

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3858523号  
(P3858523)

(45) 発行日 平成18年12月13日(2006.12.13)

(24) 登録日 平成18年9月29日(2006.9.29)

(51) Int.C1.

F 1

G 02 B 3/00 (2006.01)  
G 11 B 7/135 (2006.01)G 02 B 3/00  
G 11 B 7/135

A

請求項の数 7 (全 23 頁)

(21) 出願番号

特願平11-211725

(22) 出願日

平成11年7月27日(1999.7.27)

(65) 公開番号

特開2001-42103 (P2001-42103A)

(43) 公開日

平成13年2月16日(2001.2.16)

審査請求日

平成15年4月16日(2003.4.16)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号

(74) 代理人 100100310

弁理士 井上 学

(72) 発明者 島野 健

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

審査官 川俣 洋史

(56) 参考文献 特開平11-23819 (JP, A)  
特開平11-287948 (JP, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】対物レンズ

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

複数種類の半導体レーザからの異なる波長の光を  
 それぞれ異なる厚みの透明基板ごとに集光する対物レンズにおいて、  
 入射面が、  
 前記半導体レーザの何れの波長の光に対しても位相差を生じさせる複数の段差によって、  
 光軸から順に、  
 光軸を含む円形突出領域と、  
 輪帯領域と、  
 唯一の輪帯陥没領域と、  
 を有する  
 厚い基板に対応する内側領域と、  
 内側領域よりも薄い基板に対応する外側領域とを、  
 有するように、  
 同心円状に、区画されており、  
 前記外側領域と、前記内側領域とにおいて、  
 それぞれ、互いに異なる非球面形状の輪帯を有することを特徴とする対物レンズ。

## 【請求項2】

前記円形突出領域及び前記輪帯陥没領域の段差は、波面収差が零に近づくように、その深 20

さがそれぞれ調整されていることを特徴とする請求項1記載の対物レンズ。

【請求項3】

前記円形突出領域が一段の段差をもって突出したことを特徴とする請求項1記載の対物レンズ。

【請求項4】

前記輪帯陥没領域が一段の段差をもって陥没したことを特徴とする請求項1記載の対物レンズ。

【請求項5】

前記輪帯領域が、ひとつの面の輪帯からなることを特徴とする請求項1記載の対物レンズ。

10

【請求項6】

前記円形突出領域、前記輪帯領域及び前記輪帯陥没領域は、互いに隣り合う同方向の複数の段差により区画されていることを特徴とする請求項1記載の対物レンズ。

【請求項7】

前記輪帯陥没領域の外側の段差は内側の段差より深く設定されていることを特徴とする請求項1記載の対物レンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、対物レンズに係り、特に基板厚さの異なる光ディスクの互換再生に関する。

20

【0002】

【従来の技術】

近年、光ディスクは高密度化の一途をたどり、民生用再生専用光ディスクである0.65GBのCD-ROMに対して4.7GBのDVD-ROMが発売されている。ところがDVDとCDでは基板の厚さが異なり、DVDでは0.6mm、CDでは1.2mmである。このような違いは、記録密度の向上の目的で対物レンズの集光力の指標であるレンズの集光角度のsin値、すなわち開口数(NA)を、DVDでは、CDの0.45より大きい0.6としたため、ディスク傾きなどによる収差の発生を抑えたことによる。DVDドライブ装置においてはCDの再生が必須と考えられ、このようなディスク基板厚さの違いは対物レンズの対応基板厚の選択において問題となる。

30

【0003】

まずこの対応基板厚の意味について説明する。光ディスクでは通常、ほこりなどにより記録情報の再生ができなくなることを防ぐため、記録面をつけたポリカーボネートなどの透明基板の裏側から基板越しに記録膜面に光を集光して再生している。このようにすると例えば基板厚さ0.6mmのDVDの場合、基板の表面での光スポットは0.5mm程度になり、0.1mm以下程度の大きさのほこりであれば読み取りにあまり影響を及ぼさない。これにより光ディスクでは磁気ディスクと異なり、ユーザが自分でディスクを交換して再生することができている。ところがこのように基板越しに光を集光する場合、対物レンズはその基板厚さに合わせた形状とする必要がある。例えば理想的に集光されている光束中に、ある厚さを持った透明基板を挿入すると、基板に対して垂直に入射する光線と、斜めに入射する光線では、当然ながら後者の方が基板中の光路が長くなる。このような光路差が収差と呼ばれていて、光が絞れなくなる原因となる。ところがこのような収差は、あらかじめ挿入される基板の厚さがわかっているれば、レンズの形状によって補償することが可能である。したがって光ディスク装置の光ヘッドでは、通常再生する光ディスクの基板厚を特定して、それに対応した対物レンズを用いる。以上のように対応基板厚とは、ある対物レンズによる集光光束中に挿入して収差を生じることなく、光を理想的に集光できる基板の厚さである。

40

【0004】

このように通常の個々の光ディスク用対物レンズには対応基板厚が決まっているため、DVDとCDとの互換再生において問題となっていた。

50

## 【0005】

これに対して例えば特開平6-124477号では、液晶を用いてCD再生においては開口を制限して収差の大きい周辺部を遮光することにより、DVD用レンズによるCD再生における基板厚誤差による収差を低減していた。基板厚誤差によって生じる収差は球面収差と呼ばれ、NAの4乗に比例して増大する。したがって開口によりNAを小さくすると収差も低減する。一方、DVD再生では遮光しないように開口の有り無しをきりかえて用いる。ここで本従来例はDVD用の再生波長である650nmによりCDを再生することを意図している。つまり従来のCDに用いられていた波長780nmよりも波長が短かい。集光スポット径は波長を  $\lambda$  とすると  $\lambda/NA$  に比例するため、波長が短いと必要なNAも小さくできる。したがって結果的にCD再生を650nmで行なうことで開口のNAを0.45より小さくでき、これによって従来例では必要な収差低減効果を得ていた。ところが従来例には、CDと互換性があり、最近普及の著しい書き込み可能なCD-R(CD-Recordable)の再生には対応できないという問題点がある。というのはCD-Rは記録膜に780nmでのみ十分な反射率を有する色素媒体を用いており、DVD再生波長650nmでは反射率が低下し、信号再生ができないからである。CD-Rを再生するには780nmの光源を別途、光ヘッドに搭載する必要がある。このとき波長は従来のCDと同じになるため制限開口のNAは従来の0.45以上にする必要があり、十分な収差の低減効果が得られなくなる。

## 【0006】

また他の従来例として特開平9-237431号では、輪帯状領域の光を遮蔽する方法が述べられている。ここではDVD用レンズでCDを再生するときに収差が大きく変化し始める輪帯領域の光を遮蔽することにより、CD再生の光スポットを直接劣化させる領域のみ除去する方法である。というのは収差が非常に大きく、波面の傾きが大きい領域の光線は波面の垂直方向に進行するため、焦点の位置から大きくはずれて散逸し、実質スポット性能に影響を及ぼさないからである。DVD再生においては輪帯状の遮光領域より内側と外側の光は実質上収差なく集光される。このとき輪帯状遮蔽領域の光はDVD再生でも遮光されるが、その領域を許容範囲に狭くすることにより、液晶のような素子を用いることなく、実質上同等の効果を得ることができる。ところが逆に実質上開口を制限するのと等価であるため、これも780nmによるCD-R再生には対応できないという問題点がある。

## 【0007】

またさらに従来の他の技術が、特開平8-55363号に記載されている。ここでは基板厚さの異なる2種類の光ディスクを異なる波長の光源でそれぞれ再生し、2つの半導体レーザのレンズからの距離を変えることで対物レンズに入射する光の発散または収束の状態をずらし、これによって基板厚さずれによる球面収差を補償する方法が述べられている。この方法を用いればCD再生に780nm、DVD再生に650nmの半導体レーザを用いて、1つの対物レンズでDVDとCDの互換再生ができる、合わせてCD-Rの再生も可能である。ところがこのように2つの光源の位置を異ならせると、半導体レーザと対物レンズとの相対的な位置ずれの許容範囲が狭くなることが知られている。というのは対物レンズの設計において、入射光の入射角がずれてもコマ収差が急激に発生しない条件として正弦条件とよばれる条件が存在するが、これは特定の物像間距離でのみ成立し、2種類の物像間距離の両立は不可能であるからである。すなわち例えば波長650nmの半導体レーザの配置で正弦条件を満たすと、780nmの半導体レーザの配置ではこれを満たすことができない。この場合たとえばディスクが偏心して回転していると、トラッキング制御のときに対物レンズがそれに追随して移動することになり、半導体レーザとの相対位置がずれて急激に収差が発生してしまう。

## 【0008】

従来のさらに他の技術は、例えば本発明者らによる特開平10-255305号に記載されている。ここでは図1に示すように、対物レンズ1の対応基板厚が内側領域11で0.76mm、外側領域12で0.6mmのレンズに、輪帯溝状の凹部で形成された輪帯位

10

20

30

40

50

相シフタ13が作られている。輪帯位相シフト領域の対応基板厚は内側領域と同じ0.76mmとなっている。ここではCDとDVDの対応基板厚の両立のため、レンズの光軸に近い中央部分の領域のみ対応基板厚を、DVDにおける0.6mmからややCDの1.2mmに近づけた0.76mmにしてCD再生において中心領域で発生する収差を低減し、さらに残留する収差を低減し、基板厚誤差でDVD再生において発生する収差をも低減するため、輪帯位相シフタ13を用いている。なお、この対物レンズは650nmの光も、780nmの光も平行光として対物レンズに入射させることを想定しており、上記の従来例にあるような対物レンズずれによってどちらかの波長の光が急激に増大することがないという利点がある。

## 【0009】

10

図2は従来例におけるDVD再生時とCD再生時の波面収差の計算値である。ここで波面収差とは光源である半導体レーザから、対物レンズまでの光路長の誤差をレンズの有効光束(瞳)における光線位置について表したものである。ただし図2においては収差が±0.5を越える範囲は実質的に等しい位相値である±0.5の範囲に折りたたんで表示している。輪帯位相シフタの位相シフト量はCD再生において-1.76としている。ここで負の位相シフトは光路長が短くなることを意味し、段差が凹であることを示す。するとCDでは実質、この小数点以下の位相シフト量が±0.5の範囲となるように2を加算した0.24の正の位相シフトが加わることになる。一方DVD再生では屈折率が波長780nmで1.583、650nmで1.586として、 $-1.76 / (1.583 - 1) \times 780 / 650 \times (1.586 - 1) = -2.12$ となる。これについても位相シフト量が±0.5の範囲となるように2を加算すると-0.12となり、図2に示すような負の位相シフトが加わることになる。このような効果はそれぞれの波長で要求される位相シフトの符号が決まっているため、輪帯位相シフタが凹の場合と凸の場合で等価でない。たとえば凸の位相シフタで上記とほぼ同等の位相シフト量を実現するためには、CDの位相シフト量を+3.24として、 $3.24 / (1.583 - 1) \times 780 / 650 \times (1.586 - 1) = 3.91$ となり位相シフト量が±0.5の範囲となるように4を減算して-0.09となる。ところがこのように整数部を含めた位相シフトの絶対値が大きくなると、段差が深くなり加工が難しくなるばかりか、温度変動による波長ずれなどによる位相シフト量の誤差がほぼ整数部に比例して増大する。したがってここでは段差は凹とするのが望ましい。以上のようにして図2のように得られた波面収差については、マレシャルの基準によれば光スポットが良好に集光されるには、例えばRMS値が0.07(は光波長)以下であることが必要である。これに対してDVD再生においてはRMS波面収差0.02となり良好な性能を有している。CD再生においては、波面収差が周辺部分で非常に大きくなっているものの、設計上有効なNAの範囲においては上記基準を満たしている。周辺部の収差の大きい光は波面の傾斜が非常に大きいため容易に散逸し、実質的に中心部分のみによる光スポットへの影響はない。このようにしてDVD、CD、CD-R再生において、互換再生が実現できた。

## 【0010】

30

## 【発明が解決しようとする課題】

40

輪帯位相シフタを対物レンズに一体成形する上記従来例においては、CD-Rの再生のみに対応し、CD-R記録装置では収差の低減が十分でないという問題点があった。というのはCD-R記録装置ではCDの記録情報ピットと同等の記録マークを高精度に記録するため、再生のNAより大きいNA0.5の対物レンズを用いているからである。上記従来例はCD-Rについても再生しか考慮していないため、波長780nmでNA0.45のCD-ROM光ピックアップと同等の光スポットしか形成できない。したがってNA0.5の範囲においては収差が増大して、CD-R記録に対応できない。

## 【0011】

上記問題点に鑑み、本発明において解決すべき課題は、DVD再生とCD-R記録を両立する対物レンズを実現することである。

## 【0012】

50

**【課題を解決するための手段】**

上記課題を解決するため、少なくとも2面の屈折面を有する上記従来例における対物レンズにおいて、2面の少なくとも一方に、レンズの光軸付近の円形領域が段差を持って突出させる。すなわち輪帯陥没領域である輪帯位相シフタとシフト方向が反転した円形突出領域である円形位相シフタを付加する。このようにすると図2における中心領域の波面収差の凹凸を軽減し、RMS波面収差を低減でき、CD再生における有効光束を拡張し、CD-R記録に必要な光スポット性能を実現できる。

**【0013】**

またこのとき、上記従来例において述べたように、少なくともこの円形突出領域は、最適基板厚をDVD基板厚0.6mmより、CD基板厚1.2mmに近い基板厚さとしておく。すなわちこの領域のみについて言えば、基板厚が0.6mmの光ディスクを再生する場合よりも、基板厚が0.6mmより厚い光ディスクを再生するときの方が収差が小さくなる。また同時に輪帯陥没領域より外側の領域においては、DVDに対して最適なように対応基板厚を0.6mmとしておく。すなわち基板厚が0.6mmの光ディスクを再生するときが最も収差の小さい形状とする。

**【0014】**

さらに具体的には、全有効光束径に対する上記円形突出領域への入射光束径比をR1、前記輪帯陥没領域の内径にかかる光束径比をR2、前記輪帯陥没領域の外径にかかる光束径比をR3とするとき、

$$\begin{array}{ccccccc} 0.22 & R1 & 0.35 & , & 0.40 & R2 & 0.50 \\ & R2 & R3 & & & & \end{array}$$

を満たすようにすると効果がある。

**【0015】**

またこのような対物レンズにおいて少なくとも内側の円形突出領域におけるもっとも収差の小さくなる基板厚さが0.74mm以上0.85mm以下となるようにすると、より効果が大きい。

**【0016】**

またこのような対物レンズを、少なくとも2つの波長の半導体レーザ、およびレンズやプリズム、ミラー、光検出器などと一体として光ヘッドを構成することにより、初めてDVD再生とCD-R記録の両立が可能な光ヘッドとなる。

**【0017】**

さらにこのような2波長の光源を搭載した光ヘッドに用いる対物レンズにおいて、上記円形突出領域、および輪帯陥没領域における段差によって生じる光路長差がそれぞれ1および2、2つの波長のうち長い波長、すなわちCD再生波長を1とするとき、1.67

$$1 \quad 1 \quad 1.87 \quad 1, -1.87 \quad 1 \quad 2 \quad -1.67 \quad 1$$

を満たすようにすると効果がある。

**【0018】**

このとき同時に2つの波長のうち短い波長、すなわちDVD再生波長を2とするとき、2.00 2 1 2.24 2, -2.24 2 2 -2.00 2を満たすようになる。

**【0019】**

またこれらの段差を有する対物レンズと、少なくとも2つの波長の半導体レーザ、およびレンズやプリズム、ミラー、光検出器などと一体として光ヘッドを構成することにより、初めてDVD再生とCD-R記録の両立が可能な光ヘッドとなる。

**【0020】**

またこのような光ヘッドを、少なくとも2種類の基板厚さの光ディスクとともに再生または記録再生できるような機構、および制御回路、などを一体として光ディスク装置を形成することにより初めてDVD再生とCD-R記録の両立が可能な光ディスク装置となる。

**【0021】**

10

30

40

50

### 【発明の実施の形態】

以下、図を用いて本発明の実施の形態を説明する。

#### 【0022】

図3は本発明による対物レンズ3の概略形状を示す図である。ここでは図1に示した対物レンズと同様にして輪帯陥没領域である輪帯位相シフタ31を含む中心領域の最適基板厚をd1とし、それよりも外側の領域の最適基板厚をd2としている。d2についてはDVD、CD、CD-Rの互換再生のためには0.6mmとすればよい。DVD再生、およびCD再生におけるこの基板厚誤差による収差を、少ない位相シフトの絶対値とともに低減するため、輪帯陥没領域である輪帯位相シフタ31は前記従来例と同様、凹状の溝で構成されている。さらに本発明においては、輪帯陥没領域である輪帯位相シフタ31の内側に凸状の円形突出領域である円形位相シフタ32が付加されている。これによりCD再生、DVD再生における収差をさらに低減することをねらっている。  
10

#### 【0023】

図4はCD再生時における有効NAに対して、DVDでの再生波面収差許容値を変えて、前記従来例において述べた輪帯位相シフタを用いた方法と、今回の新しい形状における設計での規格化中心強度を示したグラフである。CDの再生波長は0.785μm、DVDの再生波長は0.655μm、DVD再生NAは0.6、基板厚はCD1.2mm、DVD0.6mmである。また最適化にあたっては円形突出領域と輪帯陥没領域での位相差の絶対値は等しく、円形突出領域では正（光路長増）、輪帯陥没領域では負の位相シフト（光路長減）を与える、最適基板厚の変化の境界は輪帯陥没領域の外径と一致させている。  
20ここで規格化中心強度とは前記従来例、特開平10-255305において述べたように、有効NAの範囲内に入射する一様な強度の総光量に対して集光スポットの中心強度の比を示しており、いわゆるストレール強度に全NAに対する有効NAの比の2乗をかけたものである。ストレール強度はRMS波面収差をWrms、波長をλとするとき、 $1 - (2 Wrms / \lambda)^2$ に相当し、収差の許容範囲の基準であるマレシャルの基準では、ストレール強度0.8以上、すなわちWrms<0.07以下が必要であると言われている。しかしながら収差がある場合に最適な制限開口のNAを決めるには、単なるストレール強度では評価指標としては適切でない。なぜならストレール強度はNAを固定したときの収差の評価基準であって、この場合のようにNAの異なる光スポットの良否は評価できないからである。NAが大きいほど、収差がない場合の光スポットは小さくなるので、ベースとなる光スポットは小さくなるが、収差はNAが大きいほど大きくなるのでスポットの劣化はより顕著になる。したがって収差とNAのバランスで最適なNAがあるはずであり、その評価指標としてここでは上記の規格化中心強度を用いている。たとえばNA0.6で無収差の規格化中心強度は1、無収差のCD-R記録用光スポットは、NA0.5で無収差であるからその規格化中心強度は $(0.5 / 0.6)^2 = 0.694$ である。CD-R記録用光スポットでマレシャル基準の収差がある場合にはこの0.8倍であり、0.556となる。したがって収差がある光スポットでは規格化中心強度が0.556以上である必要がある。図4においてはこの無収差のCD-R記録スポットのレベルを太い実線で、マレシャル基準を破線で示している。設計値の曲線は大きく2組あり、1組はピークにおいても破線を越えないのに対して、もう1組はNA0.48から0.53位の範囲において破線を越えている。前者が従来設計による値であり、後者が本発明による新しい設計法による計算結果である。それぞれ複数の曲線があるのは、DVD再生において許容するRMS収差の値を変えたものであり、それぞれ上から0.029、0.025、0.021  
30

である。この程度の値はマレシャル基準に比べて十分小さく、設計上の残存収差としても許容できる。また当然ながらDVDの許容収差値が大きいほどCD再生スポットの品質が向上し、規格化中心強度が大きくなる。このように本発明においてはCD用光スポットの有効NAを約0.51にすれば、CD-R記録用光スポットのマレシャル基準を上まわる光スポットが実現できることがわかる。

#### 【0024】

図5は図4の新しい形状の設計における、内側円形突出領域、輪帯陥没領域内径、輪帯

10

20

30

40

50

陥没領域外径の設計値を示したものであり、縦軸はNA値で領域境界を示している。それ图4におけるDVD再生での異なる許容収差値での設計値を重ねて表示している。これによれば領域境界位置はDVD再生での許容収差値にはほとんど依存していないことがわかる。マレシャル条件以上の範囲となるこれらの値は、内側円形突出領域はNA値で約0.14～約0.20、輪帯陥没内側は約0.25～約0.29、輪帯陥没外径は約0.45～約0.49の範囲となっている。NA0.42以下で輪帯陥没内径と外径が一致しているのは、輪帯陥没領域が存在しない方が規格化中心強度が高いことを示しており、その場合の数値は有効NAと一致した値を表示している。

#### 【0025】

图6は图4の本発明での設計における、輪帯陥没部の位相シフト量を示している。なお、すでに述べたように円形突出領域での位相シフト量は輪帯陥没領域と絶対値を等しく、符号を反転させている。これによれば位相シフト量はDVD再生時の許容収差量によって異なり、0.021から0.029の範囲においては、位相シフト量はCD再生波長0.785μmをとして約-1.81～約-1.74の範囲でマレシャル条件を上回る。

#### 【0026】

图7は图4の本発明での設計における、内側領域の最適基板厚を示している。ここですでに述べたように最適基板厚変化の境界は輪帯陥没領域の外径に一致させている。これによれば内側最適基板厚はDVD再生時の許容収差量によって異なり、0.021から0.029の範囲においては、約0.85～0.74mmの範囲であることがわかる。DVDの許容収差が大きいほどCDに適した形状が許容されるため、内側最適基板厚は1.2mmに近づいている。またCD再生の有効NAが小さいほど、CD用の領域が狭くなるため、内側基板厚は1.2mmに近い値が許容される方向となっている。

#### 【0027】

图8は图4におけるDVD波面収差許容値0.029のときのおそらく最も規格化中心強度の高い結果を探索した設計例における波面収差形状である。このときCDの有効NAは0.509であった。图2に比べて段差部が増えているものの、CDにおける収差の低い領域が拡大していることがわかる。このとき内側最適基板厚は0.81mm、CDにおける位相シフト量は円形突出領域の位相シフタで1.781、輪帯陥没領域の位相シフタで-1.781、DVDにおける位相シフト量は円形突出領域の位相シフタで2.134、輪帯陥没領域の位相シフタで-2.134である。これらは小数点以下が±0.5以下になるように整数部に2を加算または減算すると、円形突出領域の位相シフタで-0.219、輪帯陥没領域の位相シフタで0.219、DVDにおける位相シフト量は円形突出領域の位相シフタで0.134、輪帯陥没領域の位相シフタで-0.134である。グラフでは実質的にこの値が位相シフトに作用している。また境界部のNAは円形突出領域の位相シフタ外縁部が0.182、輪帯陥没領域の位相シフタ内径部が0.275、輪帯陥没領域の位相シフタ外縁部が0.475、CD-R記録NAが0.509である。

#### 【0028】

图9はDVDの波面収差を图8の実施例よりやや改善させることを意図し、图4でのDVD許容波面収差0.025のときのCD再生での規格化中心強度の最大値を探索した結果得られた設計例における波面収差形状である。このとき内側最適基板厚は0.78mm、CDにおける位相シフト量は円形突出領域の位相シフタで1.78、輪帯陥没領域の位相シフタで-1.78、DVDにおける位相シフト量は円形突出領域の位相シフタで2.133、輪帯陥没領域の位相シフタで-2.133である。これらは小数点以下が±0.5以下になるように整数部に2を加算または減算すると、円形突出領域の位相シフタで-0.22、輪帯陥没領域の位相シフタで0.22、DVDにおける位相シフト量は円形突出領域の位相シフタで0.133、輪帯陥没領域の位相シフタで-0.133である。また境界部のNAは円形突出領域の位相シフタ外縁部が0.183、輪帯陥没領域の位相シフタ内径部が0.272、輪帯陥没領域の位相シフタ外縁部が0.509である。

475、CD-R記録NAが0.51である。

【0029】

図10にCD-R記録用の従来の光ヘッドにおけるディスク面上スポットプロファイルの計算結果を示す。ここで同じプロファイルに対して、左は鳥瞰図、右は等高線図である。なおここでは波長785nm、NA0.5、入射光のレンズエッジにおける強度(リム強度)は図中x側で0.76、y側で0.15として強度分布はガウス分布を仮定している。また等高線図の下の数値はスポット径とサイドロープ強度であり、WHXはx方向の半値全幅、WHYはy方向の半値全幅、WEXはx方向の $1/e^2$ の全幅、WEYはy方向の $1/e^2$ の全幅、SDXはx方向のサイドロープ強度の中心強度比、SDYはy方向のサイドロープ中心強度比である。スポット径の単位はすべてμmである。

10

【0030】

図11に、これに比較して例えば図8で示した波面収差形状を与える本発明による対物レンズのCD-R記録用スポットプロファイルを示す。ここでは集光のNAは0.6であり、収差の大きい周辺部分の光も合わせて計算している。リム強度は図10に対してNAの大きい分、低減している。これによればスポット径は若干増大しているものの、誤差は1%程度であってほとんどばらつきの範囲内であると考えられる。

【0031】

図12は同様にして、通常のDVD専用のレンズを用いて、波長655nmでDVDを再生するときの光スポットプロファイルの計算結果である。このとき対物レンズへの入射光の強度分布は、やはりガウス分布を仮定し、リム強度はx方向で0.57、y方向で0.49である。

20

【0032】

これに対して図13が図8に波面収差形状を示した本発明による対物レンズを用いて、波長655nmでDVDを再生するときの光スポットプロファイルの計算結果である。入射光の条件は図8と同一である。これについてはスポット径、サイドロープ強度ともほとんど図12と同等の光スポットが得られていることがわかる。

【0033】

図14は図10に示した通常のCD-R用対物レンズによる光スポットを用いて、CD-ROMを再生した場合の再生信号アイパターーンを計算したものである。これはCD-ROMのランダムなコードパターンについて、再生信号を再生クロックに同期させて重ねたもので、ちょうどオシロスコープにおいて再生信号の立ち上がりをトリガーとして同期をとって表示した信号に相当する。信号品質の評価指標は中央部の格子の交差部の幅であり、クロックとの時間方向のずれの標準偏差として表したジッタを格子の幅(検出窓幅)で規格化してパーセント表示した値を用いる。図14ではこの値が3.4%であった。ただし計算においては、隣接トラックのクロストーク、および最大反射光量に対して約1%のスライスレベルの変動を仮定している。通常、NA0.45のCD-ROM用光ヘッドの再生信号ジッタは理想状態で6~7%程度と考えられ、CD-R記録対応によりNAが0.5に増大した効果が表れていることがわかる。

30

【0034】

図15は図14と同様の計算を、図11に示した本発明による対物レンズによる光スポットを用いて行なったものである。ジッタは4.3%とやや増大しているが、NAが増大したことによる効果と比べれば十分無視できる。ただしここでは検出光はNA0.6の範囲をすべて受光することを前提としている。

40

【0035】

図16は図15と同様の計算を、検出光束のうち、収差が小さい中心部分のみ受光することを前提として、行なったものである。実際の光ヘッドにおいては周辺部分の光は、収差が急激に増大するため波面の傾斜が大きく、散逸して受光領域をはずれて受光されないと考えられる。このような影響を考慮しても、ジッタの値としてはほとんど変化がなく、本発明の対物レンズにおいては、特に開口を制限する液晶などのフィルタは不要であることがわかる。

50

## 【0036】

図17は図12に示した通常のDVD用対物レンズを用いた光スポットにより、DVD-ROMを再生した場合の再生信号アイパターの計算結果である。

CDに比べて光スポットの縮小効果以上に密度を増大させている影響から、ジッタはCDに比べて明らかに大きい。ジッタの計算値はこのとき7.6%であった。

## 【0037】

図18は図13に示した本発明による対物レンズを用いた光スポットにより、DVD-ROMを再生した場合の再生信号アイパターの計算結果である。図17のDVD専用レンズに比べてアイパターにはほとんど変化がなく、ジッタもわずかに増大しているのみであり、ほとんど影響は現れていないことがわかる。

10

## 【0038】

図19は図8、図9に示した設計例において、内側円形突出領域のみのNA値を変化させたときのCDでの規格化中心強度の変化を計算したものである。たとえばマレシャル条件までのマージンが半分になるまで劣化するずれを許容範囲と仮定すると、許容範囲はNA値で約±0.04であることがわかる。

## 【0039】

図20は図19と同様に、内側円形突出領域のみのNA値を変化させたとき、DVDの再生波面収差を計算した結果である。マレシャル条件が0.07であることを考慮すれば、図19におけるCDの規格化中心強度の劣化に比べ、ずれに対する許容範囲が広く、上記±0.03のずれによりほとんど影響がないことがわかる。

20

## 【0040】

図21は図8、図9に示した設計例において、輪帯陥没領域内径のみのNA値を変化させたときのCDでの規格化中心強度の変化を計算したものである。たとえばマレシャル条件までのマージンが半分になるまで劣化するずれを許容範囲と仮定すると、許容範囲はNA値で約±0.03であることがわかる。

## 【0041】

図22は図21と同様に、輪帯陥没領域内径のみのNA値を変化させたとき、DVDの再生波面収差を計算した結果である。マレシャル条件が0.07であることを考慮すれば、図19におけるCDの規格化中心強度の劣化に比べ、ずれに対する許容範囲が広く、上記±0.03のずれによりほとんど影響がないことがわかる。

30

## 【0042】

図23は図8、図9に示した設計例において、輪帯陥没領域外径のみのNA値を変化させたときのCDでの規格化中心強度の変化を計算したものである。たとえばマレシャル条件までのマージンが半分になるまで劣化するずれを許容範囲と仮定すると、許容範囲はNA値で約±0.02であることがわかる。

## 【0043】

図24は図23と同様に、輪帯陥没領域外径のみのNA値を変化させたとき、DVDの再生波面収差を計算した結果である。輪帯陥没領域外径については、円形突出領域径、輪帯陥没領域内径のずれの影響と異なり、輪帯陥没領域外径大きいほど収差は大きく、輪帯陥没領域外径が小さいほど小さくなっている。これは輪帯陥没領域外径が本実施例での設計においては最適基板厚変化の境界と一致させてているためである。つまり輪帯陥没領域外径が大きいとそれだけCDに最適な基板厚に近づけた領域が広くなるので、DVDの収差は大きくなる。しかしこれによれば上記に述べた±0.02のずれに対しても波面収差は0.04以下であり、問題はないことがわかる。

40

## 【0044】

図25は図8、図9に示した設計例において、円形突出領域の位相シフト誤差に対する、CD-R用光スポットの規格化中心強度を示す。たとえばマレシャル条件までのマージンが半分になるまで劣化するずれを許容範囲と仮定すると、円形突出領域の位相シフトずれの許容誤差は約±0.1であることがわかる。

## 【0045】

50

図26は図25と同様に、円形突出領域の位相シフトを変化させたとき、DVDの再生波面収差を計算した結果である。これについても上記の±0.1のずれに対して、DVDのRMS波面収差の劣化は0.01程度であり、ほとんど問題ないことがわかる。

#### 【0046】

図27は図8、図9に示した設計例において、輪帯陥没領域の位相シフト誤差に対する、CD-R用光スポットの規格化中心強度を示す。たとえばマレシャル条件までのマージンが半分になるまで劣化するずれを許容範囲と仮定すると、輪帯陥没領域の位相シフトずれの許容誤差は円形突出領域と同様に約±0.1であることがわかる。

#### 【0047】

図28は図27と同様に、輪帯陥没領域の位相シフトを変化させたとき、DVDの再生波面収差を計算した結果である。これについても上記の±0.1のずれに対して、DVDのRMS波面収差の劣化は0.01程度であり、ほとんど問題ないことがわかる。

10

#### 【0048】

また円形突出領域と輪帯陥没領域で位相差の絶対値を等しく、符号を反転させることを設計上仮定したものの、図25、26、27、28からわかるように、それぞれ単独の位相ずれを与えて、ほぼ設計形状で最適な値となっていたことがわかる。

#### 【0049】

図29は図8、図9に示した設計例において、内側最適基板厚を変えたときのCD-R用光スポットの規格化中心強度を示す。たとえばマレシャル条件までのマージンが半分になるまで劣化するずれを許容範囲と仮定すると、-0.05mmであることがわかる。基板厚が厚くなる方向については、よりCDの最適基板厚に近づく方向であるので、規格化中心強度はかえって大きくなる。

20

#### 【0050】

図30は図29と同様にして内側最適基板厚を変えたときの、DVD再生スポットのRMS波面収差の計算結果である。これについては図29と逆に基板厚が厚くなるとDVDの最適基板厚0.6mmからの差が大きくなる方向であるため、厚くなる方向で収差が大きくなっている。厚さが薄くなるとDVDの最適基板厚に近づくため、収差は小さくなる。これによればたとえばDVDのRMS波面収差を0.04程度を許容値とすれば+0.05mmであることがわかる。

#### 【0051】

30

図29、図30より内側最適基板厚の許容誤差は±0.05mm程度であることがわかる。

#### 【0052】

以上の最適形状の範囲、および誤差について図31にまとめた。図4、5、6、7に示したCDの有効NAに対する最適形状範囲の下限と上限を表の左側に示す。ここで下限、上限はCDでマレシャル条件を満たす有効NAの下限、および上限での設計値を示す。また図19から30に示した各パラメタの誤差の範囲を次の欄に示した。誤差はすでに述べたように、およそCD-R用光スポットのマレシャル基準までのマージンが半分に減少する範囲を示しており、DVDのRMS波面収差の増大はこの範囲でほぼ問題ないことを確認している。これらを合成したときの下限と上限を次の複合範囲の欄に示した。合成にあたってはこれらの広い方の範囲を選んでいる。したがって本発明が効果を発揮するためにとりうる各パラメタの範囲はこれらの範囲であることがわかる。

40

#### 【0053】

また図32は図8、図9に示した設計例において、CD用の光の波長を変えたときのCD-R用光スポットの規格化中心強度を示す。これによればたとえばマレシャル条件までのマージンが半分になるまで劣化するずれを許容範囲と仮定すると、本実施例の設計仕様値である785nmからのずれが±15nm程度であることがわかる。これは通常の半導体レーザの仕様値に比べてほぼ十分な範囲である。

#### 【0054】

図33はDVDの再生波長を変えたときの、DVDの再生波面収差を示している。これ

50

によればたとえば D V D での許容波面収差を 0 . 0 4 とすれば、本実施例の設計仕様値である 6 5 5 nm からのずれが  $\pm 1 5 \text{ nm}$  程度であることがわかる。これは上記と同様に通常の半導体レーザの仕様値に比べてほぼ十分な範囲である。

#### 【 0 0 5 5 】

図 3 4 は図 8 に示した設計仕様に対するレンズの実形状の実施例である。設計にあたっては松居吉哉「レンズ設計法」(共立出版、1989年、初版第7刷)にもとづき、まず D V D の仕様に合わせて基板厚 0 . 6 mm に対して 3 次の球面収差と画角に対する 3 次のコマ収差が同時に 0 となるように第 1 面の周辺領域形状および第 2 面の曲率、非球面係数、肉厚を決めた。このときにはまだ C D 再生や、位相シフタの影響は何ら考慮しない。次に図 8 に示した波面収差形状において、位相シフタの寄与を除いた部分が得られるように第 1 面の内側領域の形状を、やはりまだ位相シフタの影響はのぞいて設計する。10 最適基板厚が変化する境界における輪帯陥没領域の位相シフト以外の位相、および境界の内外での近軸焦点位置の違いを満たす条件のもとに、図 8 の仕様の内側最適基板厚の平行平板を挿入したときに、上記と同様にして 3 次の球面収差が 0 となるように、第 1 面内側突出領域の曲率と非球面係数、肉厚を決めた。さらこのこの形状に対して、図 8 に示した位相シフタを対物レンズの屈折率の値を考慮して段差の深さに換算し、指定された半径位置に設置する。このとき光線の進行方向を考慮して周辺部は段差の深さまたは方向を若干補正する。20 つまりレンズの光軸に対して平行に入射する入射光線も、光軸から離れた位置に入射する光線では第 1 面において斜めに屈折するため、そのような斜めの光線に対して所望の位相シフトを加えるためには実際上、光線の屈折方向にそって位相シフトを加えることが必要である。また本実施例においては第 1 面の内側領域の形状の計算においてコマ収差の影響を考慮していない。これを考慮するためには実際上、第 2 面にも内側領域を設ければよい。30 非球面対物レンズでは一般的に、球面収差と画角に対するコマ収差を同時に 0 とするには第 1 面、第 2 面の両面を非球面とすることが必要であり、内側最適基板厚において内側でも画角に対する 3 次のコマ収差係数を 0 とするにはやはり 2 面の専用の非球面が必要であることは必然である。したがって画角に対するコマ収差が問題となる場合には、両面で内側と外側で形状の異なるレンズとすればよい。図 3 4 では図中に示した第 1 面の面形状式において、第 1 面外側(第 1 A 面)、第 1 面内側(第 1 B 面)、第 2 面の、曲率  $r_{1A}$ 、 $r_{1B}$ 、 $r_{2A}$ 、 $r_{2B}$ 、4 次の非球面係数  $b_{1A}$ 、 $b_{1B}$ 、 $b_{2A}$ 、 $b_{2B}$ 、第 1 A 面と第 2 面の近軸での面間隔  $d_{1A}$ 、30 第 2 A 面と第 2 面の近軸での面間隔  $d_{1B}$ 、段差部の位相シフト以外の面不連続  $g$ 、位相シフト  $s_1$ 、 $s_2$ 、位相シフトの境界半径  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、レンズの有効口径  $R$ 、N A、などの計算結果を示している。

#### 【 0 0 5 6 】

図 3 5 は本発明による対物レンズを用いた光ヘッドの実施例である。波長 6 5 0 nm の D V D 用半導体レーザ 3 5 1 からの光はビームスプリッタ 3 5 2 により反射されて、コリメートレンズ 3 5 3 により平行光とされ、反射ミラー 3 5 4 により反射され、本発明による対物レンズ 3 5 5 により、基板厚さ 0 . 6 mm の D V D ディスク 3 5 6 の記録膜面に集光される。一方、波長 7 8 0 nm の C D 用半導体レーザ 3 5 7 からの光は、まず 3 ビーム方式によるトラッキング信号を得るために設置された回折格子 3 5 8 を透過し、ハーフミラー 3 5 9 の表面で反射され、ビームスプリッタ 3 5 2 を透過し、コリメートレンズにより平行光とされ、反射ミラー 3 5 4 を反射し、本発明による対物レンズ 3 5 5 により基板厚さ 1 . 2 mm の C D ディスク 3 5 1 0 の記録膜面に集光される。40 回折格子によるサブスポットは 0 次光に対してディスク半径方向に 1 / 2 トラックずれて配置されるように回折格子の光軸まわりの回転角度を調整しておく。なお C D のトラッキングはプッシュプル方式と呼ばれるトラッキングも規格上可能であり、これのみを用いる場合には回折格子は不要となる。なお反射ミラー 3 5 4 は図では便宜上、上方に反射する配置としているが、実際には紙面に垂直な方向に反射させるのが光ヘッドの配置上望ましい。このとき基板厚さの違いにより、記録膜面の位置は D V D ディスク 3 5 6 と C D ディスク 3 5 1 0 で、基板厚差  $\times$  (基板屈折率 - 1 )だけ光軸方向にずれている。基板屈折率は約 1 . 5 8 であるから、これは約 0 . 3 5 mm である。したがって対物レンズの表面からディスク基板表面ま50

での距離、すなわちワーキングディスタンスは0.25mmずれている。DVDおよびCDディスクを反射した光は同じ光路を戻り、まず対物レンズ355で再び平行光とされ、反射ミラー354を反射し、コリメートレンズ353で収束光となり、ビームスプリッタ352、ハーフミラー359を透過して光検出器3511に集光される。ここでハーフミラー359は平行平板で形成されており、収束光が透過する場合、非点収差を発生する。この非点収差を非点収差焦点ずれ検出方式に利用して、焦点ずれ信号を検出する。そのため光検出器3511の受光面は4分割された光検出領域を持ち、これらの演算により、焦点ずれ信号のみならず、トラッキング誤差信号も検出し、これらのスポット位置制御信号を、対物レンズ355を搭載した対物レンズアクチュエータ3512の駆動信号として、焦点位置制御を行なう。ここでビームスプリッタ352は光利用効率の点では、ダイクロイック偏光ビームスプリッタであることが望ましい。すなわち半導体レーザ351からの650nmの光はビームスプリッタ352に入射するにあたってS偏光となるように配置し、ほぼ100%反射させる。そして図中に示していないが、コリメートレンズ353から対物レンズ355の間に1/4板を挿入しておき、ディスクに集光される光を円偏光となるようにする。すると反射光が再び1/4板を透過したとき入射時と直交する偏光方向の直線偏光、すなわちS偏光となってビームスプリッタ352に入射する。するとS偏光はほぼ100%透過して、光検出器3511に集光されることになる。一方波長780nmのCD用半導体レーザからの光は、ビームスプリッタを透過させないといけないため、780nmの光では透過率をなるべく100%に近づけるようにする。また780nmについては反射光もやはり透過させる必要があるため、ビームスプリッタ352は780nmでは偏光方向によらず透過率が100%に近いことが望ましい。なお以上のような2つの半導体レーザの配置は必ずしも固定したものではない。光利用効率の設計上、半導体レーザ351の位置の方が効率が高く、CD-Rの記録のために780nmの波長の方でより光利用効率を高くする必要がある場合、半導体レーザ351を780nmとすることも有効である。ただしこのとき回折格子358は半導体レーザ351とビームスプリッタ352の間に挿入する必要がある。また逆に波長650nmでもDVD-RAMなどの記録を行なう必要があり、CD-R記録よりも高い光利用効率が必要な場合には本実施例で説明したように半導体レーザ351を650nmとするのが有効である。

#### 【0057】

また本発明における対物レンズでは、780nmの光も650nmの光も対物レンズに平行光束として入射することを想定している。このため反射光は2つの波長でほとんど同一の光路を戻るため、本実施例に示すように1つの光検出器3510での検出が可能となる。従来例において述べたように対物レンズに入射する光束の収束、発散の状態を2つの波長で異ならせることで対物レンズで発生する球面収差を用いて基板厚誤差による球面収差を補償する方法では、当然ながら反射光束の光路が2つの波長で異なることになる。したがってこのような従来の方法では光検出器を1つにすることができないので、製造コストの点でも不利となる。

#### 【0058】

ただし本発明は必ずしも2つの波長がともに平行光である必要もまたない。すなわち2つの波長の対物レンズへの入射光の収束、発散状態を、半導体レーザと対物レンズの相対的な位置ずれの許容範囲を満たす範囲内ですらし、多少この効果によって基板厚ずれによる球面収差の補償効果を満たした上で、本発明による対物レンズでさらに残りの球面収差を補償すればよい。このような設計はまた十分可能である。

#### 【0059】

図36は光検出器361における検出信号から再生信号(RF信号)、焦点ずれ信号(AF信号)、トラッキング誤差信号(TR信号)を得る方式について説明する図である。焦点ずれ検出方式としては非点収差法による信号、トラッキング信号は、プッシュプル方式によるトラッキング誤差信号(PP信号)、位相差検出方式によるトラッキング信号(DPD信号)、3ビーム方式によるトラッキング誤差信号(3ビーム信号)の3種類の信号を検出する実施例を示している。検出器361には4分割受光領域362、サブスポット

10

20

30

40

50

ト用検出領域 363、364 がある。各受光領域からの光は電流電圧変換アンプ 365 で電圧に変換され、抵抗 366 を介して差動アンプ 367 に入力され、各種信号演算に用いる。

#### 【0060】

R F 信号はメインスポット 368 の総光量を出力しており、演算は 4 分割検出領域 362 の各出力をすべて加算するように演算を行なっている。

#### 【0061】

A F 信号は非点収差焦点ずれ検出方式による実施例を示しており、メインスポット 368 を受光する 4 分割検出領域 362 の対角方向の 2 領域を加算し、それぞれ 2 組の加算結果の差を演算する構成となっている。非点収差検出方式は検出光束に非点収差を与えて、  
10 焦点の前後で直交する直線状の焦線を生じることを用いて検出する方式である。

#### 【0062】

P P 信号は記録可能な光ディスクにおいて主に用いられる検出方式であり、ディスク上に周期的に作られた案内溝による回折光どうしの干渉強度が、集光スポットと案内溝との相対的な位置ずれによりアンバランスを生じることを用いて検出する方法である。具体的には D V D - R A M ディスクや、光磁気ディスク、C D - R などが該当する。また先に述べたように、規格上 C D のトラッキングに対しても用いられることが規定されている。信号の演算はメインスポット 368 を受光する 4 分割検出領域の半径方向の分割線で分割されるそれぞれの 2 領域ごとの出力を加算し、その差を演算してトラッキング誤差信号とする。  
20 ここで検出器上の分布は非点収差により、非点収差付加の前の分布から、90° 回転している。

#### 【0063】

D P D 信号は D V D - R O M ディスクで用いられている方法であり、ディスク上の光スポットが情報トラックからずれている場合、検出光束上でディスク半径方向と接線方向で分割される 4 領域の対角方向の 2 領域ごとの情報ピットによる検出光量変化に生じる時間遅れを検出する方法である。規格上、現状は D V D - R O M、記録後の D V D - R でしか規定されていないが、原理的には C D でも検出可能である。信号の演算はメインスポット 368 を受光する 4 分割光検出領域の対角方向でない、2 組の 2 領域ごとの出力の位相差を位相差検出回路 3611、3612 で検出して電圧として出力し、これらの差の演算を行なうことによりトラッキング信号とする。  
30

#### 【0064】

3 ビーム信号は現状 C D で広く用いられている方法であり、すでに述べたように回折格子により 2 つのサブスポットをディスク上にメインスポットの半径方向両側に 1 / 2 トラックずれて配置させ、メインスポットが情報トラックからずれているときに 2 つのサブスポットの検出光量に生じるアンバランスを検出する方法である。信号の演算は、2 つのサブスポット 369、3610 の受光領域 363、364 の出力の差を演算することにより得られる。

#### 【0065】

図 37 に本発明による光ヘッドを光ディスク装置に用いた場合の実施例を示す。

#### 【0066】

光ディスク装置 3700 は、光ヘッド 3701 と、制御回路、及び、モータなどの機構系から構成されている。光ヘッド 3701 からの電気的な入出力はフレキシブル基板 3702、3703 を介して行われる。本実施例においては半導体レーザ 3704、3705 の駆動をフレキシブル基板 3702、光検出器 3706 の入出力をフレキシブル基板 3703 によって行っている。  
40

#### 【0067】

半導体レーザ 3704、3705 はユーザデータ 3707 をストアしたバッファメモリ 3708 のデジタル情報に応じて生成された、記録波形発生回路 3709 からの記録波形によりレーザ駆動回路 3710 で、その明滅を制御する。

#### 【0068】

10

20

30

40

50

光検出器 3706 による電流出力は信号演算回路 3711 によって電流電圧変換され、増幅され、本発明の演算方法によって演算され、焦点ずれ誤差信号、トラッキング誤差信号、ヘッド位置制御信号を生成する。前記 2 つの誤差信号は対物レンズアクチュエータ 3712 にフィードバックされ、集光スポットが光ディスク 3713 の記録膜面の情報トラックの上に常にるように閉ループ制御される。他方、ヘッド位置制御信号はディスクのアドレス情報ピットから、RF 信号によって検出され、光ヘッド 3701 を再生トラックの近傍にほぼ配置させるよう、ヘッド移動機構 3714 に入力される。こちらの制御はデジタル情報記録用の光磁気ディスクの場合にはやはり通常、閉ループ制御されるが、CD、DVD、MD などにおいては開ループ制御させることが多い。

## 【0069】

10

信号演算回路 3711 において得られた RF 信号は信号処理回路 3715 においてイコライザ処理、2 値化、復号処理されデジタル情報を再生する。出力情報はバッファメモリ 3708 にストアされる。

## 【0070】

光ディスク 3713 はスピンドルモータ 3716 で回転されており、スピンドルモータ駆動回路 3717 によってその回転が制御されている。さらにこれらすべての制御回路はコントローラ 3718 で制御されている。

## 【0071】

20

本実施例においては、記録可能な光ディスクを例としたが、CD-ROM や、DVD-ROM など再生専用光ディスクにおいても、記録制御系が不要となるだけでそれ以外はほぼ同様の構成で光ディスク装置を実現できる。

## 【0072】

本発明による光ヘッドを用いることで、光ディスク 3713 として DVD 再生、CD 再生、DVD-RAM 記録再生、CD-R 記録再生が可能な光ディスク装置を実現できる。

## 【0073】

## 【発明の効果】

本発明により、CD 再生、CD-R 記録再生、DVD-ROM 再生、DVD-RAM 記録再生が可能な対物レンズが実現できる。

## 【図面の簡単な説明】

- 【図 1】 DVD / CD - R 互換レンズ従来例を示す図。
- 【図 2】 DVD / CD - R 互換レンズ従来例における波面収差を示す図。
- 【図 3】 本発明による対物レンズの概略形状を示す図。
- 【図 4】 従来設計と本発明の CD スポット規格化中心強度の比較を示す図。
- 【図 5】 本発明における内側円形突出領域、輪帯陥没領域内径、輪帯陥没領域外径の設計値を示す図。
- 【図 6】 本発明における輪帯陥没領域の位相シフト量の設計値を示す図。
- 【図 7】 本発明における内側領域の最適基板厚の設計値を示す図。
- 【図 8】 本発明による対物レンズの波面収差形状例を示す図。
- 【図 9】 本発明による第 2 の対物レンズの波面収差形状例を示す図。
- 【図 10】 通常の CD - R 記録スポットプロファイルの計算結果を示す図。
- 【図 11】 図 8 の波面収差形状を与える本発明の対物レンズによる CD - R 記録用スポットプロファイルの計算結果を示す図。
- 【図 12】 通常の DVD 専用対物レンズによる DVD 再生光スポットプロファイルの計算結果を示す図。
- 【図 13】 図 8 の波面収差形状を与える本発明の対物レンズによる DVD 再生用スポットプロファイルの計算結果を示す図。
- 【図 14】 図 10 に示した通常の CD - R 用対物レンズによる光スポットによる CD - ROM 再生信号アイパターン計算結果を示す図。
- 【図 15】 図 11 に示した本発明による対物レンズによる光スポットによる CD - ROM 再生信号アイパターン計算結果（検出 N A 0 . 6 ）を示す図。

40

50

【図16】 図11に示した本発明による対物レンズによる光スポットによるCD-R OM再生信号アイパター計算結果(検出NA0.5)を示す図。

【図17】 図12に示した通常のDVD用対物レンズを用いた光スポットによるDVD-R OM再生信号アイパター計算結果を示す図。

【図18】 図13に示した本発明による対物レンズを用いた光スポットによるDVD-R OM再生信号アイパター計算結果を示す図。

【図19】 図8、図9に示した設計例における内側円形突出領域NA値に対するCD-R用スポット規格化中心強度を示す図。

【図20】 図8、図9に示した設計例における内側円形突出領域NA値に対するDVD再生RMS波面収差を示す図。 10

【図21】 図8、図9に示した設計例における輪帯陥没領域内径NA値に対するCD-R用スポット規格化中心強度を示す図。

【図22】 図8、図9に示した設計例における輪帯陥没領域内径NA値に対するDVD再生RMS波面収差を示す図。

【図23】 図8、図9に示した設計例における輪帯陥没領域外径NA値に対するCD-R用スポット規格化中心強度を示す図。

【図24】 図8、図9に示した設計例における輪帯陥没領域外径NA値に対するDVD再生RMS波面収差を示す図。 20

【図25】 図8、図9に示した設計例における円形突出位相シフト領域の位相シフト誤差に対するCD-R用光スポット規格化中心強度を示す図。

【図26】 図8、図9に示した設計例における円形突出領域の位相シフト誤差に対するDVD再生RMS波面収差を示す図。

【図27】 図8、図9に示した設計例における輪帯陥没領域の位相シフト誤差に対するCD-R用光スポット規格化中心強度を示す図。

【図28】 図8、図9に示した設計例における輪帯陥没領域の位相シフト誤差に対するDVD再生RMS波面収差を示す図。

【図29】 図8、図9に示した設計例における内側最適基板厚誤差に対するCD-R用光スポット規格化中心強度を示す図。

【図30】 図8、図9に示した設計例における内側最適基板厚誤差に対するDVD再生RMS波面収差を示す図。 30

【図31】 最適形状の範囲と誤差をまとめた表。

【図32】 図8、図9に示した設計例におけるCD-R用波長誤差に対するCD-R用光スポット規格化中心強度を示す図。

【図33】 図8、図9に示した設計例におけるDVD用波長誤差に対するDVD再生RMS波面収差を示す図。

【図34】 図8に示した設計仕様に対するレンズの実形状を示す図。

【図35】 本発明による対物レンズを用いた光ヘッドを示す図。

【図36】 光検出器からの信号演算方法を説明する図。

【図37】 本発明による対物レンズを用いた光ヘッドを搭載した光ディスク装置の実施例。 40

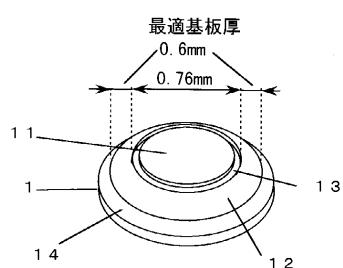
#### 【符号の説明】

1 ... DVD / CD - R 再生互換対物レンズ、 1 2 ... 外側領域、 1 3 ... 輪帯位相シフタ、 1 4 ... エッジ部分、 3 ... 本発明によるDVD / CD - R 記録互換対物レンズ、 3 1 ... 輪帯陥没領域、 3 2 ... 円形突出領域、 3 5 1 ... DVD用半導体レーザ、 3 5 2 ... ビームスプリッタ、 3 5 3 ... コリメートレンズ、 3 5 4 ... 反射ミラー、 3 5 5 ... 本発明による対物レンズ、 3 5 6 ... DVDディスク、 3 5 7 ... CD用半導体レーザ、 3 5 8 ... 回折格子、 3 5 9 ... ハーフミラー、 3 5 1 0 ... CDディスク、 3 5 1 1 ... 光検出器、 3 5 1 2 ... 対物レンズアクチュエータ、 3 6 1 ... 光検出器、 3 6 2 ... 4分割受光領域、 3 6 3、 3 6 4 ... サブスポット用検出領域、 3 6 5 ... 電流電圧変換アンプ、 3 6 6 ... 抵抗、 3 6 7 ... 差動アンプ、 3 6 8 ... メインスポット、 3 6 9、 3 6 1 0 ... サブスポット、 3 6 1 1、 3 6 1 2 ... 位相

差検出回路、3700…光ディスク装置、3701…光ヘッド、3702、3703…フレキシブル基板、3704、3705…半導体レーザ、3706…光検出器、3707…ユーザデータ、3708…バッファメモリ、3709…記録波形発生回路、3710…レーザ駆動回路、3711…信号演算回路、3712…対物レンズアクチュエータ、3713…光ディスク、3714…ヘッド移動機構、3715…信号処理回路、3716…スピンドルモータ、3717…スピンドルモータ駆動回路、3718…コントローラ。

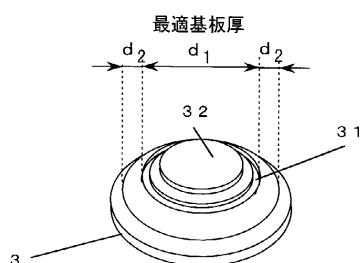
【図1】

図1



【図3】

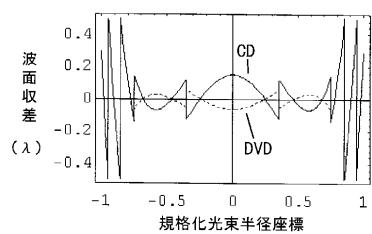
図3



【図2】

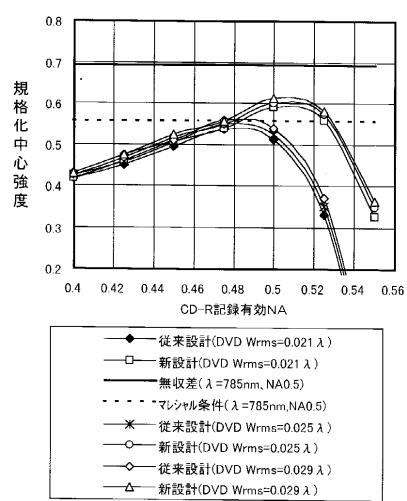
図2

CD波面収差0.067  $\lambda$  rms (NA0.485)  
DVD波面収差0.021  $\lambda$  rms



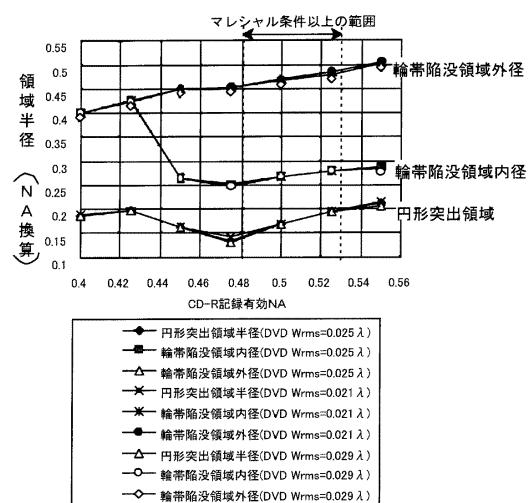
【図4】

図4



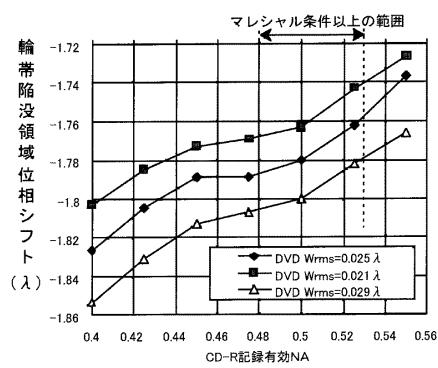
【図5】

図5



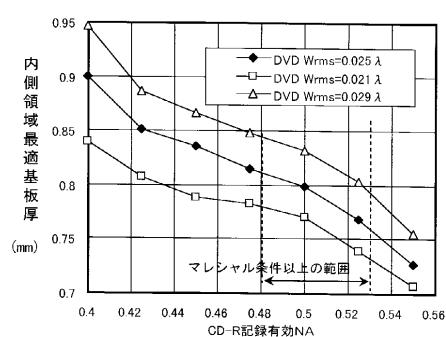
【図6】

図6



【図7】

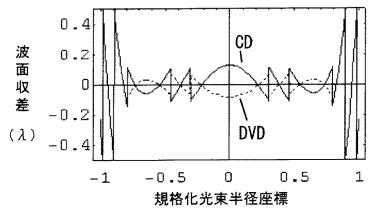
図7



【図8】

図8

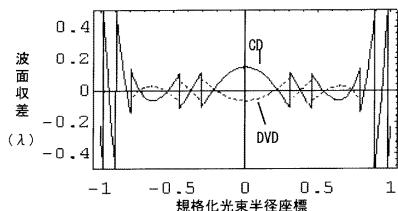
使用波長 DVD :  $0.655\mu\text{m}$ , CD :  $0.785\mu\text{m}$   
 DVD波面収差  $0.029\lambda_{\text{rms}}$   
 CD規格化中心強度  $0.615$ , 波面収差  $0.061\lambda_{\text{rms}}$  (有効NAO.509)  
 最適基板厚 内側 :  $0.81\text{nm}$ , 外側 :  $0.6\text{nm}$  (境界NAO.475)  
 円形突出領域位相シフト CD :  $1.781\lambda$ , DVD :  $2.134\lambda$  (境界NAO.182)  
 輪帯陥没領域位相シフト CD :  $-1.781\lambda$ , DVD :  $-2.134\lambda$  (境界NAO.275, 0.475)



【図9】

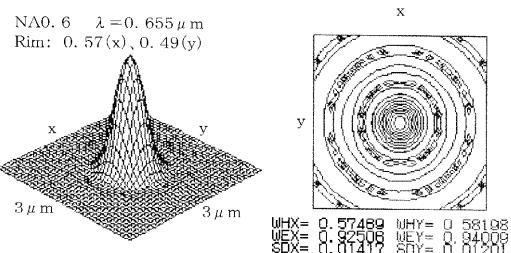
図9

使用波長 DVD :  $0.655\mu\text{m}$ , CD :  $0.785\mu\text{m}$   
 DVD波面収差  $0.025\lambda_{\text{rms}}$   
 CD規格化中心強度  $0.603$ , 波面収差  $0.065\lambda_{\text{rms}}$  (有効NAO.510)  
 最適基板厚 内側 :  $0.78\text{nm}$ , 外側 :  $0.6\text{nm}$  (境界NAO.475)  
 円形突出領域位相シフト CD :  $1.780\lambda$ , DVD :  $2.133\lambda$  (境界NAO.183)  
 輪帯陥没領域位相シフト CD :  $-1.780\lambda$ , DVD :  $-2.133\lambda$  (境界NAO.272, 0.475)



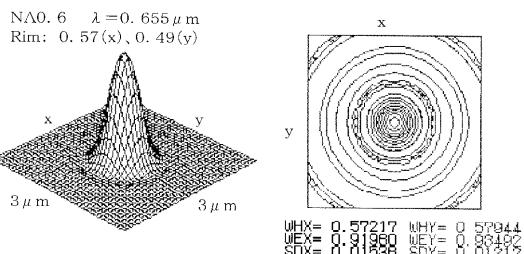
【図12】

図12



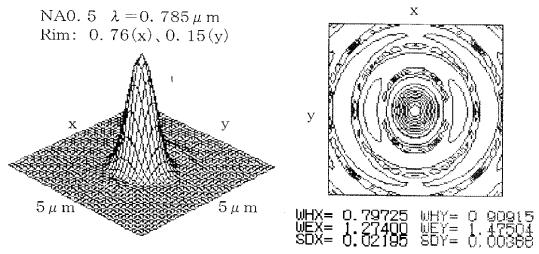
【図13】

図13



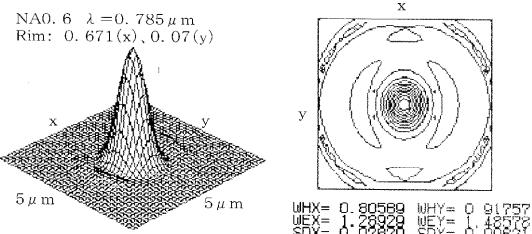
【図10】

図10



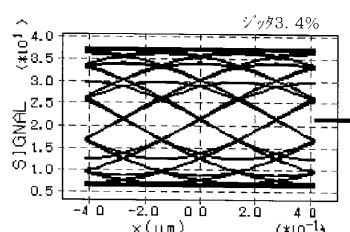
【図11】

図11



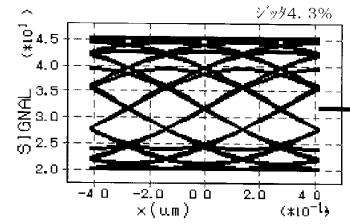
【図14】

図14



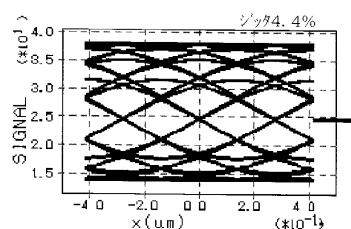
【図15】

図15



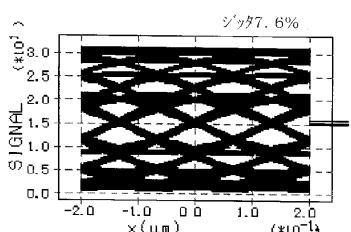
【図16】

図16



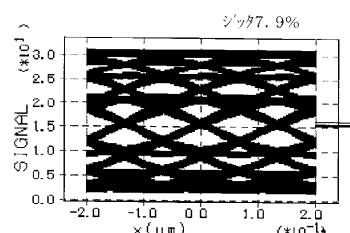
【図17】

図17



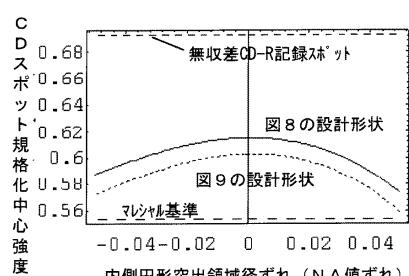
【図18】

図18



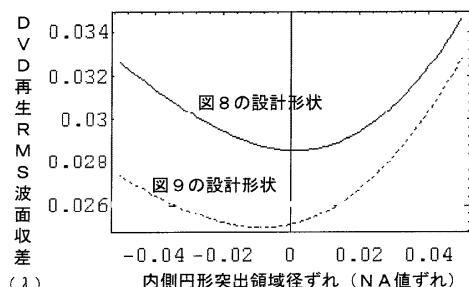
【図19】

図19



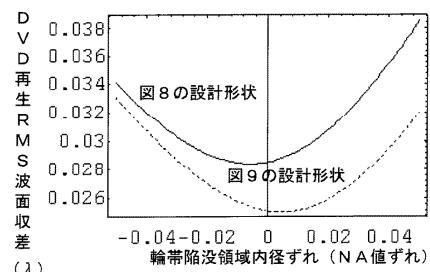
【図20】

図20



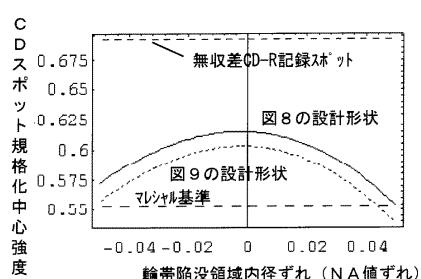
【図22】

図22



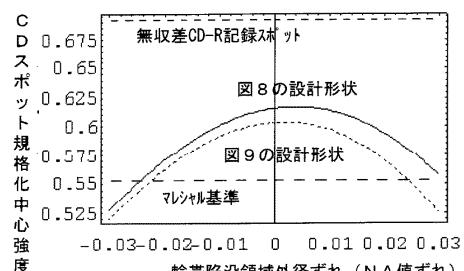
【図21】

図21



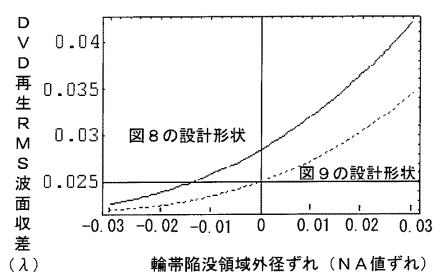
【図23】

図23



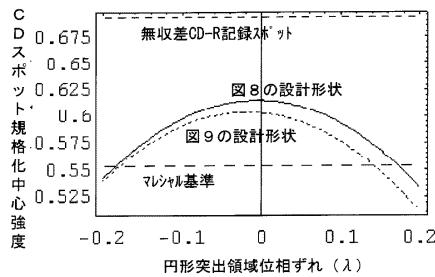
【図24】

図24



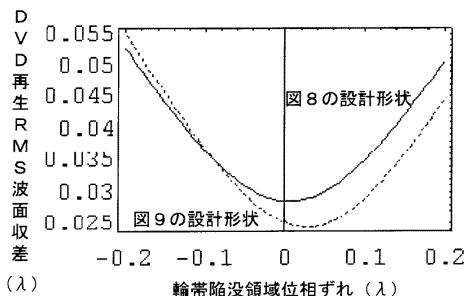
【図25】

図25



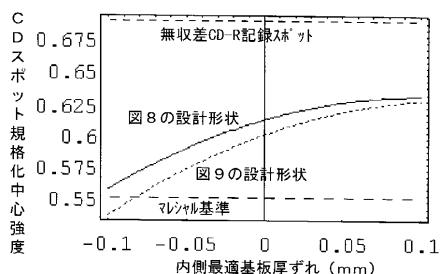
【図28】

図28



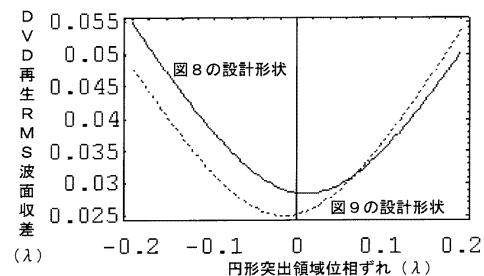
【図29】

図29



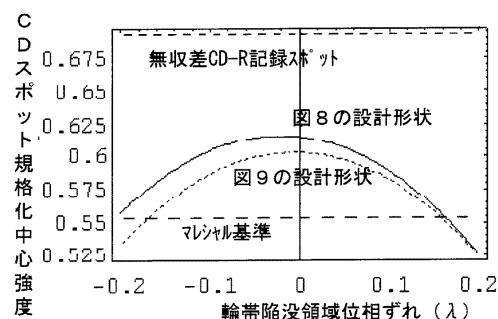
【図26】

図26



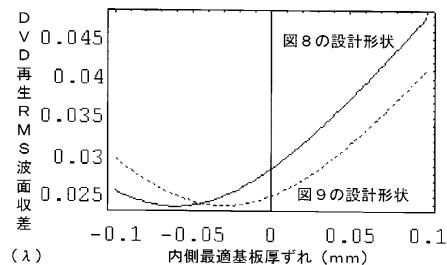
【図27】

図27



【図30】

図30



【図31】

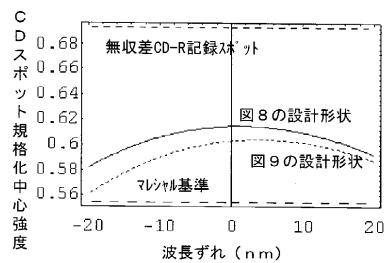
図31

	最適値範囲		最適値誤差	複合範囲(全NA比)	
	下限	上限		下限	上限
円形突出領域径(NA値)	0.14	0.20	$\pm 0.04$	0.13(0.22)	0.21(0.35)
輪帯陥没領域内径(NA値)	0.25	0.29	$\pm 0.03$	0.24(0.40)	0.30(0.50)
輪帯陥没領域外径(NA値)	0.45	0.49	$\pm 0.02$	0.45(0.75)	0.49(0.82)
円形突出領域CD位相差(λ)	1.81	1.74	$\pm 0.1$	1.87	1.67
円形突出領域DVD位相差(λ)	2.17	2.09	$\pm 0.1$	2.24	2.00
輪帯陥没領域CD位相差(λ)	-1.81	-1.74	$\pm 0.1$	-1.87	-1.67
輪帯陥没領域DVD位相差(λ)	-2.17	-2.09	$\pm 0.1$	-2.24	-2.00
内側最適基板厚(mm)	0.85	0.74	$\pm 0.05$	0.85	0.74

波長は  $D \vee D = 0.655 \mu\text{m}$ ,  $C \cdot D = 0.785 \mu\text{m}$ , 全開口の  $N_A$  は 0.6  
 最適値範囲は  $D \vee D$  再生 RMS 波面収差  $0.021 \sim 0.029 \lambda$  で  $D \cdot D$  再生時マレーシャル条件以上  
 最適値誤差は最適値からマレーシャル条件までのマージンが約  $1/2$  に減少する範囲  
 最適基板厚変化の境界は輪帯陥没領域外径に一致  
 円形突出領域と輪帯陥没領域は同じ絶対値で符号の異なる位相差を仮定  
 複合範囲は最適値範囲と最適値誤差の広い方を示す

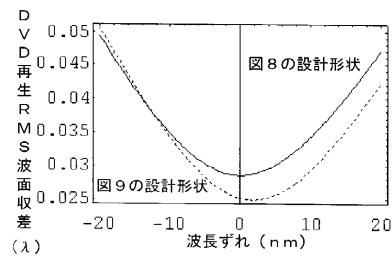
【図32】

図32



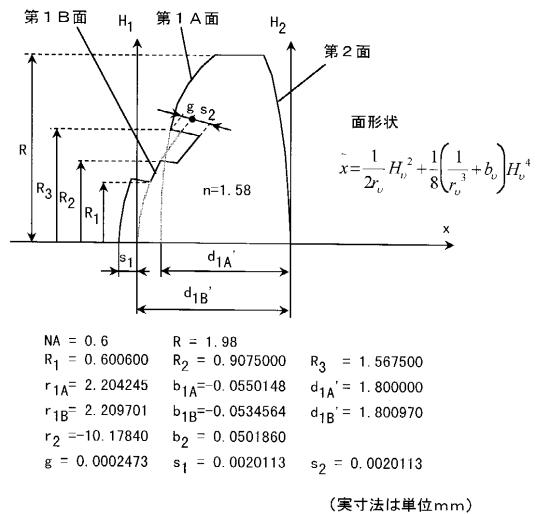
【図33】

図33



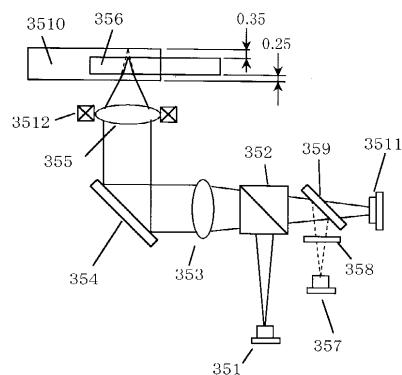
【図34】

図34



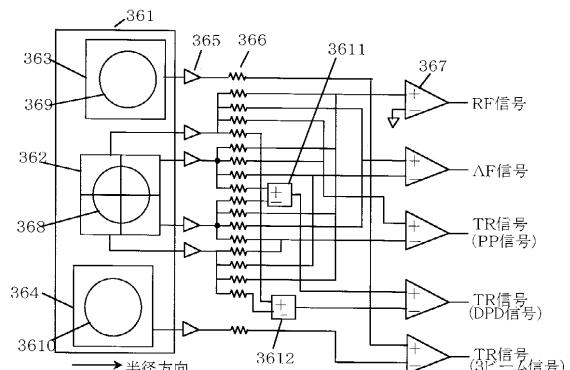
【図35】

図35



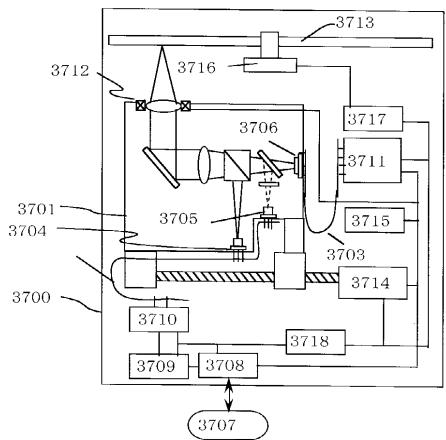
【図36】

図36



## 【図37】

図37



---

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 3/00

G02B 13/00