては、第１光束の第１波長を約４０５ｎｍとし、第２光束の第２波長を約６５５ｎｍとし、第３光束の第３波長を約７８５ｎｍとした場合の回折効率を、第１光束において約９７％、第２光束において約７４％、第３光束において約４５％とできる。本例によれば、通常のブレーズ型構造や、階段型構造の回折構造では得られない次数を最大の回折効率とすることが可能となる。

[0097] （第一光路差付与構造　例７）

例７においては、図１２（ｂ）に示すように階段型構造である第２基礎構造は２分割の階段型構造（バイナリ構造）である。また、第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、図１２（ａ）に示すようにブレーズ型構造である第１基礎構造の段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式、

（λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（２λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（２λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（２λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（２λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。

[0098] また、本例においては、図１２（ａ）、（ｂ）に示すように第１基礎構造と第２基礎構造の向きを同じ向きで重畳している。

[0099] また、第１基礎構造と第２基礎構造を重畳して得られた第一光路差付与構造は、図１２（ｃ）に示す様に２分割のブレーズ階段型構造であり、第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）と、第一光路差付与構造の小さな段差の光軸方向の長さｄ００（μｍ）が以下の条件式、

（３λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（３λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（２λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ００≦（２λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。尚、中央領域の第１光路差付与構造の全ての段差量ｄ０、ｄ００が上記の条件式を満たすことがより好ましいが、光軸から離れた段差の場合、対物レンズの非球面形状の曲面を考慮した段差量にしなければならず、光軸から離れた段差の段差量ｄ０、ｄ００が徐々に大きくなって行く傾向があり、上記条件式よりも若干大きな段差が存在することもある。従って、第１光路差付与構造の光軸に最も近いｄ０とｄ００が少なくとも上記条件式を満たすことが好ましい。

[0100] また、本例においては、｜Ｌ｜＝１、｜Ｍ｜＝１、｜Ｎ｜＝１を満たし、ＬとＭとＮの正負の符号が等しい。また、Ｌ、Ｍ、Ｎが正であることが好ましい。

[0101] 例７の第１光路差付与構造においては、第１光束の第１波長を約４０５ｎｍとし、第２光束の第２波長を約６５５ｎｍとし、第３光束の第３波長を約７８５ｎｍとした場合の回折効率を、第１光束において約８２％、第２光束において約９１％、第３光束において約５７％とできる。本例によれば、ブレーズ型構造に比べ、高い回折効率を得ることができる。

[0102] （第一光路差付与構造　例８）

例８においては、図１３（ｂ）に示すように階段型構造である第２基礎構造は２分割の階段型構造（バイナリ構造）である。また、第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、図１３（ａ）に示すようにブレーズ型構造である第１基礎構造の段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式、

（λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（３．１λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（３．１λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（３．１λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（３．１λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。

[0103] また、本例においては、図１３（ａ）、（ｂ）に示すように第１基礎構造と第２基礎構造の向きを異なる向きで重畳している。

[0104] また、第１基礎構造と第２基礎構造を重畳して得られた第一光路差付与構造は、図１３（ｃ）に示す様に２分割のブレーズ階段型構造であり、第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）と、第一光路差付与構造の小さな段差の光軸方向の長さｄ００（μｍ）が以下の条件式、

（３．１λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（３．１λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（２．１λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ００≦（２．１λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。尚、中央領域の第１光路差付与構造の全ての段差量ｄ０、ｄ００が上記の条件式を満たすことがより好ましいが、光軸から離れた段差の場合、対物レンズの非球面形状の曲面を考慮した段差量にしなければならず、光軸から離れた段差の段差量ｄ０、ｄ００が徐々に大きくなって行く傾向があり、上記条件式よりも若干大きな段差が存在することもある。従って、第１光路差付与構造の光軸に最も近いｄ０とｄ００が少なくとも上記条件式を満たすことが好ましい。

[0105] また、本例においては、｜Ｌ｜＝１、｜Ｍ｜＝１、｜Ｎ｜＝１を満たし、ＬとＭとＮの正負の符号が等しい。また、Ｌ、Ｍ、Ｎが正であることが好ましい。

[0106] 例８の第１光路差付与構造においては、第１光束の第１波長を約４０５ｎｍとし、第２光束の第２波長を約６５５ｎｍとし、第３光束の第３波長を約７８５ｎｍとした場合の回折効率を、第１光束において約９０％、第２光束

において約８５％、第３光束において約５０％とできる。本例によれば、ブレーズ型構造に比べ、高い回折効率を得ることができる。

[0107] （第一光路差付与構造　例９）

例９においては、図１４（ｂ）に示すように階段型構造である第２基礎構造は７分割の階段型構造である。また、第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、図１４（ａ）に示すようにブレーズ型構造である第１基礎構造の段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式、

（λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（１．２９λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（１．２９λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（７．７４λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（７．７４λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。

[0108] また、本例においては、図１４（ａ）、（ｂ）に示すように第１基礎構造と第２基礎構造の向きを異なる向きで重畳している。

[0109] また、第１基礎構造と第２基礎構造を重畳して得られた第一光路差付与構造は、図１４（ｃ）に示す様に７分割のブレーズ階段型構造であり、第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）と、第一光路差付与構造の小さな段差の光軸方向の長さｄ００（μｍ）が以下の条件式、

（６．７４λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（６．７４λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（１．２９λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ００≦（１．２９λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。尚、中央領域の第１光路差付与構造の全ての段差量ｄ０、ｄ００が上記の条件式を満たすことがより好ましいが、光軸から離れた段差の場合

、対物レンズの非球面形状の曲面を考慮した段差量にしなければならず、光軸から離れた段差の段差量ｄ０、ｄ００が徐々に大きくなって行く傾向があり、上記条件式よりも若干大きな段差が存在することもある。従って、第１光路差付与構造の光軸に最も近いｄ０とｄ００が少なくとも上記条件式を満たすことが好ましい。

[0110] また、本例においては、｜Ｌ｜＝１、｜Ｍ｜＝２、｜Ｎ｜＝３を満たし、正負の符号については、Ｌの符号と、Ｍ及びＮの符号が異なり、ＭとＮの符号が等しい。また、Ｌが負であることが好ましい。

[0111] 例９の第１光路差付与構造においては、第１光束の第１波長を約４０５ｎｍとし、第２光束の第２波長を約６５５ｎｍとし、第３光束の第３波長を約７８５ｎｍとした場合の回折効率を、第１光束において約７６％、第２光束において約７６％、第３光束において約６４％とできる。本例によれば、通常のブレーズ型構造や、階段型構造の回折構造では得られない次数を最大の回折効率とすることが可能となる。

[0112] （第一光路差付与構造　例１０）

例１０においては、図１５（ｂ）に示すように階段型構造である第２基礎構造は８分割の階段型構造である。また、第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、図１５（ａ）に示すようにブレーズ型構造である第１基礎構造の段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式、

（λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（１．１３λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（１．１３λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（７．９１λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（７．９１λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。

[0113] また、本例においては、図１５（ａ）、（ｂ）に示すように第１基礎構造と第２基礎構造の向きを異なる向きで重畳している。

[0114] また、第１基礎構造と第２基礎構造を重畳して得られた第一光路差付与構造は、図１５（ｃ）に示す様に８分割のブレーズ階段型構造であり、第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）と、第一光路差付与構造の小さな段差の光軸方向の長さｄ００（μｍ）が以下の条件式、

（６．９１λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（６．９１λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（１．１３λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ００≦（１．１３λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。尚、中央領域の第１光路差付与構造の全ての段差量ｄ０、ｄ００が上記の条件式を満たすことがより好ましいが、光軸から離れた段差の場合、対物レンズの非球面形状の曲面を考慮した段差量にしなければならず、光軸から離れた段差の段差量ｄ０、ｄ００が徐々に大きくなって行く傾向があり、上記条件式よりも若干大きな段差が存在することもある。従って、第１光路差付与構造の光軸に最も近いｄ０とｄ００が少なくとも上記条件式を満たすことが好ましい。

[0115] また、本例においては、｜Ｌ｜＝２、｜Ｍ｜＝２、｜Ｎ｜＝３を満たし、正負の符号については、Ｌの符号と、Ｍ及びＮの符号が異なり、ＭとＮの符号が等しい。また、Ｌが正であることが好ましい。

[0116] 例１０の第１光路差付与構造においては、第１光束の第１波長を約４０５ｎｍとし、第２光束の第２波長を約６５５ｎｍとし、第３光束の第３波長を約７８５ｎｍとした場合の回折効率を、第１光束において約９５％、第２光束において約７０％、第３光束において約５１％とできる。本例によれば、通常のブレーズ型構造や、階段型構造の回折構造では得られない次数を最大の回折効率とすることが可能となる。

[0117] （第一光路差付与構造　例１１）

例１１においては、図１６（ｂ）に示すように階段型構造である第２基礎

構造は８分割の階段型構造である。また、第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、図１６（ａ）に示すようにブレーズ型構造である第１基礎構造の段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式、

（３λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（３λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（１．３７λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（１．３７λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（９．５９λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（９．５９λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。

[0118] また、本例においては、図１６（ａ）、（ｂ）に示すように第１基礎構造と第２基礎構造の向きを異なる向きで重畳している。

[0119] また、第１基礎構造と第２基礎構造を重畳して得られた第一光路差付与構造は、図１６（ｃ）に示す様に８分割のブレーズ階段型構造であり、第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）と、第一光路差付与構造の小さな段差の光軸方向の長さｄ００（μｍ）が以下の条件式、

（６．５９λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（６．５９λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（１．３７λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ００≦（１．３７λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。尚、中央領域の第１光路差付与構造の全ての段差量ｄ０、ｄ００が上記の条件式を満たすことがより好ましいが、光軸から離れた段差の場合、対物レンズの非球面形状の曲面を考慮した段差量にしなければならず、光軸から離れた段差の段差量ｄ０、ｄ００が徐々に大きくなって行く傾向があり、上記条件式よりも若干大きな段差が存在することもある。従って、第１光路差付与構造の光軸に最も近いｄ０とｄ００が少なくとも上記条件式を満

たすことが好ましい。

[0120] また、本例においては、Ｌ＝０、｜Ｍ｜＝３、｜Ｎ｜＝４を満たし、Ｍ及びＮの正負の符号が等しい。また、Ｍ、Ｎが正であることが好ましい。

[0121] 例１１の第１光路差付与構造においては、第１光束の第１波長を約４０５ｎｍとし、第２光束の第２波長を約６５５ｎｍとし、第３光束の第３波長を約７８５ｎｍとした場合の回折効率を、第１光束において約６１％、第２光束において約８１％、第３光束において約７１％とできる。本例によれば、通常のブレーズ型構造や、階段型構造の回折構造では得られない次数を最大の回折効率とすることが可能となる。

[0122] （第一光路差付与構造　例１２）

例１２においては、図１７（ｂ）に示すように階段型構造である第２基礎構造は９分割の階段型構造である。また、第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、図１７（ａ）に示すようにブレーズ型構造である第１基礎構造の段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式、

（２λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（２λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（１．１１λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（１．１１λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（８．８８λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（８．８８λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。

[0123] また、本例においては、図１７（ａ）、（ｂ）に示すように第１基礎構造と第２基礎構造の向きを異なる向きで重畳している。

[0124] また、第１基礎構造と第２基礎構造を重畳して得られた第一光路差付与構造は、図１７（ｃ）に示す様に９分割のブレーズ階段型構造であり、第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）と、第一光路

差付与構造の小さな段差の光軸方向の長さｄ００（μｍ）が以下の条件式、

（６．８８λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（６．８８λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（１．１１λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ００≦（１．１１λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。尚、中央領域の第１光路差付与構造の全ての段差量ｄ０、ｄ００が上記の条件式を満たすことがより好ましいが、光軸から離れた段差の場合、対物レンズの非球面形状の曲面を考慮した段差量にしなければならず、光軸から離れた段差の段差量ｄ０、ｄ００が徐々に大きくなって行く傾向があり、上記条件式よりも若干大きな段差が存在することもある。従って、第１光路差付与構造の光軸に最も近いｄ０とｄ００が少なくとも上記条件式を満たすことが好ましい。

[0125] また、本例においては、｜Ｌ｜＝１、｜Ｍ｜＝４、｜Ｎ｜＝５を満たし、Ｌ、Ｍ及びＮの正負の符号が等しい。また、Ｌ、Ｍ、Ｎが正であることが好ましい。

[0126] 例１２の第１光路差付与構造においては、第１光束の第１波長を約４０５ｎｍとし、第２光束の第２波長を約６５５ｎｍとし、第３光束の第３波長を約７８５ｎｍとした場合の回折効率を、第１光束において約９１％、第２光束において約６６％、第３光束において約４８％とできる。本例によれば、通常のブレーズ型構造や、階段型構造の回折構造では得られない次数を最大の回折効率とすることが可能となる。

[0127] （第一光路差付与構造　例１３）

例１３においては、図１８（ｂ）に示すように階段型構造である第２基礎構造は１０分割の階段型構造である。また、第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、図１８（ａ）に示すようにブレーズ型構造である第１基礎構造の段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式、

（２λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（２λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（１．２λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（１．２λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（１０．８λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（１０．８λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。

[0128] また、本例においては、図１８（ａ）、（ｂ）に示すように第１基礎構造と第２基礎構造の向きを異なる向きで重畳している。

[0129] また、第１基礎構造と第２基礎構造を重畳して得られた第一光路差付与構造は、図１８（ｃ）に示す様に１０分割のブレーズ階段型構造であり、第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）と、第一光路差付与構造の小さな段差の光軸方向の長さｄ００（μｍ）が以下の条件式、

（８．８λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（８．８λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（１．２λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ００≦（１．２λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。尚、中央領域の第１光路差付与構造の全ての段差量ｄ０、ｄ００が上記の条件式を満たすことがより好ましいが、光軸から離れた段差の場合、対物レンズの非球面形状の曲面を考慮した段差量にしなければならず、光軸から離れた段差の段差量ｄ０、ｄ００が徐々に大きくなって行く傾向があり、上記条件式よりも若干大きな段差が存在することもある。従って、第１光路差付与構造の光軸に最も近いｄ０とｄ００が少なくとも上記条件式を満たすことが好ましい。

[0130] また、本例においては、Ｌ＝０、｜Ｍ｜＝４、｜Ｎ｜＝５を満たし、Ｍ及びＮの正負の符号が等しい。また、Ｍ、Ｎが正であることが好ましい。

[0131] 例１３の第１光路差付与構造においては、第１光束の第１波長を約４０５

ｎｍとし、第２光束の第２波長を約６５５ｎｍとし、第３光束の第３波長を約７８５ｎｍとした場合の回折効率を、第１光束において約８８％、第２光束において約７６％、第３光束において約５７％とできる。本例によれば、通常のブレーズ型構造や、階段型構造の回折構造では得られない次数を最大の回折効率とすることが可能となる。

[0132] （第一光路差付与構造　例１４）

例１４においては、図１９（ｂ）に示すように階段型構造である第２基礎構造は１０分割の階段型構造である。また、第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、図１９（ａ）に示すようにブレーズ型構造である第１基礎構造の段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式、

（３λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（３λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（１．３３λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（１．３３λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（１１．９７λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（１１．９７λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。

[0133] また、本例においては、図１９（ａ）、（ｂ）に示すように第１基礎構造と第２基礎構造の向きを異なる向きで重畳している。

[0134] また、第１基礎構造と第２基礎構造を重畳して得られた第一光路差付与構造は、図１９（ｃ）に示す様に１０分割のブレーズ階段型構造であり、第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）と、第一光路差付与構造の小さな段差の光軸方向の長さｄ００（μｍ）が以下の条件式、

（８．９７λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（８．９７λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（１．３３λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ００≦（１．３３λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。尚、中央領域の第１光路差付与構造の全ての段差量ｄ０、ｄ００が上記の条件式を満たすことがより好ましいが、光軸から離れた段差の場合、対物レンズの非球面形状の曲面を考慮した段差量にしなければならず、光軸から離れた段差の段差量ｄ０、ｄ００が徐々に大きくなって行く傾向があり、上記条件式よりも若干大きな段差が存在することもある。従って、第１光路差付与構造の光軸に最も近いｄ０とｄ００が少なくとも上記条件式を満たすことが好ましい。

[0135] また、本例においては、Ｌ＝０、｜Ｍ｜＝４、｜Ｎ｜＝５を満たし、Ｍ及びＮの正負の符号が等しい。また、Ｍ、Ｎが正であることが好ましい。

[0136] 例１４の第１光路差付与構造においては、第１光束の第１波長を約４０５ｎｍとし、第２光束の第２波長を約６５５ｎｍとし、第３光束の第３波長を約７８５ｎｍとした場合の回折効率を、第１光束において約７４％、第２光束において約８５％、第３光束において約６５％とできる。本例によれば、通常のブレーズ型構造や、階段型構造の回折構造では得られない次数を最大の回折効率とすることが可能となる。

[0137] （第一光路差付与構造　例１５）

例１５においては、図２０（ｂ）に示すように階段型構造である第２基礎構造は６分割の階段型構造である。また、第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、図２０（ａ）に示すようにブレーズ型構造である第１基礎構造の段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式、

（λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（１．１９λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（１．１９λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（５．９５λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（５．９５λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。

[0138] また、本例においては、図２０（ａ）、（ｂ）に示すように第１基礎構造と第２基礎構造の向きを同じ向きで重畳している。

[0139] また、第１基礎構造と第２基礎構造を重畳して得られた第一光路差付与構造は、図２０（ｃ）に示す様に６分割のブレーズ階段型構造であり、第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）と、第一光路差付与構造の小さな段差の光軸方向の長さｄ００（μｍ）が以下の条件式、

（６．９５λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（６．９５λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（１．１９λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ００≦（１．１９λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。尚、中央領域の第１光路差付与構造の全ての段差量ｄ０、ｄ００が上記の条件式を満たすことがより好ましいが、光軸から離れた段差の場合、対物レンズの非球面形状の曲面を考慮した段差量にしなければならず、光軸から離れた段差の段差量ｄ０、ｄ００が徐々に大きくなって行く傾向があり、上記条件式よりも若干大きな段差が存在することもある。従って、第１光路差付与構造の光軸に最も近いｄ０とｄ００が少なくとも上記条件式を満たすことが好ましい。

[0140] また、本例においては、｜Ｌ｜＝２、｜Ｍ｜＝１、｜Ｎ｜＝２を満たし、正負の符号について、Ｌの符号と、Ｍ及びＮの符号が異なり、ＭとＮの符号が等しい。また、Ｌが正であることが好ましい。

[0141] 例１５の第１光路差付与構造においては、第１光束の第１波長を約４０５ｎｍとし、第２光束の第２波長を約６５５ｎｍとし、第３光束の第３波長を約７８５ｎｍとした場合の回折効率を、第１光束において約８６％、第２光束において約７４％、第３光束において約５４％とできる。本例によれば、通常のブレーズ型構造や、階段型構造の回折構造では得られない次数を最大

の回折効率とすることが可能となる。

[0142] （第一光路差付与構造　例１６）

例１６においては、図２１（ｂ）に示すように階段型構造である第２基礎構造は４分割の階段型構造である。また、第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、図２１（ａ）に示すようにブレーズ型構造である第１基礎構造の段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式、

（λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（３．２５λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（３．２５λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（９．７５λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（９．７５λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。

[0143] また、本例においては、図２１（ａ）、（ｂ）に示すように第１基礎構造と第２基礎構造の向きを異なる向きで重畳している。

[0144] また、第１基礎構造と第２基礎構造を重畳して得られた第一光路差付与構造は、図２１（ｃ）に示す様に４分割のブレーズ階段型構造であり、第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）と、第一光路差付与構造の小さな段差の光軸方向の長さｄ００（μｍ）が以下の条件式、

（８．７５λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（８．７５λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（３．２５λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ００≦（３．２５λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。尚、中央領域の第１光路差付与構造の全ての段差量ｄ０、ｄ００が上記の条件式を満たすことがより好ましいが、光軸から離れた段差の場合、対物レンズの非球面形状の曲面を考慮した段差量にしなければならず、光

軸から離れた段差の段差量ｄ０、ｄ００が徐々に大きくなって行く傾向があり、上記条件式よりも若干大きな段差が存在することもある。従って、第１光路差付与構造の光軸に最も近いｄ０とｄ００が少なくとも上記条件式を満たすことが好ましい。

[0145] また、本例においては、Ｌ＝０、｜Ｍ｜＝１、｜Ｎ｜＝２を満たし、ＭとＮの正負の符号が等しい。また、Ｍ、Ｎが正であることが好ましい。

[0146] 例１６の第１光路差付与構造においては、第１光束の第１波長を約４０５ｎｍとし、第２光束の第２波長を約６５５ｎｍとし、第３光束の第３波長を約７８５ｎｍとした場合の回折効率を、第１光束において約８１％、第２光束において約８９％、第３光束において約６１％とできる。本例によれば、階段型構造に比べ、高い回折効率を得ることができる。

[0147] （第一光路差付与構造　例１７）

例１７においては、図２２（ｂ）に示すように階段型構造である第２基礎構造は４分割の階段型構造である。また、第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、図２２（ａ）に示すようにブレーズ型構造である第１基礎構造の段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式、

（λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（３．２２λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（３．２２λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（９．６６λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（９．６６λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。

[0148] また、本例においては、図２２（ａ）、（ｂ）に示すように第１基礎構造と第２基礎構造の向きを同じ向きで重畳している。

[0149] また、第１基礎構造と第２基礎構造を重畳して得られた第一光路差付与構

造は、図２２（ｃ）に示す様に４分割のブレーズ階段型構造であり、第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）と、第一光路差付与構造の小さな段差の光軸方向の長さｄ００（μｍ）が以下の条件式、

（１０．６６λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（１０．６６λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（３．２２λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ００≦（３．２２λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。尚、中央領域の第１光路差付与構造の全ての段差量ｄ０、ｄ００が上記の条件式を満たすことがより好ましいが、光軸から離れた段差の場合、対物レンズの非球面形状の曲面を考慮した段差量にしなければならず、光軸から離れた段差の段差量ｄ０、ｄ００が徐々に大きくなって行く傾向があり、上記条件式よりも若干大きな段差が存在することもある。従って、第１光路差付与構造の光軸に最も近いｄ０とｄ００が少なくとも上記条件式を満たすことが好ましい。

[0150] また、本例においては、｜Ｌ｜＝２、Ｍ＝０、｜Ｎ｜＝１を満たし、ＬとＮの正負の符号が異なる。また、Ｌが正であることが好ましい。

[0151] 例１７の第１光路差付与構造においては、第１光束の第１波長を約４０５ｎｍとし、第２光束の第２波長を約６５５ｎｍとし、第３光束の第３波長を約７８５ｎｍとした場合の回折効率を、第１光束において約７８％、第２光束において約７２％、第３光束において約５８％とできる。本例によれば、通常のブレーズ型構造や、階段型構造の回折構造では得られない次数を最大の回折効率とすることが可能となる。

[0152] （第一光路差付与構造　例１８）

例１８においては、図２３（ｂ）に示すように階段型構造である第２基礎構造は２分割の階段型構造（バイナリ構造）である。また、第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、図２３（ａ）に示すようにブレーズ型構造である第１基礎構造の段差部の光軸方向の

長さｄ１（μｍ）が以下の条件式、

（２λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（２λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（３．０５λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（３．０５λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（３．０５λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（３．０５λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。

[0153] また、本例においては、図２３（ａ）、（ｂ）に示すように第１基礎構造と第２基礎構造の向きを同じ向きで重畳している。

[0154] また、第１基礎構造と第２基礎構造を重畳して得られた第一光路差付与構造は、図２３（ｃ）に示す様に２分割のブレーズ階段型構造であり、第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）と、第一光路差付与構造の小さな段差の光軸方向の長さｄ００（μｍ）が以下の条件式、

（５．０５λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（５．０５λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（３．０５λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ００≦（３．０５λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。尚、中央領域の第１光路差付与構造の全ての段差量ｄ０、ｄ００が上記の条件式を満たすことがより好ましいが、光軸から離れた段差の場合、対物レンズの非球面形状の曲面を考慮した段差量にしなければならず、光軸から離れた段差の段差量ｄ０、ｄ００が徐々に大きくなって行く傾向があり、上記条件式よりも若干大きな段差が存在することもある。従って、第１光路差付与構造の光軸に最も近いｄ０とｄ００が少なくとも上記条件式を満たすことが好ましい。

[0155] また、本例においては、｜Ｌ｜＝２、｜Ｍ｜＝１、Ｎ＝０を満たし、ＬとＭの正負の符号が等しい。また、Ｌ、Ｍが正であることが好ましい。

[0156] 例１８の第１光路差付与構造においては、第１光束の第１波長を約４０５

ｎｍとし、第２光束の第２波長を約６５５ｎｍとし、第３光束の第３波長を約７８５ｎｍとした場合の回折効率を、第１光束において約９８％、第２光束において約９１％、第３光束において約４１％とできる。本例によれば、通常のブレーズ型構造や、階段型構造の回折構造では得られない次数を最大の回折効率とすることが可能となる。

[0157] （第一光路差付与構造　例１９）

例１９においては、図２４（ｂ）に示すように階段型構造である第２基礎構造は２分割の階段型構造（バイナリ構造）である。また、第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、図２４（ａ）に示すようにブレーズ型構造である第１基礎構造の段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式、

（λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（５λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（５λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（５λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（５λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。

[0158] また、本例においては、図２４（ａ）、（ｂ）に示すように第１基礎構造と第２基礎構造の向きを異なる向きで重畳している。

[0159] また、第１基礎構造と第２基礎構造を重畳して得られた第一光路差付与構造は、図２４（ｃ）に示す様に２分割のブレーズ階段型構造であり、第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）と、第一光路差付与構造の小さな段差の光軸方向の長さｄ００（μｍ）が以下の条件式、

（５λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（５λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（４λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ００≦（４λ１＋０．２λ１）／

（ｎ－１）

を満たす。尚、中央領域の第１光路差付与構造の全ての段差量ｄ０、ｄ００が上記の条件式を満たすことがより好ましいが、光軸から離れた段差の場合、対物レンズの非球面形状の曲面を考慮した段差量にしなければならず、光軸から離れた段差の段差量ｄ０、ｄ００が徐々に大きくなって行く傾向があり、上記条件式よりも若干大きな段差が存在することもある。従って、第１光路差付与構造の光軸に最も近いｄ０とｄ００が少なくとも上記条件式を満たすことが好ましい。

[0160] また、本例においては、｜Ｌ｜＝１、｜Ｍ｜＝１、Ｎ＝０を満たし、ＬとＭの正負の符号が等しい。また、Ｌ、Ｍが正であることが好ましい。

[0161] 例１９の第１光路差付与構造においては、第１光束の第１波長を約４０５ｎｍとし、第２光束の第２波長を約６５５ｎｍとし、第３光束の第３波長を約７８５ｎｍとした場合の回折効率を、第１光束において約８２％、第２光束において約８３％、第３光束において約５４％とできる。本例によれば、階段型構造に比べ、高い回折効率を得ることができる。

[0162] （第一光路差付与構造　例２０）

例２０においては、図２５（ｂ）に示すように階段型構造である第２基礎構造は３分割の階段型構造である。また、第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、図２５（ａ）に示すようにブレーズ型構造である第１基礎構造の段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式、

（λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（２λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（２λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（４λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（４λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。

[0163] また、本例においては、図２５（ａ）、（ｂ）に示すように第１基礎構造と第２基礎構造の向きを異なる向きで重畳している。

[0164] また、第１基礎構造と第２基礎構造を重畳して得られた第一光路差付与構造は、図２５（ｃ）に示す様に３分割のブレーズ階段型構造であり、第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）と、第一光路差付与構造の小さな段差の光軸方向の長さｄ００（μｍ）が以下の条件式、

（３λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（３λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（２λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ００≦（２λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。尚、中央領域の第１光路差付与構造の全ての段差量ｄ０、ｄ００が上記の条件式を満たすことがより好ましいが、光軸から離れた段差の場合、対物レンズの非球面形状の曲面を考慮した段差量にしなければならず、光軸から離れた段差の段差量ｄ０、ｄ００が徐々に大きくなって行く傾向があり、上記条件式よりも若干大きな段差が存在することもある。従って、第１光路差付与構造の光軸に最も近いｄ０とｄ００が少なくとも上記条件式を満たすことが好ましい。

[0165] また、本例においては、｜Ｌ｜＝１、Ｍ＝０、｜Ｎ｜＝１を満たし、ＬとＮの正負の符号が等しい。また、Ｌ、Ｎが正であることが好ましい。

[0166] 例２０の第１光路差付与構造においては、第１光束の第１波長を約４０５ｎｍとし、第２光束の第２波長を約６５５ｎｍとし、第３光束の第３波長を約７８５ｎｍとした場合の回折効率を、第１光束において約１００％、第２光束において約８８％、第３光束において約４４％とできる。本例によれば、階段型構造に比べ、高い回折効率を得ることができる。

[0167] （第一光路差付与構造　例２１）

例２１においては、図２６（ｂ）に示すように階段型構造である第２基礎構造は３分割の階段型構造である。また、第２基礎構造の階段型構造の小さ

い段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、図２６（ａ）に示すようにブレーズ型構造である第１基礎構造の段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式、

（λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（３λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（３λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（６λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（６λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。

[0168] また、本例においては、図２６（ａ）、（ｂ）に示すように第１基礎構造と第２基礎構造の向きを異なる向きで重畳している。

[0169] また、第１基礎構造と第２基礎構造を重畳して得られた第一光路差付与構造は、図２６（ｃ）に示す様に３分割のブレーズ階段型構造であり、第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）と、第一光路差付与構造の小さな段差の光軸方向の長さｄ００（μｍ）が以下の条件式、

（５λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（５λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（３λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ００≦（３λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

を満たす。尚、中央領域の第１光路差付与構造の全ての段差量ｄ０、ｄ００が上記の条件式を満たすことがより好ましいが、光軸から離れた段差の場合、対物レンズの非球面形状の曲面を考慮した段差量にしなければならず、光軸から離れた段差の段差量ｄ０、ｄ００が徐々に大きくなって行く傾向があり、上記条件式よりも若干大きな段差が存在することもある。従って、第１光路差付与構造の光軸に最も近いｄ０とｄ００が少なくとも上記条件式を満たすことが好ましい。

[0170] また、本例においては、｜Ｌ｜＝１、｜Ｍ｜＝１、｜Ｎ｜＝２を満たし、Ｌ、Ｍ、Ｎの正負の符号が等しい。また、Ｌ、Ｍ、Ｎが正であることが好ましい。

[0171] 例２１の第１光路差付与構造においては、第１光束の第１波長を約４０５ｎｍとし、第２光束の第２波長を約６５５ｎｍとし、第３光束の第３波長を約７８５ｎｍとした場合の回折効率を、第１光束において約１００％、第２光束において約８０％、第３光束において約４０％とできる。本例によれば、通常のブレーズ型構造や、階段型構造の回折構造では得られない次数を最大の回折効率とすることが可能となる。

[0172] また、対物レンズの中央領域に設けられた第１光路差付与構造に加え、対物レンズの周辺領域に第２光路差付与構造を設ける場合、対物レンズの異なる光学面に設けてもよいが、同一の光学面に設けることが好ましい。同一の光学面に設けることにより、製造時の偏芯誤差を少なくすることが可能となるため好ましい。また、第１光路差付与構造及び第２光路差付与構造は、対物レンズの光ディスク側の面よりも、対物レンズの光源側の面に設けられることが好ましい。

[0173] 対物レンズは、対物レンズの第１光路差付与構造が設けられた中央領域を通過する第１光束、第２光束及び第３光束を、それぞれ集光スポットを形成するように集光する。好ましくは、対物レンズは、対物レンズの第１光路差付与構造が設けられた中央領域を通過する第１光束を、第１光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光する。また、対物レンズは、対物レンズの第１光路差付与構造が設けられた中央領域を通過する第２光束を、第２光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光する。さらに、対物レンズは、対物レンズの第１光路差付与構造が設けられた中央領域を通過する第３光束を、第３光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光する。また、第１光ディスクの保護基板の厚さｔ１と第２光ディスクの保護基板の厚さｔ２が異なる場合、第１光路差付与構造は、第１光路差付与構造を通過する第

１光束及び第２光束に対して、第１光ディスクの保護基板の厚さｔ１と第２光ディスクの保護基板の厚さｔ２の違いにより発生する球面収差及び／又は第１光束と第２光束の波長の違いにより発生する球面収差を補正することが好ましい。さらに、第１光路差付与構造は、第１光路差付与構造を通過した第１光束及び第３光束に対して、第１光ディスクの保護基板の厚さｔ１と第３光ディスクの保護基板の厚さｔ３との違いにより発生する球面収差及び／又は第１光束と第３光束の波長の違いにより発生する球面収差を補正することが好ましい。

[0174] 対物レンズの第１光束における焦点距離をｆ１（ｍｍ）とし、対物レンズの中心厚さをｄ（ｍｍ）とした際に、下記の式（７）、

０．７≦ｄ／ｆ１≦２．０　　（７）

を満たすことが好ましい。

[0175] なお、下記の式（７）’、

１．０≦ｄ／ｆ１≦１．５　　（７）’

を満たすことがより好ましい。

[0176] 上記構成により、光路差付与構造のピッチを小さくすることなく、第３光ディスクとしてのＣＤのワーキングディスタンスを確保でき、対物レンズの製造も容易にする事が出来、加えて、光の利用効率を高く維持することが可能となる。

[0177] また、以下の条件式を満たすことが好ましい。

２．１ｍｍ≦Φ≦４．２ｍｍ

尚、Φは、第１光ディスク使用時の対物レンズの有効径を表す。上記範囲を満たすことにより、第３光ディスクとしてのＣＤのワーキングディスタンスを実使用上問題ないレベルの距離を確保しつつ、例え、対物レンズがプラスチックレンズであったとしても、温度変化時における収差変化を問題ないレベルに維持することができる。

[0178] また、対物レンズは、対物レンズに第２光路差付与構造が設けられた場合、これを用いて周辺領域を通過する第１光束及び第２光束を、それぞれ集光

スポットを形成するように集光する。好ましくは、対物レンズは、対物レンズの第２光路差付与構造が設けられた周辺領域を通過する第１光束を、第１光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光する。また、対物レンズは、対物レンズに第２光路差付与構造が設けられた場合、これを用いて周辺領域を通過する第２光束を、第２光ディスクの情報記録面上に情報の記録及び／又は再生ができるように集光する。また第２光路差付与構造は、第２光路差付与構造を通過する第１光束及び第２光束の波長の違いにより発生する色球面収差を補正することが好ましい。

[0179] また、好ましい態様として、周辺領域を通過した第３光束は、第３光ディスクの記録及び／又は再生に用いられない態様が挙げられる。周辺領域を通過した第３光束が、第３光ディスクの情報記録面上で集光スポットの形成に寄与しないようにすることが好ましい。つまり、対物レンズに第２光路差付与構造が設けられた場合、これにより周辺領域を通過する第３光束は、第３光ディスクの情報記録面上でフレアを形成することが好ましい。図４に示すように、対物レンズを通過した第３光束が第３光ディスクの情報記録面上で形成するスポットにおいて、光軸側（又はスポット中心部）から外側へ向かう順番で、光量密度が高いスポット中心部ＳＣＮ、光量密度がスポット中心部より低いスポット中間部ＳＭＤ、光量密度がスポット中間部よりも高くスポット中心部よりも低いスポット周辺部ＳＯＴを有する。スポット中心部が、光ディスクの情報の記録及び／又は再生に用いられ、スポット中間部及びスポット周辺部は、光ディスクの情報の記録及び／又は再生には用いられない。上記において、このスポット周辺部をフレアと言っている。つまり、対物レンズの周辺領域に設けられた第２光路差付与構造を通過した第３光束は、第３光ディスクの情報記録面上でスポット周辺部を形成することが好ましい。しかしながら、上述のようなフレアでなくても、光量密度が高いスポット中心部の周りに、スポット中間部がなく、光量密度がスポット中心部より低いスポット周辺部がある場合もあり得、この場合は、当該スポット周辺部をフレアという。なお、ここでいう第３光束の集光スポット又はスポットは

、第１ベストフォーカスにおけるスポットであることが好ましい。

[0180] また、最周辺領域を有する場合の好ましい態様として、最周辺領域を通過した第１光束は、第１光ディスクの記録及び／又は再生に用いられ、最周辺領域を通過した第２光束及び第３光束は、第２光ディスク及び第３光ディスクの記録及び／又は再生に用いられない態様が挙げられる。最周辺領域を通過した第２光束及び第３光束が、それぞれ第２光ディスク及び第３光ディスクの情報記録面上での集光スポットの形成に寄与しないようにすることが好ましい。つまり、対物レンズが最周辺領域を有する場合、対物レンズの最周辺領域を通過する第２光束及び第３光束は、第２光ディスク及び第３光ディスクの情報記録面上でフレアを形成することが好ましい。言い換えると、対物レンズの最周辺領域を通過した第２光束及び第３光束は、第２光ディスク及び第３光ディスクの情報記録面上でスポット周辺部を形成することが好ましい。

[0181] 最周辺領域が第３光路差付与構造を有する場合、第３光路差付与構造が、第３光路差付与構造を通過した第１光束に対して、第１光源の波長の僅かな変動によって発生するスフェロクロマティズム（色球面収差）を補正するようにしてもよい。波長の僅かな変動とは、±１０ｎｍ以内の変動を指す。例えば、第１光束が波長λ１より±５ｎｍ変化した際に、第３光路差付与構造によって、最周辺領域を通過した第１光束の球面収差の変動を補償し、第１光ディスクの情報記録面上での波面収差の変化量が０．００１λ２ｒｍｓ以上、０．０７０λ２ｒｍｓ以下となるようにすることが好ましい。

[0182] なお、第２光路差付与構造は、単一の階段型構造や、単一のブレーズ型構造であってもよいし、ブレーズ型構造と、より荒い（ピッチの大きい）ブレーズ型構造を重畳してなる構成であってもよい。第２光路差付与構造が当該重畳構造の場合、当該ブレーズ型構造（第２光路差付与構造の場合、荒くない（ピッチの小さい）方の回折構造）については、第１光束の第１波長λ１の偶数倍相当の光路差を第１光束に付与するようにし、それにより第１光束は波面の位相に変化を生じないようにしてもよい。更に、第３光束の第３波

長λ３が、第１光束の第１波長のほぼ偶数倍の波長であるときは、整数倍の光路差を第３光束に付与されることになり、同様に第３光束の波面の位相に変化を生じないことになる。この様な構成により、第１光束と第３光束は、当該回折構造によって集光に影響を及ぼされることがないという利点がある。なお、偶数倍相当とは、ｎを自然数とした場合、（２ｎ－０．１）×λ１以上、（２ｎ＋０．１）×λ１以下の範囲を言う。

[0183] なお、第１基礎構造と第２基礎構造を重ね併せて第１光路差付与構造を形成することにより、第１光路差付与構造を通過した第１光束、第２光束、第３光束全ての出射光の方向を異ならせることが可能となるため、第１光束、第２光束、第３光束の全ての光束が同じ結像倍率（例えば、全て平行光束）で対物レンズに入射したとしても、異なる種類の光ディスクを用いていることに起因して発生する収差を補正でき、互換が可能となる。

[0184] 対物レンズがプラスチックレンズである場合、温度特性補正用構造として第３の基礎構造を、第１基礎構造及び第２基礎構造にさらに重ねたものを第１光路差付与構造としてもよい。但し、第１光ディスクがＨＤである場合は、温度変化の影響がそれ程大きくないため、対物レンズに温度特性補正用構造としての基礎構造は設けなくてもよい。具体的には、第３基礎構造の光軸方向の段差量は、第１光束に対して第１波長の略１０波長分の光路差を与え、第２光束に対して第２波長の略６波長分の光路差を与え、第３光束に対して第３波長の略５波長分の光路差を与えるような段差量である事が好ましい。

[0185] また、対物レンズがプラスチックレンズである場合、温度特性補正用構造として基礎構造を、重ねたものを第２光路差付与構造としてもよい。但し、第１光ディスクがＨＤである場合は、温度変化の影響がそれ程大きくないため、対物レンズに温度特性補正用構造としての基礎構造は設けなくてもよい。具体的には、第３の基礎構造の光軸方向の段差量は、第１光束に対して第１波長の略５波長分の光路差を与え、第２光束に対して第２波長の略３波長分の光路差を与え、第３光束に対して第３波長の略２波長分の光路差を与え

るような段差量である事が好ましい。

[0186] また、最周辺領域を設け、対物レンズがプラスチックである場合は、さらに最周辺領域に第３光路差付与構造を設けることが好ましいが、その場合は、第３光路差付与構造は、少なくとも第３基礎構造を有する構造としてもよい。

[0187] 前述したように、段差量は大きすぎない方が好ましい。基礎構造を複数重ね合わせて得た基礎となる光路差付与構造のある輪帯の段差量が基準の値より高い場合、輪帯の段差量を１０・λＢ／（ｎ－１）（μｍ）だけ低くすることにより、光学性能に影響を及ぼすことなく、大きすぎる段差量を減らすことが可能となる。なお、基準の値としては、任意の値を設定する事ができるが、１０・λＢ／（ｎ－１）（μｍ）を基準値とする事が好ましい。

[0188] また、細長い輪帯が少ない方が製造上好ましいという観点から、第１光路差付与構造の全ての輪帯において、（段差量／ピッチ幅）の値が、１以下である事が好ましく、更に好ましくは０．８以下である事である。更に好ましくは、全ての光路差付与構造の全ての輪帯において、（段差量／ピッチ幅）の値が、１以下である事が好ましく、更に好ましくは０．８以下である事である。

[0189] 第１光ディスクに対して情報を再生及び／又は記録するために必要な対物レンズの像側開口数をＮＡ１とし、第２光ディスクに対して情報を再生及び／又は記録するために必要な対物レンズの像側開口数をＮＡ２（ＮＡ１≧ＮＡ２）とし、第３光ディスクに対して情報を再生及び／又は記録するために必要な対物レンズの像側開口数をＮＡ３（ＮＡ２＞ＮＡ３）とする。ＮＡ１は、０．６以上、０．９以下であることが好ましい。特にＮＡ１は０．８５であることが好ましい。ＮＡ２は、０．５５以上、０．７以下であることが好ましい。特にＮＡ２は０．６０又は０．６５であることが好ましい。また、ＮＡ３は、０．４以上、０．５５以下であることが好ましい。特にＮＡ３は０．４５又は０．５３であることが好ましい。

[0190] 対物レンズの中央領域と周辺領域の境界は、第３光束の使用時において、

０．９・ＮＡ３以上、１．２・ＮＡ３以下（より好ましくは、０．９５・ＮＡ３以上、１．１５・ＮＡ３以下）の範囲に相当する部分に形成されていることが好ましい。より好ましくは、対物レンズの中央領域と周辺領域の境界が、ＮＡ３に相当する部分に形成されていることである。また、対物レンズの周辺領域と最周辺領域の境界は、第２光束の使用時において、０．９・ＮＡ２以上、１．２・ＮＡ２以下（より好ましくは、０．９５・ＮＡ２以上、１．１５・ＮＡ２以下）の範囲に相当する部分に形成されていることが好ましい。より好ましくは、対物レンズの周辺領域と最周辺領域の境界が、ＮＡ２に相当する部分に形成されていることである。

[0191] 対物レンズを通過した第３光束を第３光ディスクの情報記録面上に集光する場合に、球面収差が少なくとも１箇所の不連続部を有することが好ましい。その場合、不連続部は、第３光束の使用時において、０．９・ＮＡ３以上、１．２・ＮＡ３以下（より好ましくは、０．９５・ＮＡ３以上、１．１５・ＮＡ３以下）の範囲に存在することが好ましい。

[0192] また、球面収差が連続していて、不連続部を有さない場合であって、対物レンズを通過した第３光束を第３光ディスクの情報記録面上に集光する場合に、ＮＡ２では、縦球面収差の絶対値が０．０３μｍ以上であって、ＮＡ３では縦球面収差の絶対値が０．０２μｍ以下であることが好ましい。より好ましくは、ＮＡ２では、縦球面収差の絶対値が０．０８μｍ以上であって、ＮＡ３では縦球面収差の絶対値が０．０１μｍ以下である。

[0193] また、光ピックアップ装置の用途に応じて、中央領域の各波長に対する回折効率を適宜設定可能である。例えば、第１光ディスクに対して記録及び再生を行い、第２、第３光ディスクに対して再生のみ行う光ピックアップ装置の場合には、中央領域及び／又は周辺領域の回折効率を、第１光束を重視して設定するのが好ましい。一方、第１光ディスクに対して再生のみを行い、第２、第３光ディスクに対して記録及び再生を行う光ピックアップ装置の場合には、中央領域の回折効率を、第２、第３光束を重視して設定し、周辺領域の回折効率を第２光束を重視して設定するのが好ましい。

[0194] 何れの場合でも、下記条件式（９）を満たすようにすることで、各領域の面積加重平均により計算される第１光束の回折効率を高く確保することが可能となる。

$\eta 11 \leqq \eta 21$ （９）

但し、$\eta 11$は中央領域における第１光束の回折効率を表し、$\eta 21$は周辺領域における第１光束の回折効率を表す。なお、中央領域の回折効率を第２、第３波長の光束重視とした場合には、中央領域の第１光束の回折効率は低くなるが、第１光ディスクの開口数が第３光ディスクの開口数に比べて大きい場合は、第１光束の有効径全体で考えると中央領域の回折効率低下はそれほど大きな影響を与えない。

[0195] なお、本明細書における回折効率は、以下のように定義することができる。

［１］同一の焦点距離、レンズ厚さ、開口数を有し、同一の材料で形成され、第１及び第２光路差付与構造が形成されない対物レンズの透過率を、中央領域、周辺領域に分けて測定する。この際、中央領域の透過率は、周辺領域に入射する光束を遮断して測定し、周辺領域の透過率は中央領域に入射する光束を遮断して測定する。

［２］第１及び第２光路差付与構造を有する対物レンズの透過率を、中央領域と周辺領域に分けて測定する。

［３］上記［２］の結果を［１］の結果で割った値を各領域の回折効率とする。

[0196] また、第１光束乃至第３光束の何れか二つの光束の光利用効率が７０％以上であって、残りの一つの光束の光利用効率を３０％以上、７０％以下にするようにしてもよい。残りの一つの光束の光利用効率を４０％以上、６０％以下にするようにしてもよい。この場合、光利用効率を３０％以上、７０％以下（または４０％以上、６０％以下）とする光束は、第３光束であることが好ましい。

[0197] なお、ここでいう光利用効率とは、第１光路差付与構造が形成された対物

レンズ（第２光路差付与構造及び第３光路差付与構造が形成されていてもよい）により光ディスクの情報記録面上に形成された集光スポットのエアリーディスク内の光量をＡとし、同一の材料から形成され、且つ、同一の焦点距離、軸上厚さ、開口数、波面収差を有し、第１光路差付与構造、第２光路差付与構造及び第３光路差付与構造が形成されない対物レンズにより、光情報記録媒体の情報記録面上に形成された集光スポットのエアリーディスク内の光量をＢとしたとき、Ａ／Ｂにより算出するものとする。なお、ここでいうエアリーディスクとは、集光スポットの光軸を中心とする半径ｒ’の円をいう。ｒ’＝０．６１・λ／ＮＡで表される。

[0198] 第１光束、第２光束及び第３光束は、平行光として対物レンズに入射してもよいし、発散光若しくは収束光として対物レンズに入射してもよい。好ましくは、第１光束が対物レンズに入射する時の、対物レンズの結像倍率ｍ１が、下記の式（１）、

－０．０２＜ｍ１＜０．０２　　（１）

を満たすことである。

[0199] 一方で、第１光束を発散光として対物レンズに入射する場合、第１光束が対物レンズへ入射する時の、対物レンズの結像倍率ｍ１が、下記の式（１‘）、

－０．１０＜ｍ１＜０　　（１‘）

を満たすことが好ましい。

[0200] また、第２光束を平行光又は略平行光として対物レンズに入射させる場合、第２光束が対物レンズへ入射する時の、対物レンズの結像倍率ｍ２が、下記の式（２）、

－０．０２＜ｍ２＜０．０２　　（２）

を満たすことが好ましい。

[0201] 一方で、第２光束を発散光として対物レンズに入射させる場合、第２光束が対物レンズへ入射する時の、対物レンズの結像倍率ｍ２が、下記の式（２‘）、

－０．１０＜ｍ２＜０　　（２‘）

を満たすことが好ましい。

[0202] また、第３光束を平行光又は略平行光として対物レンズに入射させる場合、第３光束が対物レンズへ入射する時の、対物レンズの結像倍率ｍ３が、下記の式（３）を満たすことが好ましい。第３光束が平行光である場合、トラッキングにおいて問題が発生しやすくなるが、本発明は第３光束が平行光であっても、良好なトラッキング特性を得ることを可能とし、３つの異なる光ディスクに対して記録及び／又は再生を適切に行う事を可能とする。

－０．０２＜ｍ３＜０．０２　　（３）

一方で、第３光束を発散光として対物レンズに入射させる場合、第３光束が対物レンズへ入射する時の、対物レンズの結像倍率ｍ３が、下記の式（３‘）、

－０．１０＜ｍ３＜０　　（３‘）

を満たすことが好ましい。

[0203] また、第３光ディスクを用いる際の対物レンズのワーキングディスタンス（ＷＤ）は、０．２０ｍｍ以上、１．５ｍｍ以下であることが好ましい。好ましくは、０．３ｍｍ以上、１．２０ｍｍ以下である。次に、第２光ディスクを用いる際の対物レンズのＷＤは、０．４ｍｍ以上、１．３ｍｍ以下であることが好ましい。さらに、第１光ディスクを用いる際の対物レンズのＷＤは、０．４ｍｍ以上、１．２ｍｍ以下であることが好ましい。

[0204] 本発明に係る光情報記録再生装置は、上述の光ピックアップ装置を有する光ディスクドライブ装置を有する。

[0205] ここで、光情報記録再生装置に装備される光ディスクドライブ装置に関して説明すると、光ディスクドライブ装置には、光ピックアップ装置等を収納している光情報記録再生装置本体から光ディスクを搭載した状態で保持可能なトレイのみが外部に取り出される方式と、光ピックアップ装置等が収納されている光ディスクドライブ装置本体ごと、外部に取り出される方式とがある。

[0206] 上述した各方式を用いる光情報記録再生装置には、概ね、次の構成部材が装備されているがこれに限られるものではない。

[0207] ハウジング等に収納された光ピックアップ装置、光ピックアップ装置をハウジングごと光ディスクの内周あるいは外周に向けて移動させるシークモータ等の光ピックアップ装置の駆動源、光ピックアップ装置のハウジングを光ディスクの内周あるいは外周に向けてガイドするガイドレールなどを有した光ピックアップ装置の移送手段及び、光ディスクの回転駆動を行うスピンドルモータ等である。

[0208] 前者の方式には、これら各構成部材の他に、光ディスクを搭載した状態で保持可能なトレイおよびトレイを摺動させるためのローディング機構等が設けられ、後者の方式にはトレイおよびローディング機構がなく、各構成部材が外部に引き出し可能なシャーシに相当するドロワーに設けられていることが好ましい。

発明の効果

[0209] 本発明によれば、所望の光学特性を発揮できると共に、成形金型の構成が複雑なものになりすぎる事を防止し、転写性を良好にでき、その構成の簡素化、低コスト化を実現可能な対物レンズ及びそれを用いた光ピックアップ装置を提供することが可能になる。

図面の簡単な説明

[0210] [図1]（ａ）は、本発明に係る対物レンズＯＢＪの一例を、光軸方向から見た図であり、（ｂ）は断面図である。

[図2]本発明に係る対物レンズＯＢＪに設けられる光路差付与構造の幾つかの例（ａ）～（ｄ）を模式的に示す断面図である。

[図3]光路差付与構造の重畳を示す図である。

[図4]本発明に係る対物レンズによるスポットの形状を示した図である。

[図5]本発明に係る光ピックアップ装置の構成を概略的に示す図である。

[図6]例１にかかる光路差付与構造において、（ａ）第１基礎構造の断面、（ｂ）第２基礎構造の断面、（ｃ）重畳された光路差付与構造の断面を示す図

である。

[図7]例２にかかる光路差付与構造において、（ａ）第１基礎構造の断面、（ｂ）第２基礎構造の断面、（ｃ）重畳された光路差付与構造の断面を示す図である。

[図8]例３にかかる光路差付与構造において、（ａ）第１基礎構造の断面、（ｂ）第２基礎構造の断面、（ｃ）重畳された光路差付与構造の断面を示す図である。

[図9]例４にかかる光路差付与構造において、（ａ）第１基礎構造の断面、（ｂ）第２基礎構造の断面、（ｃ）重畳された光路差付与構造の断面を示す図である。

[図10]例５にかかる光路差付与構造において、（ａ）第１基礎構造の断面、（ｂ）第２基礎構造の断面、（ｃ）重畳された光路差付与構造の断面を示す図である。

[図11]例６にかかる光路差付与構造において、（ａ）第１基礎構造の断面、（ｂ）第２基礎構造の断面、（ｃ）重畳された光路差付与構造の断面を示す図である。

[図12]例７にかかる光路差付与構造において、（ａ）第１基礎構造の断面、（ｂ）第２基礎構造の断面、（ｃ）重畳された光路差付与構造の断面を示す図である。

[図13]例８にかかる光路差付与構造において、（ａ）第１基礎構造の断面、（ｂ）第２基礎構造の断面、（ｃ）重畳された光路差付与構造の断面を示す図である。

[図14]例９にかかる光路差付与構造において、（ａ）第１基礎構造の断面、（ｂ）第２基礎構造の断面、（ｃ）重畳された光路差付与構造の断面を示す図である。

[図15]例１０にかかる光路差付与構造において、（ａ）第１基礎構造の断面、（ｂ）第２基礎構造の断面、（ｃ）重畳された光路差付与構造の断面を示す図である。

[図16]例１１にかかる光路差付与構造において、（ａ）第１基礎構造の断面、（ｂ）第２基礎構造の断面、（ｃ）重畳された光路差付与構造の断面を示す図である。

[図17]例１２にかかる光路差付与構造において、（ａ）第１基礎構造の断面、（ｂ）第２基礎構造の断面、（ｃ）重畳された光路差付与構造の断面を示す図である。

[図18]例１３にかかる光路差付与構造において、（ａ）第１基礎構造の断面、（ｂ）第２基礎構造の断面、（ｃ）重畳された光路差付与構造の断面を示す図である。

[図19]例１４にかかる光路差付与構造において、（ａ）第１基礎構造の断面、（ｂ）第２基礎構造の断面、（ｃ）重畳された光路差付与構造の断面を示す図である。

[図20]例１５にかかる光路差付与構造において、（ａ）第１基礎構造の断面、（ｂ）第２基礎構造の断面、（ｃ）重畳された光路差付与構造の断面を示す図である。

[図21]例１６にかかる光路差付与構造において、（ａ）第１基礎構造の断面、（ｂ）第２基礎構造の断面、（ｃ）重畳された光路差付与構造の断面を示す図である。

[図22]例１７にかかる光路差付与構造において、（ａ）第１基礎構造の断面、（ｂ）第２基礎構造の断面、（ｃ）重畳された光路差付与構造の断面を示す図である。

[図23]例１８にかかる光路差付与構造において、（ａ）第１基礎構造の断面、（ｂ）第２基礎構造の断面、（ｃ）重畳された光路差付与構造の断面を示す図である。

[図24]例１９にかかる光路差付与構造において、（ａ）第１基礎構造の断面、（ｂ）第２基礎構造の断面、（ｃ）重畳された光路差付与構造の断面を示す図である。

[図25]例２０にかかる光路差付与構造において、（ａ）第１基礎構造の断面

、（ｂ）第２基礎構造の断面、（ｃ）重畳された光路差付与構造の断面を示す図である。

[図26]例２１にかかる光路差付与構造において、（ａ）第１基礎構造の断面、（ｂ）第２基礎構造の断面、（ｃ）重畳された光路差付与構造の断面を示す図である。

発明を実施するための形態

[0211] 以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。図５は、異なる光ディスクであるＢＤとＤＶＤとＣＤに対して適切に情報の記録及び／又は再生を行うことができる本実施の形態の光ピックアップ装置ＰＵ１の構成を概略的に示す図である。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。ここでは、第１光ディスクをＢＤとし、第２光ディスクをＤＶＤとし、第３光ディスクをＣＤとする。なお、本発明は、本実施の形態に限られるものではない。

[0212] 光ピックアップ装置ＰＵ１は、対物レンズＯＢＪ、絞りＳＴ、コリメートレンズＣＬ、ダイクロイックプリズムＰＰＳ、ＢＤに対して情報の記録／再生を行う場合に発光され波長λ１＝４０５ｎｍのレーザ光束（第１光束）を射出する第１半導体レーザＬＤ１（第１光源）と、ＢＤの情報記録面ＲＬ１からの反射光束を受光する第１の受光素子ＰＤ１とを一体化したユニットＭＤ１、レーザモジュールＬＭ等を有する。

[0213] また、レーザモジュールＬＭは、ＤＶＤに対して情報の記録／再生を行う場合に発光され波長λ２＝６５８ｎｍのレーザ光束（第２光束）を射出する第２半導体レーザＥＰ１（第２光源）と、ＣＤに対して情報の記録／再生を行う場合に発光され波長λ３＝７８５ｎｍのレーザ光束（第３光束）を射出する第３半導体レーザＥＰ２（第３光源）と、ＤＶＤの情報記録面ＲＬ２からの反射光束を受光する第２の受光素子ＤＳ１と、ＣＤの情報記録面ＲＬ３からの反射光束を受光する第３の受光素子ＤＳ２と、プリズムＰＳと、を有している。

[0214] 図１（ａ）及び（ｂ）に示されるように、本実施の形態の対物レンズＯＢ

Ｊにおいて、光源側の非球面光学面に光軸を含む中央領域ＣＮと、その周囲に配置された周辺領域ＭＤと、更にその周囲に配置された最周辺領域ＯＴとが、光軸を中心とする同心円状に形成されている。図示していないが、中央領域ＣＮには、第１基礎構造と第２基礎構造とを重畳した第１光路差付与構造が形成され、周辺領域ＭＤには第２光路差付与構造が形成されている。また、最周辺領域ＯＴには、第３光路差付与構造が形成されているものと第３光路差付与構造が形成されず屈折面のものとがある。第１光路差付与構造は、例えば、通過した第１光束の０次の回折光量を他のいかなる次数の回折光量よりも大きくし、第２光束の２次の回折光量を他のいかなる次数の回折光量よりも大きくし、第３光束の３次の回折光量を他のいかなる次数の回折光量よりも大きくする構造などを用いる事ができるが、本明細書の第一光路差付与構造の例１～２１に記載されたものであれば何れも用いることができる。更に、第２光路差付与構造及び第３光路差付与構造は、第一光路差付与構造に合わせて、任意に選択することができる。例えば、第一光路差付与構造が上述の例１の場合は、第２光路差付与構造は、第４の基礎構造と第５の基礎構造を重畳した構造とすることが好ましい。第４の基礎構造は第1光束及び第２光束において1次の回折光量を最大とする構造とし、第５の基礎構造は第１光束は０次の回折光量が最大となり、第２光束は－1次の回折光量が最大となる構造とすることが好ましい。また、第３光路差付与構造を有する場合、第３光路差付与構造は、第７基礎構造のみにより形成されていることが好ましい。第７基礎構造は、ブレーズ型構造であって、通過した第１光束の２次の回折光量を他のいかなる次数の回折光量よりも大きくし、第２光束の１次の回折光量を他のいかなる次数の回折光量よりも大きくし、第３光束の１次の回折光量を他のいかなる次数の回折光量よりも大きくする。なお、図１（ａ）及び（ｂ）の中央領域、周辺領域、最周辺領域の面積などの比率は正確には表されていない。

[0215] 青紫色半導体レーザＬＤ１から射出された第１光束（λ１＝４０５ｎｍ）の発散光束は、ダイクロイックプリズムＰＰＳを透過し、コリメートレンズ

ＣＬにより平行光束とされた後、図示しないλ１／４波長板により直線偏光から円偏光に変換され、絞りＳＴによりその光束径が規制され、対物レンズＯＢＪに入射する。ここで、対物レンズＯＢＪの中央領域と周辺領域と最周辺領域により集光された光束は、厚さ０．１ｍｍの保護基板ＰＬ１を介して、ＢＤの情報記録面ＲＬ１上に形成されるスポットとなる。

[0216] 情報記録面ＲＬ１上で情報ピットにより変調された反射光束は、再び対物レンズＯＢＪ、絞りＳＴを透過した後、図示しないλ１／４波長板により円偏光から直線偏光に変換され、コリメートレンズＣＬにより収斂光束とされ、ダイクロイックプリズムＰＰＳを透過した後、第１の受光素子ＰＤ１の受光面上に収束する。そして、第１の受光素子ＰＤ１の出力信号を用いて、２軸アクチュエータＡＣにより対物レンズＯＢＪをフォーカシングやトラッキングさせることで、ＢＤに記録された情報を読み取ることができる。

[0217] 赤色半導体レーザＥＰ１から射出された第２光束（λ２＝６５８ｎｍ）の発散光束は、プリズムＰＳで反射された後、ダイクロイックプリズムＰＰＳにより反射され、コリメートレンズＣＬにより平行光束とされた後、図示しないλ１／４波長板により偏光変換され、対物レンズＯＢＪに入射する。ここで、対物レンズＯＢＪの中央領域と周辺領域により集光された（最周辺領域を通過した光束はフレア化され、スポット周辺部を形成する）光束は、厚さ０．６ｍｍの保護基板ＰＬ２を介して、ＤＶＤの情報記録面ＲＬ２に形成されるスポットとなり、スポット中心部を形成する。

[0218] 情報記録面ＲＬ２上で情報ピットにより変調された反射光束は、再び対物レンズＯＢＪ、絞りＳＴを透過した後、図示しないλ１／４波長板により偏光変換され、コリメートレンズＣＬにより収斂光束とされ、ダイクロイックプリズムＰＰＳにより反射された後、その後、プリズム内で２回反射された後、第２の受光素子ＤＳ１に収束する。そして、第２の受光素子ＤＳ１の出力信号を用いてＤＶＤに記録された情報を読み取ることができる。なお、往復路でλ１／４波長板で偏光変換されることで、λ１／４波長板がない場合に比較して光利用効率を高くすることができる。

[0219] 赤外半導体レーザＥＰ２から射出された第３光束（λ３＝７８５ｎｍ）の発散光束は、プリズムＰＳで反射された後、ダイクロイックプリズムＰＰＳにより反射され、コリメートレンズＣＬにより平行光束とされた後、図示しないλ１／４波長板により偏光変換され、対物レンズＯＪＴに入射する。ここで、対物レンズＯＢＪの中央領域により集光された（周辺領域及び最周辺領域を通過した光束はフレア化され、スポット周辺部を形成する）光束は、厚さ１．２ｍｍの保護基板ＰＬ３を介して、ＣＤの情報記録面ＲＬ３上に形成されるスポットとなる。

[0220] 情報記録面ＲＬ３上で情報ピットにより変調された反射光束は、再び対物レンズＯＢＪ、絞りＳＴを透過した後、図示しないλ１／４波長板により偏光変換され、コリメートレンズＣＬにより収斂光束とされ、ダイクロイックプリズムＰＰＳにより反射された後、その後、プリズム内で２回反射された後、第３の受光素子ＤＳ２に収束する。そして、第３の受光素子ＤＳ２の出力信号を用いてＣＤに記録された情報を読み取ることができる。なお、往復路でλ１／４波長板で偏光変換されることで、λ１／４波長板がない場合に比較して光利用効率を高くすることができる。

符号の説明

[0221] ＡＣ　二軸アクチュエータ

ＰＰＳ　ダイクロイックプリズム

ＣＬ　コリメートレンズ

ＬＤ１　青紫色半導体レーザ

ＬＭ　レーザモジュール

ＯＢＪ　対物レンズ

ＰＬ１　保護基板

ＰＬ２　保護基板

ＰＬ３　保護基板

ＰＵ１　光ピックアップ装置

ＲＬ１　情報記録面

ＲＬ２　情報記録面

ＲＬ３　情報記録面

ＣＮ　中央領域

ＭＤ　周辺領域

ＯＴ　最周辺領域

請求の範囲

[請求項1] 第１光源から出射される波長λ１（μｍ）の第１光束を用いて厚さｔ１の保護層を有する第１光ディスクの情報記録面に対して集光スポット形成を行い、第２光源から出射される波長λ２（λ１＜λ２）の第２光束を用いて厚さｔ２（ｔ１≦ｔ２）の保護層を有する第２光ディスクの情報記録面に対して集光スポット形成を行い、第３光源から出射される波長λ３（λ２＜λ３）の第３光束を用いて厚さｔ３（ｔ２＜ｔ３）の保護層を有する第３光ディスクの情報記録面に対して集光スポット形成を行う光ピックアップ装置用の対物レンズにおいて、

前記対物レンズの光学面には、第一光路差付与構造が形成されており、

前記第一光路差付与構造は、ブレーズ型構造である第１基礎構造と、階段型構造である第２基礎構造とを、前記第１基礎構造の全ての段差部の位置と前記第２基礎構造の段差部の位置が一致するように重畳させてなり、

Ｌ、Ｍ、Ｎを任意の整数としたときに、前記第一光路差付与構造に前記第１光束が入射した場合に発生する回折光のうち、Ｌ次回折光が最大の回折光量を有し、前記第一光路差付与構造に前記第２光束が入射した場合に発生する回折光のうち、Ｍ次回折光が最大の回折光量を有し、前記第一光路差付与構造に前記第３光束が入射した場合に発生する回折光のうち、Ｎ次回折光が最大の回折光量を有することを特徴とする対物レンズ。

[請求項2] 前記第２基礎構造は４分割の階段型構造であり、前記第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と前記第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、前記第１基礎構造の前記段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項１に記載の対物レンズ。

（１．２λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（１．２λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（１．２５λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（１．２５λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（３．７５λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（３．７５λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

ただし、ｎは、前記第１光束における前記対物レンズの屈折率を表す。

[請求項3] 前記第一光路差付与構造は、４分割のブレーズ階段型構造であり、前記第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）が以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項１又は２に記載の対物レンズ。

（４．９５λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（４．９５λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

[請求項4] ｜Ｌ｜＝２、Ｍ＝０、｜Ｎ｜＝１を満たし、

ＬとＮの正負の符号が異なることを特徴とする請求項１から請求項３までのいずれか一項に記載の対物レンズ。

[請求項5] 前記第２基礎構造は６分割の階段型構造であり、前記第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と前記第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、前記第１基礎構造の前記段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項１に記載の対物レンズ。

（λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（１．２λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（１．２λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（６λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（６λ１＋０．２

λ１）／（ｎ－１）

ただし、ｎは、前記第１光束における前記対物レンズの屈折率を表す。

[請求項6] 前記第一光路差付与構造は、４分割のブレーズ階段型構造であり、前記第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）が以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項１又は５に記載の対物レンズ。

（５λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（５λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

[請求項7] Ｌ＝０、｜Ｍ｜＝２、｜Ｎ｜＝３を満たし、

ＭとＮの正負の符号が等しいことを特徴とする請求項１、５又は６に記載の対物レンズ。

[請求項8] 前記第２基礎構造は７分割の階段型構造であり、前記第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と前記第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、前記第１基礎構造の前記段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項１に記載の対物レンズ。

（３λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（３λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（１．３１λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（１．３１λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

（７．８６λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（７．８６λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

ただし、ｎは、前記第１光束における前記対物レンズの屈折率を表す。

[請求項9] 前記第一光路差付与構造は、７分割のブレーズ階段型構造であり、前記第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μ

ｍ）が以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項１又は５に記載の対物レンズ。

（４．８６λ１－０．２λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（４．８６λ１＋０．２λ１）／（ｎ－１）

[請求項10] ｜Ｌ｜＝１、｜Ｍ｜＝３、｜Ｎ｜＝４を満たし、

ＬとＭとＮの正負の符号が等しいことを特徴とする請求項１、８又は９に記載の対物レンズ。

[請求項11] 前記対物レンズの光学面は、少なくとも、光軸を含む輪帯状の中央領域と、前記中央領域の周囲に形成された輪帯状の周辺領域と、前記周辺領域の周囲に形成された輪帯状の最周辺領域を有し、

前記中央領域、前記周辺領域及び前記最周辺領域を通過した前記第１光束が、前記第１光ディスクの情報記録面に集光され、

前記中央領域と前記周辺領域とを通過した前記第２光束が、前記第２光ディスクの情報記録面に集光され、

前記中央領域を通過した前記第３光束が、前記第３光ディスクの情報記録面に集光され、

前記第一光路差付与構造は前記中央領域に設けられていることを特徴とする請求項１から請求項１０までのいずれか一項に記載の対物レンズ。

[請求項12] 第１光源から出射される波長λ１（μｍ）の第１光束を用いて厚さｔ１の保護層を有する第１光ディスクの情報記録面に対して集光スポット形成を行い、第２光源から出射される波長λ２（λ１＜λ２）の第２光束を用いて厚さｔ２（ｔ１≦ｔ２）の保護層を有する第２光ディスクの情報記録面に対して集光スポット形成を行い、第３光源から出射される波長λ３（λ２＜λ３）の第３光束を用いて厚さｔ３（ｔ２＜ｔ３）の保護層を有する第３光ディスクの情報記録面に対して集光スポット形成を行う対物レンズを備えた光ピックアップ装置において、

前記対物レンズの光学面には、第一光路差付与構造が形成されており、

前記第一光路差付与構造は、ブレーズ型構造である第１基礎構造と、階段型構造である第２基礎構造とを、前記第１基礎構造の全ての段差部の位置と前記第２基礎構造の段差部の位置が一致するように重畳させてなり、

Ｌ、Ｍ、Ｎを任意の整数としたときに、前記第一光路差付与構造に前記第１光束が入射した場合に発生する回折光のうち、Ｌ次回折光が最大の回折光量を有し、前記第一光路差付与構造に前記第２光束が入射した場合に発生する回折光のうち、Ｍ次回折光が最大の回折光量を有し、前記第一光路差付与構造に前記第３光束が入射した場合に発生する回折光のうち、Ｎ次回折光が最大の回折光量を有することを特徴とする光ピックアップ装置。

[請求項13] 前記第２基礎構造は４分割の階段型構造であり、前記第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と前記第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、前記第１基礎構造の前記段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項１２に記載の光ピックアップ装置。

（１．２λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（１．２λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（１．２５λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（１．２５λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（３．７５λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（３．７５λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

ただし、ｎは、前記第１光束における前記対物レンズの屈折率を表す。

[請求項14] 前記第一光路差付与構造は、４分割のブレーズ階段型構造であり、

前記第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）が以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項１２又は１３に記載の光ピックアップ装置。

（４．９５λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（４．９５λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

[請求項15] ｜Ｌ｜＝２、Ｍ＝０、｜Ｎ｜＝１を満たし、

ＬとＮの正負の符号が異なることを特徴とする請求項１２から請求項１４までのいずれか一項に記載の光ピックアップ装置。

[請求項16] 前記第２基礎構造は６分割の階段型構造であり、前記第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と前記第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、前記第１基礎構造の前記段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項１２に記載の光ピックアップ装置。

（λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（１．２λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（１．２λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（６λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（６λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

ただし、ｎは、前記第１光束における前記対物レンズの屈折率を表す。

[請求項17] 前記第一光路差付与構造は、４分割のブレーズ階段型構造であり、前記第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）が以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項１２又は１６に記載の光ピックアップ装置。

（５λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（５λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

[請求項18] Ｌ＝０、｜Ｍ｜＝２、｜Ｎ｜＝３を満たし、

ＭとＮの正負の符号が等しいことを特徴とする請求項１２、１６又は１７に記載の光ピックアップ装置。

[請求項19] 前記第２基礎構造は７分割の階段型構造であり、前記第２基礎構造の階段型構造の小さい段差の光軸方向の長さｄ２１（μｍ）と前記第２基礎構造の階段型構造の大きな段差の光軸方向の長さｄ２２（μｍ）、及び、前記第１基礎構造の前記段差部の光軸方向の長さｄ１（μｍ）が以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項１２に記載の光ピックアップ装置。

（３λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ１≦（３λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（１．３１λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２１≦（１．３１λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

（７．８６λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ２２≦（７．８６λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

ただし、ｎは、前記第１光束における前記対物レンズの屈折率を表す。

[請求項20] 前記第一光路差付与構造は、７分割のブレーズ階段型構造であり、前記第一光路差付与構造の最も大きな段差の光軸方向の長さｄ０（μｍ）が以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項１２又は１９に記載の光ピックアップ装置。

（４．８６λ１－０．４λ１）／（ｎ－１）≦ｄ０≦（４．８６λ１＋０．４λ１）／（ｎ－１）

[請求項21] ｜Ｌ｜＝１、｜Ｍ｜＝３、｜Ｎ｜＝４を満たし、

ＬとＭとＮの正負の符号が等しいことを特徴とする請求項１２、１９又は２０に記載の光ピックアップ装置。

[請求項22] 前記対物レンズの光学面は、少なくとも、光軸を含む輪帯状の中央領域と、前記中央領域の周囲に形成された輪帯状の周辺領域と、前記

周辺領域の周囲に形成された輪帯状の最周辺領域を有し、

前記中央領域、前記周辺領域及び前記最周辺領域を通過した前記第１光束が、前記第１光ディスクの情報記録面に集光され、

前記中央領域と前記周辺領域とを通過した前記第２光束が、前記第２光ディスクの情報記録面に集光され、

前記中央領域を通過した前記第３光束が、前記第３光ディスクの情報記録面に集光され、

前記第一光路差付与構造は前記中央領域に設けられていることを特徴とする請求項１２から請求項２１までのいずれか一項に記載の光ピックアップ装置。

[請求項23] 前記第１光束が前記対物レンズに入射する時の、前記対物レンズの結像倍率ｍ１が下記の式（１）を満たし、前記第２光束が前記対物レンズに入射する時の、前記対物レンズの結像倍率ｍ２が下記の式（２）を満たし、前記第３光束が前記対物レンズに入射する時の、前記対物レンズの結像倍率ｍ３が下記の式（３）を満たすことを特徴とする請求項１２から請求項２２までのいずれか一項に記載の光ピックアップ装置。

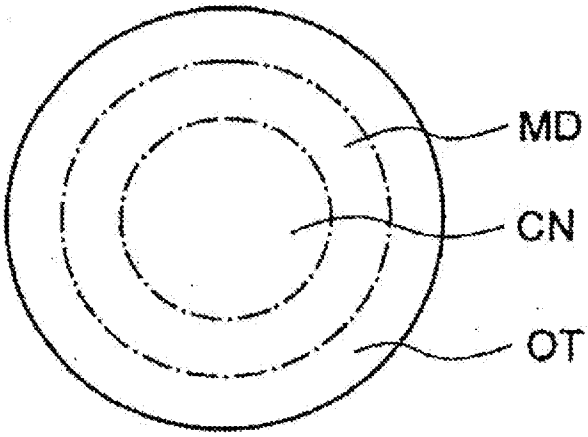
－０．０２＜ｍ１＜０．０２ （１）

－０．０２＜ｍ２＜０．０２ （２）

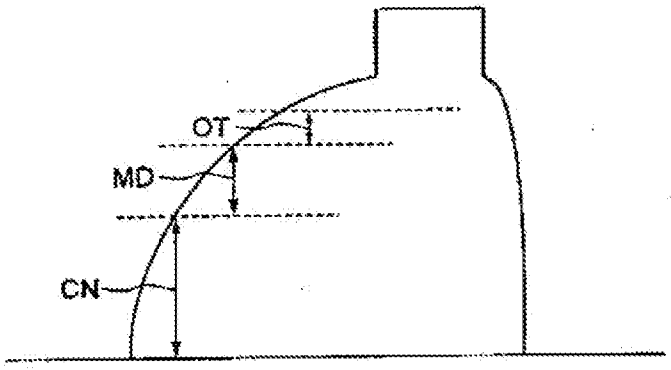
－０．０２＜ｍ３＜０．０２ （３）

[図1]

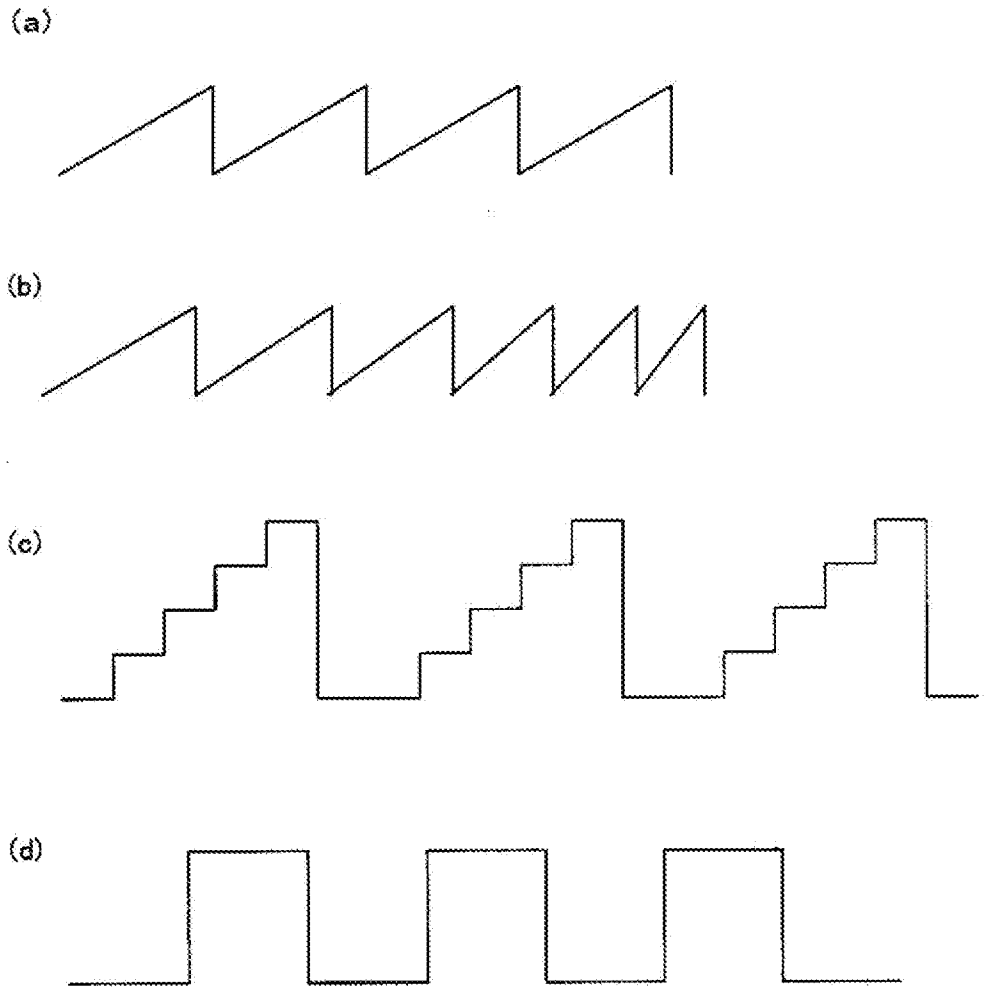
(a)



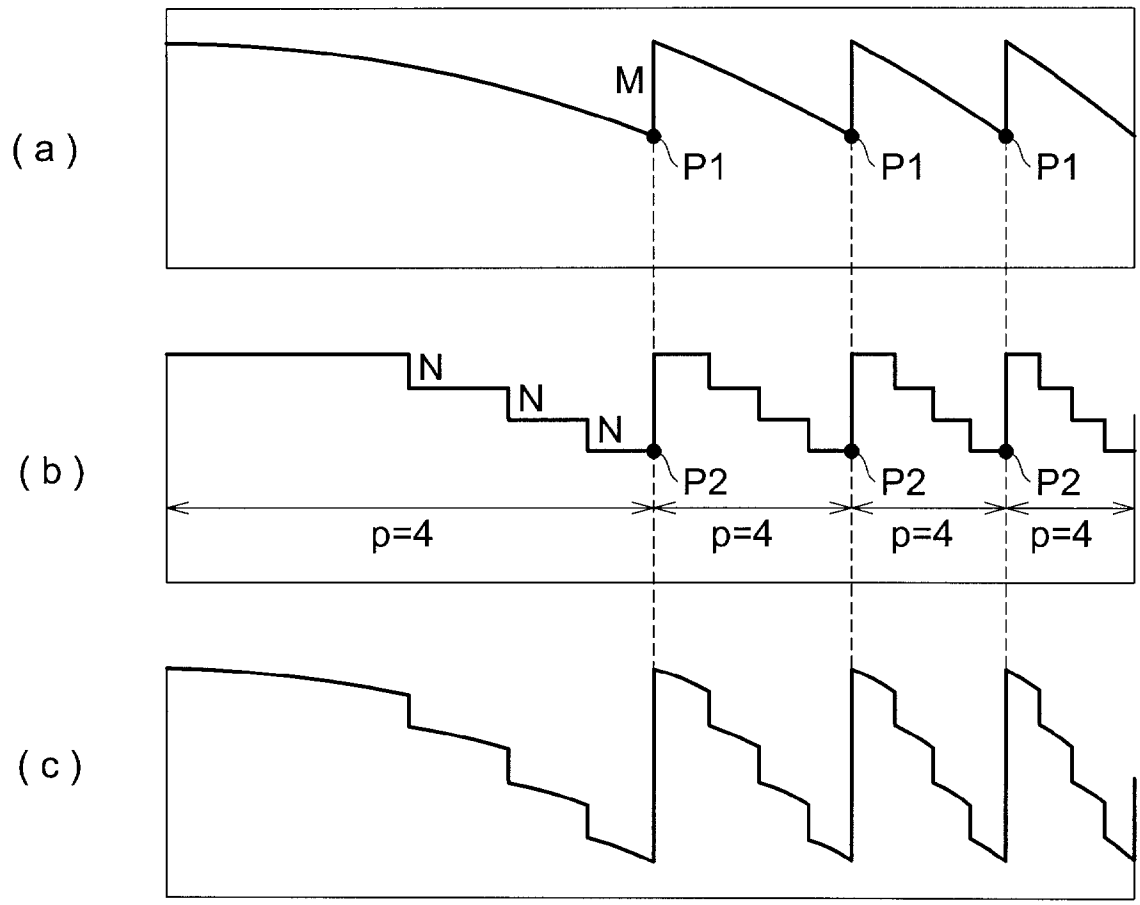
(b)



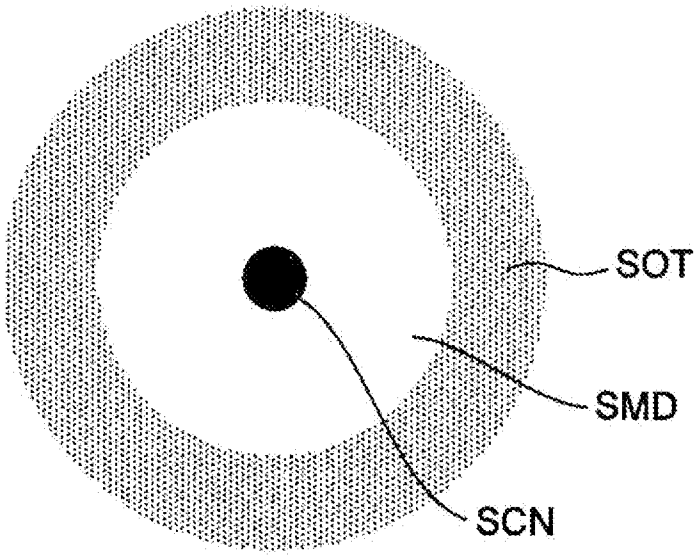
[図2]



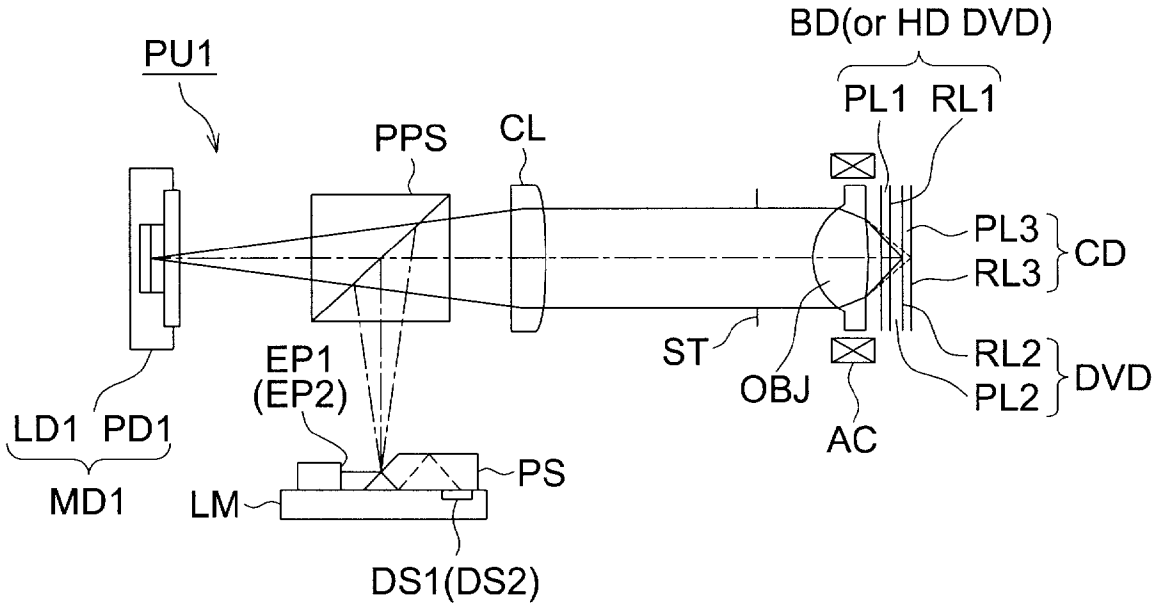
[図3]



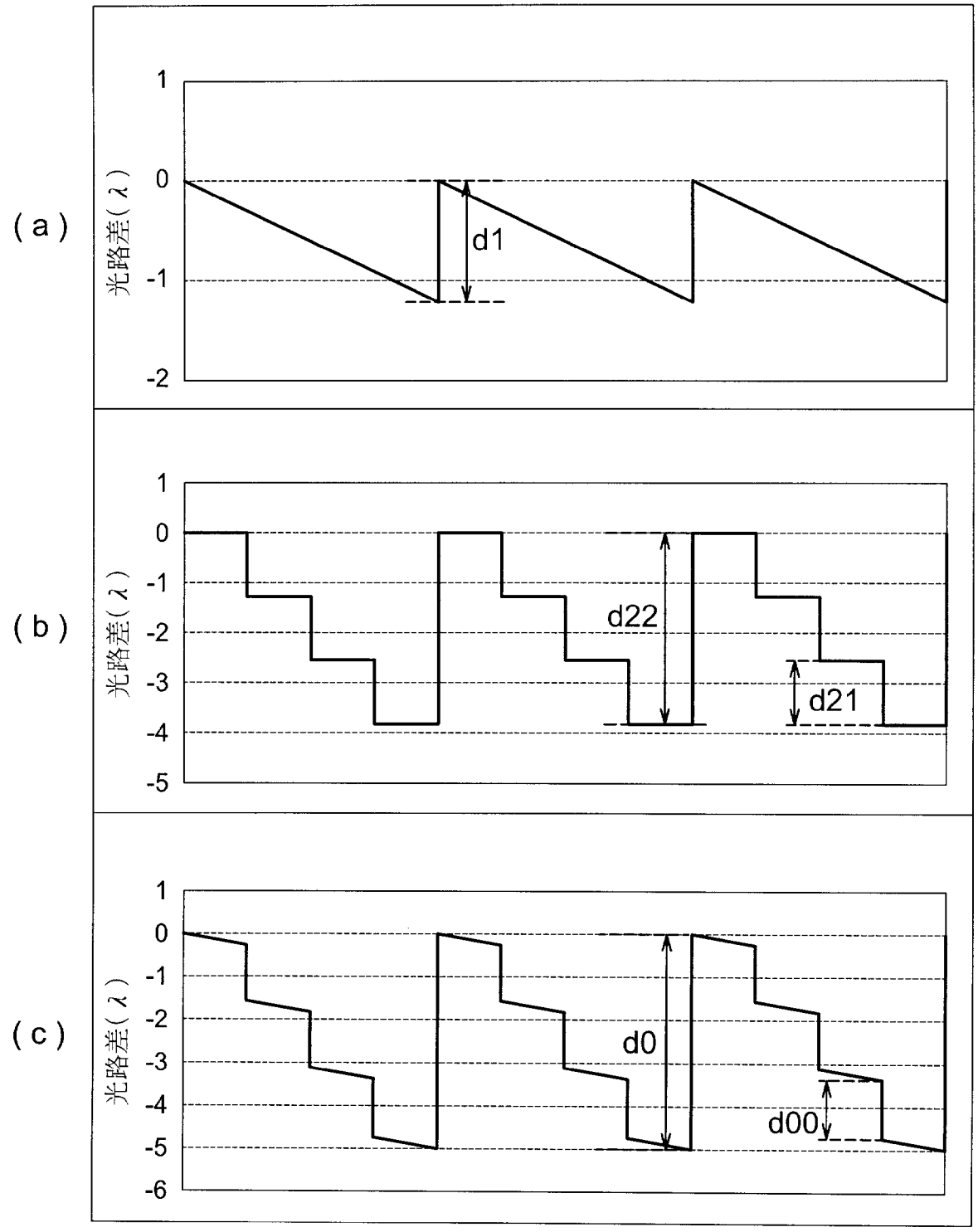
[図4]



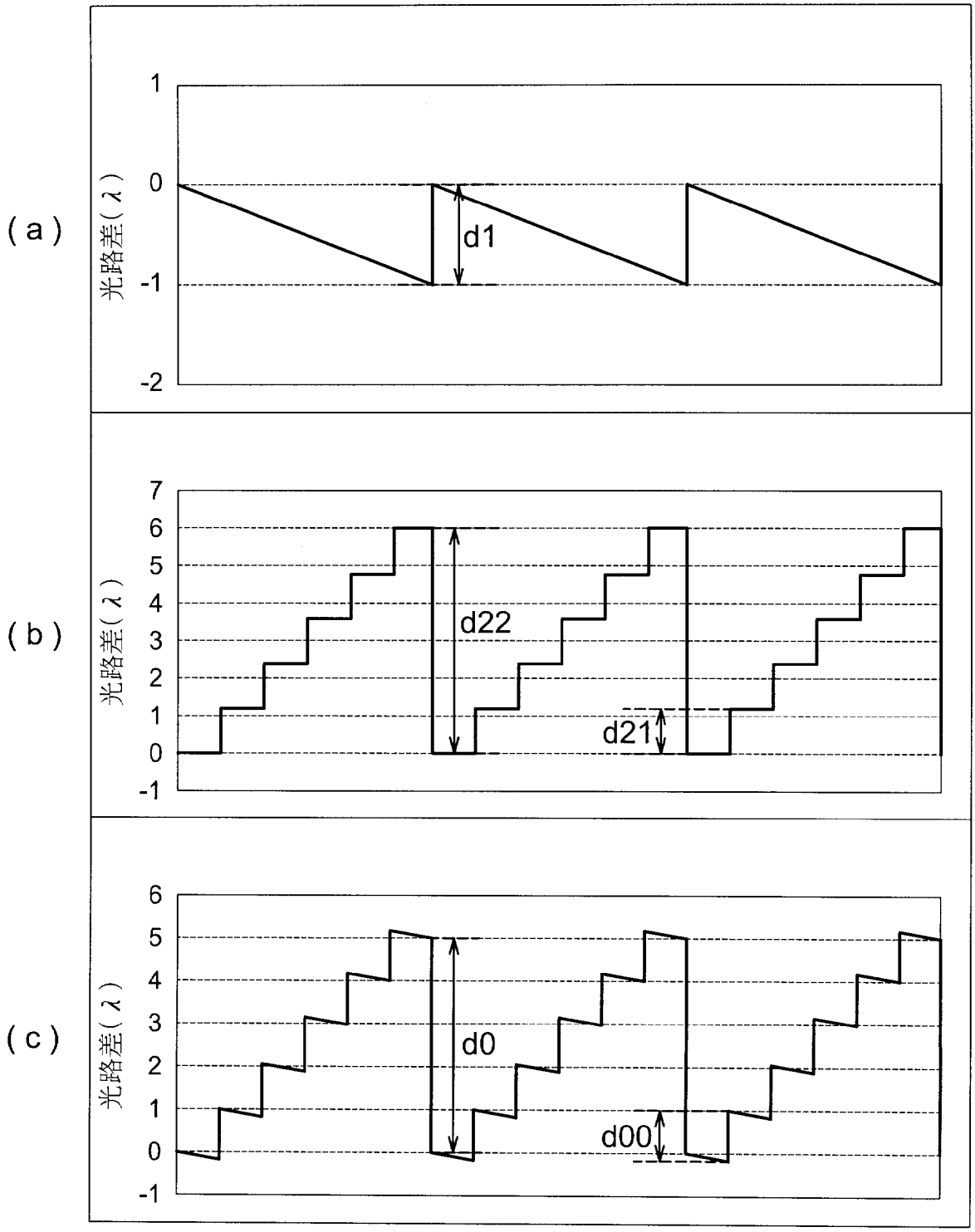
[図5]


PU1
PPS
CL
BD(or HD DVD)
PL1 RL1
PL3
RL3
CD
RL2
PL2
DVD
ST
OBJ
AC
EP1
(EP2)
LD1 PD1
MD1
LM
PS
DS1(DS2)

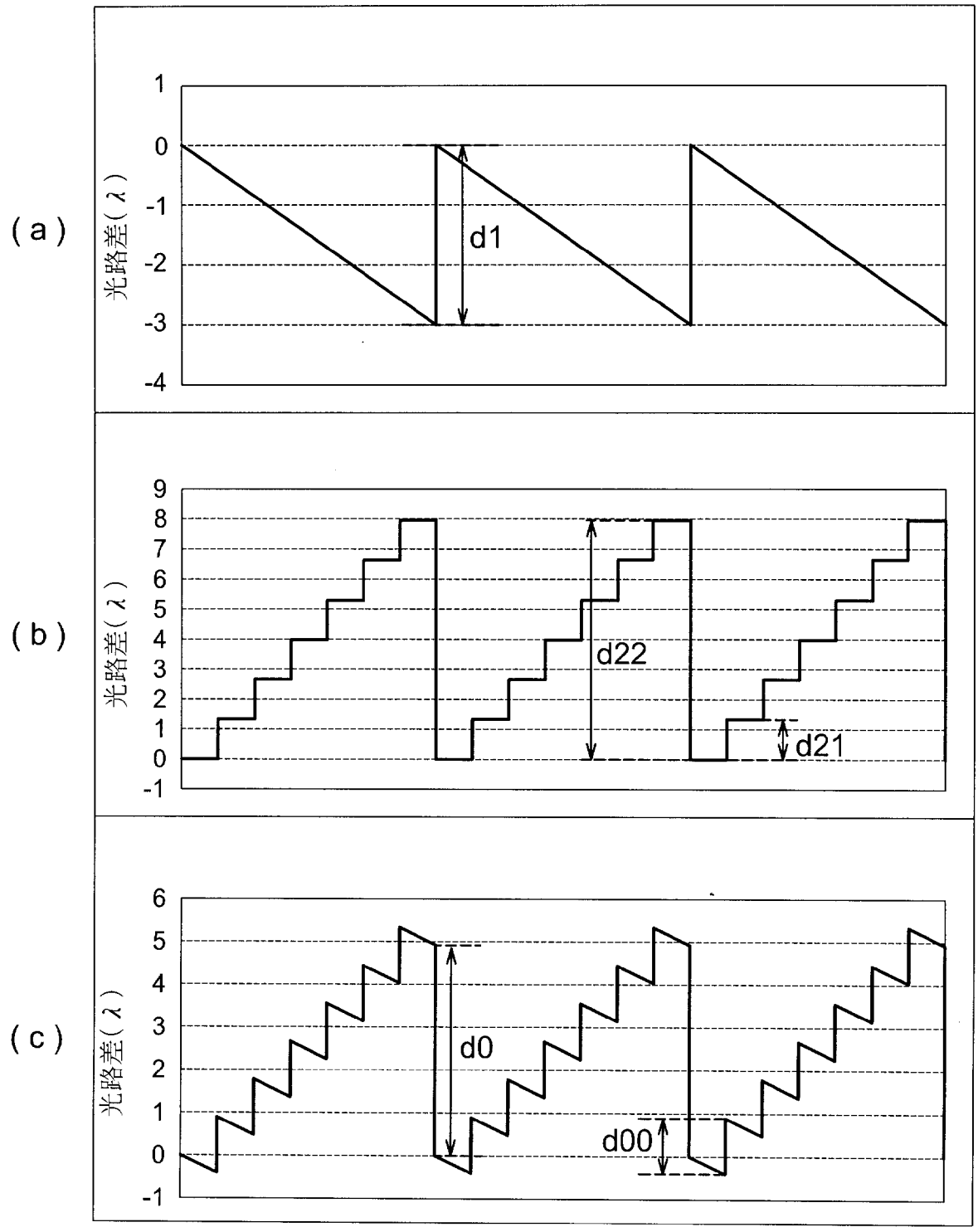
[図6]



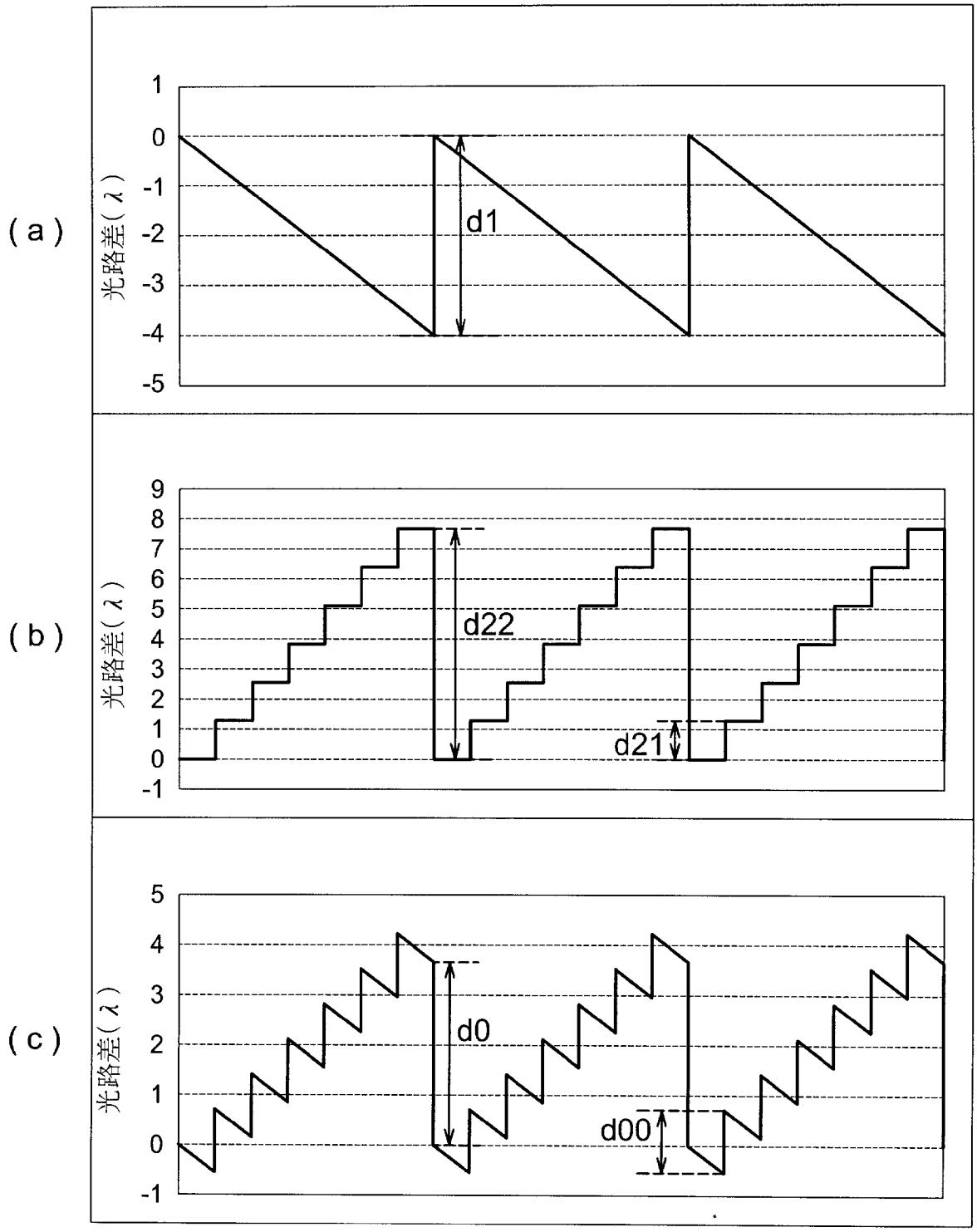
[図7]



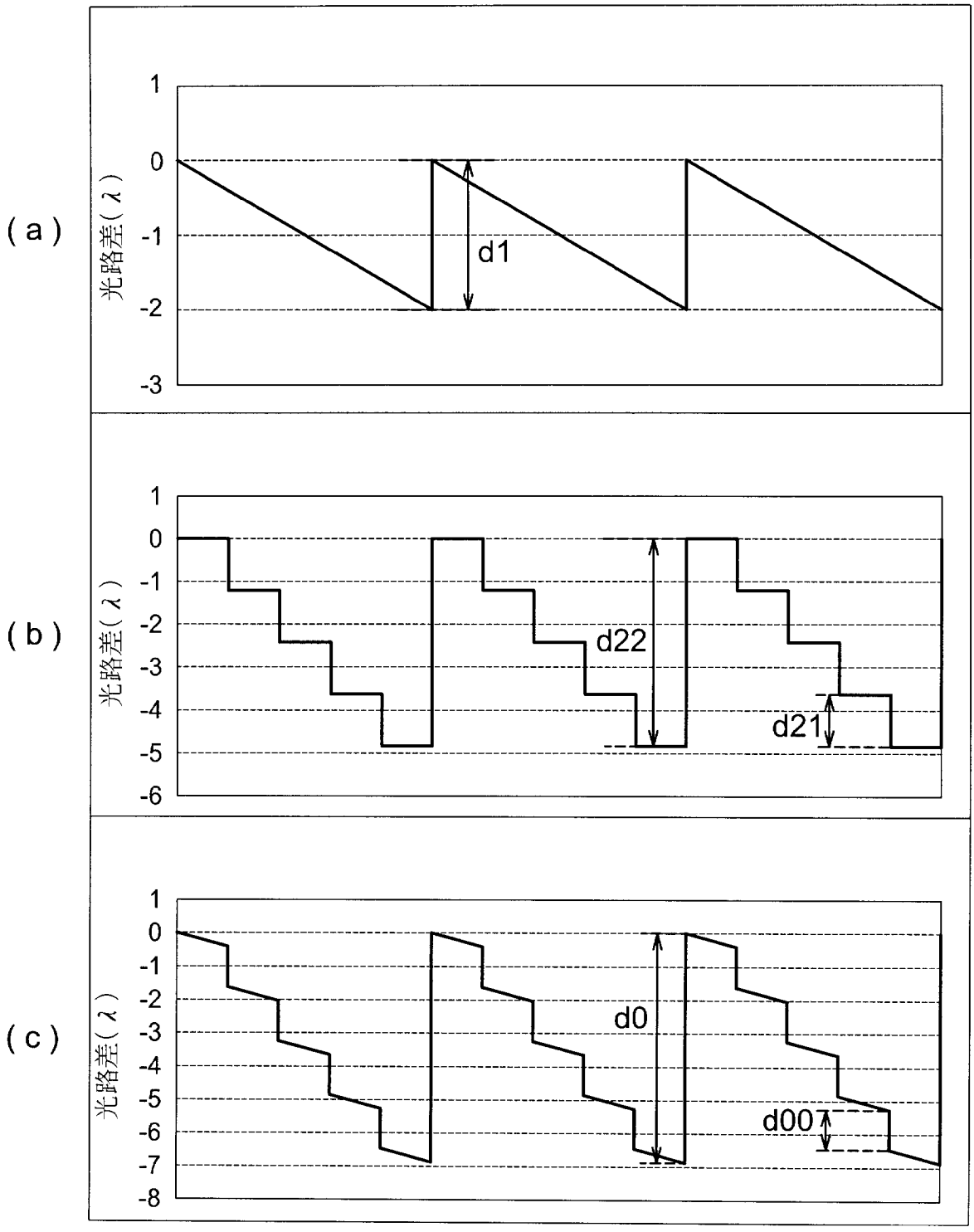
[図8]


(a)
光路差(λ)
1
0
-1
-2
-3
-4
d1
(b)
光路差(λ)
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
-1
d22
d21
(c)
光路差(λ)
6
5
4
3
2
1
0
-1
d0
d00

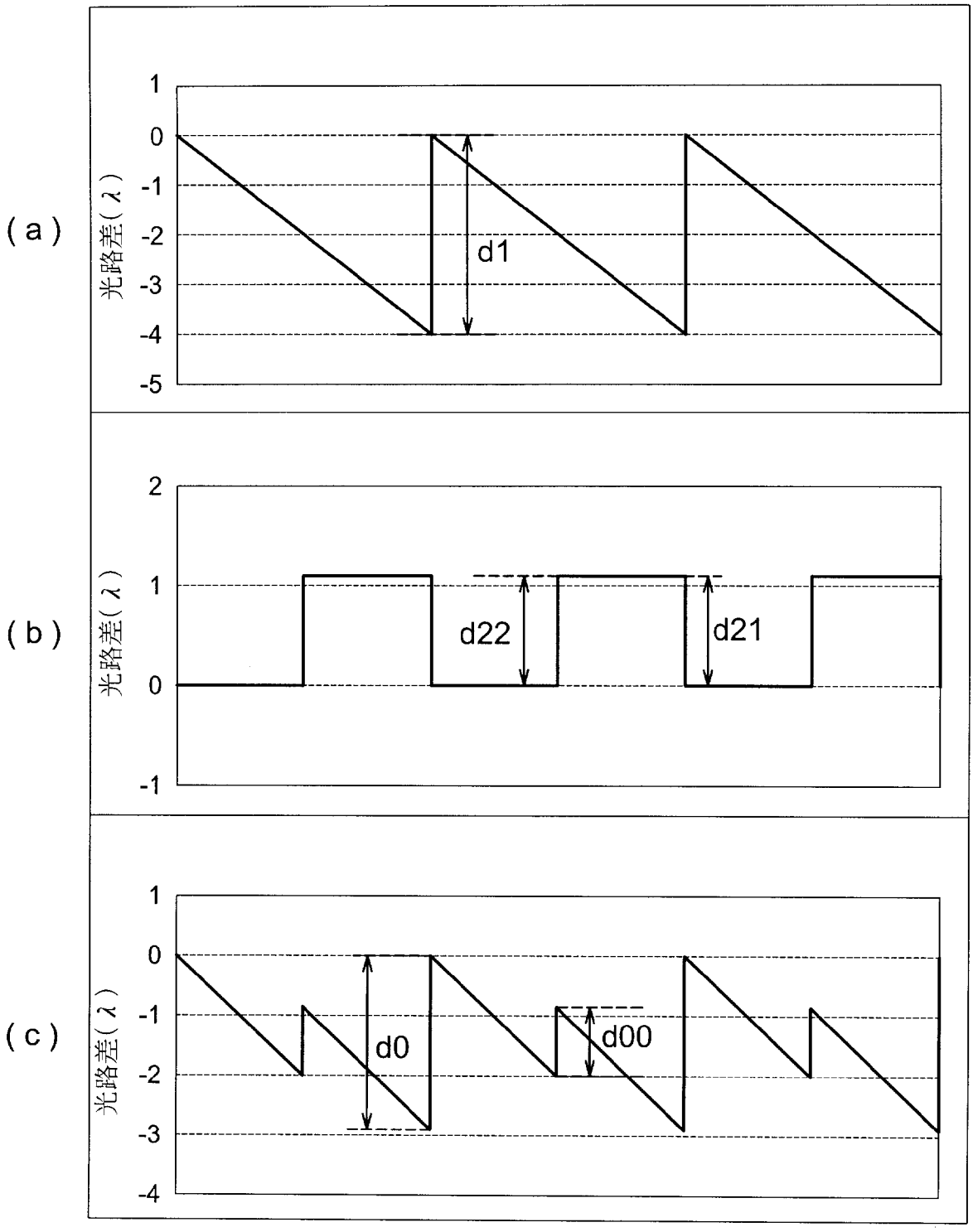
[図9]


(a)
光路差(λ)
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
d1
(b)
光路差(λ)
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
-1
d22
d21
(c)
光路差(λ)
5
4
3
2
1
0
-1
d0
d00

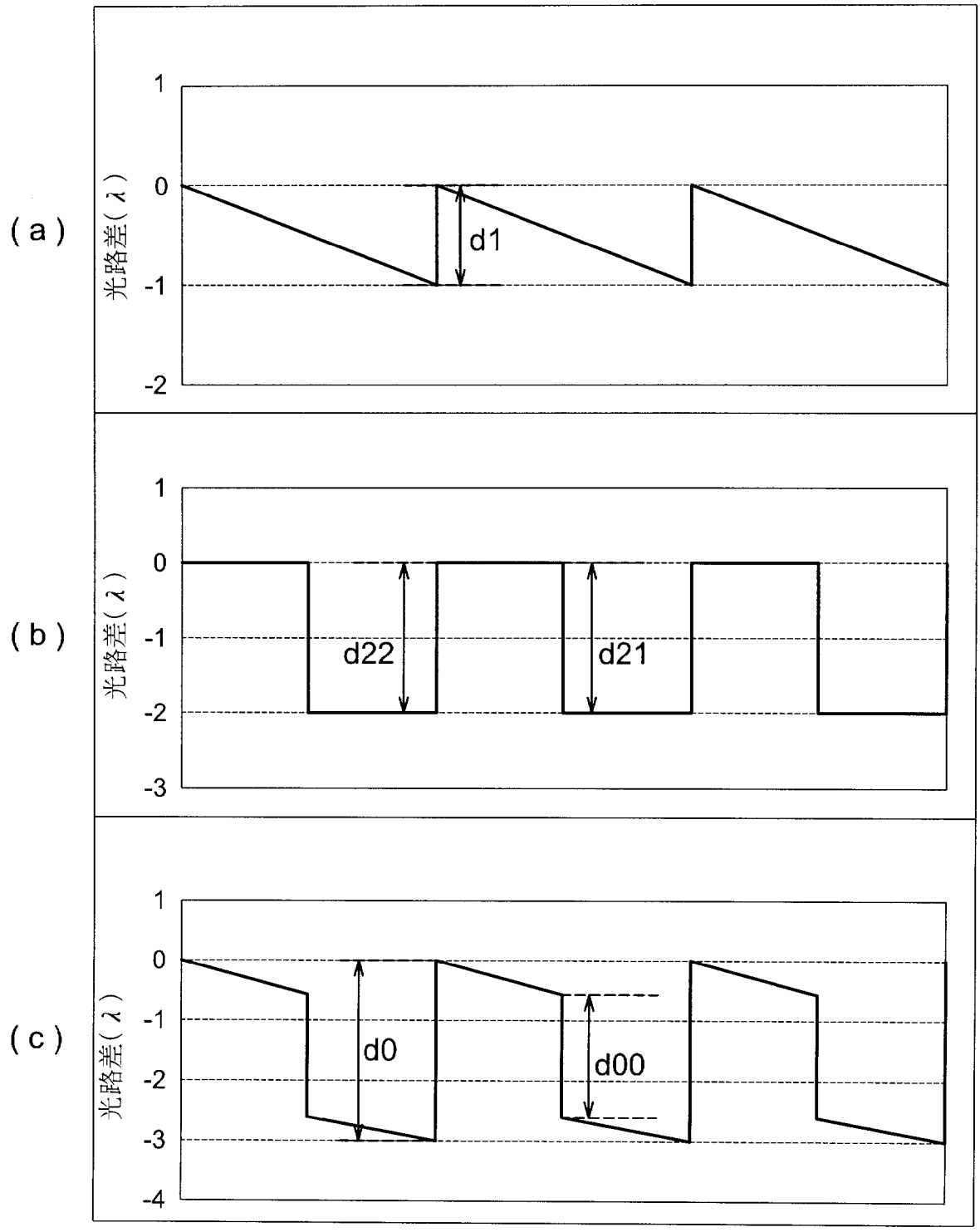
[図10]


(a)
光路差(λ)
1
0
-1
-2
-3
d1
(b)
光路差(λ)
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
-6
d22
d21
(c)
光路差(λ)
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
-6
-7
-8
d0
d00

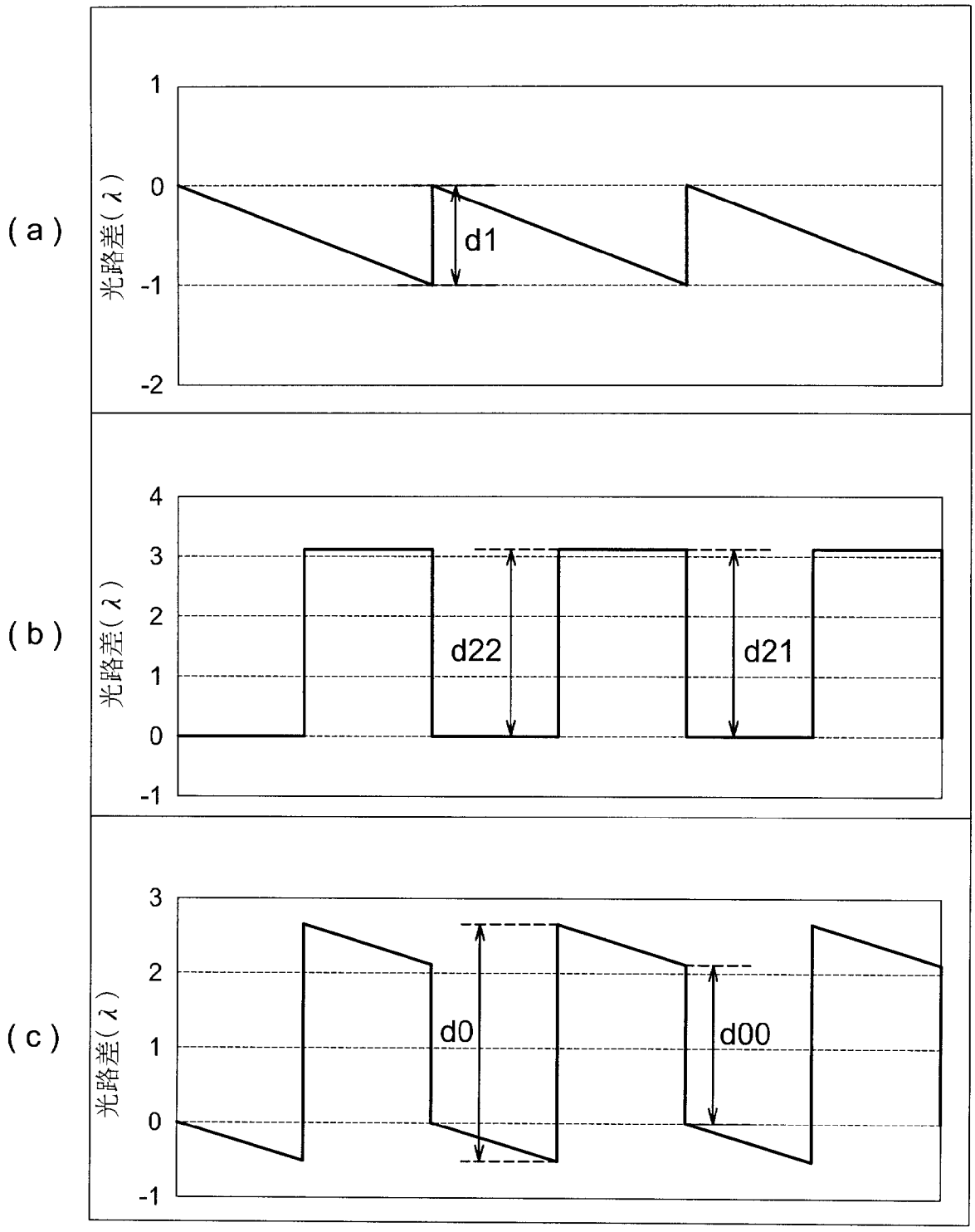
[図11]



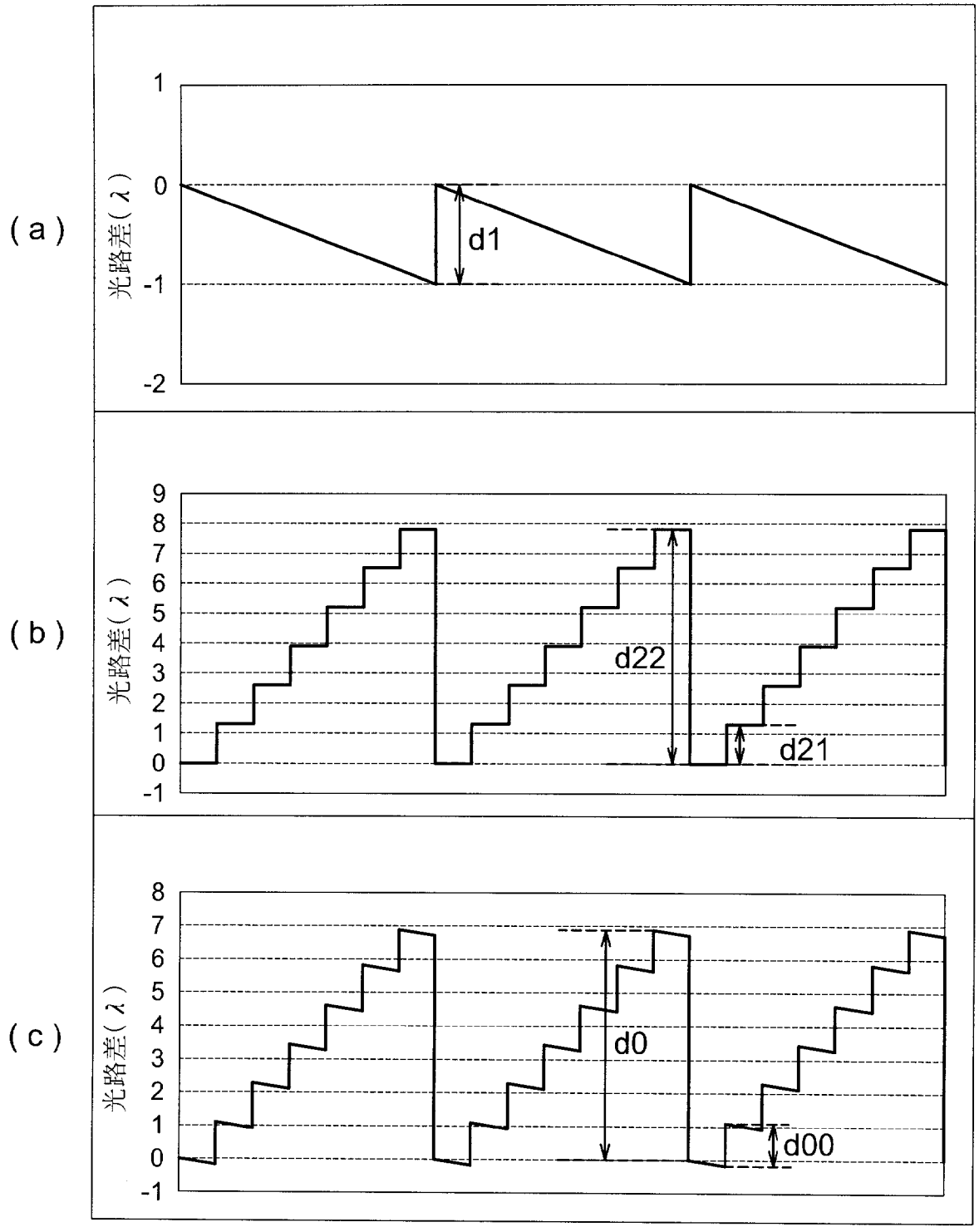
[図12]



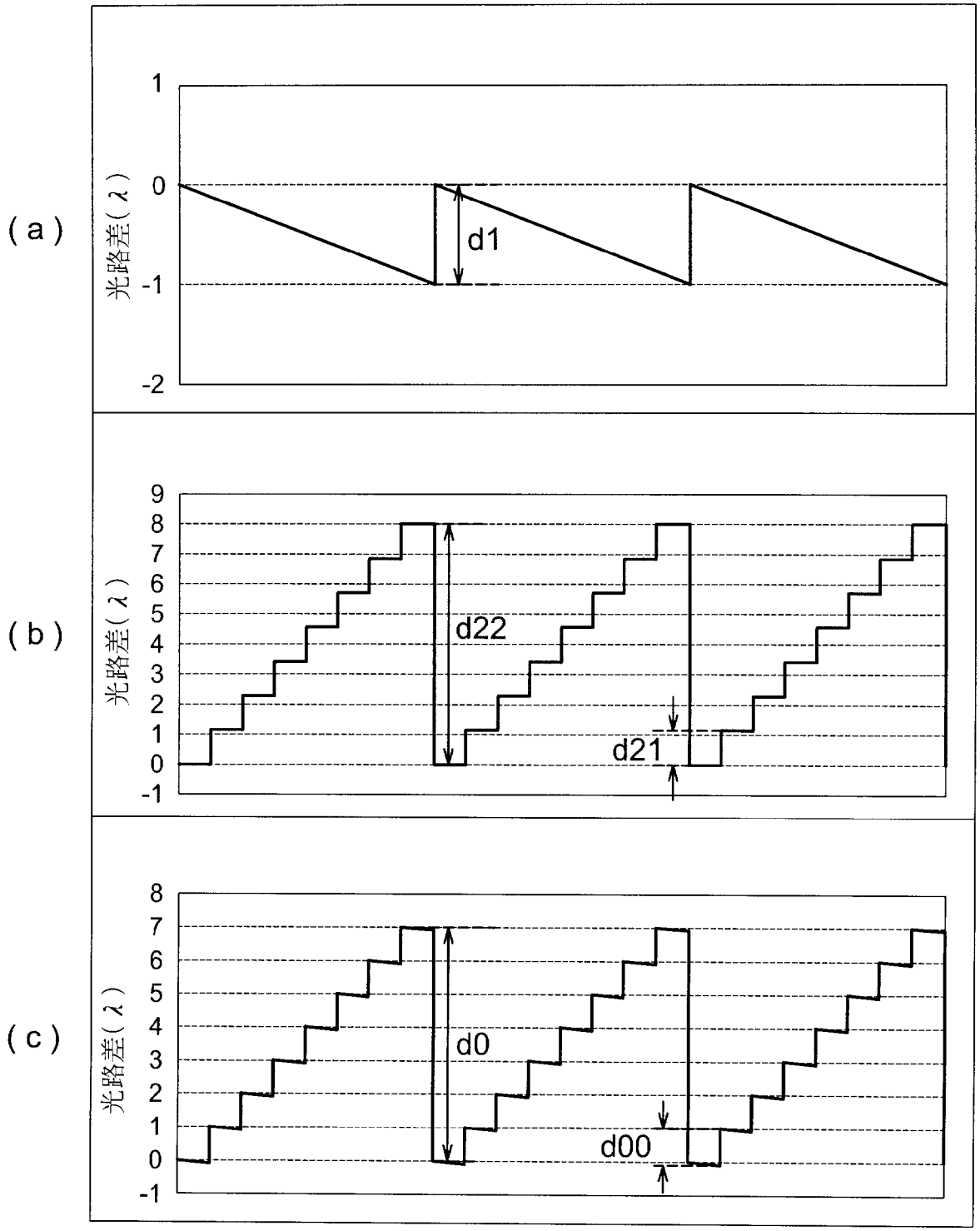
[図13]



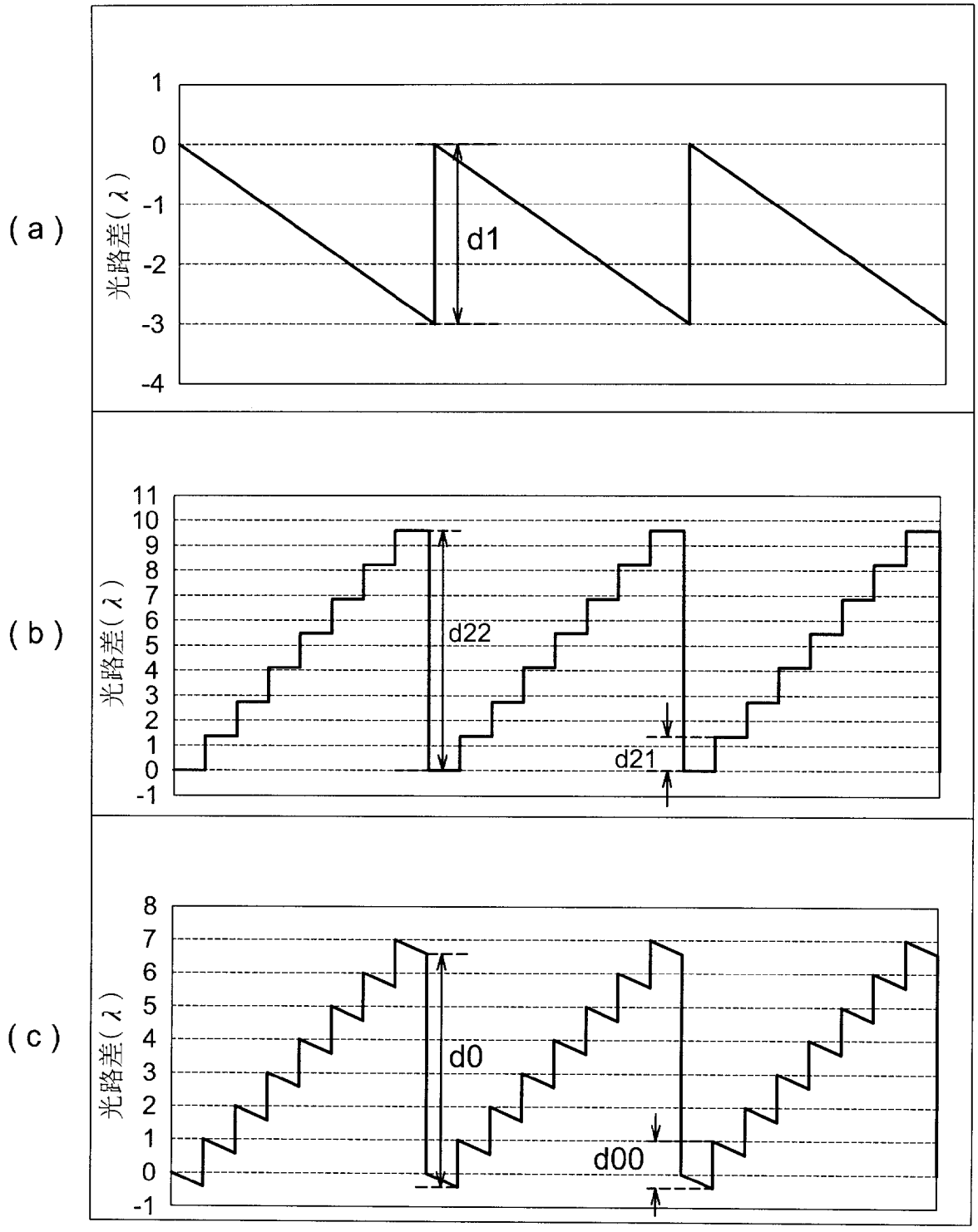
[図14]


(a)
光路差(λ)
1
0
-1
-2
d1
(b)
光路差(λ)
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
-1
d22
d21
(c)
光路差(λ)
8
7
6
5
4
3
2
1
0
-1
d0
d00

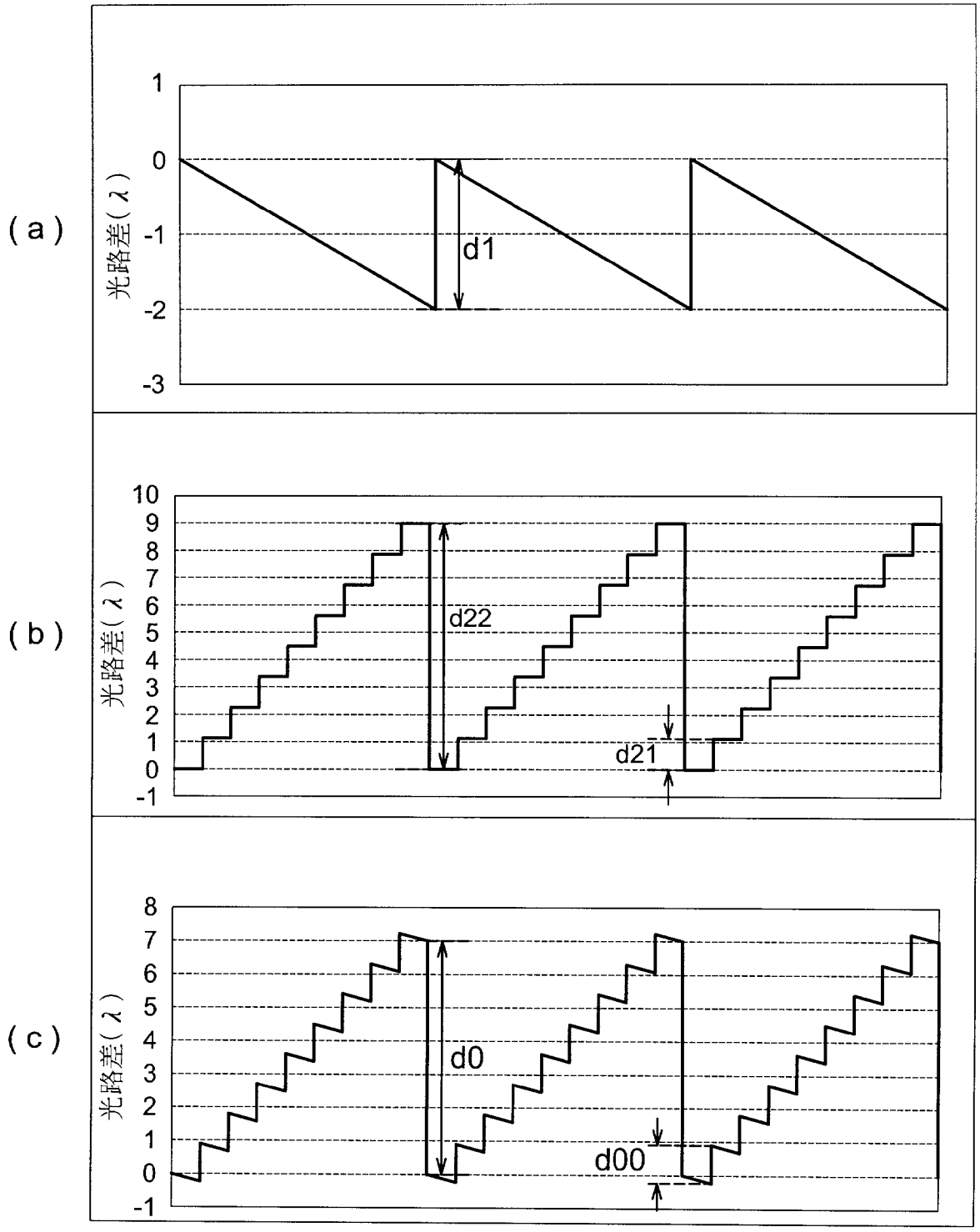
[図15]


(a)
光路差(λ)
1
0
-1
-2
d1
(b)
光路差(λ)
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
-1
d22
d21
(c)
光路差(λ)
8
7
6
5
4
3
2
1
0
-1
d0
d00

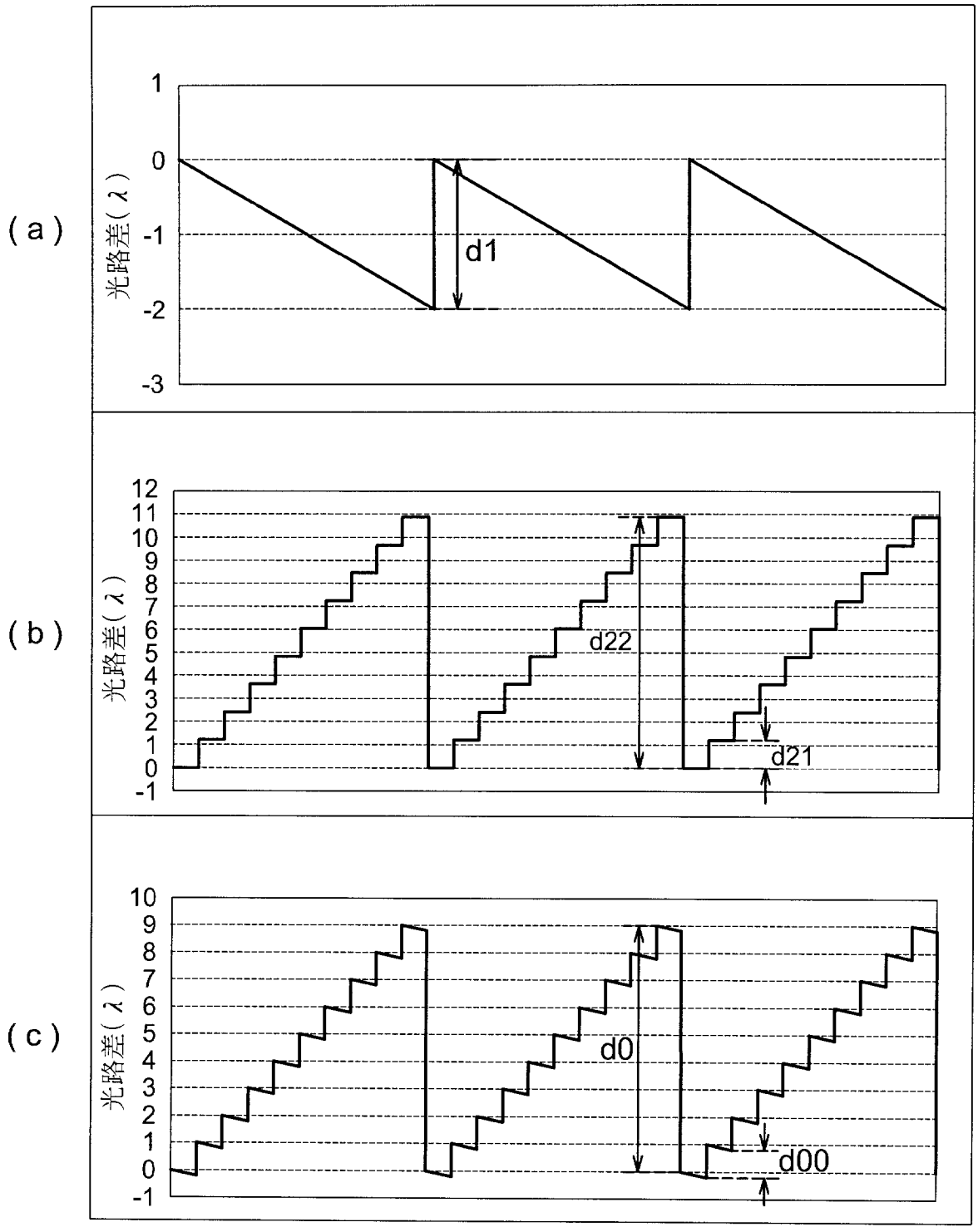
[図16]


(a)
光路差(λ)
1
0
-1
-2
-3
-4
d1
(b)
光路差(λ)
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
-1
d22
d21
(c)
光路差(λ)
8
7
6
5
4
3
2
1
0
-1
d0
d00

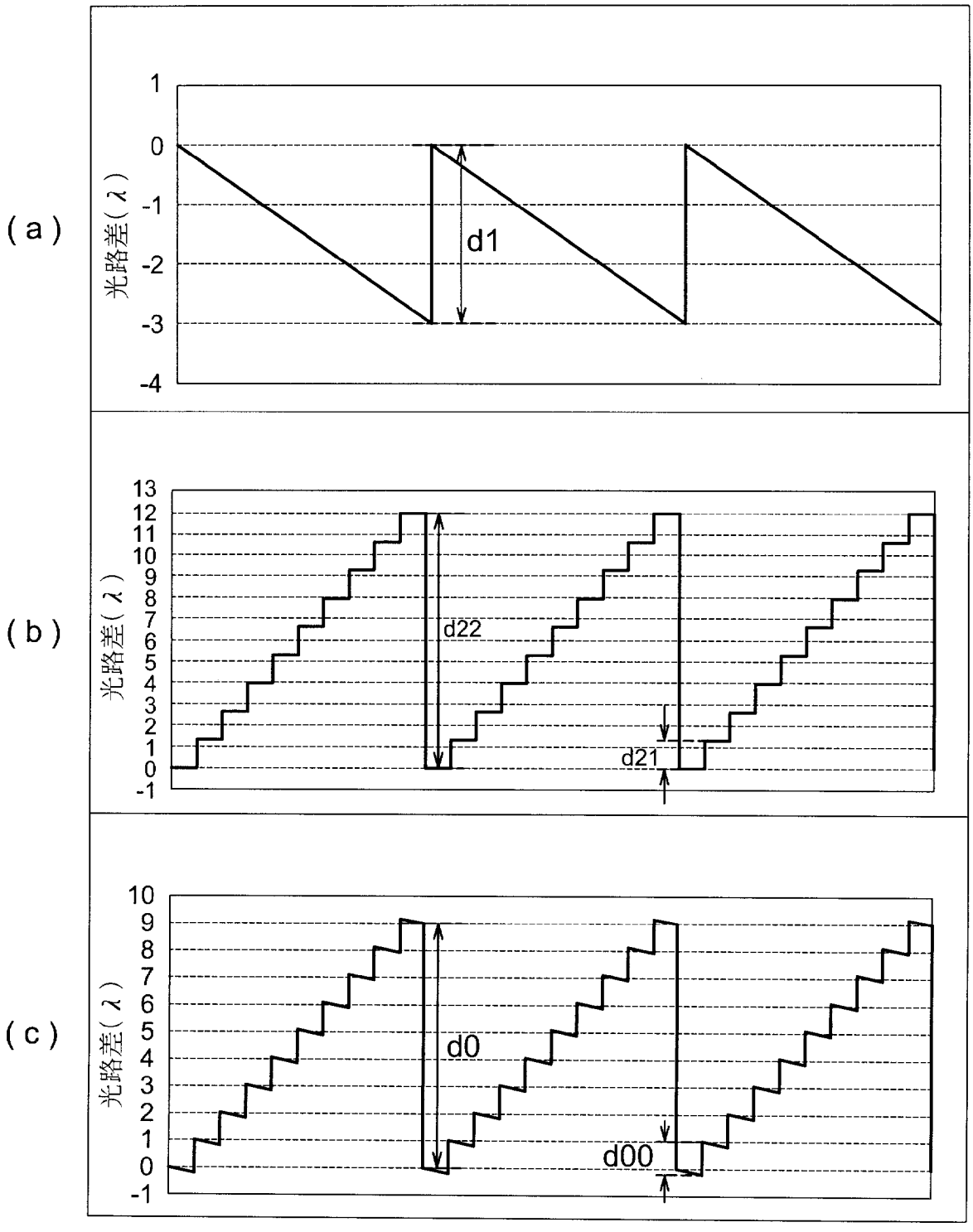
[図17]


(a)
光路差(λ)
1
0
-1
-2
-3
d1
(b)
光路差(λ)
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
-1
d22
d21
(c)
光路差(λ)
8
7
6
5
4
3
2
1
0
-1
d0
d00

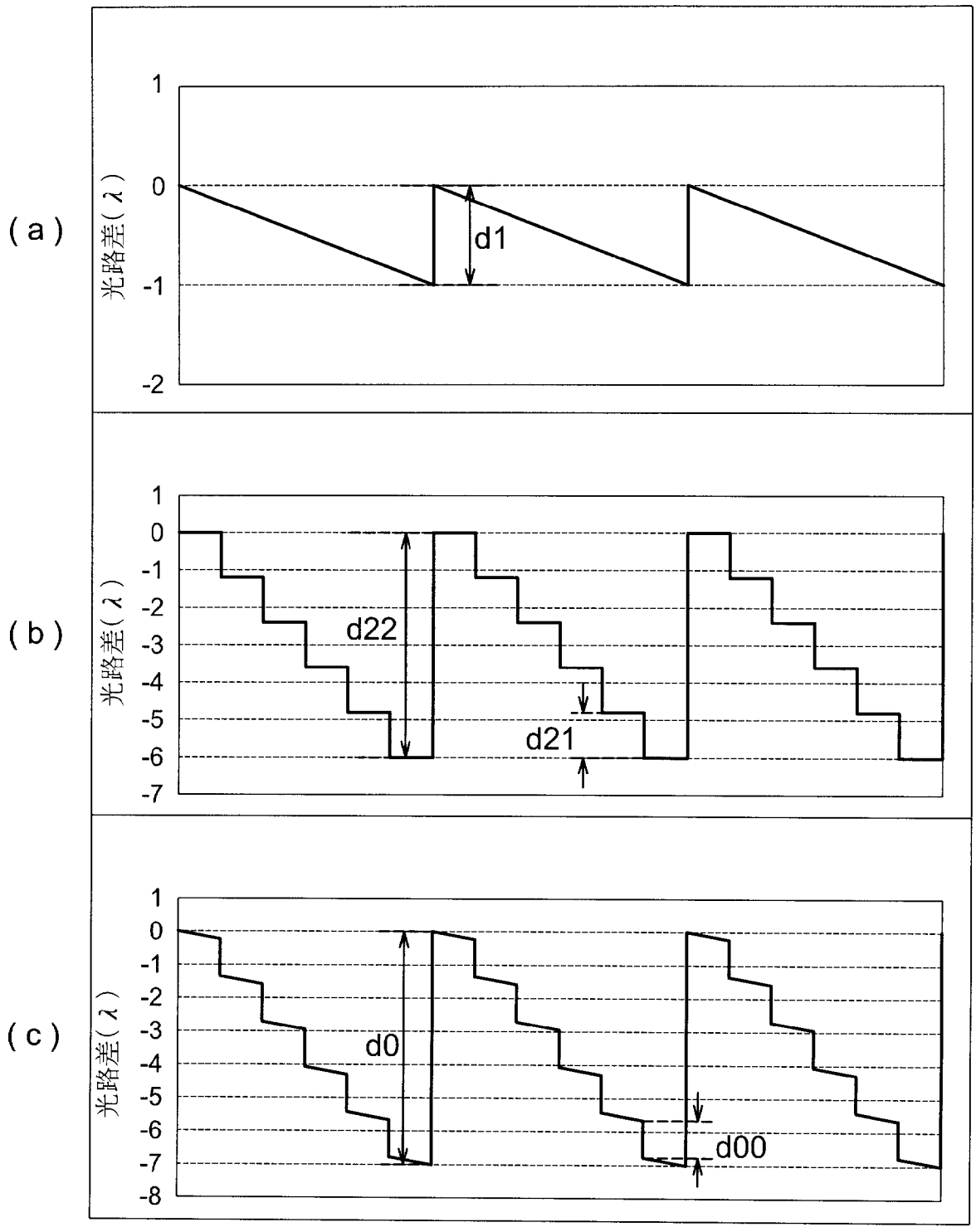
[図18]


(a)
光路差(λ)
1
0
-1
-2
-3
d1
(b)
光路差(λ)
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
-1
d22
d21
(c)
光路差(λ)
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
-1
d0
d00

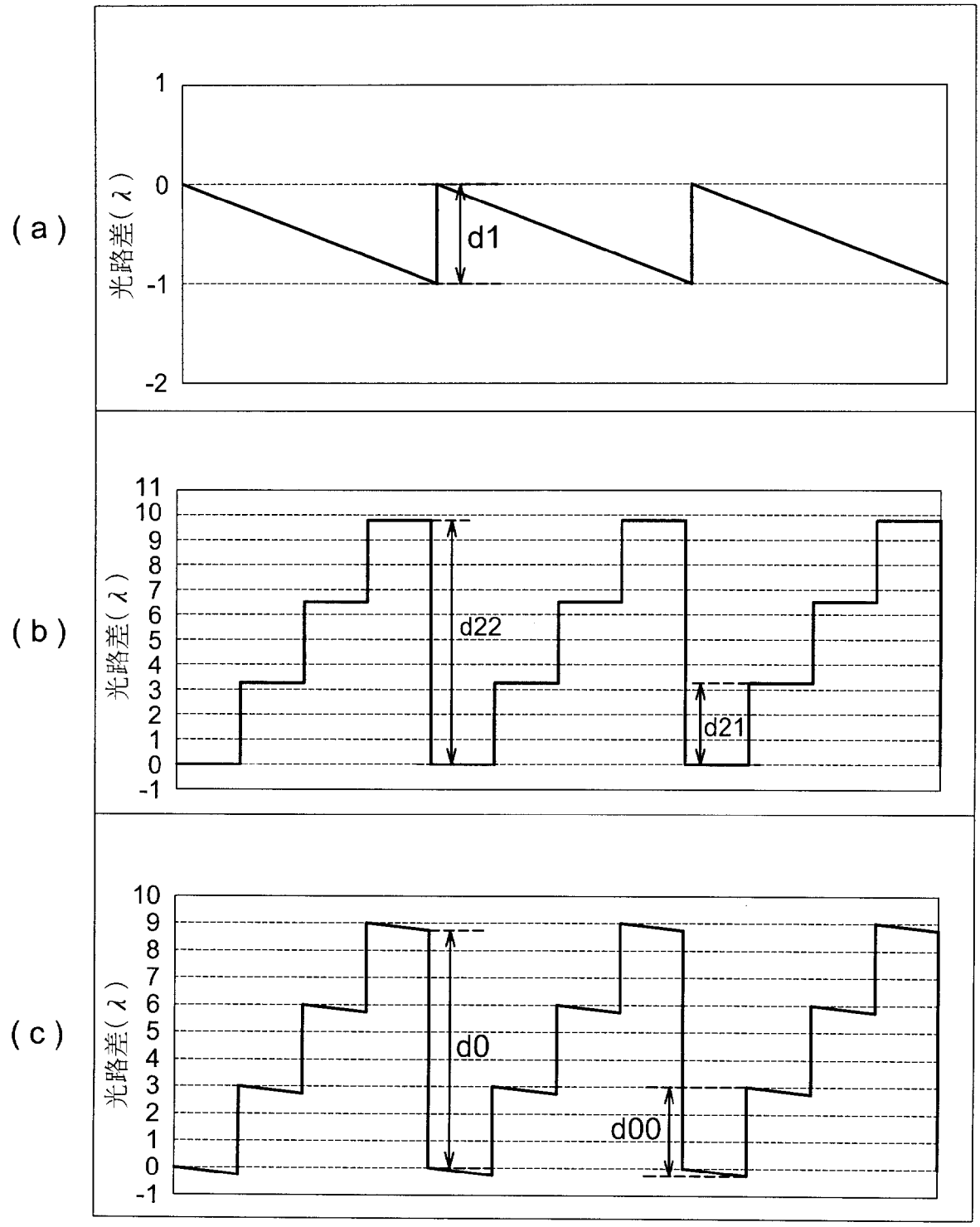
[図19]


(a)
光路差(λ)
1
0
-1
-2
-3
-4
d1
(b)
光路差(λ)
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
-1
d22
d21
(c)
光路差(λ)
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
-1
d0
d00

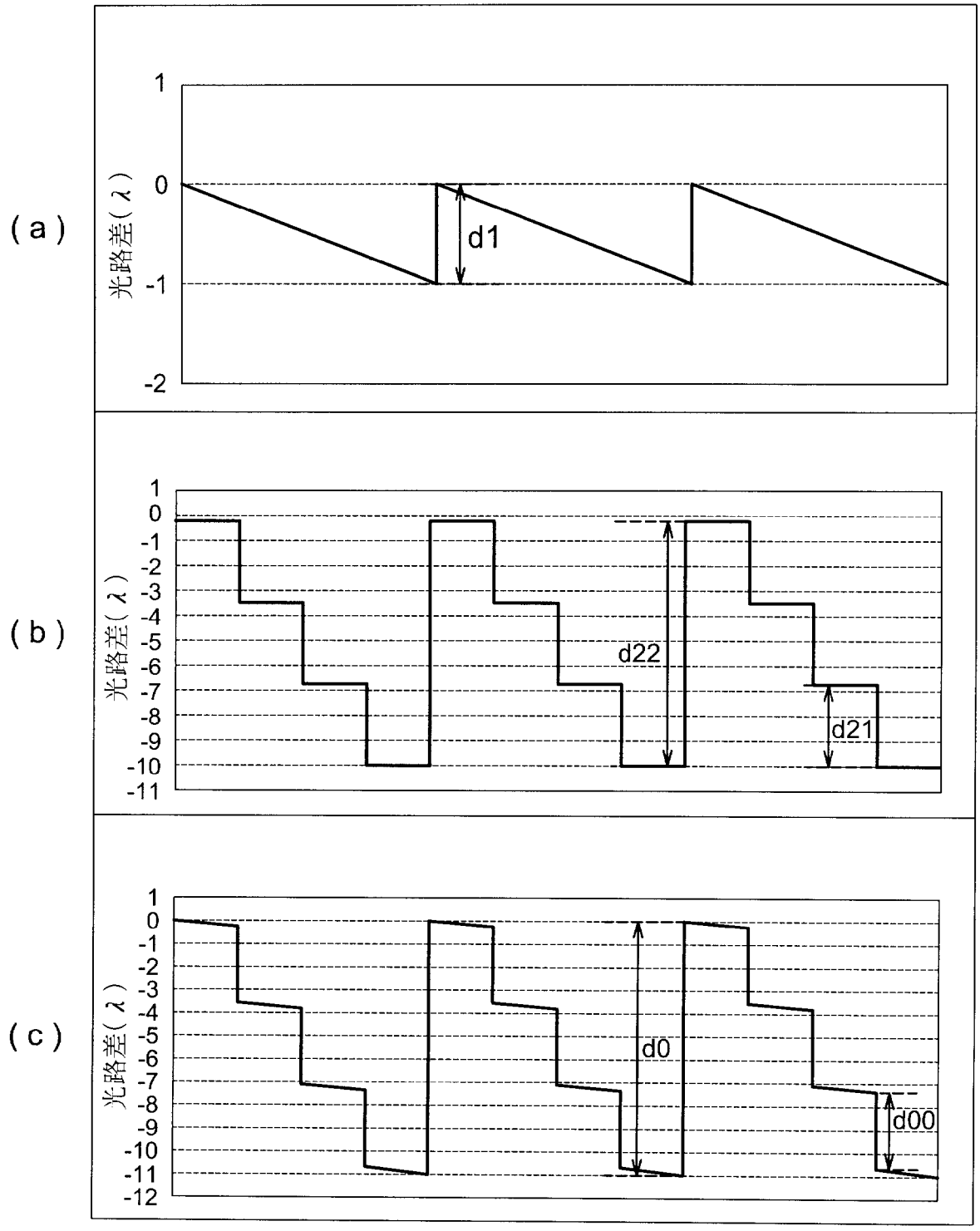
[図20]


(a)
光路差(λ)
1
0
-1
-2
d1
(b)
光路差(λ)
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
-6
-7
d22
d21
(c)
光路差(λ)
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
-6
-7
-8
d0
d00

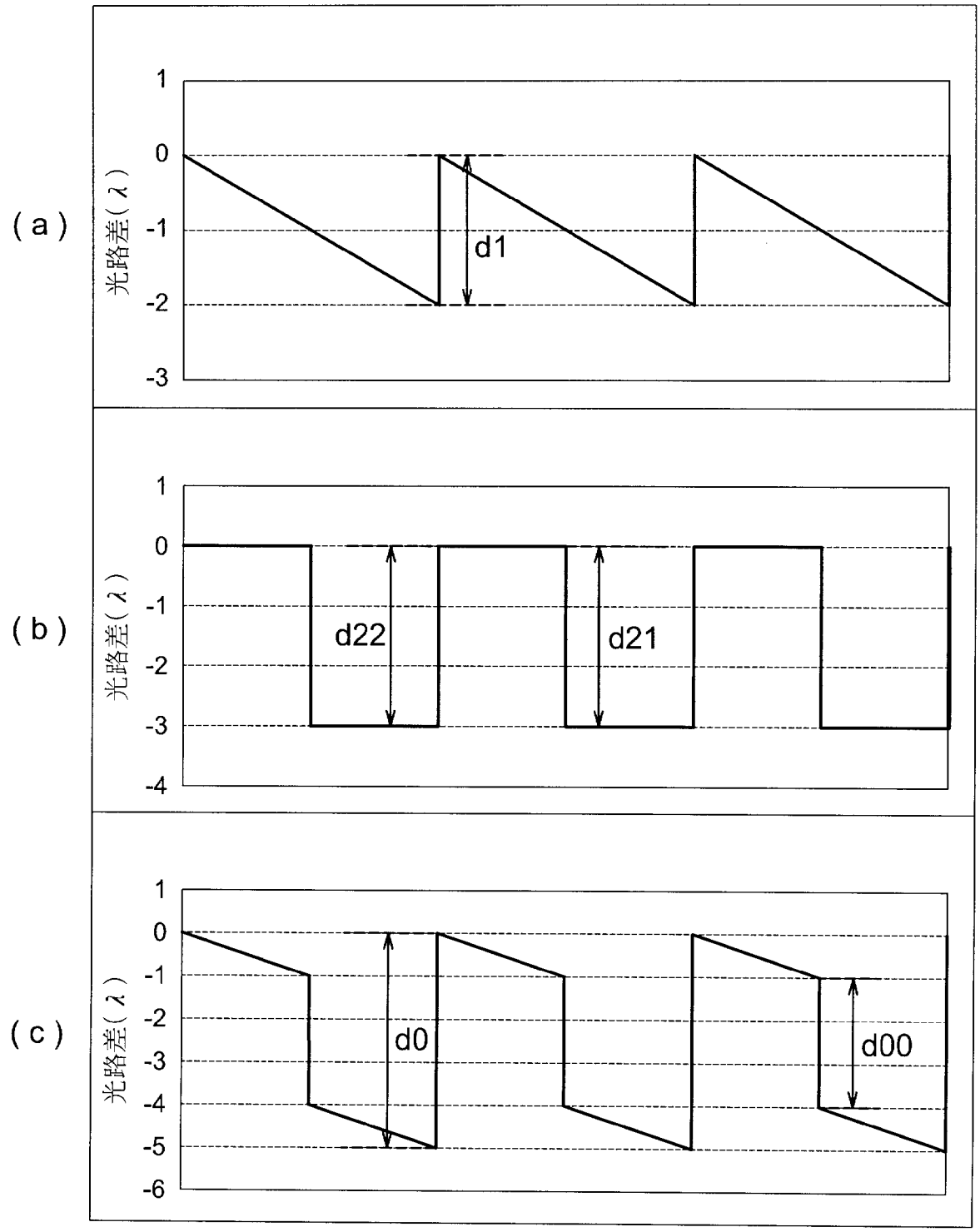
[図21]


(a)
光路差(λ)
1
0
-1
-2
d1
(b)
光路差(λ)
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
-1
d22
d21
(c)
光路差(λ)
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
-1
d0
d00

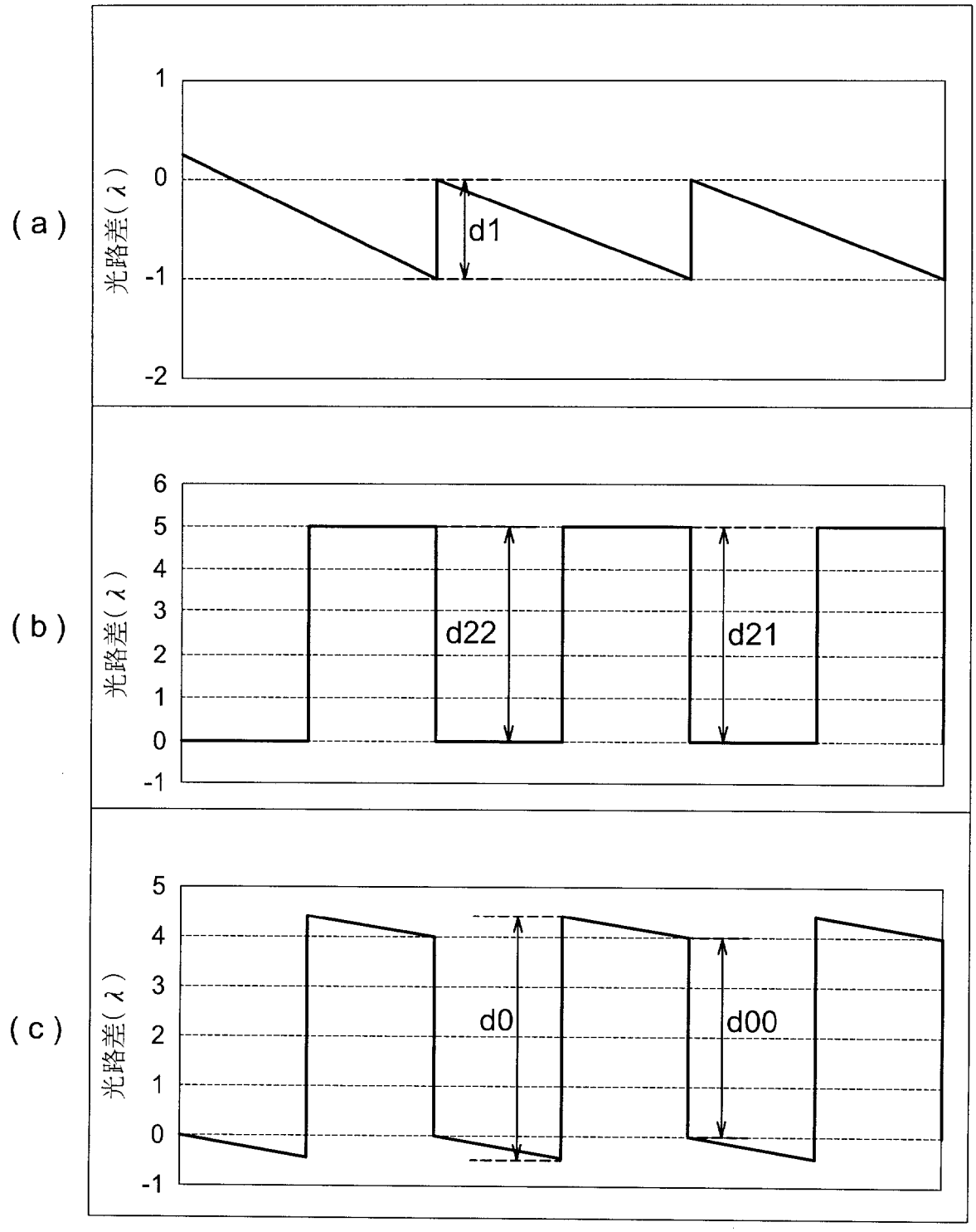
[図22]


(a)
光路差(λ)
1
0
-1
-2
d1
(b)
光路差(λ)
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
-6
-7
-8
-9
-10
-11
d22
d21
(c)
光路差(λ)
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
-6
-7
-8
-9
-10
-11
-12
d0
d00

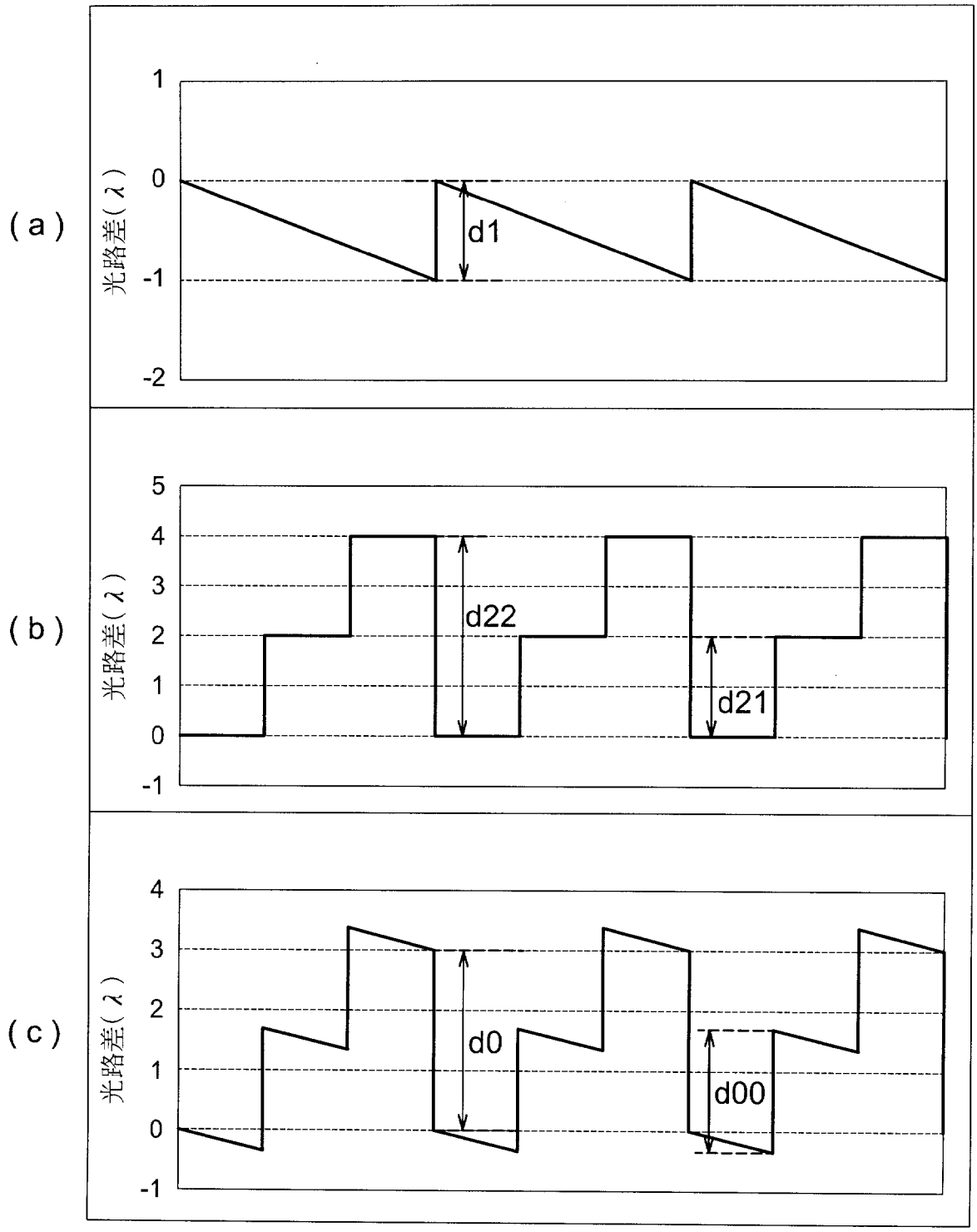
[図23]



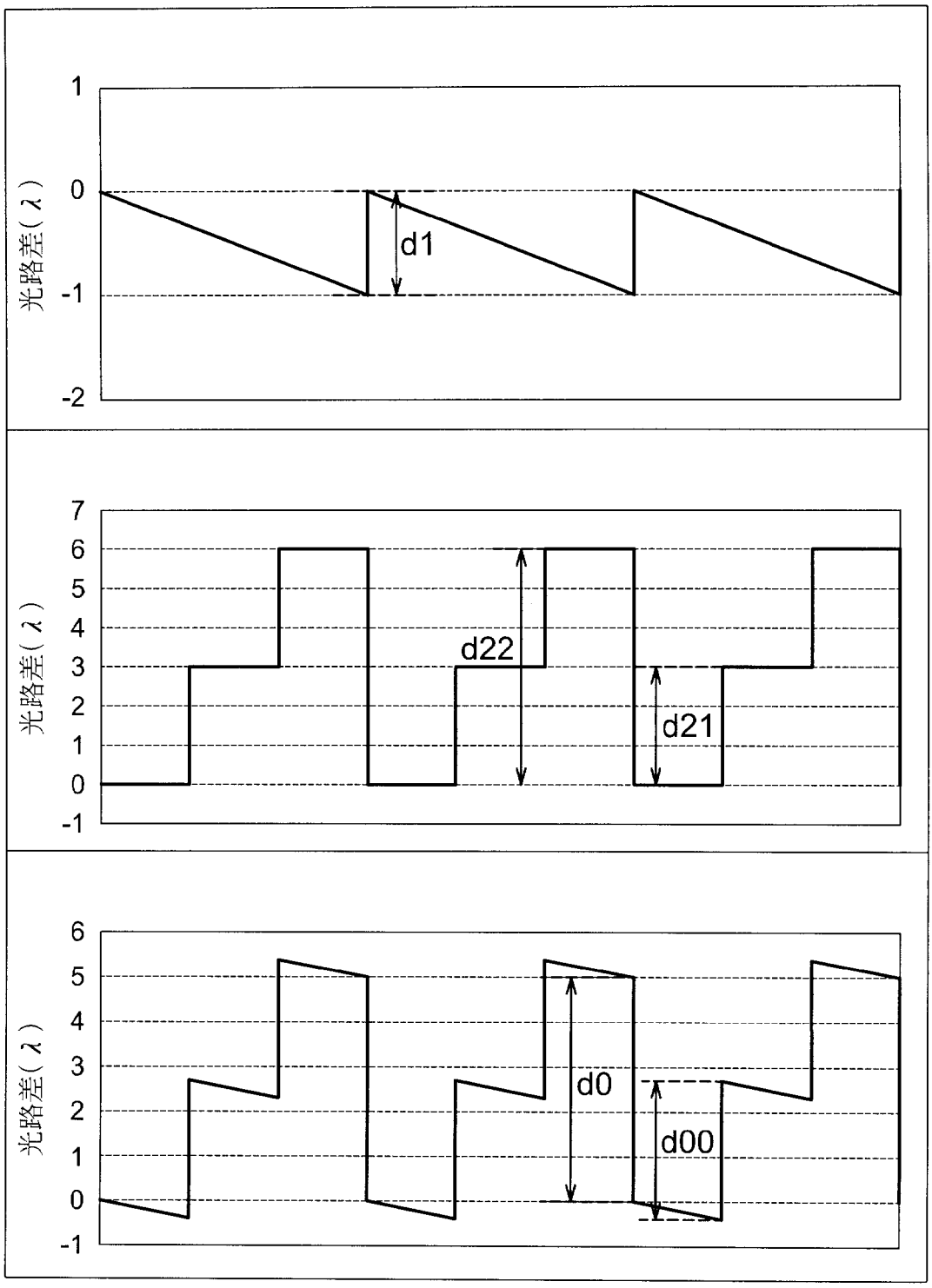
[図24]



[図25]



[図26]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/057502

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G11B7/135(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G11B7/12-7/22

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 1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2009 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2009

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2004-247025 A (Konica Minolta Holdings, Inc.), 02 September, 2004 (02.09.04), Par. Nos. [0153] to [0165]; Figs. 11 to 12 & US 2004/0047269 A1 & US 2006/0256673 A1 & US 2006/0256674 A1	1-23
A	WO 2007/145202 A1 (Konica Minolta Opto, Inc.), 21 December, 2007 (21.12.07), Par. No. [0018]; Fig. 1 (Family: none)	1-23

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
01 May, 2009 (01.05.09)	19 May, 2009 (19.05.09)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００９／０５７５０２

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G11B7/135(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G11B7/12-7/22

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２００９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００９年

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

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 2004-247025 A (コニカミノルタホールディングス株式会社) 2004.09.02, 段落【0153】-【0165】、図 11-12 & US 2004/0047269 A1 & US 2006/0256673 A1 & US 2006/0256674 A1	1-23
A	WO 2007/145202 A1 (コニカミノルタオプト株式会社) 2007.12.21, 段落[0018]、図１（ファミリーなし）	1-23

☐　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー

「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 ０１．０５．２００９	国際調査報告の発送日 １９．０５．２００９
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　５Ｄ　９８４７ 鈴木　肇 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５５１