

(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  
2010年2月11日(11.02.2010)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2010/016226 A1

- (51) 国際特許分類:  
G11B 7/095 (2006.01) G11B 7/135 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/003687
- (22) 国際出願日: 2009年8月3日(03.08.2009)
- (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 2008-204001 2008年8月7日(07.08.2008) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): パナソニック株式会社(PANASONIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 山崎文朝(YAMASAKI, Fumitomo). 森栄信(MORI, Eishin).
- (74) 代理人: 小谷悦司, 外(KOTANI, Etsuji et al.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島2丁目2番2号大阪中之島ビル2階 Osaka (JP).

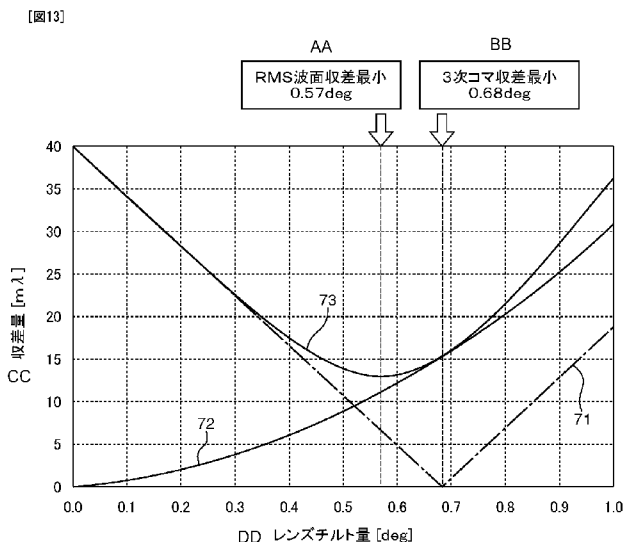
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, 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, SM, 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: OPTICAL DISC DEVICE, OPTICAL HEAD AND INFORMATION PROCESSING DEVICE

(54) 発明の名称: 光ディスク装置、光学ヘッド及び情報処理装置



AA MINIMUM RMS WAVEFRONT ABERRATION 0.57deg  
 BB MINIMUM TERTIRTY COMA ABERRATION 0.68deg  
 CC ABERRATION AMOUNT [mλ]  
 DD LENS TILT AMOUNT [deg]

(57) Abstract: Provided are an optical disc device, an optical head and an information processing device that can properly record and reproduce information for an information recording medium with three or more information recording surfaces that have different optical transmitting layer thicknesses, respectively. When laser light is converged on the information recording surface with the thickest optical transmission layer, an objective lens actuator (9) tilts an objective lens (8), so that a tilt angle ( $\alpha_0$ ) of the objective lens (8) satisfies the following equation:  $\alpha_0 = \theta \times k_0 \times \text{CMD}_0 / \text{CML}_0$ , provided that  $0.5 < k_0 < 0.9$  where  $\text{CMD}_0$  (mλ/deg) is the tertiary coma aberration amount generated when a multi-layer optical disc (60) is tilted by a unit angle,  $\text{CML}_0$  (mλ/deg) is the tertiary coma aberration amount generated when the objective lens are tilted by a unit angle,  $\theta$  is a tilt angle of the multi-layer disc (60),  $k_0$  is a coefficient and  $\alpha_0$  is the tilt angle of the objective lens (8) driven by the objective lens actuator (9).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2010/016226 A1



---

光透過層の厚さがそれぞれ異なる3つ以上の情報記録面を有する情報記録媒体に対し、良好に情報を記録又は再生することができる光ディスク装置、光学ヘッド及び情報処理装置を提供する。光透過層の厚さが最も大きい情報記録面にレーザ光を収束させる際に、多層光ディスク(60)が単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量をCMD0(mλ/deg)とし、対物レンズ(8)が単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量をCML0(mλ/deg)とし、多層光ディスク(60)の傾斜角をθとし、係数をk0とし、対物レンズアクチュエータ(9)による対物レンズ(8)の傾斜角をα0としたとき、対物レンズアクチュエータ(9)は、対物レンズ(8)の傾斜角α0が下記の式を満たすように対物レンズ(8)を傾斜させる。
$$\alpha_0 = \theta \times k_0 \times \text{CMD}_0 / \text{CML}_0$$
ただし、 $0.5 < k_0 < 0.9$

## 明 細 書

**発明の名称**：光ディスク装置、光学ヘッド及び情報処理装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、光透過層の厚さが異なる3つ以上の情報記録面を備えた光ディスク等の情報記録媒体に対して、情報を記録又は再生する光学ヘッド、当該光学ヘッドを具備した光ディスク装置、及び当該光ディスク装置を具備した情報処理装置に関するものである。

### 背景技術

[0002] 青紫半導体レーザの実用化に伴い、CD (Compact Disc) 及びDVD (Digital Versatile Disc) と同じ大きさで、高密度かつ大容量の光情報記録媒体 (以下、光ディスクとも言う) であるBlu-ray Disc (以下、BDとする) が実用化されている。このBDは、波長400nm程度の青紫光を出射する青紫レーザ光源と、開口数 (Numerical Aperture、NA) が約0.85である対物レンズとを用いて情報が記録又は再生される、光透過層の厚さが約0.1mmの光ディスクである。

[0003] 近年、青紫半導体レーザを用いたBD等の高密度光ディスクにおいて、さらなる大容量化を図るため、情報記録面を多層構造にすることが考えられている。情報記録面を多層化した場合、複数の情報記録面に対して情報を記録又は再生することになる。この場合、情報記録面ごとに光透過層の厚さが異なるため、対物レンズの最適光透過層厚 (3次球面収差が最小となる光透過層の厚さ) からずれた情報記録面では、最適光透過層厚から情報記録面までの距離に応じて3次球面収差が発生する。

[0004] 例えば、半導体レーザが出射する光の波長が400nmであり、対物レンズのNAが0.85であり、最適光透過層厚からの光透過層の厚さずれが10 $\mu$ mである場合、約100m $\lambda$ の3次球面収差が発生する。そのため、このような光ディスク用の光学ヘッドは、一般的に3次球面収差を補正するた

めの手段を備えている。

[0005] 例えば、特許文献 1 には、コリメートレンズをコリメートレンズ用アクチュエータに搭載し、光透過層の厚さずれに起因する 3 次球面収差を打ち消すように、光源と対物レンズの間に配置されたコリメートレンズを移動し、対物レンズに入射するレーザ光の発散角又は収束角を変化させる光ディスク装置が開示されている。

[0006] 一方、短波長のレーザ光と高 NA の対物レンズとを用いた高密度光ディスク用の光学ヘッドの多くは、光ディスクの傾き（以下、ディスクチルトとも言う）によって発生する 3 次コマ収差を補正するための手段を備えている。このような光学ヘッドでは、例えば、対物レンズアクチュエータに搭載された対物レンズを傾ける方式や、液晶素子を用いる方式が実用化されている。

[0007] ここで、情報記録面を多層構造とし、光ディスクの光透過層の厚さに応じて球面収差を補正する場合、ディスクチルトによって発生する 3 次コマ収差量と、対物レンズの傾き（以下、レンズチルトとも言う）によって発生する 3 次コマ収差量とが、光ディスクの光透過層の厚さに応じてそれぞれ変化することが知られている。

[0008] 例えば、特許文献 2 には、ディスクチルトによって発生する 3 次コマ収差量と、レンズチルトによって発生する 3 次コマ収差量との比率に応じて、コマ収差補正手段的駆動信号の大きさを異ならせる光ディスク装置が開示されている。特許文献 2 に示された従来の光ディスク装置について、図 17 を用いて説明する。

[0009] 図 17 は、従来の光学ヘッドの概略構成を示す図である。図 17 において、光学ヘッド 150 は、光源 101、回折格子 102、偏光ビームスプリッタ 103、フロントモニタセンサ 104、コリメートレンズ 105、ビームエキスパンダ 106、 $1/4$  波長板 107、ミラー 108、対物レンズアクチュエータ 109、対物レンズ 110、検出レンズ 112 及び受光素子 113 を備える。なお、光ディスク 111 は、光入射側の反対側に形成された第 1 層 111 a と、光入射側に形成された第 2 層 111 b とを備える。

- [0010] 光源 101 から出射されたレーザ光は、回折格子 102 で 3 ビームに分割され、偏光ビームスプリッタ 103 を透過して、コリメートレンズ 105 に入射する。偏光ビームスプリッタ 103 に入射したレーザ光の一部は反射してフロントモニタセンサ 104 に入射し、フロントモニタセンサ 104 の出力に基づいて光源 101 の出力が制御される。
- [0011] コリメートレンズ 105 に入射したレーザ光は、略平行光に変換され、ビームエキスパンダ 106 に入射する。ビームエキスパンダ 106 を構成する凸レンズは、アクチュエータ（図示せず）に搭載されて光軸方向に移動可能となっており、対物レンズ 110 に入射するレーザ光の発散角又は収束角を変えることができる。
- [0012] ビームエキスパンダ 106 を透過したレーザ光は、1/4 波長板 107 を透過する際に円偏光状態となり、ミラー 108 で反射して対物レンズ 110 に入射する。対物レンズ 110 によって収束されて光ディスク 111 の情報記録面に入射したレーザ光は光ディスク 111 の情報記録面で反射され、対物レンズ 110 を透過した後、ミラー 108 で反射される。ミラー 108 を反射したレーザ光は、1/4 波長板 107 に入射し、往路の偏光方向に対して 90 度回転された直線偏光状態となり、ビームエキスパンダ 106 を透過する。ビームエキスパンダ 106 を透過したレーザ光は、コリメートレンズ 105 によって収束光とされた後、偏光ビームスプリッタ 103 によって反射される。偏光ビームスプリッタ 103 によって反射されたレーザ光は、検出レンズ 112 を介して受光素子 113 に入射し、RF 信号とサーボ信号（フォーカス誤差信号及びトラッキング誤差信号）が検出される。
- [0013] 光ディスク 111 において、第 1 層 111 a と第 2 層 111 b との光透過層の厚さに応じて発生する球面収差は、ビームエキスパンダ 106 により、対物レンズ 110 に入射するレーザ光を発散光あるいは収束光とすることで、逆極性の球面収差を発生させて補正できる。
- [0014] 対物レンズアクチュエータ 109 は、フォーカス誤差信号とトラッキング誤差信号とによって、回転する光ディスク 111 の情報トラックに光スポット

トが追従するよう対物レンズ110を駆動する。また、対物レンズアクチュエータ109は、光ディスク111の半径方向に対物レンズ110を傾けることが可能となっている。

- [0015] ここで、光ディスク111の第1層111aと第2層111bとに対し、光透過層の厚さに応じて3次球面収差を補正すると、ディスクチルトによって発生する3次コマ収差量と、レンズチルトによって発生する3次コマ収差量とがそれぞれ異なる。そのため、特許文献2に示した従来の光学ヘッド150では、第2層111bにおけるレンズチルト量を、第1層111aにおけるレンズチルト量より小さい所定量とすることで、レンズチルト量を最適化し、3次球面収差補正時において、安定した記録及び再生が可能になるとしている。
- [0016] 情報記録面を多層化した場合、情報記録面ごとに光透過層の厚さが異なるため、対物レンズに入射するレーザ光を発散光又は収束光として、3次球面収差を補正する。
- [0017] ここで、対物レンズが傾いた時に発生する3次コマ収差量は情報記録面ごとに異なる。光透過層の厚さが小さいほど、対物レンズが所定角度傾いた時に発生するコマ収差量は大きくなり、光透過層の厚さが大きいほど、対物レンズが所定角度傾いた時に発生するコマ収差量は小さくなる。
- [0018] 一方、光ディスクが傾いた時に発生するコマ収差量は、光透過層の厚さに比例して大きくなる。光透過層の厚さが小さいほど、光ディスクが所定角度傾いた時に発生するコマ収差量は小さくなり、光透過層の厚さが大きいほど、光ディスクが所定角度傾いた時に発生するコマ収差量は大きくなる。
- [0019] 従って、光透過層の厚さが小さい時は、ディスクチルト時に発生するコマ収差を補正するための対物レンズの傾き角（レンズチルト角）は小さくて済むが、光透過層の厚さが大きくなるにつれて、ディスクチルト時に発生するコマ収差を補正するための対物レンズの傾き角（レンズチルト角）は急激に大きくなる。ここで、対物レンズを傾けるとコマ収差だけでなく非点収差が発生するが、3次非点収差はレンズチルト角が大きくなると急激に増加し、

その影響が無視できなくなってくる。

[0020] 一方、光透過層の厚さが小さくなるにつれて、レンズチルトによって発生する3次コマ収差は急激に大きくなる。そのため、例えば3次コマ収差補正時のレンズチルト制御誤差や、対物レンズアクチュエータの共振等によって、対物レンズが想定以上に傾いた場合に、残存する3次コマ収差は無視できなくなる。

[0021] BDでは、光透過層の厚さが100 $\mu$ mの単一の情報記録面を備えた単層ディスクと、光透過層の厚さが100 $\mu$ mと75 $\mu$ mとの2つの情報記録面を備えた2層ディスクとが実用化されている。ここで、複数の情報記録面を備えた光ディスクにおいては、隣接する情報記録面から反射した反射光による影響、例えば、情報信号のクロストークや、隣接する情報記録面で反射した迷光によるサーボ信号のオフセット等を抑制するため、情報記録面同士の間隔を所定量確保しなければならない。従って、3層以上の多層光ディスクにおいては、従来の2層のBDよりも、光透過層の厚さが最も大きい情報記録面と光透過層の厚さが最も小さい情報記録面との間隔を大きくせざるを得ない。

[0022] このような3層以上の多層光ディスクに対して情報を記録又は再生する光学ヘッドでは、従来の光ディスクに対して情報を記録又は再生する光学ヘッドよりも上述の課題が顕著となることが明らかである。しかしながら、従来の光学ヘッド及び光ディスク装置において、このような課題について言及したものはない。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0023] 特許文献1：特開平11-259906号公報

特許文献2：特開2007-133967号公報

## 発明の概要

[0024] 本発明は、上記の問題を解決するためになされたもので、光透過層の厚さがそれぞれ異なる3つ以上の情報記録面を有する情報記録媒体に対し、良好

に情報を記録又は再生することができる光ディスク装置、光学ヘッド及び情報処理装置を提供することを目的としている。

[0025] 本発明の一局面に係る光ディスク装置は、光透過層の厚さがそれぞれ異なる3つ以上の情報記録面を有する情報記録媒体に対して、情報を記録又は再生する光ディスク装置であって、レーザ光を出射する光源と、前記光源から出射された前記レーザ光を、前記情報記録媒体の所定の情報記録面に収束させる対物レンズと、前記情報記録媒体の光透過層の厚さに応じて発生する球面収差を補正する球面収差補正部と、前記対物レンズを前記情報記録媒体の半径方向に傾斜させるレンズ傾斜部と、前記情報記録媒体の半径方向の傾きを検出する傾き検出部とを備え、光透過層の厚さが最も大きい情報記録面L0にレーザ光を収束させる際に、前記情報記録媒体が単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量をCMD0 (mλ / deg) とし、前記対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量をCML0 (mλ / deg) とし、前記傾き検出部によって検出された前記情報記録媒体の傾斜角をθとし、係数をk0とし、前記対物レンズ傾斜部による前記対物レンズの傾斜角をα0としたとき、前記レンズ傾斜部は、前記対物レンズの傾斜角α0が(1)式を満たすように前記対物レンズを傾斜させる。

[0026]  $\alpha 0 = \theta \times k 0 \times \text{CMD} 0 / \text{CML} 0$  ただし  $0.5 < k 0 < 0.9 \dots$   
 (1)

[0027] この構成によれば、情報記録媒体は、光透過層の厚さがそれぞれ異なる3つ以上の情報記録面を有する。光源は、レーザ光を出射し、対物レンズは、光源から出射されたレーザ光を、情報記録媒体の所定の情報記録面に収束させる。球面収差補正部は、情報記録媒体の光透過層の厚さに応じて発生する球面収差を補正し、レンズ傾斜部は、対物レンズを情報記録媒体の半径方向に傾斜させ、傾き検出部は、情報記録媒体の半径方向の傾きを検出する。そして、レンズ傾斜部は、対物レンズの傾斜角α0が(1)式を満たすように対物レンズを傾斜させる。

[0028] 本発明によれば、光透過層の厚さが最も大きい情報記録面L0にレーザ光



を収束させる際に、トータル波面収差が最適となるように対物レンズが傾斜されるので、光透過層の厚さがそれぞれ異なる3つ以上の情報記録面を有する情報記録媒体に対し、良好に情報を記録又は再生することができる。

[0029] 本発明の目的、特徴及び利点は、以下の詳細な説明と添付図面とによって、より明白となる。

### 図面の簡単な説明

[0030] [図1]本発明の実施の形態1における光学ヘッドの概略構成を示す図である。

[図2]本発明の実施の形態1における多層光ディスクの概略構成を示す図である。

[図3]本発明の実施の形態1における検出ホログラムの光束分割パターンの例を模式的に示す図である。

[図4]本発明の実施の形態1における対物レンズアクチュエータの構成を模式的に示す図である。

[図5]本発明の実施の形態1におけるコリメートレンズアクチュエータの概略構成を示す模式図である。

[図6] (A)は、コリメートレンズが基準位置にある場合の出射光を示す図であり、(B)は、コリメートレンズが光源側に移動した場合の出射光を示す図であり、(C)は、コリメートレンズが対物レンズ側に移動した場合の出射光を示す図である。

[図7]3種類の対物レンズについて、レンズチルト1.0degで発生する3次コマ収差量と光透過層の厚さとの関係を示す図である。

[図8]多層光ディスクが1.0deg傾いた時に発生する3次コマ収差量と、光透過層の厚さとの関係を示す図である。

[図9]レンズチルト時に発生する3次非点収差量と、レンズチルト角との関係を示す図である。

[図10]3種類の対物レンズについて、RMS波面収差の最悪値と光透過層の厚さとの関係を示す図である。

[図11]本発明の実施の形態1における光ディスク装置の概略構成を示す図で

ある。

[図12]本発明の実施の形態1におけるディスクチルトの検出方法を説明するための図である。

[図13]本発明の実施の形態1において、レンズチルトと、レンズチルトによって発生する3次コマ収差、3次非点収差量及びRMS波面収差との関係を示す図である。

[図14]本発明の実施の形態2におけるコンピュータの概略構成を示す図である。

[図15]本発明の実施の形態3における光ディスクプレーヤの概略構成を示す図である。

[図16]本発明の実施の形態4における光ディスクレコーダの概略構成を示す図である。

[図17]従来の光学ヘッドの概略構成を示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0031] 以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。尚、以下の実施の形態は、本発明を具体化した一例であって、本発明の技術的範囲を限定する性格のものではない。

[0032] (実施の形態1)

図1は、本発明の実施の形態1における光学ヘッドの概略構成を示す図である。図2は、本発明の実施の形態1における多層光ディスクの概略構成を示す図である。

[0033] 図1において、光学ヘッド30は、青紫レーザ光を出射する青紫レーザ光源1、リレーレンズ2、偏光ビームスプリッタ3、コリメートレンズ4、ミラー5、1/4波長板6、回折レンズ7、対物レンズ8、対物レンズアクチュエータ9、コリメートレンズアクチュエータ14、検出ホログラム21、検出レンズ22、受光素子23及びフロントモニタセンサ24を備える。

[0034] また、多層光ディスク60は、図2に示すように、4つの情報記録面L0～L3を有している。情報記録面L0の光透過層の厚さd3は、例えば10

0  $\mu\text{m}$ であり、情報記録面 L 1 の光透過層の厚さ d 2 は、例えば 83  $\mu\text{m}$ であり、情報記録面 L 2 の光透過層の厚さ d 1 は、例えば 69  $\mu\text{m}$ であり、情報記録面 L 3 の光透過層の厚さ d 0 は、例えば 55  $\mu\text{m}$ である。

[0035] なお、本明細書において、光透過層とは、情報記録面から光入射面 6 1 までの間の層を表している。そのため、情報記録面の光透過層の厚さとは、情報記録面から光入射面 6 1 までの距離を表している。

[0036] 次に、多層光ディスク 6 0 に情報を記録又は再生する光学ヘッド 3 0 の動作について述べる。青紫レーザ光源 1 から出射された波長約 405 nm の青紫レーザ光は、リレーレンズ 2 によって NA の異なる発散光に変換され、偏光ビームスプリッタ 3 に S 偏光で入射する。偏光ビームスプリッタ 3 で反射されたレーザ光は、コリメートレンズ 4 で略平行光に変換され、ミラー 5 によって 1/4 波長板 6 の方向に反射されて折り曲げられる。ミラー 5 に入射したレーザ光の一部は、ミラー 5 を透過してフロントモニタセンサ 2 4 に入射する。そして、フロントモニタセンサ 2 4 の出力に基づいて青紫レーザ光源 1 の出力が制御される。

[0037] 一方、ミラー 5 で反射したレーザ光は、1/4 波長板 6 で円偏光に変換された後、回折レンズ 7 を透過する。回折レンズ 7 を透過したレーザ光は、対物レンズ 8 によって、多層光ディスク 6 0 の情報記録面 L 0 ~ L 3 の何れかに光スポットとして収束される。

[0038] 多層光ディスク 6 0 の所定の情報記録面で反射した青紫レーザ光は、再び対物レンズ 8 及び回折レンズ 7 を透過し、1/4 波長板 6 で往路とは異なる直線偏光に変換された後、ミラー 5 で反射される。ミラー 5 で反射されたレーザ光は、コリメートレンズ 4 を透過した後、偏光ビームスプリッタ 3 に P 偏光で入射する。偏光ビームスプリッタ 3 を透過したレーザ光は、検出ホログラム 2 1 及び検出レンズ 2 2 を介して、受光素子 2 3 に導かれる。受光素子 2 3 で検出されたレーザ光は、光電変換される。光電変換により生成された信号は、後述する制御部で演算され、多層光ディスク 6 0 の面ぶれに追従するためのフォーカス誤差信号と、多層光ディスク 6 0 の偏心に追従するた

めのトラッキング誤差信号とが生成される。

[0039] 次に、本実施の形態の光学ヘッドにおけるフォーカス誤差信号の検出及びトラッキング誤差信号の検出について説明する。

[0040] 多層光ディスク60に情報を記録又は再生するためのフォーカス誤差信号は、検出レンズ22によって非点収差を与えられた集光スポットを受光素子23内の4分割受光パターンで検出する、いわゆる非点収差法等を用いて生成される。

[0041] 一方、トラッキング誤差信号は、検出ホログラム21を透過する際に生成された0次光と±1次回折光とを、受光素子23の所定の受光領域で検出することにより、生成される。これにより、多層光ディスク60に形成される情報トラック溝の位置、幅及び深さにばらつきがある場合に生じるトラッキング誤差信号の変動と、情報トラックに情報が記録され、反射率が変わることで生じるトラッキング誤差信号の変動とを抑制することが可能である。また、記録又は再生の対象となる情報記録面とは異なる情報記録面で反射された不要な光（迷光）が、トラッキング誤差信号を検出する受光領域に入射することを避けることもできる。

[0042] 図3は、本発明の実施の形態1における検出ホログラム21の光束分割パターンの例を模式的に示す図である。図3中の波線は多層光ディスク60の情報記録面で反射されたレーザ光の、検出ホログラム21上での光束径を示している。検出ホログラム21は、7種類の領域21a～21gを有しており、それぞれの領域に入射したレーザ光を0次回折光と±1次回折光に分割する。トラッキング誤差信号TEは、それぞれの領域21a～21gで回折された+1次回折光の、受光素子23での受光量に応じた電流信号Ia～Igを用いて、下記の式(2)の演算により得られる。

[0043] 
$$TE = (I_a - I_b) - k(I_c + I_d - I_e - I_f) \dots (2)$$

[0044] なお、フォーカス誤差信号及びトラッキング誤差信号の検出は、これらの検出方法に限定されるものではなく、例えば、トラッキング誤差信号の検出は、回折格子によって生成されたメインビームとサブビームとを用いた差動

プッシュプル法（DPP法）等を用いることも可能である。

[0045] 次に、本実施の形態における対物レンズアクチュエータについて説明する。図4は、本発明の実施の形態1における対物レンズアクチュエータの構成を模式的に示す図である。

[0046] 対物レンズアクチュエータ9は、フォーカス誤差信号とトラッキング誤差信号とによって、回転する多層光ディスク60の情報トラックに光スポットが追従するよう、対物レンズ8を2軸方向に駆動する。

[0047] 図4に示すように、複数のサスペンションワイヤ9aによって、対物レンズ8を保持する対物レンズホルダ9b（可動部）が支持されている。対物レンズアクチュエータ9は、回転する多層光ディスク60の情報トラックに光スポットが追従するよう、フォーカス誤差信号とトラッキング誤差信号とを用いて、フォーカス方向FD及びトラッキング方向TDに対物レンズ8を駆動する。

[0048] また、対物レンズアクチュエータ9は、フォーカス方向FD及びトラッキング方向TDの変位に加えて、多層光ディスク60の半径方向RDに対物レンズ8を傾けることも可能である。

[0049] 次に、本実施の形態1におけるコリメートレンズアクチュエータについて説明する。コリメートレンズ4は、コリメートレンズアクチュエータ14によって、コリメートレンズ4の光軸方向に移動可能となっている。

[0050] 図5は、本発明の実施の形態1におけるコリメートレンズアクチュエータ14の概略構成を示す模式図である。図5において、コリメートレンズアクチュエータ14は、ステッピングモータ32、スクリーシャフト33、主軸34、副軸35及びレンズホルダ36を備える。ステッピングモータ32を駆動してスクリーシャフト33を回転させることにより、コリメートレンズ4を保持するレンズホルダ36は、主軸34及び副軸35に沿ってコリメートレンズ4の光軸方向に移動する。

[0051] 図6（A）は、コリメートレンズが基準位置にある場合の出射光を示す図であり、図6（B）は、コリメートレンズが光源側に移動した場合の出射光

を示す図であり、図6(C)は、コリメートレンズが対物レンズ側に移動した場合の出射光を示す図である。

[0052] 図6(A)に示すように、コリメートレンズ4が基準位置にある場合、コリメートレンズ4の出射光は略平行光となる。これに対して、図6(B)に示すように、コリメートレンズ4を基準位置から光源側に移動させることによって、コリメートレンズ4の出射光は発散光となり、多層光ディスク60の光透過層が厚くなった場合に発生する3次球面収差を補正することができる。

[0053] 一方、図6(C)に示すように、コリメートレンズ4を基準位置から対物レンズ側に移動させることによって、コリメートレンズ4の出射光は収束光となり、多層光ディスク60の光透過層が薄くなった場合に発生する球面収差を補正することができる。すなわち、複数の情報記録面を備えた多層光ディスク60において、各情報記録面の光透過層の厚さに応じてコリメートレンズ4を移動させることにより3次球面収差を補正することができる。

[0054] なお、コリメートレンズ4を光軸方向に移動させるコリメートレンズアクチュエータ14の構成は、図5のようなステッピングモータ32を用いた構成に限定されるものではなく、例えば、磁気回路又は圧電素子の駆動によるアクチュエータ等のいかなる構成であっても良い。図5に示したステッピングモータ32を用いた構成では、コリメートレンズ4の光軸方向の位置をモニタする必要がなくシステムを簡素化することができる。一方、磁気回路又は圧電素子の駆動によるアクチュエータは駆動部分が小さいため、光学ヘッドの小型化に適している。

[0055] 次に、本実施の形態1における対物レンズについて説明する。

[0056] 本実施の形態1の光学ヘッド30において、光透過層の厚さに応じて球面収差を補正することにより、対物レンズ8が所定角度傾いた時に発生する3次コマ収差量は変化し、光透過層の厚さが大きくなるにつれて発生する3次コマ収差量は小さくなる。

[0057] 一方、光ディスクが所定角度傾いた時に発生するコマ収差量は、光透過層

の厚さに比例して大きくなる。

- [0058] 図7は、3種類の対物レンズについて、対物レンズが1.0deg傾いた時に発生する3次コマ収差量と、光透過層の厚さとの関係を示す図である。3種類の対物レンズS1～S3は、光透過層の厚さが80μmにおいて、対物レンズが1.0deg傾いた時に発生する3次コマ収差量をそれぞれ変えて設計した。図7において、横軸は光透過層の厚さを示し、縦軸は対物レンズが1.0deg傾いた時（レンズチルト1.0deg時）に発生する3次コマ収差量を示している。
- [0059] 対物レンズS1～S3の他の設計条件は以下の通りである。すなわち、設計波長は405nmであり、設計光透過層厚は80μmであり、焦点距離は1.3mmであり、開口数は0.855であり、作動距離は0.3mmであり、硝材はVC79である。
- [0060] また、光透過層の厚さが80μmであり、レンズチルトが1.0degであり、対物レンズS1を用いた場合に発生する3次コマ収差量は、113mλに設計されている。同様の条件で、対物レンズS2を用いた場合に発生する3次コマ収差量は、84mλに設計されており、対物レンズS3を用いた場合に発生する3次コマ収差量は、61mλに設計されている。
- [0061] 図7より、レンズチルトによって発生する3次コマ収差は、光透過層の厚さが大きいほど小さくなり、光透過層の厚さに対して線形に変化することが分かる。
- [0062] 例えば、対物レンズS1において、レンズチルトが1.0degである場合に発生する3次コマ収差量は、光透過層の厚さが55μmの場合で146mλであり、光透過層の厚さが80μmの場合で113mλであり、光透過層の厚さが100μmの場合で87mλである。
- [0063] また、図7より、対物レンズS1～S3の各グラフの傾きが一定であることから、光透過層の厚さが所定量変化したときの3次コマ収差量の変化は、対物レンズの設計に因らず一定であることが分かる。
- [0064] 図8は、多層光ディスク60が1.0deg傾いた時、すなわちディスク

チルトが  $1.0 \text{ deg}$  である時に発生する 3 次コマ収差量と、光透過層の厚さとの関係を示す図である。図 8 において、横軸は光透過層の厚さを示し、縦軸は多層光ディスク 60 が  $1.0 \text{ deg}$  傾いた時に発生する 3 次コマ収差量を示している。ディスクチルトによって発生する 3 次コマ収差量は、対物レンズの開口数により一意に決まり、光透過層の厚さに比例して大きくなるため、対物レンズ S1 ~ S3 で差は生じない。

[0065] 図 7 及び図 8 より、多層光ディスク 60 が所定角度傾いた時に発生する 3 次コマ収差を補正するために必要なレンズチルト量は、光透過層の厚さが大きくなるにつれて、急激に大きくなることが分かる。例えば、光透過層の厚さが  $100 \mu\text{m}$  の場合、多層光ディスク 60 が  $0.2 \text{ deg}$  傾いたときに発生する 3 次コマ収差を補正するためには、対物レンズ S1 は  $0.26 \text{ deg}$ 、対物レンズ S2 は  $0.38 \text{ deg}$ 、対物レンズ S3 は  $0.65 \text{ deg}$  傾ける必要がある。

[0066] ところで、対物レンズを傾けると、3 次コマ収差だけでなく 3 次非点収差が発生する。レンズチルトによって発生する 3 次非点収差は、焦点距離と作動距離とで決まるレンズの厚さによってほぼ一意に決まり、光透過層の厚さによる差は小さい。図 9 は、上述の設計条件の対物レンズにおいて、レンズチルト時に発生する 3 次非点収差量と、レンズチルト角との関係を示す図である。図 9 において、横軸はレンズチルト角を示し、縦軸は 3 次非点収差量を示している。図 9 より、レンズチルト角が大きくなるにつれて 3 次非点収差は急激に増加する。例えば、レンズチルト角が  $0.5 \text{ deg}$  を超えると、3 次非点収差は  $10 \text{ m}\lambda$  に達し、その影響が無視できなくなることが分かる。

[0067] なお、多層光ディスク 60 が傾いたときに発生する 3 次コマ収差は、光透過層の厚さに比例して大きくなる。従って、例えば、多層光ディスク 60 の傾きが内周側と外周側とで大きく異なる場合や、周囲の温度変化によって多層光ディスク 60 の反りが大きく変化した場合、光透過層の厚さが大きいほど、上述の 3 次コマ収差の補正後に残存するコマ収差量は大きくなる。



- [0068] 一方、光透過層の厚さが小さい時は、多層光ディスク60が所定角度傾いたときに発生する3次コマ収差を補正するための対物レンズの傾き量（レンズチルト量）は小さくてよい。例えば、光透過層の厚さが $55\mu\text{m}$ の場合、多層光ディスク60が $0.2\text{deg}$ 傾いたときに発生する3次コマ収差を補正するためには、対物レンズS1は $0.08\text{deg}$ 、対物レンズS2は $0.10\text{deg}$ 、対物レンズS3は $0.13\text{deg}$ 傾ければよい。
- [0069] しかしながら、3次コマ収差補正時のレンズチルト制御誤差や、対物レンズアクチュエータの共振等によって、対物レンズが想定以上に傾いた場合、残存する3次コマ収差が非常に大きくなる。例えば、所定のレンズチルト角に対して $\pm 0.2\text{deg}$ の制御誤差があると、対物レンズS1では $29\text{m}\lambda$ 、対物レンズS2では $24\text{m}\lambda$ 、対物レンズS3では $19\text{m}\lambda$ の3次コマ収差が発生する。
- [0070] 以上より、光透過層の厚さが最も大きい情報記録面と、光透過層の厚さが最も小さい情報記録面との間隔が大きい3つ以上の情報記録面を備えた多層光ディスク60は、収差を悪化させる要因が、情報記録面ごとに異なる。そのため、収差を悪化させる要因を考慮して、レンズチルト時に発生する3次コマ収差量が適切な値になるよう、対物レンズを設計する必要がある。
- [0071] 図10は、3種類の対物レンズについて、RMS（Root Mean Square：二乗平均平方根）波面収差の最悪値と光透過層の厚さとの関係を示す図である。図10に示すグラフは、図7に示した3種の対物レンズS1～S3について、3次コマ収差補正時に発生する3次非点収差、3次コマ収差補正時の制御誤差等により残存する3次コマ収差、及び多層光ディスクの傾きの変化により残存する3次コマ収差等を考慮し、各対物レンズにおけるトータル波面収差（RMS波面収差）の最悪値を見積もった結果である。
- [0072] 本実施の形態1の対物レンズ8は、図10に示した対物レンズS2と同じ特性となるよう設計されている。従って、情報記録面L0～L3における光透過層の厚さ $55\pm 5\sim 100\pm 5\mu\text{m}$ （光透過層厚の誤差を含む）の範囲

において、RMS波面収差は、マレシャルのクライテリオン (M a r e c h a l c r i t e r i o n) である $0.07\lambda$ 以下に抑えることができる。なお、マレシャルのクライテリオンとは、結像光学系において許容される波面収差の限界点を示しており、結像光学系全体の波面収差がマレシャルのクライテリオン以下であれば、中心強度は無収差の場合の80%以上となり、問題なく光ディスクの記録又は再生が可能とされる。

[0073] 上述のように、レンズチルトによって発生する3次コマ収差量は、光透過層の厚さが大きいほど小さくなり、光透過層の厚さに対して線形に変化する。また、光透過層の厚さが所定量変化したときの3次コマ収差量の変化は、対物レンズの設計に因らず一定である。

[0074] すなわち、光透過層の厚さが最も大きい情報記録面L0にレーザ光を収束させる際に、対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量をCML0 ( $m\lambda / deg$ ) とし、光透過層の厚さが最も小さい情報記録面L3にレーザ光を収束させる際に、対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量をCML3 ( $m\lambda / deg$ ) としたとき、対物レンズの3次コマ収差性能は、 $CML3 / CML0$ によって一意に決定することができる。

[0075] 本実施の形態の対物レンズ8は、 $CML3 / CML0 = 2.02$ となるように設計されているが、本発明は特にこれに限定されない。対物レンズ8は、 $2.5 \geq CML3 / CML0 \geq 1.5$ を満たせばよい。この条件を満たすことによって、光透過層の厚さが $100 \pm 5 \mu m$ の情報記録面L0と、光透過層の厚さが $55 \pm 5 \mu m$ の情報記録面L3とを有する本実施の形態1の多層光ディスク60の各情報記録面に対して、良好に情報を記録又は再生することができる。

[0076] ここで、 $2.5 < CML3 / CML0$ の時には、光透過層の厚さが最も大きい情報記録面L0にレーザ光を収束させる際に、対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量が小さくなりすぎて、3次コマ収差補正時のレンズチルト角が非常に大きくなる。この時、レンズチルトによって発

生する3次非点収差の影響が無視できなくなり、トータル波面収差（RMS波面収差）を十分に低減することができない。

- [0077] 一方、 $1.5 > \text{CML}3 / \text{CML}0$ の時には、光透過層の厚さが最も小さい情報記録面L3にレーザ光を収束させる際に、対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量が非常に大きくなる。この時、例えば対物レンズアクチュエータの共振等によってレンズチルトが発生すると、情報の記録性能又は再生性能を著しく劣化させる場合がある。
- [0078] そのため、対物レンズ8は、 $2.5 \geq \text{CML}3 / \text{CML}0 \geq 1.5$ を満たすことが好ましい。
- [0079] なお、BDの光透過層の厚さが最大 $100 \mu\text{m}$ であることから、3つ以上の情報記録面を備えた多層光ディスクにおいても光透過層の厚さを最大 $100 \mu\text{m}$ とし、他の情報記録面の光透過層の厚さは $100 \mu\text{m}$ よりも小さくすることが好ましい。3つ以上の情報記録面を備えた多層光ディスクをこのような構造とすることで、従来のBDとの互換を容易にすることが可能となる。本実施の形態1の対物レンズ8は、光透過層の厚さが $75 \pm 5 \sim 100 \pm 5 \mu\text{m}$ の範囲においても、RMS波面収差をマレシャルのクライテリオン以下に抑えることができるので、従来のBDに対しても、良好に情報を記録又は再生することができる。
- [0080] ちなみに、対物レンズS1は、特許文献2に記載の従来の光ディスク装置における、光透過層厚 $100 \mu\text{m}$ において正弦条件を満足する対物レンズと同様の設計となっている。図10から明らかなように、対物レンズS1を用いることで、光透過層の厚さが $75 \pm 5 \sim 100 \pm 5 \mu\text{m}$ の範囲において、RMS波面収差をマレシャルのクライテリオン以下に抑えることが可能である。しかしながら、 $\text{CML}3 / \text{CML}0 = 1.38$ であることから、対物レンズS1は、本実施の形態1の多層光ディスク60の記録又は再生には適さないことが分かる。
- [0081] 次に、本実施の形態1の光ディスク装置における3次コマ収差の補正方法について詳細に説明する。

- [0082] 一般的に、光学ヘッドに対物レンズを搭載する際、対物レンズ自身の3次コマ収差、及び対物レンズ以外の光学素子の3次コマ収差が補正されるよう、光学基台（図示せず）上で対物レンズの2軸方向の傾き調整が行われる。
- [0083] 例えば、対物レンズから出射されるレーザ光を、所定の厚さ（一般的には設計光透過層厚）の基準ディスクに透過させて収束される光スポットの波面収差を測定し、3次コマ収差が最小となるように対物レンズの2軸方向の傾きが調整される。あるいは、レーザ光を、基準ディスクに透過させて収束される光スポットの径を測定し、光スポットの径が最小となるように対物レンズの2軸方向の傾きが調整される場合もある。
- [0084] なお、対物レンズ8は、図4に示すように、対物レンズアクチュエータ9の対物レンズホルダ9bに接着固定されている。そのため、対物レンズ8は対物レンズアクチュエータ9と一体で2軸方向の傾きが調整され、2軸方向の傾き調整後に光学基台と対物レンズアクチュエータ9との接着固定を行うのが一般的である。
- [0085] しかしながら、このような対物レンズアクチュエータ9の2軸方向の傾き調整では、波面収差の測定誤差、光スポット径の測定誤差、又は2軸傾き調整後の接着固定のずれ等により、3次コマ収差が残存する場合がある。そこで、本実施の形態1の光ディスク装置においては、対物レンズアクチュエータ9の接着固定後に、対物レンズ8の最適傾き角の学習を行う。
- [0086] 図11は、本発明の実施の形態1における光ディスク装置の概略構成を示す図である。図11に示すように、対物レンズ8の2軸方向の傾き調整後に対物レンズアクチュエータ9が接着固定された光学ヘッド30は、光ディスク装置50に搭載される。光ディスク装置50は、光学ヘッド30と、光ディスクを回転駆動する光ディスク駆動部51と、光ディスク駆動部51及び光学ヘッド30を駆動及び制御する制御部52とを備えている。
- [0087] 制御部52は、光学ヘッド30で受光されたサーボ信号及び情報信号に基づいて制御信号を生成する信号処理部53と、信号処理部53によって生成された制御信号に基づいて、光ディスク駆動部51及び光学ヘッド30を駆

動する駆動部54と、情報信号を光ディスク装置50の外部と内部とでインタフェースさせるインタフェース部55と、情報を記憶するメモリ56と、多層光ディスク60の傾きを検出するディスクチルト検出部57とを備える。

[0088] ここで、対物レンズ8の最適傾き角の学習手順について説明する。対物レンズ8の最適傾き角の学習手順は以下の通りである。

[0089] 光ディスク装置50には、学習用の基準光ディスク65が装填されている。駆動部54は、学習用の基準光ディスク65に対し、半径方向の所定位置に光学ヘッド30を移動させて再生動作を開始する。信号処理部53は、光学ヘッド30から出力されるフォーカス誤差信号とトラッキング誤差信号（サーボ信号）とに基づいて、アクチュエータ制御信号を生成し、駆動部54へ出力する。駆動部54は、アクチュエータ制御信号に基づいて、光学ヘッド30の対物レンズアクチュエータ9を図4におけるフォーカス方向FD及びトラッキング方向TDに駆動する。

[0090] 次に、信号処理部53は、基準光ディスク65の半径方向RDに対物レンズ8を傾けるアクチュエータ制御信号を駆動部54へ出力しながら、所定の再生信号指標が最良となる対物レンズ8の最適傾き角 $\beta$ を求める。具体的には、ジッタが最小値となるよう、情報信号の振幅が最大となるよう、又は、トラッキング誤差信号の振幅が最大となるように、対物レンズ8の最適傾き角 $\beta$ を求めることが好ましい。信号処理部53は、求めた最適傾き角 $\beta$ を、光ディスク装置50内のメモリ56に記憶する。なお、基準光ディスク65が傾いている場合も想定されるので、信号処理部53は、後述するディスクチルト検出部57によって別途測定された基準光ディスク65の傾き（ディスクチルト）に基づいて、最適傾き角 $\beta$ を補正することが好ましい。

[0091] 対物レンズ8の最適傾き角 $\beta$ は、光ディスクの半径方向について、上述の測定誤差、及び2軸方向の傾き調整後の接着固定のずれ等を補正した角度であり、光ディスクの傾き（ディスクチルト）がない場合における対物レンズ8の最適傾き角である。従って、この最適傾き角 $\beta$ が、後述するディスクチ

ルトによって発生する3次コマ収差の補正の基準となる。

- [0092] なお、多層光ディスク60において、対物レンズ8の最適傾き角 $\beta$ は、光透過層の厚さの異なる情報記録面ごとに異なる。従って、最適傾き角 $\beta$ の学習は、全ての情報記録面、例えば本実施の形態1の多層光ディスク60のように情報記録面を4つ備えている場合は、情報記録面L0~L3のそれぞれに対して行うことが好ましい。そして、光ディスク装置50内のメモリ56は、情報記録面L0~L3のそれぞれに対応する対物レンズの最適傾き角 $\beta_0 \sim \beta_3$ を記憶することが好ましい。
- [0093] このように、メモリ56は、所定の基準光ディスクに対する対物レンズ8の最適傾斜角 $\beta$ を記憶している。また、対物レンズアクチュエータ9は、最適傾斜角 $\beta$ を基準として、ディスクチルト検出部57によって検出された多層光ディスク60の傾斜角 $\theta$ に応じて、対物レンズ8を傾斜させる。
- [0094] また、例えば光透過層厚が $100\mu\text{m}$ である、光透過層が最も厚い情報記録面L0と、例えば光透過層厚が $55\mu\text{m}$ である、光透過層が最も薄い情報記録面L3との2つの情報記録面のみ最適傾き角 $\beta_0$ 及び $\beta_3$ を学習し、最適傾き角 $\beta_0$ 及び $\beta_3$ を用いて、中間の情報記録面L1及び情報記録面L2における最適傾き角 $\beta_1$ 及び $\beta_2$ を推定しても良い。このような最適傾き角の学習を行うことにより、学習時間の短縮を図ることができる。
- [0095] 次に、記録又は再生の対象となる多層光ディスク60の傾き（ディスクチルト）によって発生する3次コマ収差の補正について説明する。光ディスク装置50は、装填された多層光ディスク60の傾き（ディスクチルト）を検出するディスクチルト検出部57を備えている。
- [0096] 図12は、本発明の実施の形態1におけるディスクチルトの検出方法を説明するための図である。例えば、記録又は再生の対象となる多層光ディスク60が光ディスク装置50に装填された時、ディスクチルト検出部57は、図12のように多層光ディスク60上の半径値の異なる2点（内周側の半径 $R_1$ 及び外周側の半径 $R_2$ ）に対してフォーカス制御を行い、対物レンズアクチュエータ9に流れるフォーカス駆動電流値をそれぞれ検出する。すなわ

ち、ディスクチルト検出部57は、多層光ディスク60の内周側の半径R1の位置P1と、半径R1と異なる多層光ディスク60の外周側の半径R2の位置P2とにおいてフォーカス制御を行い、対物レンズアクチュエータ9に流れるフォーカス駆動電流値をそれぞれ検出する。

[0097] ディスクチルト検出部57は、それぞれのフォーカス駆動電流値と対物レンズアクチュエータ9のフォーカス駆動感度とに基づいて、位置P1及び位置P2における対物レンズ8の光軸方向の高さを算出する。ディスクチルト検出部57は、位置P1における対物レンズ8の高さと位置P2における対物レンズ8の高さとの差 $\delta$ と、位置P1と位置P2との間隔Lとに基づいて、装填された多層光ディスク60の平均的なディスクチルト角 $\theta$ を算出する。

[0098] また、別のディスクチルト検出方法として、LED (Light Emitting Diode) と、光ディスクの半径方向に2分割されたフォトディテクタとを用いる方法が知られている。この検出方法では、LEDからの出射光を光ディスクで反射させ、その反射光を2分割フォトディテクタで検出し、フォトディテクタからの2つの出力を差動演算することによってディスクチルトを検出し、ディスクチルト角 $\theta$ を算出する。

[0099] 光透過層の厚さが最も大きい情報記録面L0では、ディスクチルトによって発生する3次コマ収差量が大きいため、レンズチルトによる3次コマ収差の補正が必須となる。

[0100] ここで、対物レンズ8自身に3次コマ収差が残存し、その3次コマ収差を補正するための最適傾き角（2軸方向の傾き調整後の対物レンズの傾きと最適傾き角 $\beta$ との合計）が0.3degであった場合を考える。本実施の形態1の対物レンズ8は、多層光ディスク60が0.2deg傾いたときに情報記録面L0で発生する3次コマ収差を補正するため、対物レンズ8を0.38deg傾ける必要がある。すなわち、情報記録面L0で発生する3次コマ収差を補正するためには、対物レンズ8は最大で0.68deg傾ける必要がある。

- [0101] 図13は、本発明の実施の形態1において、対物レンズの傾き（レンズチルト）と、レンズチルトによって発生する3次コマ収差71、3次非点収差72及びRMS波面収差73との関係を示す図である。図13において、横軸はレンズチルト量を示し、縦軸は3次コマ収差71、3次非点収差72及びRMS波面収差73の収差量を示している。
- [0102] 上述の条件では、対物レンズ8自身の3次コマ収差と、多層光ディスク60が0.2deg傾いたときに情報記録面L0で発生する3次コマ収差とを合わせた3次コマ収差71を最小（ゼロ）にするためには、レンズチルトを0.68degにする必要がある。この時、3次非点収差72が15mλ発生するので、3次コマ収差71と3次非点収差72とのRMS波面収差（トータル波面収差）73は15mλとなる。一方、図13より明らかなように、レンズチルトが0.57degのときRMS波面収差73は最小値（12mλ）となるが、この時の3次コマ収差71は最小（ゼロ）ではない。
- [0103] 以上のように、ディスクチルトによって発生する3次コマ収差が大きく、レンズチルトによって発生する3次コマ収差が小さい場合、3次コマ収差を補正するためのレンズチルト量は大きくなる。そのため、対物レンズアクチュエータ9は、レンズチルトによって発生する3次非点収差を考慮し、RMS波面収差が最小となるように対物レンズ8を傾けることが好ましい。
- [0104] RMS波面収差が最小となるレンズチルト量は、対物レンズ8自身の3次コマ収差及びディスクチルトによって発生する3次コマ収差に依存するため、一意に決定することはできない。しかしながら、対物レンズ8の設計と、対象となる情報記録面が有する光透過層の厚さに基づいて、3次非点収差を考慮すべきか否かを決定することができる。
- [0105] これまで述べてきたように、3つ以上の情報記録面を有する多層光ディスクにおいては、収差を悪化させる要因が、情報記録面ごとに異なる。そのため、レンズチルト時に発生する3次コマ収差量が適切な値になるよう、対物レンズを設計する必要がある。多層光ディスクに対応した光学ヘッド用の対物レンズは、従来の対物レンズと比較して、対物レンズが単位角度傾斜した



時に発生する3次コマ収差量が小さくなっている。さらに、光透過層の厚さが最も大きい情報記録面L0にレーザ光を収束させる際に、対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量が最も小さくなる。

[0106] 一方、上述したように、情報記録面L0にレーザ光を収束させる際に、対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を $CML0$  ( $m\lambda/d\text{ e }g$ )と規定し、情報記録面L3にレーザ光を収束させる際に、対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を $CML3$  ( $m\lambda/d\text{ e }g$ )と規定すると、多層光ディスクに対応した光学ヘッド用の対物レンズは、 $2.5 \geq CML3/CML0 \geq 1.5$ の関係を満たす。そのため、情報記録面L3にレーザ光を収束させる際に、対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量は、情報記録面L0にレーザ光を収束させる際に、対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量よりも十分大きい。

[0107] 以上より、3つ以上の情報記録面を有する多層光ディスクに対応した光学ヘッドの3次コマ収差の補正では、光透過層の厚さが最も大きい情報記録面にレーザ光を収束させる場合、ディスクチルトによって発生する3次コマ収差に対して、レンズチルトによって発生する3次非点収差を考慮する必要がある。そのため、レンズチルト角は、RMS波面収差が最小となるよう、ディスクチルトによって発生する3次コマ収差よりもレンズチルトによって発生する3次コマ収差の方が小さくなるように決定することが好ましい。

[0108] 一方、光透過層の厚さが最も小さい情報記録面にレーザ光を収束させる場合、レンズチルトによって発生する3次非点収差は無視できる。そのため、レンズチルト角は、ディスクチルトによって発生する3次コマ収差とレンズチルトによって発生する3次コマ収差とが等しくなるように決定することが好ましい。

[0109] 具体的には、光透過層の厚さが最も大きい情報記録面L0にレーザ光を収束させる際に、多層光ディスク60が単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を $CMD0$  ( $m\lambda/d\text{ e }g$ )とし、対物レンズ8が単位角度傾斜し

た時に発生する3次コマ収差量をCML0 (mλ/d e g) とし、ディスクチルト検出部57によって検出された多層光ディスク60の傾斜角をθとし、係数をk0とし、対物レンズアクチュエータ9による対物レンズ8の傾斜角をα0としたとき、対物レンズアクチュエータ9は、対物レンズ8の傾斜角α0が(3)式を満たすように対物レンズ8を傾斜させる。

[0110]  $\alpha 0 = \theta \times k 0 \times C M D 0 / C M L 0$  ただし  $0.5 < k 0 < 0.9 \dots$   
 (3)

[0111] また、光透過層の厚さが最も小さい情報記録面L3にレーザ光を収束させる際に、多層光ディスク60が単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量をCMD3 (mλ/d e g) とし、対物レンズ8が単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量をCML3 (mλ/d e g) とし、対物レンズアクチュエータ9による対物レンズ8の傾斜角をα3としたとき、対物レンズアクチュエータ9は、対物レンズ8の傾斜角α3が(4)式を満たすように対物レンズ8を傾斜させる。

[0112]  $\alpha 3 = \theta \times C M D 3 / C M L 3 \dots$  (4)

[0113] なお、上記(3)式及び(4)式において、多層光ディスク60の傾斜角(ディスクチルト角)θに乘じる“k0×CMD0/CML0”又は“CMD3/CML3”の項を、便宜上、チルト補正係数と呼ぶものとする。

[0114] また、情報記録面L0に隣接する情報記録面L1にレーザ光を収束させる際に、多層光ディスク60が単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量をCMD1 (mλ/d e g) とし、対物レンズ8が単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量をCML1 (mλ/d e g) とし、対物レンズアクチュエータ9による対物レンズ8の傾斜角をα1とし、情報記録面L1の光入射面側に隣接する情報記録面L2にレーザ光を収束させる際に、多層光ディスク60が単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量をCMD2 (mλ/d e g) とし、対物レンズ8が単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量をCML2 (mλ/d e g) とし、対物レンズアクチュエータ9による対物レンズ8の傾斜角をα2としたとき、対物レンズアクチュエータ9は、

対物レンズ 8 の傾斜角  $\alpha 1$  が (5) 式を満たし、傾斜角  $\alpha 2$  が (6) 式を満たすように対物レンズ 8 を傾斜させてもよい。

$$[0115] \quad \alpha 1 = \theta \times \text{CMD} 1 / \text{CML} 1 \dots (5)$$

$$[0116] \quad \alpha 2 = \theta \times \text{CMD} 2 / \text{CML} 2 \dots (6)$$

[0117] さらに、情報記録面 L 0 に隣接する情報記録面 L 1 にレーザ光を収束させる際に、多層光ディスク 6 0 が単位角度傾斜した時に発生する 3 次コマ収差量を CMD 1 (mλ / deg) とし、対物レンズ 8 が単位角度傾斜した時に発生する 3 次コマ収差量を CML 1 (mλ / deg) とし、係数を k 1 とし、対物レンズアクチュエータ 9 による対物レンズ 8 の傾斜角を  $\alpha 1$  とし、情報記録面 L 1 の光入射面側に隣接する情報記録面 L 2 にレーザ光を収束させる際に、多層光ディスク 6 0 が単位角度傾斜した時に発生する 3 次コマ収差量を CMD 2 (mλ / deg) とし、対物レンズ 8 が単位角度傾斜した時に発生する 3 次コマ収差量を CML 2 (mλ / deg) とし、係数を k 2 とし、対物レンズアクチュエータ 9 による対物レンズ 8 の傾斜角を  $\alpha 2$  としたとき、対物レンズアクチュエータ 9 は、対物レンズ 8 の傾斜角  $\alpha 1$  が (7) 式を満たし、傾斜角  $\alpha 2$  が (8) 式を満たすように対物レンズ 8 を傾斜させてもよい。この場合、より正確に 3 次コマ収差を補正することができる。

$$[0118] \quad \alpha 1 = \theta \times k 1 \times \text{CMD} 1 / \text{CML} 1 \quad \text{ただし } k 0 < k 1 < 1 \dots (7)$$

$$[0119] \quad \alpha 2 = \theta \times k 2 \times \text{CMD} 2 / \text{CML} 2 \quad \text{ただし } k 0 < k 1 \leq k 2 < 1 \dots (8)$$

[0120] なお、それぞれの情報記録面に対応した最適なチルト補正係数は、光透過層の厚さに対してほぼ線形であることが分かっている。そのため、情報記録面 L 0 から光入射面までの距離を d 0 とし、情報記録面 L 1 から光入射面までの距離を d 1 とし、情報記録面 L 2 から光入射面までの距離を d 2 とし、情報記録面 L 3 から光入射面までの距離を d 3 としたとき、対物レンズアクチュエータ 9 は、対物レンズ 8 の傾斜角  $\alpha 1$  が (9) 式を満たし、傾斜角  $\alpha 2$  が (10) 式を満たすように前記対物レンズを傾斜させてもよい。

[0121]  $\alpha_1 = \theta \times \{ (d_1 - d_3) / (d_0 - d_3) \times (k_0 \times \text{CMD}_0 / \text{CML}_0 - \text{CMD}_3 / \text{CML}_3) + \text{CMD}_3 / \text{CML}_3 \} \dots (9)$

[0122]  $\alpha_2 = \theta \times \{ (d_2 - d_3) / (d_0 - d_3) \times (k_0 \times \text{CMD}_0 / \text{CML}_0 - \text{CMD}_3 / \text{CML}_3) + \text{CMD}_3 / \text{CML}_3 \} \dots (10)$

[0123] なお、上記の(9)式及び(10)式は以下のように表すことができる。すなわち、光透過層の厚さが最も大きい情報記録面L0と、光透過層の厚さが最も小さい情報記録面Lnとの間に位置する情報記録面Lxにレーザ光を収束させる際に、対物レンズアクチュエータ9による対物レンズ8の傾斜角を $\alpha_x$ とし、情報記録面Lnにレーザ光を収束させる際に、多層光ディスク60が単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を $\text{CMD}_n$  ( $m\lambda / \text{deg}$ )とし、対物レンズ8が単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を $\text{CML}_n$  ( $m\lambda / \text{deg}$ )とし、情報記録面L0から光入射面までの距離を $d_0$ とし、情報記録面Lxから光入射面までの距離を $d_x$ とし、情報記録面Lnから光入射面までの距離を $d_n$ としたとき、対物レンズアクチュエータ9は、対物レンズ8の傾斜角 $\alpha_x$ が(11)式を満たすように前記対物レンズを傾斜させてもよい。

[0124]  $\alpha_x = \theta \times \{ (d_x - d_n) / (d_0 - d_n) \times (k_0 \times \text{CMD}_0 / \text{CML}_0 - \text{CMD}_n / \text{CML}_n) + \text{CMD}_n / \text{CML}_n \} \dots (11)$

[0125] ところで、上述したように、RMS波面収差が最小となるレンズチルト量は、対物レンズ8自身の3次コマ収差及びディスクチルトによって発生する3次コマ収差に依存している、また、光透過層の厚さが大きい情報記録面で、3次コマ収差の影響がより大きくなる。従って、光透過層の厚さが最も大きい情報記録面L0において、より正確に3次コマ収差を補正するため、駆動部54は、例えば多層光ディスク60の傾斜角 $\theta$ に応じて係数 $k_0$ を可変し、対物レンズ8の傾斜角(レンズチルト量) $\alpha_0$ を求めることが好ましい。

[0126] さらに、駆動部54は、対物レンズ8の初期の傾き角、すなわち、2軸方向の傾き調整後の対物レンズの傾き及び最適傾き角 $\beta$ を求め、初期の傾き角

に応じて係数  $k_0$  を可変し、対物レンズ 8 の傾斜角  $\alpha_0$  を求めることがより好ましい。

[0127] ところで、4つの情報記録面を有する多層光ディスク 60 においては、光透過層の厚さが最も小さい情報記録面 L3 は、ディスクチルトによる 3 次コマ収差量が小さいので、この 3 次コマ収差が記録再生に与える影響は小さい。

[0128] 本実施の形態 1 の多層光ディスク 60 において、ディスクチルトが  $0.2 \text{ deg}$  である時に、光透過層の厚さが  $55 \mu\text{m}$  の情報記録面 L3 において発生する 3 次コマ収差は  $12 \text{ m}\lambda$  である。一方、本実施の形態 1 の光学ヘッド 30 において、 $12 \text{ m}\lambda$  の 3 次コマ収差を補正するために必要な対物レンズ 8 のレンズチルト角は  $0.10 \text{ deg}$  である。

[0129] ここで、ディスクチルトの検出誤差とレンズチルトの制御誤差との合計が  $\pm 0.10 \text{ deg}$  である場合、制御後の 3 次コマ収差は  $\pm 12 \text{ m}\lambda$  の範囲で誤差を生じることになる。この場合、実質的に 3 次コマ収差補正の効果を得られない。これは、光透過層の厚さが最も小さい情報記録面においては、元々ディスクチルトによって発生する 3 次コマ収差量が小さく、レンズチルトによって発生する 3 次コマ収差が大きいため、レンズチルトによる 3 次コマ収差の補正による効果が小さいことを示している。

[0130] 従って、対物レンズアクチュエータ 9 は、光透過層の厚さが最も小さい情報記録面 L3 にレーザ光を収束させる際に、対物レンズ 8 を傾斜させなくてもよい。この場合、光透過層の厚さが最も小さい情報記録面 L3 に対しては、ディスクチルトによって発生する 3 次コマ収差が補正されないため、装置を簡素化することができ、記録又は再生を開始するまでに要する時間を短縮できる。

[0131] 以上、本実施の形態 1 においては、光透過層の厚さが  $100 \mu\text{m} \sim 55 \mu\text{m}$  の 4 つの情報記録面 L0 ~ L3 を備えた多層光ディスクに対して情報を記録又は再生する光学ヘッド及び光ディスク装置について説明したが、多層光ディスクはこのような構造に限るものではない。本実施の形態 1 の光学ヘッ

ド及び光ディスク装置は、情報記録面を3つ以上有する多層光ディスク、すなわち、光透過層の厚さが最も大きい情報記録面と光透過層の厚さが最も小さい情報記録面との間隔が従来の光ディスクよりも大きい多層光ディスクに対して、広く適用可能であることは言うまでもない。

[0132] また、光学ヘッドは単一の光源と単一の対物レンズとを備える構成に限らず、波長が異なる複数の光源と複数の対物レンズとを備える構成であってもよい。例えば、赤色レーザ光源及び赤外レーザ光源をさらに備えることで、情報記録面を3つ以上有する多層光ディスクや、従来の情報記録面を2つ有するBDだけでなく、DVD及びCDに対しても記録又は再生が可能な光学ヘッド及び光ディスク装置を実現できる。

[0133] なお、本実施の形態1において、多層光ディスク60が情報記録媒体の一例に相当し、青紫レーザ光源1が光源の一例に相当し、対物レンズ8が対物レンズの一例に相当し、コリメートレンズアクチュエータ14が球面収差補正部の一例に相当し、対物レンズアクチュエータ9がレンズ傾斜部の一例に相当し、ディスクチルト検出部57が傾き検出部の一例に相当し、メモリ56が記憶部の一例に相当する。

[0134] (実施の形態2)

図14は、本発明の実施の形態2におけるコンピュータの概略構成を示す図である。

[0135] 図14において、コンピュータ500は、実施の形態1の光ディスク装置50と、情報の入力を行うためのキーボード、マウス又はタッチパネルなどの入力装置501と、入力装置501から入力された情報及び光ディスク装置50から読み出した情報などに基づいて演算を行う中央演算装置(CPU)などの演算装置502と、演算装置502によって演算された結果などの情報を表示するブラウン管又は液晶表示装置あるいは情報を印刷するプリンタなどの出力装置503とを備える。

[0136] なお、本実施の形態2において、コンピュータ500が情報処理装置の一例に相当し、演算装置502が情報処理部の一例に相当する。

[0137] コンピュータ500は、実施の形態1の光ディスク装置50を備えるので、3つ以上の情報記録面を有する多層光ディスクに対し、良好に情報を記録又は再生することができ、広い用途に適用することができる。

[0138] (実施の形態3)

図15は、本発明の実施の形態3における光ディスクプレーヤの概略構成を示す図である。

[0139] 図15において、光ディスクプレーヤ600は、実施の形態1の光ディスク装置50と、光ディスク装置50から得られる情報信号を画像信号に変換するデコーダ601とを備える。

[0140] なお、光ディスクプレーヤ600は、GPS等の位置センサや中央演算装置(CPU)を加えることによりカーナビゲーションシステムとしても利用可能である。また、液晶モニタなどの表示装置602を加えた形態も可能である。

[0141] また、本実施の形態3において、光ディスクプレーヤ600が情報処理装置の一例に相当し、デコーダ601が情報処理部の一例に相当する。

[0142] 光ディスクプレーヤ600は、実施の形態1の光ディスク装置50を備えるので、3つ以上の情報記録面を有する多層光ディスクに対し、良好に情報を記録又は再生することができ、広い用途に適用することができる。

[0143] (実施の形態4)

図16は、本発明の実施の形態4における光ディスクレコーダの概略構成を示す図である。

[0144] 図16において、光ディスクレコーダ700は、実施の形態1の光ディスク装置50と、画像情報を、光ディスク装置50によって光ディスクへ記録するための情報信号に変換するエンコーダ701とを備える。望ましくは、光ディスク装置50から得られる情報信号を画像情報に変換するデコーダ702も備えることにより、記録した画像を再生することも可能となる。なお、光ディスクレコーダ700は、情報を表示するブラウン管又は液晶表示装置あるいは情報を印刷するプリンタなどの出力装置703を備えてもよい。

- [0145] なお、本実施の形態 4 において、光ディスクレコーダ 700 が情報処理装置の一例に相当し、エンコーダ 701 及びデコーダ 702 が情報処理部の一例に相当する。
- [0146] 光ディスクレコーダ 700 は、実施の形態 1 の光ディスク装置 50 を備えるので、3 つ以上の情報記録面を有する多層光ディスクに対し、良好に情報を記録又は再生することができ、広い用途に適用することができる。
- [0147] 以上より、本実施の形態 1 ~ 4 は、3 つ以上の情報記録面を有する多層化された情報記録媒体に対して良好に情報を記録及び／又は再生するためには、3 次コマ収差補正時に発生する 3 次非点収差の影響を考慮しなければならないという、3 層以上の多層情報記録媒体ならではの課題に基づいてなされたものである。また、この知見に基づいて実験を行った結果、RMS 波面収差をマレシャルのクライテリオンである  $0.07\lambda$  以下に抑えることができる対物レンズ、光学ヘッド及び光ディスク装置を提供するものである。
- [0148] なお、上述した具体的実施形態には以下の構成を有する発明が主に含まれている。
- [0149] 本発明の一局面に係る光ディスク装置は、光透過層の厚さがそれぞれ異なる 3 つ以上の情報記録面を有する情報記録媒体に対して、情報を記録又は再生する光ディスク装置であって、レーザ光を出射する光源と、前記光源から出射された前記レーザ光を、前記情報記録媒体の所定の情報記録面に収束させる対物レンズと、前記情報記録媒体の光透過層の厚さに応じて発生する球面収差を補正する球面収差補正部と、前記対物レンズを前記情報記録媒体の半径方向に傾斜させるレンズ傾斜部と、前記情報記録媒体の半径方向の傾きを検出する傾き検出部とを備え、光透過層の厚さが最も大きい情報記録面 L0 にレーザ光を収束させる際に、前記情報記録媒体が単位角度傾斜した時に発生する 3 次コマ収差量を  $CMD0$  ( $m\lambda / deg$ ) とし、前記対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する 3 次コマ収差量を  $CML0$  ( $m\lambda / deg$ ) とし、前記傾き検出部によって検出された前記情報記録媒体の傾斜角を  $\theta$  とし、係数を  $k0$  とし、前記対物レンズ傾斜部による前記対物レンズの傾斜



角を $\alpha_0$ としたとき、前記レンズ傾斜部は、前記対物レンズの傾斜角 $\alpha_0$ が  
 (12)式を満たすように前記対物レンズを傾斜させる。

[0150]  $\alpha_0 = \theta \times k_0 \times CMD_0 / CML_0$  ただし  $0.5 < k_0 < 0.9 \dots$   
 (12)

[0151] この構成によれば、情報記録媒体は、光透過層の厚さがそれぞれ異なる3つ以上の情報記録面を有する。光源は、レーザ光を出射し、対物レンズは、光源から出射されたレーザ光を、情報記録媒体の所定の情報記録面に収束させる。球面収差補正部は、情報記録媒体の光透過層の厚さに応じて発生する球面収差を補正し、レンズ傾斜部は、対物レンズを情報記録媒体の半径方向に傾斜させ、傾き検出部は、情報記録媒体の半径方向の傾きを検出する。そして、レンズ傾斜部は、対物レンズの傾斜角 $\alpha_0$ が(12)式を満たすように対物レンズを傾斜させる。

[0152] したがって、光透過層の厚さが最も大きい情報記録面 $L_0$ にレーザ光を収束させる際に、トータル波面収差が最適となるように対物レンズが傾斜されるので、光透過層の厚さがそれぞれ異なる3つ以上の情報記録面を有する情報記録媒体に対し、良好に情報を記録又は再生することができる。

[0153] また、上記の光ディスク装置において、光透過層の厚さが最も小さい情報記録面 $L_n$ にレーザ光を収束させる際に、前記情報記録媒体が単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を $CMD_n$  ( $m\lambda / deg$ )とし、前記対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を $CML_n$  ( $m\lambda / deg$ )とし、前記対物レンズ傾斜部による前記対物レンズの傾斜角を $\alpha_n$ としたとき、前記レンズ傾斜部は、前記対物レンズの傾斜角 $\alpha_n$ が(13)式を満たすように前記対物レンズを傾斜させることが好ましい。

[0154]  $\alpha_n = \theta \times CMD_n / CML_n \dots (13)$

[0155] この構成によれば、レンズ傾斜部は、対物レンズの傾斜角 $\alpha_n$ が(13)式を満たすように対物レンズを傾斜させる。したがって、光透過層の厚さが最も小さい情報記録面 $L_n$ にレーザ光を収束させる際に、トータル波面収差が最適となるように対物レンズが傾斜されるので、光透過層の厚さがそれぞれ

れ異なる3つ以上の情報記録面を有する情報記録媒体に対し、良好に情報を記録又は再生することができる。

[0156] また、上記の光ディスク装置において、前記レンズ傾斜部は、光透過層の厚さが最も小さい情報記録面  $L_n$  にレーザ光を収束させる際に、前記対物レンズを傾斜させないことが好ましい。

[0157] この構成によれば、レンズ傾斜部は、光透過層の厚さが最も小さい情報記録面  $L_n$  にレーザ光を収束させる際に、対物レンズを傾斜させないので、装置を簡素化することができ、記録又は再生を開始するまでに要する時間を短縮できる。

[0158] また、上記の光ディスク装置において、前記情報記録面  $L_0$  にレーザ光を収束させる際に、前記対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を  $CML_0$  ( $m\lambda / deg$ ) とし、前記情報記録面  $L_n$  にレーザ光を収束させる際に、前記対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を  $CML_n$  ( $m\lambda / deg$ ) としたとき、前記対物レンズは、 $2.5 \geq CML_n / CML_0 \geq 1.5$  を満たすことが好ましい。

[0159] この構成によれば、対物レンズは、 $2.5 \geq CML_n / CML_0 \geq 1.5$  を満たすように設計されるので、光透過層の厚さが最も大きい情報記録面  $L_0$  にレーザ光を収束させる際に、トータル波面収差 (RMS 波面収差) を十分に低減することができ、光透過層の厚さが最も小さい情報記録面  $L_n$  にレーザ光を収束させる際に、対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を低減することができる。

[0160] また、上記の光ディスク装置において、前記情報記録面  $L_0$  に隣接する情報記録面  $L_1$  にレーザ光を収束させる際に、前記情報記録媒体が単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を  $CMD_1$  ( $m\lambda / deg$ ) とし、前記対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を  $CML_1$  ( $m\lambda / deg$ ) とし、前記対物レンズ傾斜部による前記対物レンズの傾斜角を  $\alpha_1$  としたとき、前記レンズ傾斜部は、前記対物レンズの傾斜角  $\alpha_1$  が (14) 式を満たすように前記対物レンズを傾斜させることが好ましい。

[0161]  $\alpha 1 = \theta \times \text{CMD} 1 / \text{CML} 1 \dots (14)$

[0162] この構成によれば、レンズ傾斜部は、対物レンズの傾斜角  $\alpha 1$  が (14) 式を満たすように対物レンズを傾斜させる。したがって、情報記録面 L0 に隣接する情報記録面 L1 にレーザ光を収束させる際に、トータル波面収差が最適となるように対物レンズが傾斜されるので、光透過層の厚さがそれぞれ異なる3つ以上の情報記録面を有する情報記録媒体に対し、良好に情報を記録又は再生することができる。

[0163] また、上記の光ディスク装置において、前記情報記録面 L1 の光入射面側に隣接する情報記録面 L2 にレーザ光を収束させる際に、前記情報記録媒体が単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を CMD2 (mλ / deg) とし、前記対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を CML2 (mλ / deg) とし、前記対物レンズ傾斜部による前記対物レンズの傾斜角を  $\alpha 2$  としたとき、前記レンズ傾斜部は、前記対物レンズの傾斜角  $\alpha 2$  が (15) 式を満たすように前記対物レンズを傾斜させることが好ましい。

[0164]  $\alpha 2 = \theta \times \text{CMD} 2 / \text{CML} 2 \dots (15)$

[0165] この構成によれば、レンズ傾斜部は、対物レンズの傾斜角  $\alpha 2$  が (15) 式を満たすように対物レンズを傾斜させる。したがって、情報記録面 L1 の光入射面側に隣接する情報記録面 L2 にレーザ光を収束させる際に、トータル波面収差が最適となるように対物レンズが傾斜されるので、光透過層の厚さがそれぞれ異なる3つ以上の情報記録面を有する情報記録媒体に対し、良好に情報を記録又は再生することができる。

[0166] また、上記の光ディスク装置において、前記情報記録面 L0 に隣接する情報記録面 L1 にレーザ光を収束させる際に、前記情報記録媒体が単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を CMD1 (mλ / deg) とし、前記対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を CML1 (mλ / deg) とし、係数を  $k 1$  とし、前記対物レンズ傾斜部による前記対物レンズの傾斜角を  $\alpha 1$  としたとき、前記レンズ傾斜部は、前記対物レンズの

傾斜角  $\alpha_1$  が (16) 式を満たすように前記対物レンズを傾斜させることが好ましい。

[0167]  $\alpha_1 = \theta \times k_1 \times \text{CMD}_1 / \text{CML}_1$  ただし  $k_0 < k_1 < 1 \dots$  (16)

[0168] この構成によれば、レンズ傾斜部は、対物レンズの傾斜角  $\alpha_1$  が (16) 式を満たすように対物レンズを傾斜させる。したがって、情報記録面  $L_0$  に隣接する情報記録面  $L_1$  にレーザ光を収束させる際に、トータル波面収差が最適となるように対物レンズが傾斜されるので、光透過層の厚さがそれぞれ異なる3つ以上の情報記録面を有する情報記録媒体に対し、良好に情報を記録又は再生することができる。

[0169] また、上記の光ディスク装置において、前記情報記録面  $L_1$  の光入射面側に隣接する情報記録面  $L_2$  にレーザ光を収束させる際に、前記情報記録媒体が単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を  $\text{CMD}_2$  ( $m\lambda / \text{deg}$ ) とし、前記対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を  $\text{CML}_2$  ( $m\lambda / \text{deg}$ ) とし、係数を  $k_2$  とし、前記対物レンズ傾斜部による前記対物レンズの傾斜角を  $\alpha_2$  としたとき、前記レンズ傾斜部は、前記対物レンズの傾斜角  $\alpha_2$  が (17) 式を満たすように前記対物レンズを傾斜させることが好ましい。

[0170]  $\alpha_2 = \theta \times k_2 \times \text{CMD}_2 / \text{CML}_2$  ただし  $k_0 < k_1 \leq k_2 < 1 \dots$  (17)

[0171] この構成によれば、レンズ傾斜部は、対物レンズの傾斜角  $\alpha_2$  が (17) 式を満たすように対物レンズを傾斜させる。したがって、情報記録面  $L_1$  の光入射面側に隣接する情報記録面  $L_2$  にレーザ光を収束させる際に、トータル波面収差が最適となるように対物レンズが傾斜されるので、光透過層の厚さがそれぞれ異なる3つ以上の情報記録面を有する情報記録媒体に対し、良好に情報を記録又は再生することができる。

[0172] また、上記の光ディスク装置において、前記情報記録面  $L_0$  と前記情報記録面  $L_n$  との間に位置する情報記録面  $L_x$  にレーザ光を収束させる際に、前

記対物レンズ傾斜部による前記対物レンズの傾斜角を $\alpha_x$ とし、前記情報記録面 $L_n$ にレーザ光を収束させる際に、前記情報記録媒体が単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を $CMD_n$  ( $m\lambda/d\text{eg}$ )とし、前記対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を $CML_n$  ( $m\lambda/d\text{eg}$ )とし、前記情報記録面 $L_0$ から光入射面までの距離を $d_0$ とし、前記情報記録面 $L_x$ から光入射面までの距離を $d_x$ とし、前記情報記録面 $L_n$ から光入射面までの距離を $d_n$ としたとき、前記レンズ傾斜部は、前記対物レンズの傾斜角 $\alpha_x$ が(18)式を満たすように前記対物レンズを傾斜させることが好ましい。

$$[0173] \quad \alpha_x = \theta \times \{ (d_x - d_n) / (d_0 - d_n) \times (k_0 \times CMD_0 / CML_0 - CMD_n / CML_n) + CMD_n / CML_n \} \dots (18)$$

[0174] この構成によれば、レンズ傾斜部は、対物レンズの傾斜角 $\alpha_x$ が(18)式を満たすように対物レンズを傾斜させる。したがって、情報記録面 $L_0$ と情報記録面 $L_n$ との間に位置する情報記録面 $L_x$ にレーザ光を収束させる際に、トータル波面収差が最適となるように対物レンズが傾斜されるので、光透過層の厚さがそれぞれ異なる3つ以上の情報記録面を有する情報記録媒体に対し、良好に情報を記録又は再生することができる。

[0175] また、上記の光ディスク装置において、前記レンズ傾斜部は、前記情報記録面 $L_0$ にレーザ光を収束させる際に、前記傾き検出部によって検出された前記情報記録媒体の傾斜角 $\theta$ に応じて前記係数 $k_0$ を可変することが好ましい。

[0176] この構成によれば、情報記録面 $L_0$ にレーザ光を収束させる際に、傾き検出部によって検出された情報記録媒体の傾斜角 $\theta$ に応じて係数 $k_0$ が可変されるので、より正確にトータル波面収差を最適値にすることができる。

[0177] また、上記の光ディスク装置において、前記レンズ傾斜部は、前記情報記録面 $L_0$ にレーザ光を収束させる際に、前記対物レンズの初期の傾き角に応じて前記係数 $k_0$ を可変することが好ましい。

[0178] この構成によれば、情報記録面 $L_0$ にレーザ光を収束させる際に、対物レ

ンズの初期の傾き角に応じて係数  $k_0$  が可変されるので、より正確にトータル波面収差を最適値にすることができる。

[0179] また、上記の光ディスク装置において、所定の基準光ディスクに対して所定の再生信号指標が得られる前記対物レンズの最適傾斜角  $\beta$  を記憶する記憶部をさらに備え、前記レンズ傾斜部は、前記最適傾斜角  $\beta$  を基準として、前記傾き検出部によって検出された前記情報記録媒体の傾斜角  $\theta$  に応じて、前記対物レンズを傾斜させることが好ましい。

[0180] この構成によれば、記憶部は、所定の基準光ディスクに対する対物レンズの最適傾斜角  $\beta$  を記憶しており、レンズ傾斜部は、最適傾斜角  $\beta$  を基準として、傾き検出部によって検出された情報記録媒体の傾斜角  $\theta$  に応じて、対物レンズを傾斜させる。

[0181] したがって、情報記録面にレーザ光を収束させる際に、予め記憶されている最適傾斜角  $\beta$  を基準として、対物レンズが傾斜されるので、より正確にトータル波面収差を最適値にすることができる。

[0182] また、上記の光ディスク装置において、前記所定の基準光ディスクは、光透過層の厚さがそれぞれ異なる3つ以上の情報記録面を有し、前記記憶部は、各情報記録面に対応した複数の前記最適傾斜角  $\beta$  を記憶することが好ましい。

[0183] この構成によれば、記憶部は、各情報記録面に対応した複数の最適傾斜角  $\beta$  を記憶しているので、複数の情報記録面ごとに予め記憶されている最適傾斜角  $\beta$  を基準として、対物レンズが傾斜されるので、より正確にトータル波面収差を最適値にすることができる。

[0184] また、上記の光ディスク装置において、前記最適傾斜角  $\beta$  は、所定の再生信号指標が最良となる場合の前記対物レンズの傾き角であることが好ましい。

[0185] この構成によれば、所定の再生信号指標が最良となる場合の対物レンズの傾き角を基準として、対物レンズが傾斜されるので、より正確にトータル波面収差を最適値にすることができる。

[0186] 本発明の他の局面に係る光学ヘッドは、光透過層の厚さがそれぞれ異なる3つ以上の情報記録面を有する情報記録媒体に対して、情報を記録又は再生する光学ヘッドであって、レーザ光を出射する光源と、前記光源から出射された前記レーザ光を、前記情報記録媒体の所定の情報記録面に収束させる対物レンズと、前記情報記録媒体の光透過層の厚さに応じて発生する球面収差を補正する球面収差補正部と、前記対物レンズを前記情報記録媒体の半径方向に傾斜させるレンズ傾斜部とを備え、光透過層の厚さが最も大きい情報記録面  $L_0$  にレーザ光を収束させる際に、前記対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を  $CML_0$  ( $m\lambda / deg$ ) とし、光透過層の厚さが最も小さい情報記録面  $L_n$  にレーザ光を収束させる際に、前記対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を  $CML_n$  ( $m\lambda / deg$ ) としたとき、前記対物レンズは、 $2.5 \geq CML_n / CML_0 \geq 1.5$  を満たす。

[0187] この構成によれば、情報記録媒体は、光透過層の厚さがそれぞれ異なる3つ以上の情報記録面を有する。光源は、レーザ光を出射し、対物レンズは、光源から出射されたレーザ光を、情報記録媒体の所定の情報記録面に収束させる。球面収差補正部は、情報記録媒体の光透過層の厚さに応じて発生する球面収差を補正し、レンズ傾斜部は、対物レンズを情報記録媒体の半径方向に傾斜させる。そして、対物レンズは、 $2.5 \geq CML_n / CML_0 \geq 1.5$  を満たすように設計されるので、光透過層の厚さが最も大きい情報記録面  $L_0$  にレーザ光を収束させる際に、トータル波面収差 (RMS 波面収差) を十分に低減することができ、光透過層の厚さが最も小さい情報記録面  $L_n$  にレーザ光を収束させる際に、対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を低減することができる。

[0188] 本発明の他の局面に係る情報処理装置は、上記のいずれかに記載の光ディスク装置と、前記光ディスク装置に記録する情報及び／又は前記光ディスク装置から再生された情報を処理する情報処理部とを備える。この構成によれば、上記の光ディスク装置を情報処理装置に適用することができる。

[0189] なお、発明を実施するための形態の項においてなされた具体的な実施態様又は実施例は、あくまでも、本発明の技術内容を明らかにするものであって、そのような具体例にのみ限定して狭義に解釈されるべきものではなく、本発明の精神と特許請求事項との範囲内で、種々変更して実施することができるものである。

#### **産業上の利用可能性**

[0190] 本発明の光ディスク装置及び光学ヘッドは、光透過層の厚さがそれぞれ異なる3つ以上の情報記録面を有する情報記録媒体に対し、良好に情報を記録又は再生することができる。

[0191] さらに、本発明の光ディスク装置を備える情報処理装置は、光透過層の厚さがそれぞれ異なる3つ以上の情報記録面を有する情報記録媒体に対し、良好に情報を記録又は再生することができるため、広い用途に適用できる効果を有する。



## 請求の範囲

[請求項1]

光透過層の厚さがそれぞれ異なる3つ以上の情報記録面を有する情報記録媒体に対して、情報を記録又は再生する光ディスク装置であって、

レーザ光を出射する光源と、

前記光源から出射された前記レーザ光を、前記情報記録媒体の所定の情報記録面に収束させる対物レンズと、

前記情報記録媒体の光透過層の厚さに応じて発生する球面収差を補正する球面収差補正部と、

前記対物レンズを前記情報記録媒体の半径方向に傾斜させるレンズ傾斜部と、

前記情報記録媒体の半径方向の傾きを検出する傾き検出部とを備え、

光透過層の厚さが最も大きい情報記録面  $L_0$  にレーザ光を収束させる際に、前記情報記録媒体が単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を  $CMD_0$  ( $m\lambda / deg$ ) とし、前記対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を  $CML_0$  ( $m\lambda / deg$ ) とし、前記傾き検出部によって検出された前記情報記録媒体の傾斜角を  $\theta$  とし、係数を  $k_0$  とし、前記対物レンズ傾斜部による前記対物レンズの傾斜角を  $\alpha_0$  としたとき、

前記レンズ傾斜部は、前記対物レンズの傾斜角  $\alpha_0$  が(1)式を満たすように前記対物レンズを傾斜させることを特徴とする光ディスク装置。

$$\alpha_0 = \theta \times k_0 \times CMD_0 / CML_0 \quad \text{ただし } 0.5 < k_0 < 0.9 \dots (1)$$

[請求項2]

光透過層の厚さが最も小さい情報記録面  $L_n$  にレーザ光を収束させる際に、前記情報記録媒体が単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を  $CMD_n$  ( $m\lambda / deg$ ) とし、前記対物レンズが単位角度

傾斜した時に発生する3次コマ収差量を  $CML_n$  ( $m\lambda / deg$ ) とし、前記対物レンズ傾斜部による前記対物レンズの傾斜角を  $\alpha_n$  としたとき、

前記レンズ傾斜部は、前記対物レンズの傾斜角  $\alpha_n$  が (2) 式を満たすように前記対物レンズを傾斜させることを特徴とする請求項1記載の光ディスク装置。

$$\alpha_n = \theta \times CMD_n / CML_n \dots (2)$$

[請求項3] 前記レンズ傾斜部は、光透過層の厚さが最も小さい情報記録面  $L_n$  にレーザ光を収束させる際に、前記対物レンズを傾斜させないことを特徴とする請求項1記載の光ディスク装置。

[請求項4] 前記情報記録面  $L_0$  にレーザ光を収束させる際に、前記対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を  $CML_0$  ( $m\lambda / deg$ ) とし、前記情報記録面  $L_n$  にレーザ光を収束させる際に、前記対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を  $CML_n$  ( $m\lambda / deg$ ) としたとき、

前記対物レンズは、

$$2.5 \geq CML_n / CML_0 \geq 1.5$$

を満たすことを特徴とする請求項2又は3記載の光ディスク装置。

[請求項5] 前記情報記録面  $L_0$  に隣接する情報記録面  $L_1$  にレーザ光を収束させる際に、前記情報記録媒体が単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を  $CMD_1$  ( $m\lambda / deg$ ) とし、前記対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を  $CML_1$  ( $m\lambda / deg$ ) とし、前記対物レンズ傾斜部による前記対物レンズの傾斜角を  $\alpha_1$  としたとき、

前記レンズ傾斜部は、前記対物レンズの傾斜角  $\alpha_1$  が (3) 式を満たすように前記対物レンズを傾斜させることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の光ディスク装置。

$$\alpha_1 = \theta \times CMD_1 / CML_1 \dots (3)$$

[請求項6] 前記情報記録面L1の光入射面側に隣接する情報記録面L2にレーザ光を収束させる際に、前記情報記録媒体が単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量をCMD2 (mλ/d e g) とし、前記対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量をCML2 (mλ/d e g) とし、前記対物レンズ傾斜部による前記対物レンズの傾斜角をα2としたとき、

前記レンズ傾斜部は、前記対物レンズの傾斜角α2が(4)式を満たすように前記対物レンズを傾斜させることを特徴とする請求項5記載の光ディスク装置。

$$\alpha 2 = \theta \times \text{CMD} 2 / \text{CML} 2 \cdots (4)$$

[請求項7] 前記情報記録面L0に隣接する情報記録面L1にレーザ光を収束させる際に、前記情報記録媒体が単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量をCMD1 (mλ/d e g) とし、前記対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量をCML1 (mλ/d e g) とし、係数をk1とし、前記対物レンズ傾斜部による前記対物レンズの傾斜角をα1としたとき、

前記レンズ傾斜部は、前記対物レンズの傾斜角α1が(5)式を満たすように前記対物レンズを傾斜させることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の光ディスク装置。

$$\alpha 1 = \theta \times k 1 \times \text{CMD} 1 / \text{CML} 1 \quad \text{ただし } k 0 < k 1 < 1 \cdots (5)$$

[請求項8] 前記情報記録面L1の光入射面側に隣接する情報記録面L2にレーザ光を収束させる際に、前記情報記録媒体が単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量をCMD2 (mλ/d e g) とし、前記対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量をCML2 (mλ/d e g) とし、係数をk2とし、前記対物レンズ傾斜部による前記対物レンズの傾斜角をα2としたとき、

前記レンズ傾斜部は、前記対物レンズの傾斜角α2が(6)式を満

たすように前記対物レンズを傾斜させることを特徴とする請求項7記載の光ディスク装置。

$$\alpha_2 = \theta \times k_2 \times \text{CMD}_2 / \text{CML}_2 \quad \text{ただし } k_0 < k_1 \leq k_2 < 1 \dots (6)$$

[請求項9]

前記情報記録面L0と前記情報記録面Lnとの間に位置する情報記録面Lxにレーザ光を収束させる際に、前記対物レンズ傾斜部による前記対物レンズの傾斜角を $\alpha_x$ とし、

前記情報記録面Lnにレーザ光を収束させる際に、前記情報記録媒体が単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を $\text{CMD}_n$  ( $m\lambda / \text{deg}$ )とし、前記対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を $\text{CML}_n$  ( $m\lambda / \text{deg}$ )とし、

前記情報記録面L0から光入射面までの距離を $d_0$ とし、前記情報記録面Lxから光入射面までの距離を $d_x$ とし、前記情報記録面Lnから光入射面までの距離を $d_n$ としたとき、

前記レンズ傾斜部は、前記対物レンズの傾斜角 $\alpha_x$ が(7)式を満たすように前記対物レンズを傾斜させることを特徴とする請求項1~4のいずれかに記載の光ディスク装置。

$$\alpha_x = \theta \times \{ (d_x - d_n) / (d_0 - d_n) \times (k_0 \times \text{CMD}_0 / \text{CML}_0 - \text{CMD}_n / \text{CML}_n) + \text{CMD}_n / \text{CML}_n \} \dots (7)$$

[請求項10]

前記レンズ傾斜部は、前記情報記録面L0にレーザ光を収束させる際に、前記傾き検出部によって検出された前記情報記録媒体の傾斜角 $\theta$ に応じて前記係数 $k_0$ を可変することを特徴とする請求項1~9のいずれかに光ディスク装置。

[請求項11]

前記レンズ傾斜部は、前記情報記録面L0にレーザ光を収束させる際に、前記対物レンズの初期の傾き角に応じて前記係数 $k_0$ を可変することを特徴とする請求項1~9のいずれかに光ディスク装置。

[請求項12]

所定の基準光ディスクに対する前記対物レンズの最適傾斜角 $\beta$ を記

憶する記憶部をさらに備え、

前記レンズ傾斜部は、前記最適傾斜角 $\beta$ を基準として、前記傾き検出部によって検出された前記情報記録媒体の傾斜角 $\theta$ に応じて、前記対物レンズを傾斜させることを特徴とする請求項1～11のいずれかに記載の光ディスク装置。

[請求項13] 前記所定の基準光ディスクは、光透過層の厚さがそれぞれ異なる3つ以上の情報記録面を有し、

前記記憶部は、各情報記録面に対応した複数の前記最適傾斜角 $\beta$ を記憶することを特徴とする請求項12記載の光ディスク装置。

[請求項14] 前記最適傾斜角 $\beta$ は、所定の再生信号指標が最良となる場合の前記対物レンズの傾き角であることを特徴とする請求項12又は13記載の光ディスク装置。

[請求項15] 光透過層の厚さがそれぞれ異なる3つ以上の情報記録面を有する情報記録媒体に対して、情報を記録又は再生する光学ヘッドであって、

レーザ光を出射する光源と、

前記光源から出射された前記レーザ光を、前記情報記録媒体の所定の情報記録面に収束させる対物レンズと、

前記情報記録媒体の光透過層の厚さに応じて発生する球面収差を補正する球面収差補正部と、

前記対物レンズを前記情報記録媒体の半径方向に傾斜させるレンズ傾斜部とを備え、

光透過層の厚さが最も大きい情報記録面 $L_0$ にレーザ光を収束させる際に、前記対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を $CML_0$  ( $m\lambda / deg$ ) とし、光透過層の厚さが最も小さい情報記録面 $L_n$ にレーザ光を収束させる際に、前記対物レンズが単位角度傾斜した時に発生する3次コマ収差量を $CML_n$  ( $m\lambda / deg$ ) としたとき、

前記対物レンズは、

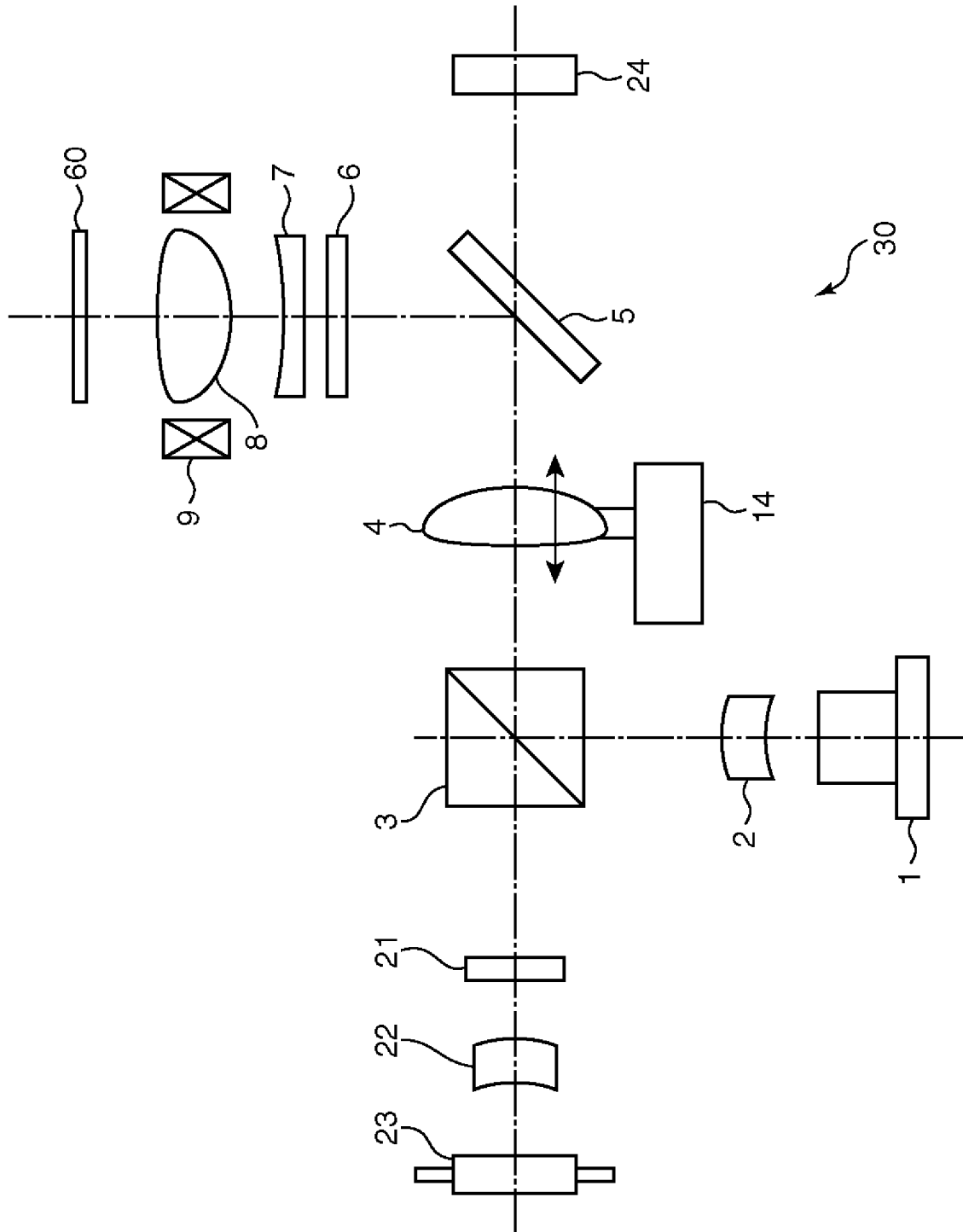
$$2.5 \geq CML_n / CML_0 \geq 1.5$$

を満たすことを特徴とする光学ヘッド。

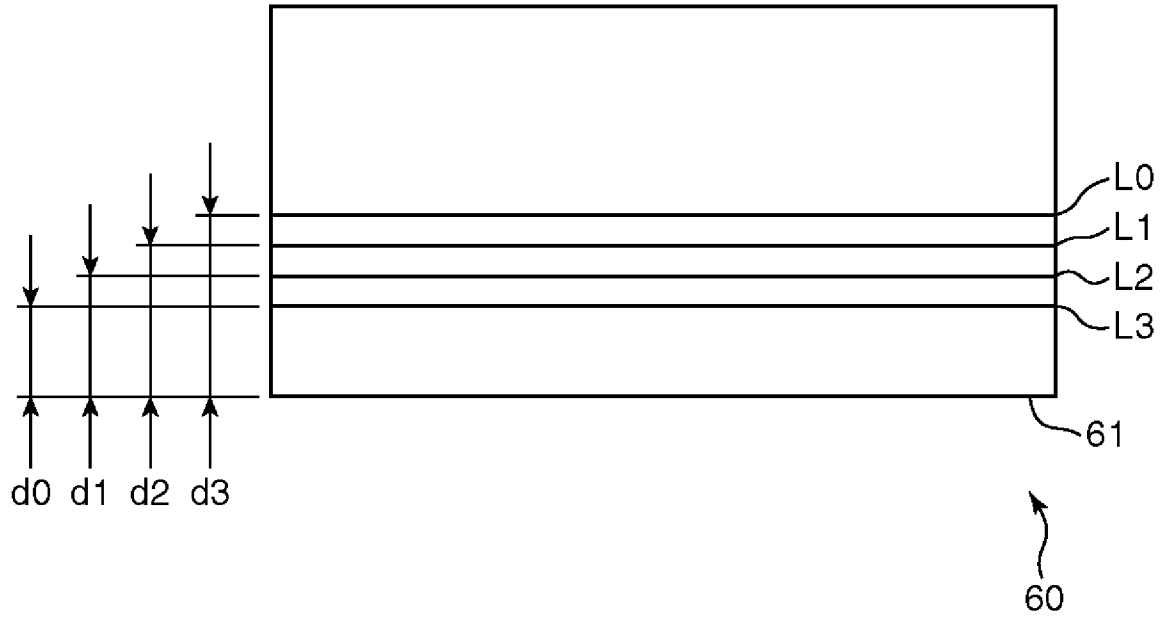
[請求項16]

請求項1～14のいずれかに記載の光ディスク装置と、  
前記光ディスク装置に記録する情報及び／又は前記光ディスク装置  
から再生された情報を処理する情報処理部とを備えることを特徴とす  
る情報処理装置。

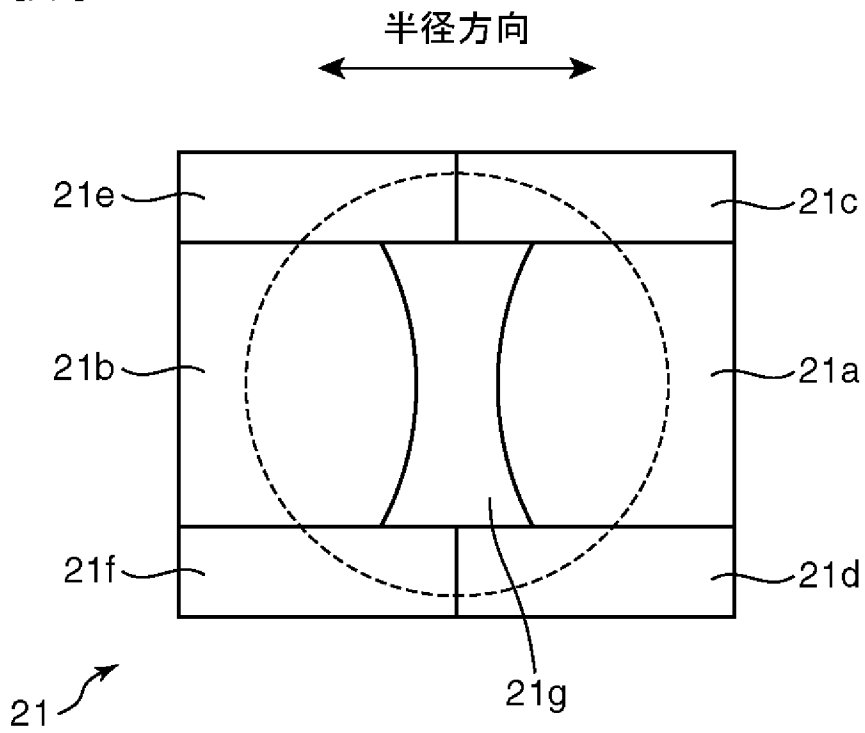
[図1]



[図2]

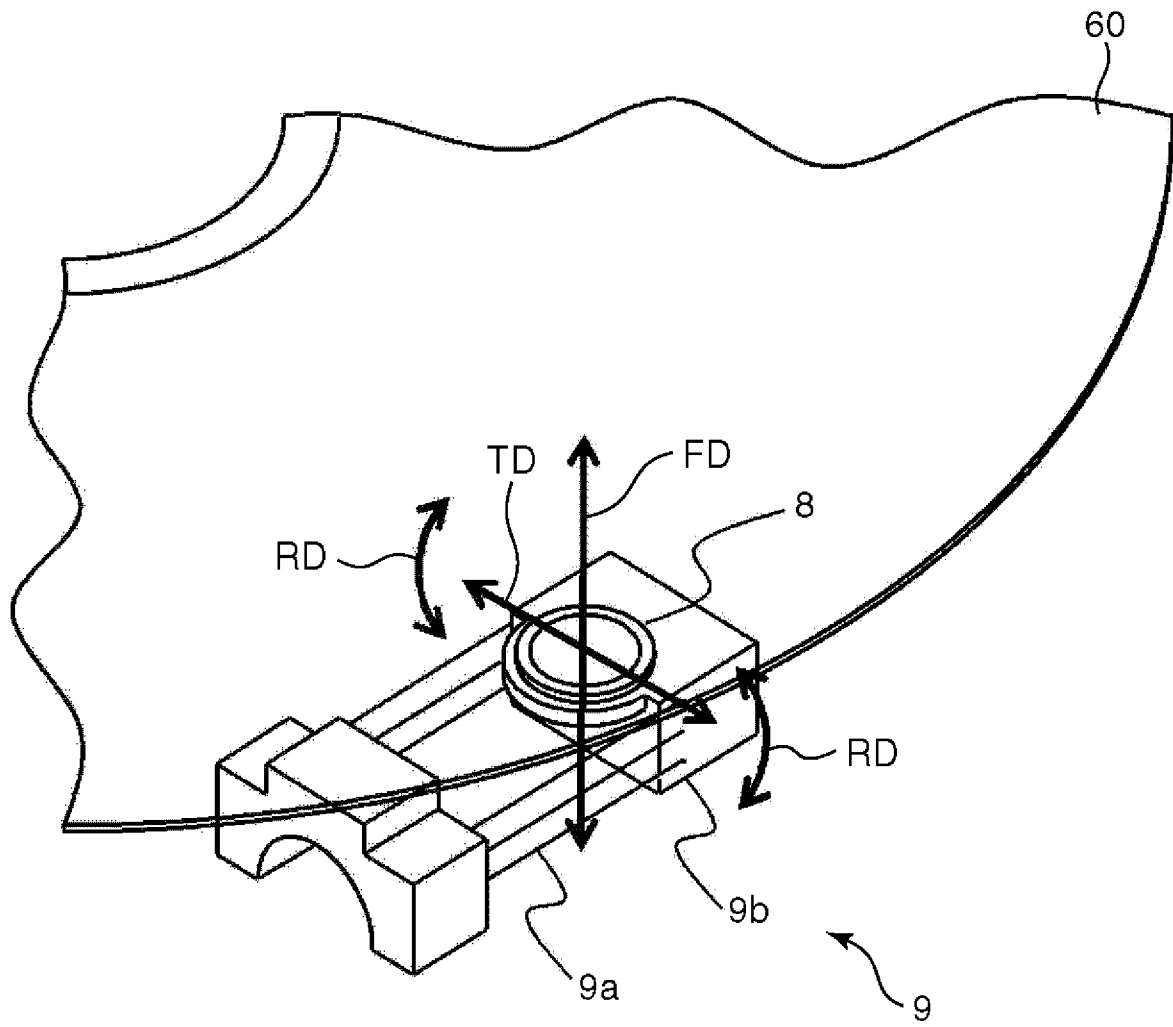


[図3]

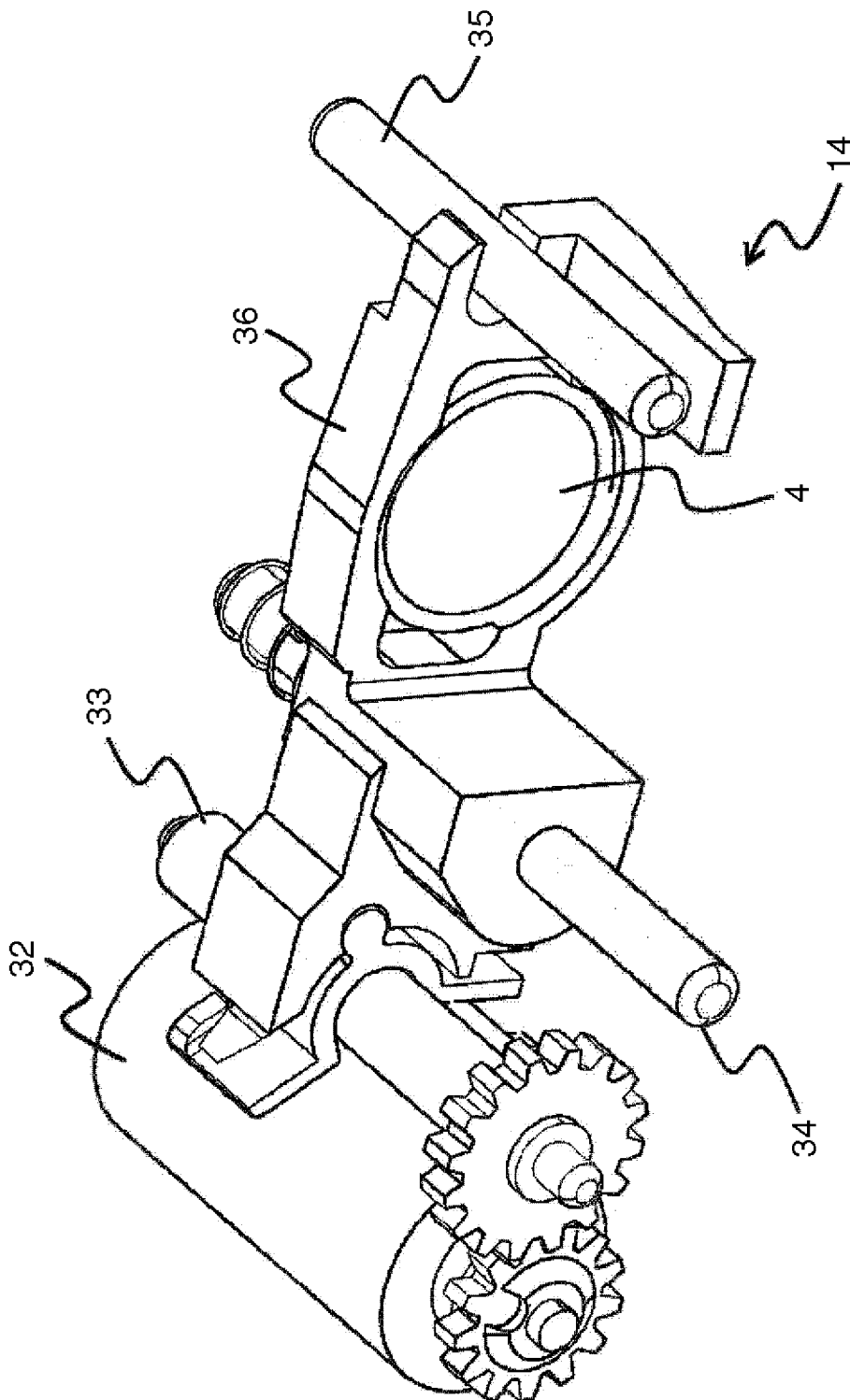




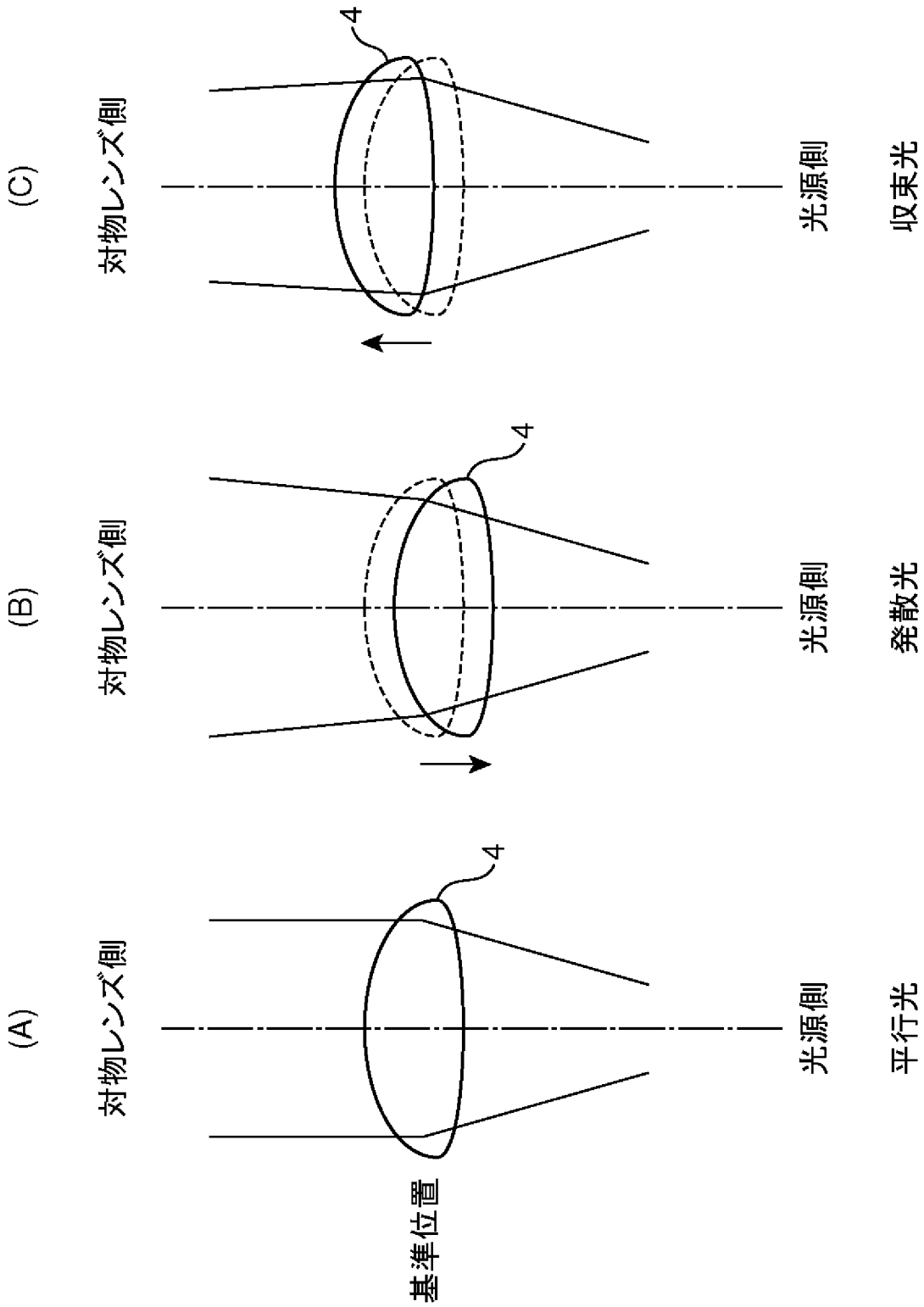
[図4]



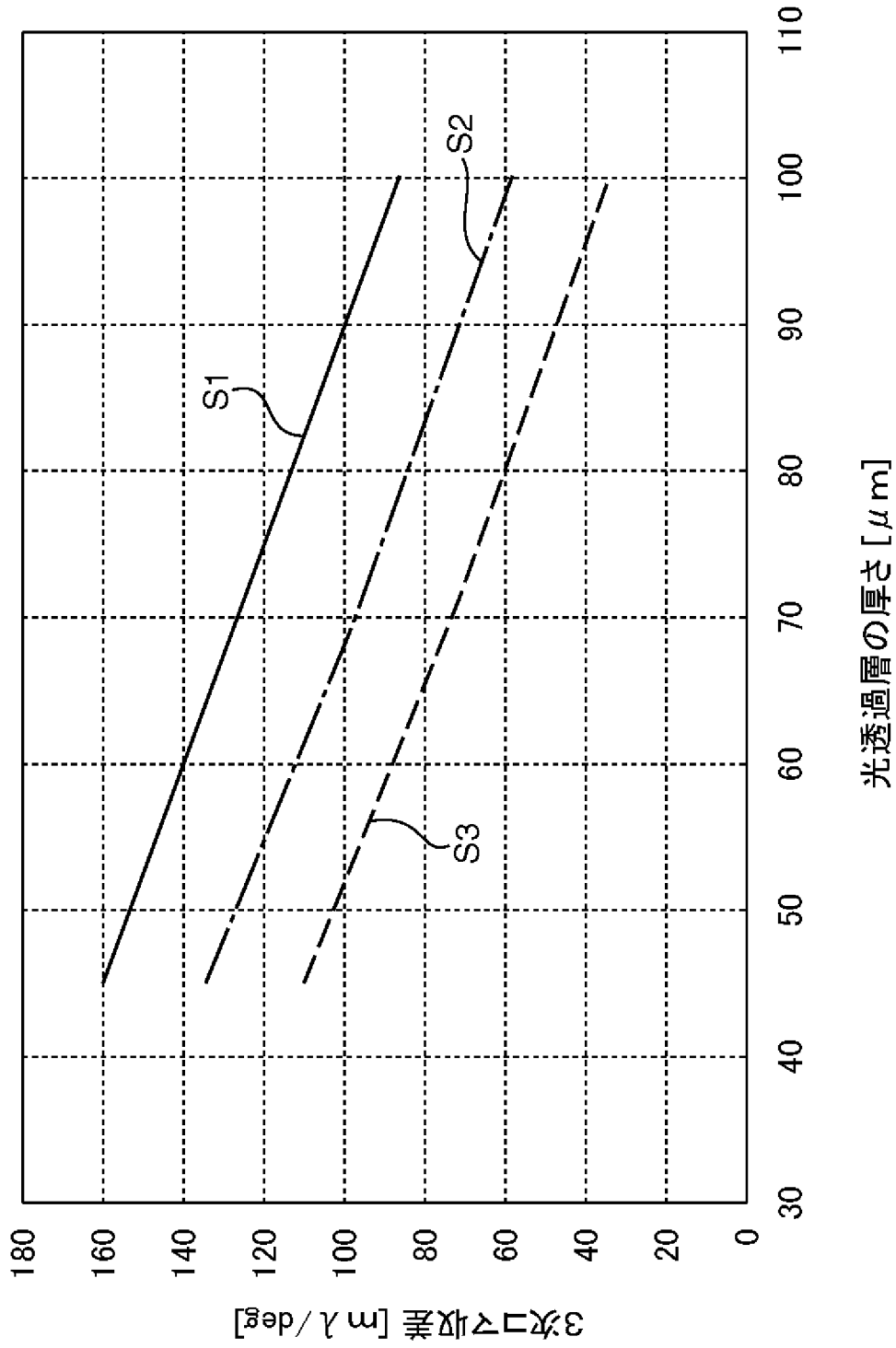
[図5]



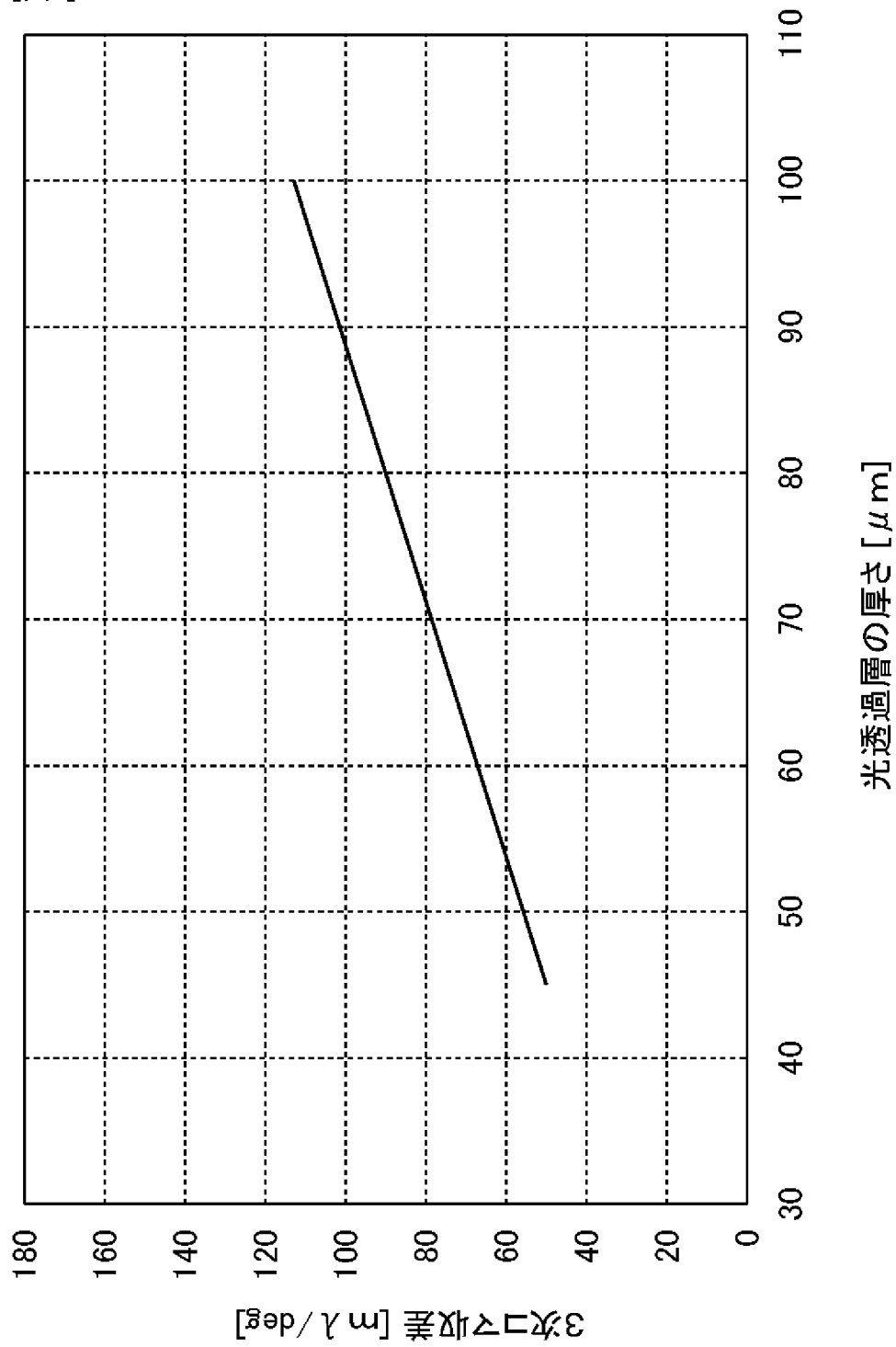
[図6]



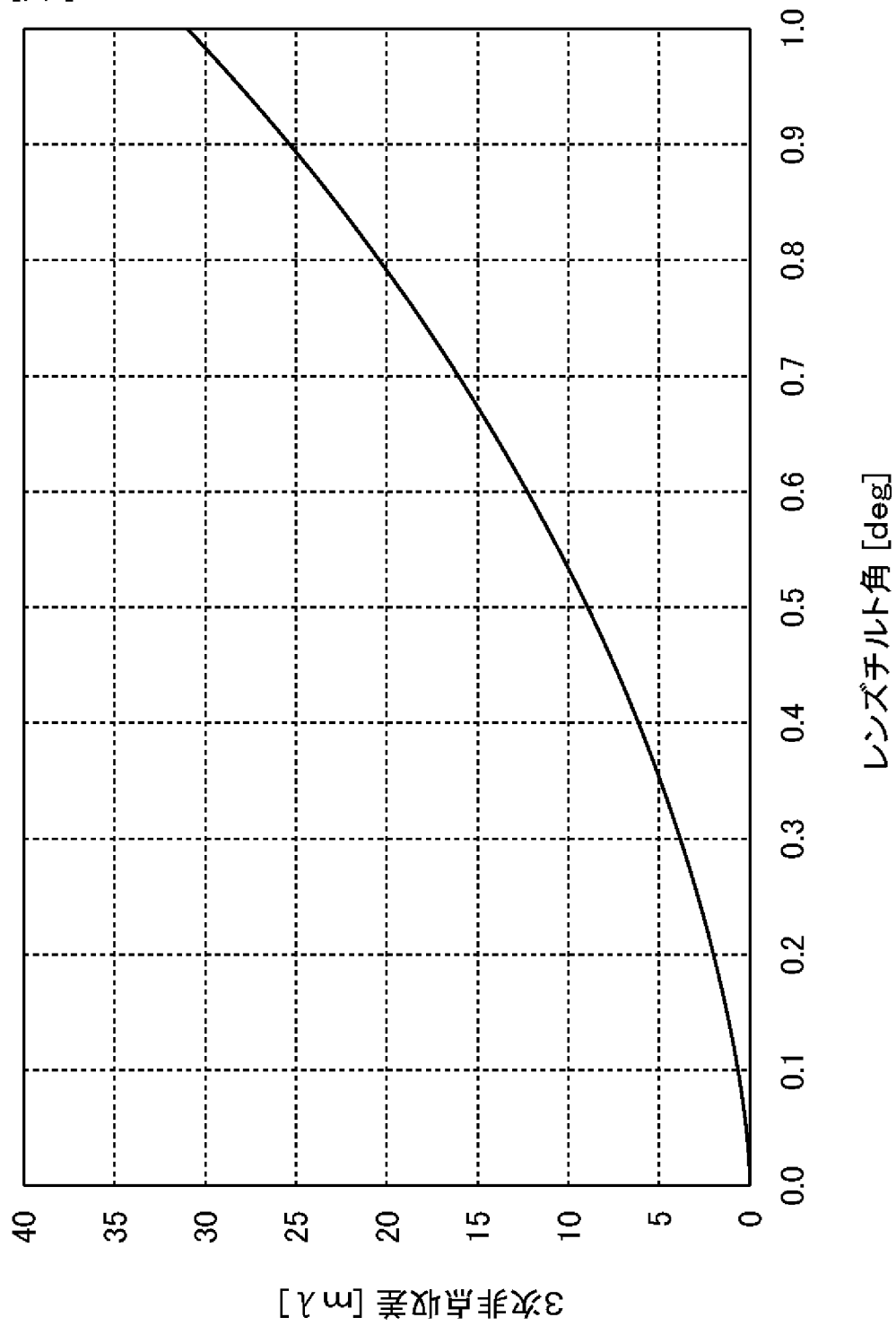
[図7]



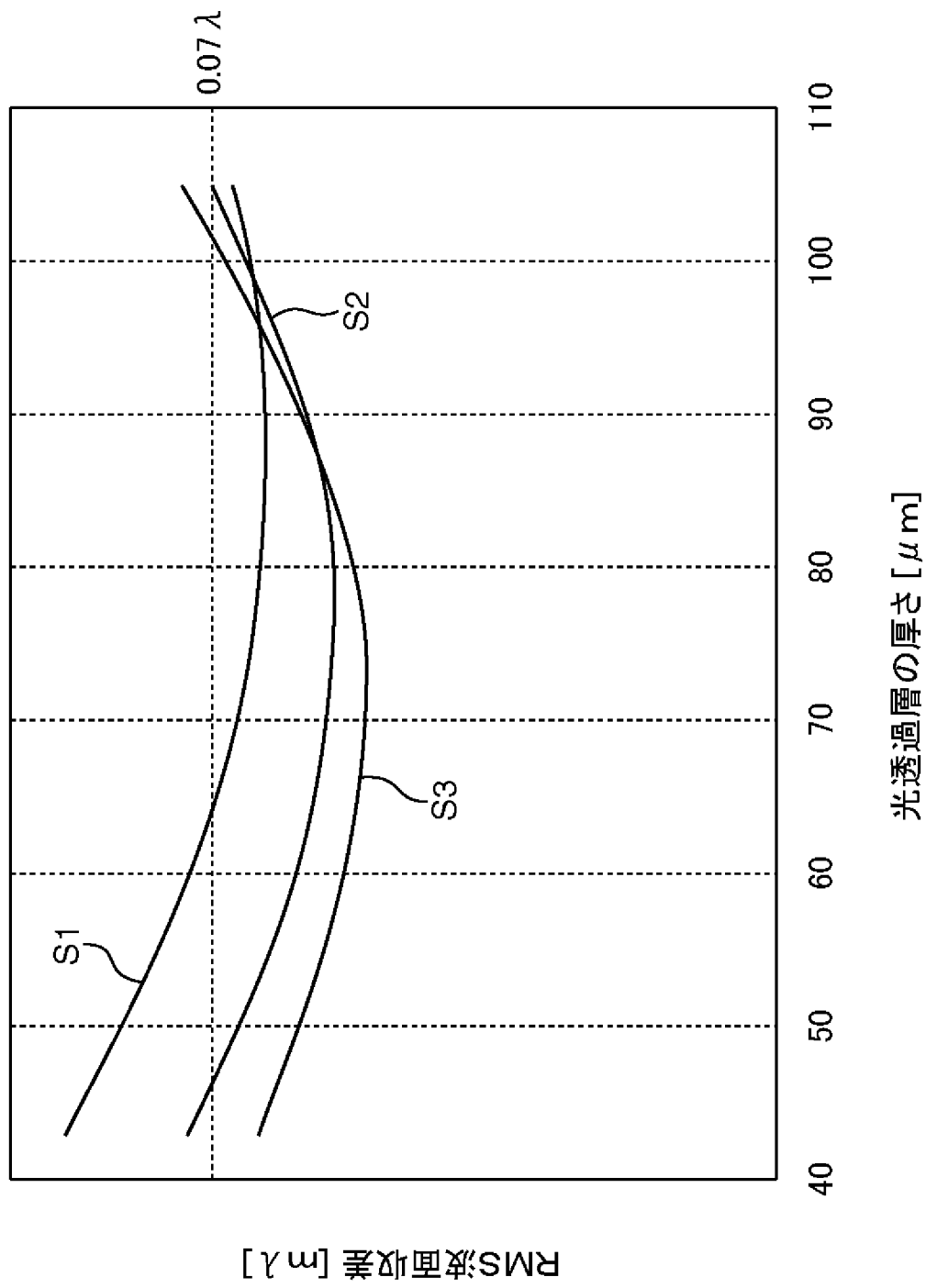
[図8]



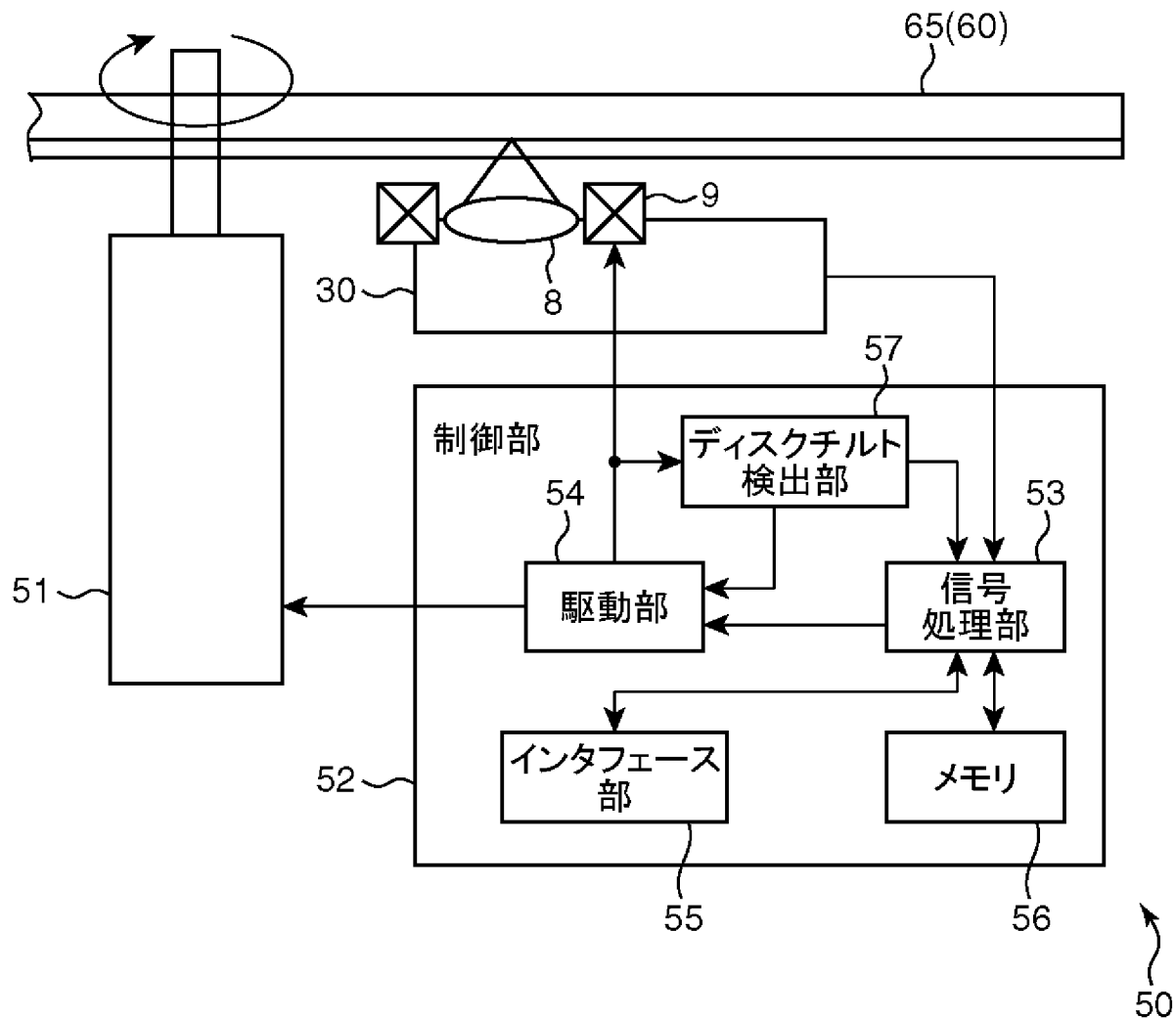
[図9]



[図10]

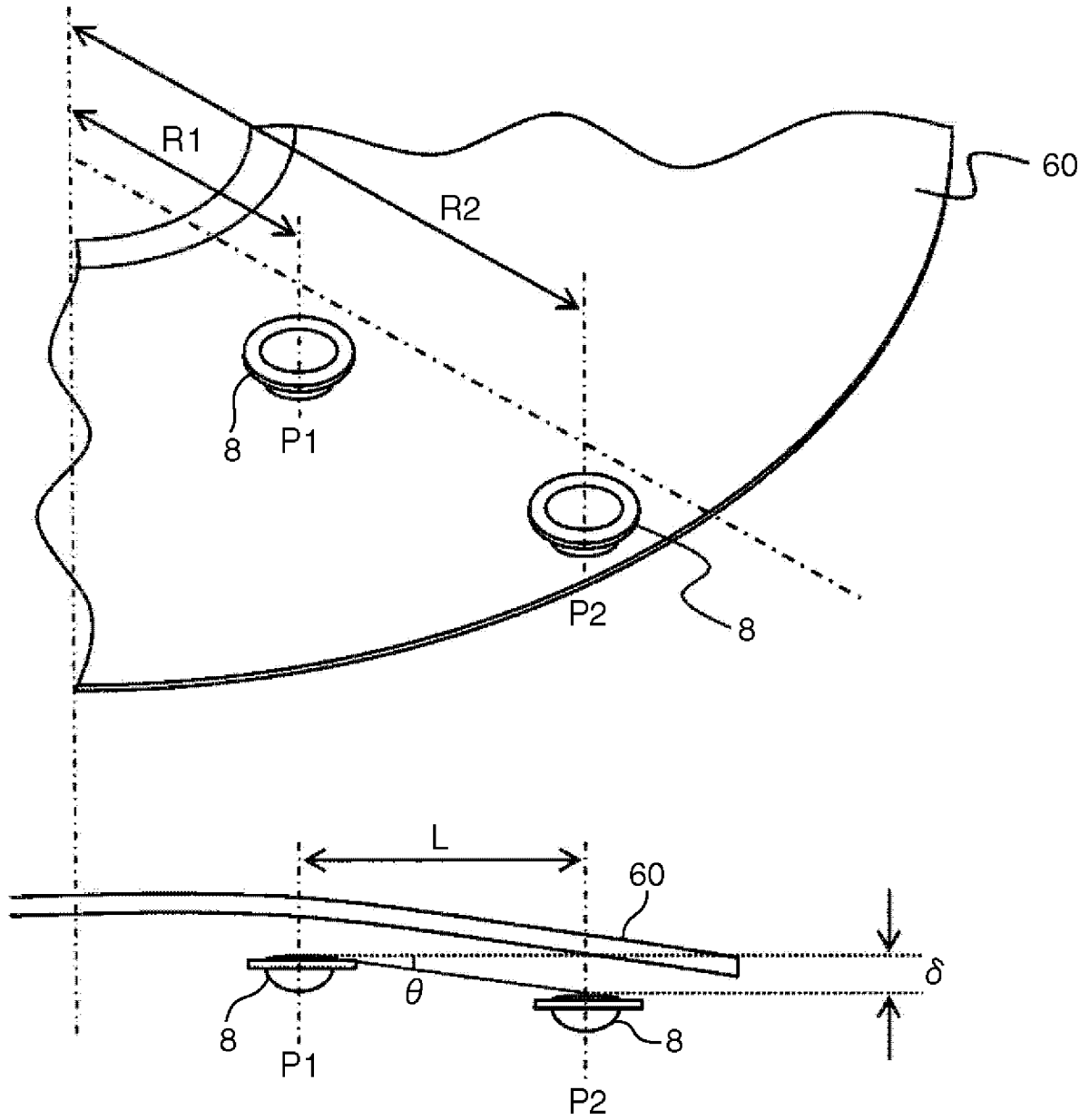


[図11]

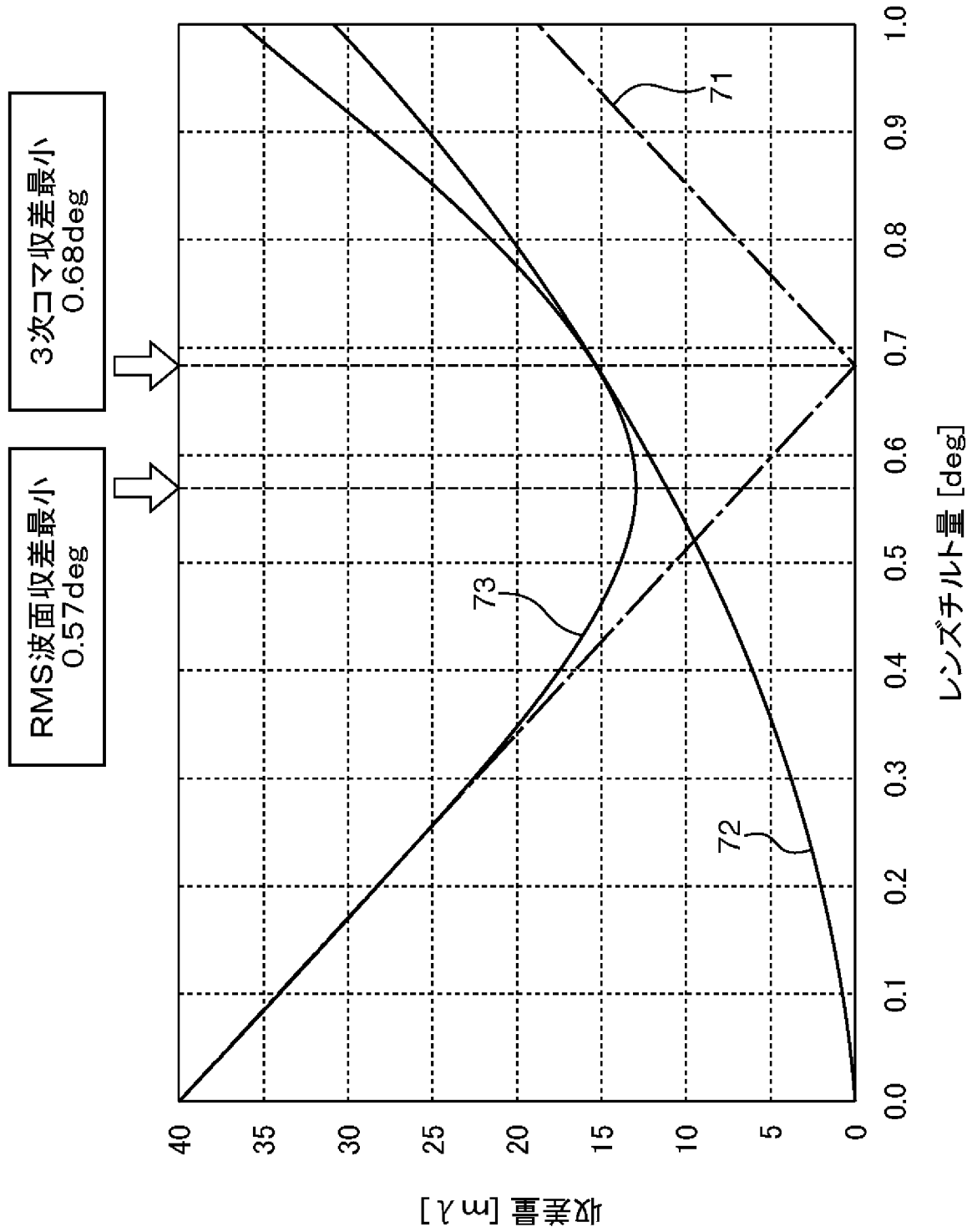




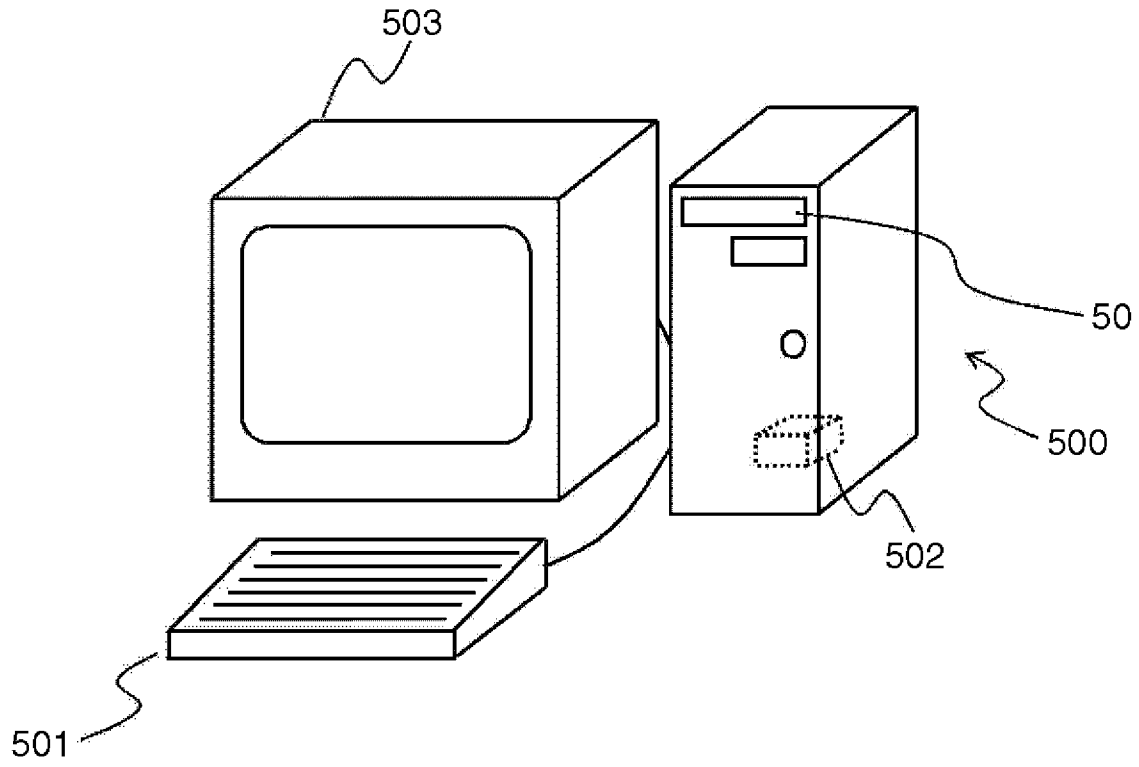
[図12]



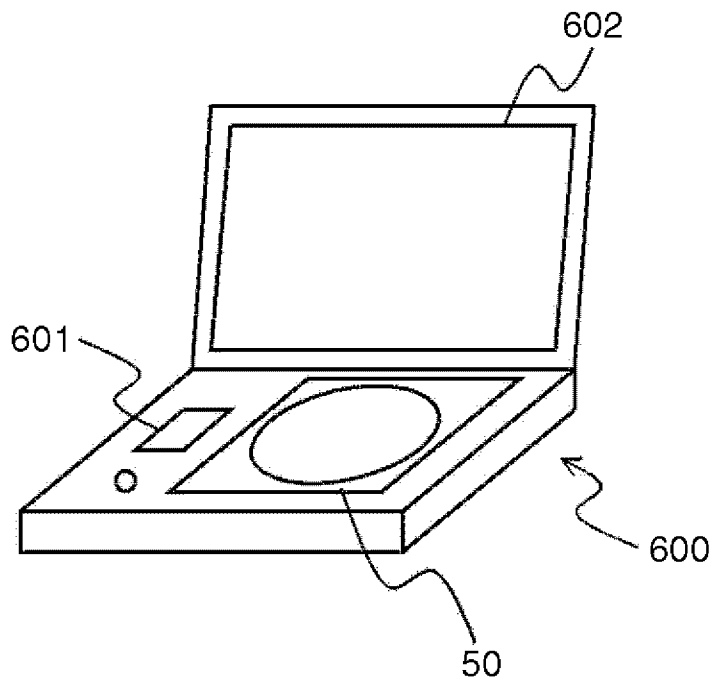
[図13]



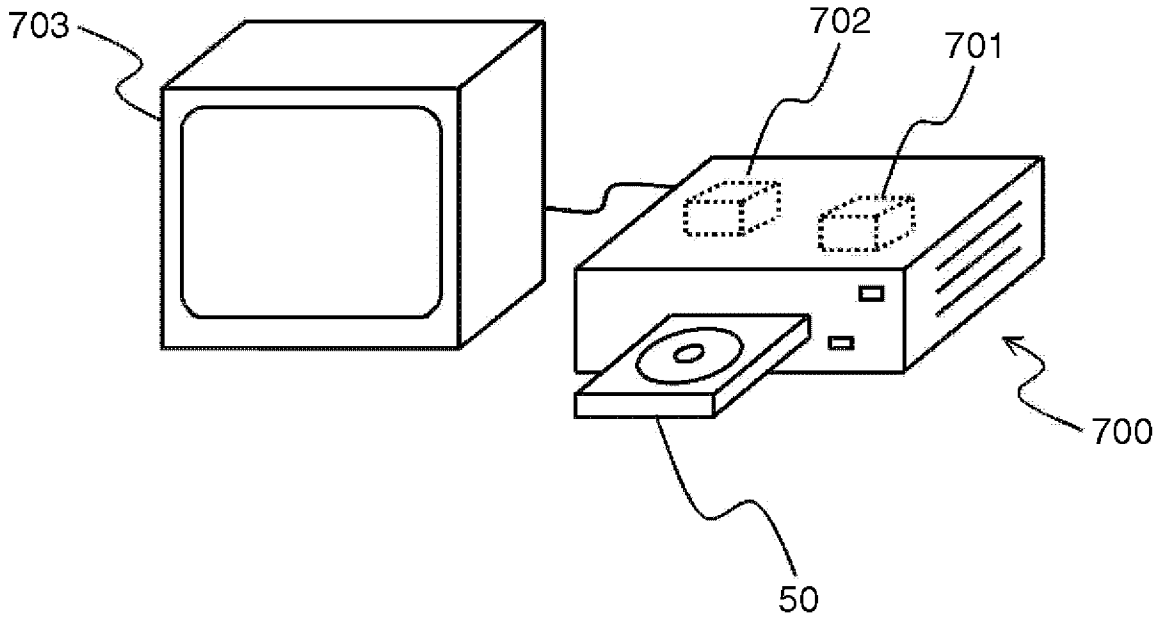
[図14]

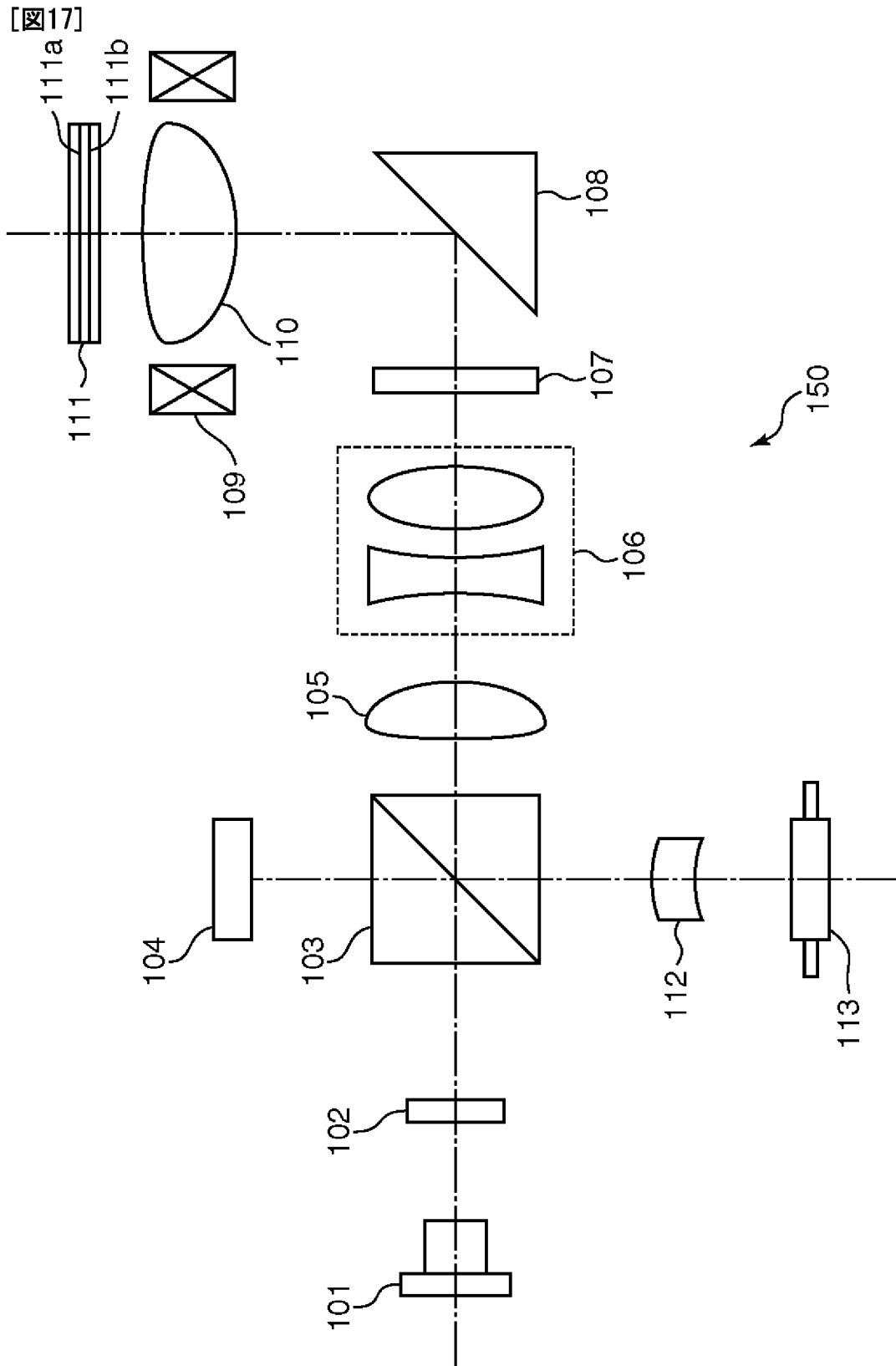


[図15]



[図16]





**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No. PCT/JP2009/003687
--

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
G11B7/095(2006.01)i, 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)  
G11B7/095, G11B7/135

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.
A	WO 2003/075266 A1 (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 12 September 2003 (12.09.2003), pages 19 to 25; fig. 2 to 3 & JP 4256788 B & US 2005/0078574 A1 & EP 1482491 A1 & CN 1623191 A	1-16
A	JP 2004-281035 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 07 October 2004 (07.10.2004), paragraph [0060] & US 2004/0190400 A1 & CN 1551143 A	1-16
A	JP 2005-209283 A (Ricoh Co., Ltd.), 04 August 2005 (04.08.2005), entire text & US 2005/0243674 A1	1-16

Further documents are listed in the continuation of Box C.  See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“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
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“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
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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
“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)	“&” document member of the same patent family
“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	

Date of the actual completion of the international search 20 October, 2009 (20.10.09)	Date of mailing of the international search report 27 October, 2009 (27.10.09)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2009/003687

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-228273 A (Ricoh Co., Ltd.), 31 August 2006 (31.08.2006), entire text (Family: none)	1-16

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. G11B7/095(2006.01)i, 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. G11B7/095, G11B7/135

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
A	WO 2003/075266 A1 (松下電器産業株式会社) 2003.09.12, 第19-25頁、第2-3図 & JP 4256788 B & US 2005/0078574 A1 & EP 1482491 A1 & CN 1623191 A	1-16
A	JP 2004-281035 A (松下電器産業株式会社) 2004.10.07, 段落【0060】 & US 2004/0190400 A1 & CN 1551143 A	1-16
A	JP 2005-209283 A (株式会社リコー) 2005.08.04, 全文 & US 2005/0243674 A1	1-16

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。

<p>* 引用文献のカテゴリー                  「A」特に関連のある文献ではなく、一般的な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</p>	<p>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                  「&amp;」同一パテントファミリー文献</p>
--	---

国際調査を完了した日 20.10.2009	国際調査報告の発送日 27.10.2009
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) 中野 浩昌 電話番号 03-3581-1101 内線 3551

5D 3867



C (続き) . 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 2006-228273 A (株式会社リコー) 2006.08.31, 全文 (ファミリーなし)	1-16