

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第4区分

【発行日】平成20年5月22日(2008.5.22)

【公開番号】特開2007-242238(P2007-242238A)

【公開日】平成19年9月20日(2007.9.20)

【年通号数】公開・登録公報2007-036

【出願番号】特願2007-167379(P2007-167379)

【国際特許分類】

G 11 B 7/135 (2006.01)

【F I】

G 11 B 7/135 A

【手続補正書】

【提出日】平成20年4月9日(2008.4.9)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

両面が非球面形状の集光レンズと、当該集光レンズの入射側に配置された位相補償板から構成され、

波長1のレーザビームで開口数NA1により厚さt1の基板を有する情報記録媒体に、波長2のレーザビームで開口数NA2により厚さt2の基板を有する情報記録媒体に、波長3のレーザビームで開口数NA3により厚さt3の基板を有する情報記録媒体に、(但し、波長1<2<3、開口数NA1、NA2>NA3、厚さt1、t2<t3を満たす)それぞれ記録または再生するための位相補償板つきピックアップレンズであって、

当該位相補償板の入射側の第1面および出射側の第2面にはそれぞれ同心円状の輪帯が形成され、

第1面は、波長2のレーザビームで開口数NA2により厚さt2の基板を有する情報記録媒体に記録再生する際に生じる波面収差を低減する非球面式

【数1】

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{(1 - (1 + k)c^2 r^2}}} + \sum_{i=2}^8 A_{2i} r^{2i} + B$$

で表わされる面形状が設定されている輪帯を有し、

第2面は、波長1と波長2のレーザビームに対しても不感であり、当該第1面を透過した波長3のレーザビームについて、厚さt3の基板を有する情報記録媒体に記録再生する際に生じる波面収差を低減する輪帯を有し、

さらに第2面は開口数をNA3に制限する開口制限機能を有することを特徴とする位相補償板つきピックアップレンズ。

【請求項2】

前記位相補償板の第2面に形成された輪帯は、当該輪帯毎に段差を設けて位相ずれを発生させることを特徴とする請求項1記載のピックアップレンズ。

【請求項3】

前記位相補償板の第2の面に形成された輪帶は、波長1のレーザビームに対しては絶対値が0.1より小さい波面の位相ずれを発生し、かつ波長2のレーザビームに対しては絶対値が0.1より小さい波面の位相ずれを発生することを特徴とする請求項2記載のピックアップレンズ。

【請求項4】

前記位相補償板の第2の面に形成された輪帶における段差Dは、波長1のレーザビームに対する位相補償板の屈折率をn1としたとき、 $D = \times 1 / (n_1 - 1)$ で表わすことができ、この式において $\times$ は、整数又は整数±0.1の範囲であることを特徴とする請求項2又は3記載のピックアップレンズ。

【請求項5】

波長3のレーザビームで基板厚さt3の情報記録媒体に記録再生する場合における波面収差を0.041rms以下にすることを特徴とする請求項1乃至4いずれか1項に記載のピックアップレンズ。

【請求項6】

波長1が略405nm、波長2が略655nm、波長3が略790nm、基板厚さt1が略0.1mm、基板厚さt2が略0.6mm、基板厚さt3が略1.2mmであることを特徴とする請求項1乃至5いずれか1項に記載のピックアップレンズ。

【請求項7】

波長1が略405nm、波長2が略655nm、波長3が略790nm、基板厚さt1が略0.6mm、基板厚さt2が略0.6mm、基板厚さt3が略1.2mmであることを特徴とする請求項1乃至5いずれか1項に記載のピックアップレンズ。

【請求項8】

前記位相補償板において、波長1のレーザビームに対して発生する波面の位相ずれの絶対値が、波長2のレーザビームに対して発生する波面の位相ずれの絶対値よりも小さいことを特徴とする請求項7又は8に記載のピックアップレンズ。

【請求項9】

前記3つのレーザビームのいずれもが平行光として入射され、対応する情報記録媒体に集光することを特徴とする請求項1乃至8いずれか1項に記載のピックアップレンズ。

【請求項10】

波長1、2、3の波長が異なる光源と、対物レンズと、当該対物レンズの入射側に配置された位相補償板とから構成され、

波長1のレーザビームで開口数NA1により厚さt1の基板を有する情報記録媒体に、波長2のレーザビームで開口数NA2により厚さt2の基板を有する情報記録媒体に、波長3のレーザビームで開口数NA3により厚さt3の基板を有する情報記録媒体に、(但し、波長1<2<3、開口数NA1、NA2>NA3、厚さt1、t2<t3を満たす)それぞれ記録または再生する光ピックアップ装置において、

前記対物レンズの両面は連続した非球面形状からなり、

前記位相補償板の入射側の

当該位相補償板の入射側の第1面および出射側の第2面にはそれぞれ同心円状の輪帶が形成され、

第1面は、波長2のレーザビームで開口数NA2により厚さt2の基板を有する情報記録媒体に記録再生する際に生じる波面収差を低減する非球面式

【数2】

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{(1 - (1 + k)c^2 r^2}}} + \sum_{i=2}^8 A_{2i} r^{2i} + B$$

で表わされる面形状が設定されている輪帶を有し、

第2面は、波長1と波長2のレーザビームに対しては不感であり、当該第1面を透過した波長3のレーザビームについて、厚さ $t_3$ の基板を有する情報記録媒体に記録再生する際に生じる波面収差を低減する輪帯を有し、

さらに第2面は開口数をNA3に制限する開口制限機能を有することを特徴とする光ピックアップ装置。

#### 【請求項11】

前記対物レンズは、3つのレーザビームのいずれもが平行光として入射され、対応する情報記録媒体に集光することを特徴とする請求項10記載の光ピックアップ装置。

#### 【請求項12】

前記波長1のレーザビーム、前記波長2のレーザビーム及び前記波長3のレーザビームの全てに対して共通の検出系を備えたことを特徴とする請求項11記載の光ピックアップ装置。

#### 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】位相補償板つきピックアップレンズ及びそれを用いた光ピックアップ装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数種類の単色光を用いる多波長用光学系であって、例えば、CD(Co mpact Disc: CD-RなどのCDも含む)、DVD(Digital Versatile Disc)、ブルーレイ、HD-DVD(High-Definition DVD)など種類が異なる光記録媒体に対応できる互換型の記録再生装置に用いられる位相補償板つきピックアップレンズおよびそれを用いた光ピックアップに関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、CDやDVDなど、数種の光ディスクを一つの装置で記録あるいは再生することができるようになした互換型光ディスク装置が提案されている。

【0003】

このような互換型光ディスク装置では、CDやDVDなど(以下、これらをまとめて光ディスクという)それぞれの光ディスクに記憶された情報信号を記録あるいは再生するために、光源からのレーザビームをそれぞれの光ディスクの情報記録面に透明基板を介して集光させる必要がある。しかしながら、(1)CDの記録あるいは再生時に用いられるレーザビームの波長とDVDの記録あるいは再生時に用いられるレーザビームの波長とは異なり、(2)CDの透明基板の厚さは1.2mmであるのに対してDVDの透明基板の厚さは0.6mmであるため、従来から用いられている集光レンズを、そのまま互換型光ディスク装置においてCDとDVDで共用したのでは、前記(1)及び(2)を起因として発生する収差により、CDとDVDでそれぞれ用いられるレーザビームをそれぞれの光ディスクの情報記録面に回折限界近くまで集光させることができない。

【0004】

また、近年提案されている超高密度記録対応の光ディスク(ブルーレイ、HD-DVD)対応の装置は、情報の記録あるいは再生のために波長405nm程度の青色レーザを用いている。したがって、今後の互換型光ディスク装置では、CDやDVDの記録あるいは再生だけではなく、超高密度記録対応の光ディスクの記録あるいは再生もできることが期待される。すなわち、従来の互換型光ディスク装置では、2種類の光源波長と2種類の厚さが異なる透明基板を考慮していたが、今後の互換型光ディスク装置では、最大3種類の光源波長と最大3種類の厚さが異なる透明基板を考慮する必要があるということになる。

【0005】

かかる場合、互換型光ディスク装置としては、その構成部品であるピックアップに、光ディスクの種類毎に収差が発生しないような集光レンズを設け、使用する光ディスクの種類に応じて集光レンズを交換したり、あるいは光ディスクの種類毎にピックアップを設け、使用する光ディスクの種類に応じてピックアップを交換したりすることが考えられる。しかしながら、コストの面や装置の小型化を実現するためには、集光レンズとして、光ディスクのいずれの種類にも同じレンズを用いることができるようになることが望ましい。

#### 【0006】

かかる集光レンズの第1の例として、特許文献1に記載のものがある。当特許文献1によると、第2光媒体に情報を記録再生する波長1の光源と、第1光媒体に情報を記録再生する波長2( $1 < 2$ )の光源と、第1光媒体及び第2光媒体よりも厚い基板の第3光媒体に情報を記録再生する波長3( $2 < 3$ )の光源と、各光源からの光束を各光媒体に集光させる集光レンズとを備え、第2光媒体に記録再生する際には、波長1の光束を集光レンズ1に平行光として入射し、第1光媒体に記録再生する際には、波長2の光束を集光レンズに平行光として入射し、第3光媒体に記録再生する際には、波長3の光束を集光レンズに発散光として入射することを特徴とする。

#### 【0007】

この文献に記載された集光レンズは、正のパワーを有する屈折レンズの一方の面に輪帯状の微細な段差が密に設けられてなる回折レンズ構造が形成されたものである。かかる回折レンズ構造は、平行光束として集光レンズに入射された(以下、無限系という)波長1のレーザビームを厚さの薄い基板を有する第2光媒体の情報記録面に集光させ、さらには無限系の波長2のレーザビームを同じ厚さの基板を有する第1光媒体の情報記録面に集光させるように設計されている。

#### 【0008】

一方、集光レンズは波長3に関してなんら考慮されていないため、波長3のレーザビームで第3光媒体に情報を記録再生する場合には波面収差が発生する。そのため、当該レーザビームを平行光束にコリメートするのではなく、発散光として集光レンズへ入射させる(以下、有限系という)。その入射光の発散度合い、すなわち幾何光学的にいう集光レンズにとっての物体距離を変えることにより球面収差が変化することを用いている。

#### 【0009】

かかる集光レンズの第2の例として、特許文献2に記載のものがある。当特許文献2によると、第1光媒体に情報を記録再生する波長1の光源と、第2光媒体に情報を記録再生する波長2( $1 < 2$ )の光源と、第3光媒体に情報を記録再生する波長3( $2 < 3$ )の光源と、各光源からの光束を各光媒体に集光させる集光レンズとを備え、第1光媒体に記録再生する際には、波長1の光束を集光レンズ1に平行光として入射し、第2光媒体に記録再生する際には、波長2の光束を集光レンズに発散光として入射し、第3光媒体に記録再生する際には、波長3の光束を集光レンズに発散光として入射することを特徴とする。

#### 【0010】

この場合の集光レンズは、正のパワーを有する屈折レンズの一方の面に輪帯状の微細な段差が密に設けられてなる回折レンズ構造が形成されたものである。ただし、この集光レンズは、波長1では無限系とし、波長2及び3では有限系として設計されている。これは文献2にも開示されているように、2及び3で有限系とし、第2、第3の光ディスクに対して発散光束を入射するようにすると、回折構造が補正しなくてはならない異なる種類の光ディスクの基板厚さの違いに起因して発生する収差量を軽減することができるので、隣り合う輪帯の間隔を広げることができ、輪帯形状の製造誤差による回折効率の低下を緩和できるからである。

#### 【0011】

さらに当特許文献2によると、第1光媒体に情報を記録再生する波長1の光源と、第2光媒体に情報を記録再生する波長2( $1 < 2$ )の光源と、第3光媒体に情報を記録再生する波長3( $2 < 3$ )の光源と、各光源からの光束を各光媒体に集光させる

集光レンズとを備え、第1光媒体に記録再生する際には、波長1の光束を集光レンズ1に平行光として入射し、第2光媒体に記録再生する際には、波長2の光束を集光レンズに平行光として入射し、第3光媒体に記録再生する際には、波長3の光束を集光レンズに平行光として入射することを特徴とする。

#### 【0012】

この場合の集光レンズは、波長1と第1光媒体の基板厚に対してのみ波面収差が小さくなるように設計されており、正のパワーを有する屈折レンズの一方の面に輪帯状の微細な段差が密に設けられてなる回折レンズ構造は形成されていない。そのため、波長2で第2光媒体に情報を記録する場合には波面収差が発生するが、同心円状の複数の輪帯からなる回折構造が形成されたカップリングレンズを波長2の光のみが通過する光路中に用い、このカップリングレンズにより波面収差を補正する。同様に波長3で第3光媒体に情報を記録する場合には波面収差が発生するが、同心円状の複数の輪帯からなる回折構造が形成されたカップリングレンズを波長3の光のみが通過する光路中に用い、このカップリングレンズにより波面収差を補正する。別の手法として、波長2と波長3からなる2波長レーザを用いて、前記同心円状の複数の輪帯からなる回折構造が形成されたカップリングレンズを波長2と波長3で共用とする手段も開示されている。

【特許文献1】特開2004-6005号公報

【特許文献2】特開2004-79146号公報

#### 【発明の開示】

##### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0013】

上記従来例でも、共通の集光レンズを用いることができるから、集光レンズを含めて各種光ディスクごとに使用部材を交換するための手段などが不要となり、コストの面や構成の簡略化の点で有利となる。

#### 【0014】

しかしながら、上記特許文献1では、波長3のレーザビームで第3光媒体に情報を記録再生する場合には、有限系を用いて発生する収差を補正しているが、波長1のレーザビームで第2光媒体に情報を記録再生する場合、さらには波長2のレーザビームで第1光媒体に情報を記録再生する場合の、無限系の光学系と部品を共有化することが難しく、また、1、2、3の波長を一つの素子として有する3波長レーザを用いる場合では、特に波長3のレーザビームで第3光媒体に情報を記録再生する場合にのみ有限系にするのは困難であり、これら理由により簡素な光学系を実現することができないといった問題点があった。この問題点では、特許文献2記載の波長1のレーザビームで第1光媒体に情報を記録再生する場合のみ有限系とする場合でも同じである。

#### 【0015】

さらには、発散光を集光レンズに入射して、当集光レンズをアクチュエータに搭載してトラッキングサーボを行った場合には、集光レンズの光軸と入射光の光軸のずれに起因する有限系特有の収差が発生して光ディスクの情報記録面にレーザビームを十分に集光できない等といった問題点があった。

#### 【0016】

一方、特許文献2には全てを無限系で構成する手法も開示されているが、波長2又は波長3の光のみが通過する光路中に、波面収差を補正するためのカップリングレンズを挿入する必要があり、上記3波長レーザを用いる場合には、光学系の構成が複雑になってしまうといった問題点があった。

#### 【0017】

本発明の目的は、上記問題を解消することにある。すなわち、使用波長が異なる複数種の光ディスク夫々に対し、簡素な光学系で、できるだけ波面収差が低減された状態を保証し、しかも、アクチュエータでトラッキングサーボを行った場合でも集光レンズの光軸と入射光の光軸のずれに起因する有限系特有の収差が発生しないような、位相補償板つきピックアップレンズおよびそれを用いた光ピックアップを提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0018】

本発明にかかるピックアップレンズは、両面が非球面形状の集光レンズと、当該集光レンズの入射側に配置された位相補償板とから構成され、

波長 1 のレーザビームで開口数  $N_A 1$  により厚さ  $t_1$  の基板を有する情報記録媒体に、波長 2 のレーザビームで開口数  $N_A 2$  により厚さ  $t_2$  の基板を有する情報記録媒体に、波長 3 のレーザビームで開口数  $N_A 3$  により厚さ  $t_3$  の基板を有する情報記録媒体に、(但し、波長  $1 < 2 < 3$ 、開口数  $N_A 1, N_A 2 > N_A 3$ 、厚さ  $t_1, t_2 < t_3$  を満たす) それぞれ記録または再生するための位相補償板つきピックアップレンズであつて、

当該位相補償板の入射側の第 1 面および出射側の第 2 面にはそれぞれ同心円状の輪帯が形成され、

第 1 面は、波長 2 のレーザビームで開口数  $N_A 2$  により厚さ  $t_2$  の基板を有する情報記録媒体に記録再生する際に生じる波面収差を低減する非球面式

## 【数 3】

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{(1 - (1 + k)c^2 r^2}}} + \sum_{i=2}^8 A_{2i} r^{2i} + B$$

で表わされる面形状が設定されている輪帯を有し、

第 2 面は、波長 1 と波長 2 のレーザビームに対しては不感であり、当該第 1 面を透過した波長 3 のレーザビームについて、厚さ  $t_3$  の基板を有する情報記録媒体に記録再生する際に生じる波面収差を低減する輪帯を有し、

さらに第 2 面は開口数を  $N_A 3$  に制限する開口制限機能を有することを特徴とするものである。

## 【0019】

前記位相補償板の第 2 面に形成された輪帯は、当該輪帯毎に段差を設けて位相ずれを発生させることが望ましい。

## 【0020】

また、前記位相補償板の第 2 の面に形成された輪帯は、波長 1 のレーザビームに対しては絶対値が 0.1 1 より小さい波面の位相ずれを発生し、かつ波長 2 のレーザビームに対しては絶対値が 0.1 2 より小さい波面の位相ずれを発生することが好ましい。

## 【0021】

前記位相補償板の第 2 の面に形成された輪帯における段差  $D$  は、波長 1 のレーザビームに対する位相補償板の屈折率を  $n_1$  としたとき、 $D = \times 1 / (n_1 - 1)$  で表わすことができ、この式において  $\times$  は、整数又は整数  $\pm 0.1$  の範囲であることが望ましい。

## 【0022】

波長 3 のレーザビームで基板厚さ  $t_3$  の情報記録媒体に記録再生する場合における波面収差を 0.041 rms 以下にするとよい。

## 【0023】

好適な実施の形態において、波長 1 は略 405 nm、波長 2 は略 655 nm、波長 3 は略 790 nm、基板厚さ  $t_1$  は略 0.1 mm、基板厚さ  $t_2$  は略 0.6 mm、基板厚さ  $t_3$  は略 1.2 mm である。

## 【0024】

また、波長 1 は略 405 nm、波長 2 は略 655 nm、波長 3 は略 790 nm、基板厚さ  $t_1$  は略 0.6 mm、基板厚さ  $t_2$  は略 0.6 mm、基板厚さ  $t_3$  は略 1.2 mm である。

## 【0025】

前記位相補償板において、波長 1 のレーザビームに対して発生する波面の位相ずれの

絶対値が、波長 2 のレーザビームに対して発生する波面の位相ずれの絶対値よりも小さいことが望ましい。

## 【0026】

また、前記 3 つのレーザビームのいずれもが平行光として入射され、対応する情報記録媒体に集光することが好ましい。

## 【0027】

本発明にかかる光ピックアップ装置は、波長 1、2、3 の波長が異なる光源と、対物レンズと、当該対物レンズの入射側に配置された位相補償板とから構成され、

波長 1 のレーザビームで開口数 NA1 により厚さ  $t_1$  の基板を有する情報記録媒体に、波長 2 のレーザビームで開口数 NA2 により厚さ  $t_2$  の基板を有する情報記録媒体に、波長 3 のレーザビームで開口数 NA3 により厚さ  $t_3$  の基板を有する情報記録媒体に、(但し、波長  $1 < 2 < 3$ 、開口数  $NA1, NA2 > NA3$ 、厚さ  $t_1, t_2 < t_3$  を満たす) それぞれ記録または再生する光ピックアップ装置において、

前記対物レンズの両面は連続した非球面形状からなり、

前記位相補償板の入射側の

当該位相補償板の入射側の第 1 面および出射側の第 2 面にはそれぞれ同心円状の輪帯が形成され、

第 1 面は、波長 2 のレーザビームで開口数 NA2 により厚さ  $t_2$  の基板を有する情報記録媒体に記録再生する際に生じる波面収差を低減する非球面式

## 【数 4】

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{(1 - (1 + k)c^2 r^2}}} + \sum_{i=2}^8 A_{2i} r^{2i} + B$$

で表わされる面形状が設定されている輪帯を有し、

第 2 面は、波長 1 と波長 2 のレーザビームに対しては不感であり、当該第 1 面を透過した波長 3 のレーザビームについて、厚さ  $t_3$  の基板を有する情報記録媒体に記録再生する際に生じる波面収差を低減する輪帯を有し、

さらに第 2 面は開口数を NA3 に制限する開口制限機能を有するものである。

## 【0028】

ここで、対物レンズは、3 つのレーザビームのいずれもが平行光として入射され、対応する情報記録媒体に集光することが望ましい。

## 【0029】

また、前記波長 1 のレーザビーム、前記波長 2 のレーザビーム及び前記波長 3 のレーザビームの全てに対して共通の検出系を備えることが望ましい。

## 【発明の効果】

## 【0030】

本発明によれば、異なる波長でかつ異なる種類のディスクに対して、それぞれ任意の光線高さを通る光路間で収差が少ない状態とするように集光レンズの非球面形状及び、収差補正板での位相補償量を設定することにより、それぞれの光ディスクに対して十分に収差が低減された状態を保証することができる。また、全てのレーザビームを無限系として光学系を構成することができるため、ある特定の波長のレーザビームについて集光レンズにとっての物体距離を変える必要はなく、複数の波長を有する多波長レーザにおいても容易な光学系で実現できるとともに、当該レンズを搭載したアクチュエータでトラッキングサーボを行った場合でも、有限系特有の収差が発生しないため光ディスクの情報記録面にレーザビームを十分に集光できる等といった利点がある。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0031】

本発明は、基本的に、発明の実施の形態3に対応する構成に関するものだが、本発明を理解する上で参考となる発明の実施の形態1、2について最初に説明する。

発明の実施の形態1（参考例）.

以下、本発明に従う第一の実施の形態について詳説する。図1は、本発明に従う光ピックアップの一例を示したものである。概説すると、3波長レーザ100は、HD-DVD用の光源（波長 = 405 nm）、DVD用の光源（ = 655 nm）、CD用の光源（ = 790 nm）を備える。3波長レーザ100から出射されたレーザ光101は、それぞれ一定の発散角を有する発散光であり、偏光ビームスプリッタ102を通過して、コリメータレンズ103によって略平行光に変換される。その平行光が本発明の特徴であるレンズモジュール104に供給されて、光ディスク109の情報記録面に回折限界近くまで集光される。光ディスク109の情報記録面で反射されたレーザビームはさらにレンズモジュール104を通じて偏光ビームスプリッタ102に供給されて、偏光ビームスプリッタ102によって反射された後、検出器110によって光電変換される。光ディスク装置は、この光電変換によって得られる電気信号に基づいてフォーカスサーボ信号、トラックサーボ信号、及び再生信号などを生成する。なお、HD-DVD用、DVD用、CD用の光ディスクの透明基板厚は、それぞれ0.6 mm、0.6 mm、1.2 mmである。

**【0032】**

次に、本発明の特徴であるレンズモジュール104について詳細に説明する。本実施の形態で示したレンズモジュール104は、制限開口105と、位相補償板106と、1/4波長板107と、集光レンズ108からなる。フォーカスサーボ時、及びトラッキングサーボ時には、レンズモジュール104が一体となって図示されないアクチュエータにより動作する。

**【0033】**

制限開口105は、従来から用いられている素子であり、レンズモジュール104の実効開口数を決定する。すなわち、光ディスク109がHD-DVDである場合は、レンズモジュール104の実効開口数が約0.65となるように制限開口105が動作し、光ディスク109がDVDである場合は、レンズモジュール104の実効開口数が約0.60となるように制限開口105が動作し、光ディスク109がCDである場合は、レンズモジュール104の実効開口数が約0.44となるように制限開口105が動作する。制限開口105としては、例えば特開平9-54977公報記載の波長選択フィルタを用いればよい。

**【0034】**

位相補償板106は、集光レンズ108により低減しきれない波面収差成分を低減するように補償するものであり、本実施の形態においては光ディスクがCDである場合のみその動作をするような素子である。その詳細は後述する。

**【0035】**

1/4波長板107は、レーザ光の直線偏光を円偏光に変換するための素子である。集光レンズ108は、レーザビームを光ディスク109の情報記録面に集光する役割を果たす素子であり、図2に示したようにその片面は不連続な非球面形状を有する。この不連続な非球面形状は、HD-DVDとDVDの記録あるいは再生時の波面収差を極力抑えるように決定される。その具体的な決定法については、先に出願されている特開2004-127510公報に記載されている。

**【0036】**

図8、図9、図10は、図1中に示したレンズモジュール104とディスク109のレンズデータであり、図8はHD-DVD、図9はDVD、図10はCDの場合に相当する。本実施の形態の位相補償板106としては、後で述べるように液晶収差補正素子を用いるので、その材質はガラス相当とした。なお、集光レンズ108の材質はプラスチック相当とし、ディスク109の透明基板はポリカーボネイト（PC）とした。これら材質の波長ごとの屈折率は、図8、図9、図10に示したとおりである。また、「AIR」とは面と面との間が空気で満たされていることを意味する。

## 【0037】

図1に示したようにレンズモジュール104には1/4波長板107をも含むが、1/4波長板107は、単に光の偏光面を操作する機能のみを有する平板素子であり、レンズモジュール104を構成する他の光学素子の面形状を決定するにあたって影響を及ぼすものではないため、図8、図9、図10の各レンズデータにおいては簡便のためにその記載を省略した。

## 【0038】

図11、図12、図13は、集光レンズ108の非球面形状を数式で表現したものである。一般的に、図29に表した座標系において、レンズの非球面の形状は、いわゆるサグ $z$ の表現で下記数5のように表される。なお、 $c = 1/R$ である。

## 【数5】

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{(1 - (1 + k)c^2)r^2}} + \sum_{i=2}^8 A_{2i}r^{2i} + B$$

この数5のパラメータを用いて、集光レンズ108の物体側の面を表記すると、図11、図12、図13で示したようになる。すなわち、図2に示したように集光レンズ108の物体側の面は不連続な非球面形状を有するので、その不連続な非球面形状を構成する領域ごとにその非球面形状が表記される。図11、図12、図13中の「領域の範囲」とは各領域において数5で表される非球面形状が有効なレンズ半径（単位はmm）を表す。また、図11、図12、図13中の「B」は光軸上のサグ量（単位はmm）を表す。連続な非球面形状からなる像側の面は図13で表される。なお、図11、図12、図13で表される各パラメータの値はHD-DVDとDVDの記録あるいは再生時の波面収差を極力小さく抑えるように決定された結果である。

## 【0039】

図11、図12、図13に示すように、集光レンズ108の物体側の面は10個の輪帯状の領域からなり、光軸を含む領域からレンズ外側方向へ数えて7番目までの領域は、HD-DVDとDVDの記録再生時において共に使用する領域であることから、以下、HD-DVD/DVD共通使用領域と呼び、また8番目から10番目までの領域は、HD-DVDでのみ使用する領域であることから、以下、HD-DVD専用使用領域と呼ぶこととする。

## 【0040】

図14には、図11、図12、図13に示した各非球面部において、第1区間の概略の光路長を基準とした時にHD-DVD/DVD共通使用領域とHD-DVD専用使用領域に相当する第2～10区間の概略光路長が、それぞれ概略で波長の何倍ずれているかが示されている。

## 【0041】

図14よりわかるように、第2～10区間が波長405nmのHD-DVDに対しては2mの差、波長655nmのDVD及び波長790nmのCDに対してはmの差（mは整数）となっている。これは、短い方の波長1が380～430nmの間に、長い方の波長2が波長630～680nmの間にあり、3が波長790nm付近にあるので、上記した概略光路長の差の関係を満足しやすいためである。

## 【0042】

不連続な非球面形状の最適化を行った場合のHD-DVDの波面収差分布の計算結果を図3に、DVDにおける波面収差分布の計算結果を図4に示す。図3と図4は共に情報記録面上で生じている波面収差を光線追跡により集光レンズ108の瞳面での波面収差に換算したものであり、横軸は集光レンズの半径で規格化した集光レンズの規格化半径を示す。HD-DVDにおける波面収差のrms値は0.034、DVDにおける波面収差のrms値は0.035となり、いずれの場合も光ディスクの情報記録面に回折限界近くまで

レーザビームを集光することができる。

【0043】

一方で、CDの波面収差分布の同様の計算結果は図5の実線に示したようになる。かかる波面収差のrms値は0.177であり、HD-DVDとDVDの場合と比べると格段に大きく、CDの場合にはディスクの情報記録面に回折限界近くまでレーザビームを集光することができない。これは、集光レンズ108の不連続な非球面形状が、あくまでもHD-DVDとDVDの記録あるいは再生時の波面収差を極力抑えるように決定されたに過ぎず、CDの波面収差に関してはなんら考慮されていないからである。しかしながら、集光レンズ108の面形状によって波面収差を制御できる波長の数は最大2個までであり、2種類以上の波長に対して波面収差を低減するためにはさらに別な手段を用いる必要がある。なお、図5の実線で示した波面収差分布が不連続点を含むのは、集光レンズ108の片面にHD-DVDとDVDの記録あるいは再生時の波面収差を極力抑えるための不連続な非球面形状があるためである。

【0044】

位相補償板106は、CDの記録あるいは再生時に集光レンズ108により低減しきれない図5の実線で示した波面収差成分を低減する役割を果たす。すなわち位相補償板106は、その透過するレーザビームに図5中の破線で示した位相差と逆符号の位相差を与える、結果として図7に示したような波面収差となるような動作をする。以下、位相補償板106の動作について説明する。

【0045】

位相補償板106の例を図2に示した。位相補償板106は複数の同心円状の位相補正要素からなり、各位相補正要素ではそれぞれレーザビームに与える位相差量が異なる。図2に示したように同心円状の位相補正要素を位相補償板106の中心のほうからp1、p2、・・・、pnとし、その各外延をb1、b2、・・・、bnとすると、本実施の形態では、各位相補正要素で与える位相差を、p1=0、p2=-0.12、p3=-0.24、p4=-0.36、p5=-0.48、p6=-0.36、p7=-0.24、p8=-0.12、p9=0とした場合、各位相補正要素の外延は、CDの記録あるいは再生時における制限開口105の半径で規格化した規格化半径でいうと、b1=0.204、b2=0.262、b3=0.363、b4=0.507、b5=0.549、b6=0.601、b7=0.651、b8=0.674、b9=1となる(図5、図6参照)。

【0046】

図7は、CDの記録あるいは再生時に集光レンズ108により低減しきれない図5の実線で示した波面収差成分を位相補償板106を用いて低減した場合の波面収差の計算結果を示す。補償前の波面収差のrms値が0.177であったのに対して、補償後の波面収差のrms値が0.040であり、大幅に改善されているのがわかる。今回、各位相補正要素で与える位相差を、-0.12の倍数としたが、例えば-0.10の倍数とすれば、さらに多くの各位相補正要素で構成しなければならない。さらには、今回、各位相補正要素で与える位相差を、ある値の倍数としたが、必ずしも各位相補正要素で与える位相差をある値の倍数にしなければならないわけではない。例えば、各位相補正要素の外延b1、b2、・・・、bnを集光レンズ108の不連続点a1、a2、・・・、am(図2参照)と極力一致しないように設定する方法もある。かかる場合、位相補償板106と、集光レンズ108との位置ずれに対しても許容度が増す点で有利である。

【0047】

また、位相補償板106は、光ディスクがCDの場合のみ、上記位相差を発生するものでなければならない。HD-DVDとDVDについては、集光レンズ108の不連続な非球面形状によって波面収差が小さくなるように設計されているからであって、かかる場合、位相補償板106は逆に波面収差を増大させてしまう。したがって、位相補償板106は機械的に光路中に抜き差しできるか、または電気的に動作させるかさせないかを制御で

きるものでなければならない。この後者の例としては、特開平10-269611公報記載の液晶収差補正素子を用いればよい。

#### 【0048】

なお、集光レンズ108に1つの波長に対してのみ波面収差を低減させるような作用を持たせ、他の2つの波長について低減しきれない波面収差については、2つの波長各々について波面収差を補償するように最適化された上記位相補償板106を2つ用いる方法も考えられる。しかし、位相補償板は有限の透過率を有するので、2つ用いた場合には、1つを用いる場合よりも透過率の面で不利となる。

#### 【0049】

#### 発明の実施の形態2(参考例) .

以下、本発明に従う第二の実施の形態について詳説する。第一の実施の形態では、位相補償板として機械的に光路中に抜き差しできるか、または電気的に動作させるかさせないかを制御できる素子が必要であり、その例として液晶補償板を位相補償板として用いている。一方、本第二の実施の形態では、位相補償板を機械的に光路中に抜き差ししたり、あるいは電気的な動作制御をする必要はなく、また、第一の実施の形態に比べて本発明のレンズモジュールの構成が非常に簡単になるという特徴を有する。

#### 【0050】

図15は、本発明に従う光ピックアップの一例を示したものである。概説すると、3波長レーザ100は、HD-DVD用の光源(波長 = 405 nm)、DVD用の光源( = 655 nm)、CD用の光源( = 790 nm)を備える。3波長レーザ100から出射されたレーザ光101は、それぞれ一定の発散角を有する発散光であり、偏光ビームスプリッタ102を通過して、コリメータレンズ103によって略平行光に変換される。その平行光は、1/4波長板125によってレーザ光101の直線偏光が円偏光となるようにされた後、本発明の特徴であるレンズモジュール120に供給されて、光ディスク109の情報記録面に回折限界近くまで集光される。光ディスク109の情報記録面で反射されたレーザビームはさらにレンズモジュール120を通じて、1/4波長板125によって光の偏光が円偏光から入射光の偏光面に対して90度回転した直線偏光となるようにされる。その後、偏光ビームスプリッタ102に供給されて、偏光ビームスプリッタ102によって反射された後、検出器110によって光電変換される。光ディスク装置は、この光電変換によって得られる電気信号に基づいてフォーカスサーボ信号、トラックサーボ信号、及び再生信号などを生成する。なお、HD-DVD用、DVD用、CD用の光ディスクの透明基板厚は、それぞれ0.6 mm、0.6 mm、1.2 mmである。

#### 【0051】

次に、本発明の特徴であるレンズモジュール120について詳細に説明する。本実施の形態で示したレンズモジュール120は、制限開口121と、位相補償板122と、集光レンズ123からなる。フォーカスサーボ時、及びトラッキングサーボ時には、レンズモジュール120が一体となって図示されないアクチュエータにより動作する。

#### 【0052】

なお、第一の実施の形態と異なり、1/4波長板125はレンズモジュール120には含まれない。これは、第一の実施の形態で位相補償板106として用いた液晶収差補正素子は偏光特性を有するがゆえに1/4波長板107を位相補償板106の後段に配置する必要があるのに対して、第二の実施の形態で位相補償板122として用いる素子は、偏光特性を有さず、1/4波長板125の光路上の配置位置は位相補償板122では制限されない。一方、レンズモジュール120は一体となって図示されないアクチュエータにより動作するため、レンズモジュール120は小型かつ軽量のほうが、フォーカスサーボ、及びトラッキングサーボの特性が向上する。そのため、第二の実施の形態では、1/4波長板125は、レンズモジュール120の外で、かつレンズモジュール120よりも前段に配置し、第一の実施の形態に比べてレンズモジュール120の構成の簡素化も図っている。

#### 【0053】

制限開口 121 は、レンズモジュール 104 の実効開口数  $N_A$  を決定する。ただし、第一の実施の形態と異なり、制限開口 121 は、その開口が可動ではなく固定の物を用い、その開口径は、光ディスク 109 が HD - DVD である場合の実効開口数  $N_A =$  約 0.65 となるように定められる。具体的には、開口径 =  $2 \times N_A \times$  レンズ焦点距離の関係から、レンズ焦点距離 = 3.102 mm であるから、制限開口 121 の開口径 = 4.032 mm となる。

#### 【0054】

一方、光ディスク 109 が DVD である場合、あるいは CD である場合には、第一の実施の形態で述べたように、一般的には各々所定の開口径に変える必要があるから、その開口制御の手法が問題となる。この問題を解決するために、まず光ディスク 109 が DVD である場合には、レンズモジュール 120 の実効開口数  $N_A$  が約 0.629 となるように設計する。そうすると、レンズ焦点距離 = 3.205 mmとの関係で、HD - DVD で必要となる制限開口 121 の開口径 = 4.032 mmと同じとなる。したがって、開口径 = 4.032 mm である固定開口の制限開口 121 を HD - DVD と DVD と併用できるので、DVD である場合には開口制御は問題とならない。一方、光ディスク 109 が CD である場合は、後で詳説する位相補償板 122 に CD 用の開口制限の機能をも併せ持たせ、この開口制御の問題を解決する。CD の場合の開口制御については位相補償板 122 の説明で詳しく述べる。

#### 【0055】

位相補償板 122 は、集光レンズ 123 により低減しきれない CD の波面収差成分を低減するように補償するものであり、本実施の形態では、第一の実施の形態とは異なり位相補償板 122 を機械的に光路中に抜き差ししたり、あるいは電気的な動作制御をする必要はなく、光ディスク 109 が HD - DVD、DVD、CD のいずれであっても、光路中に固定して据え置いて用いればよい。ここでは概略を述べるにとどめ、その詳細は CD の場合の開口制御と共に後述する。

#### 【0056】

集光レンズ 123 は、レーザビームを光ディスク 109 の情報記録面に集光する役割を果たす素子であり、図 28 に示したようにその片面は不連続な非球面形状を有する。この不連続な非球面形状は、HD - DVD と DVD の記録あるいは再生時の波面収差を極力小さく抑えるように決定される。

#### 【0057】

図 20、図 21、図 22 は、図 15 中に示したレンズモジュール 120 とディスク 109 のレンズデータであり、図 20 は HD - DVD、図 21 は DVD、図 22 は CD の場合に相当する。本実施の形態における位相補償板 122 の材質はプラスチック相当とし、集光レンズ 123 の材質はプラスチック相当とし、ディスク 109 の透明基板はポリカーボネイト (PC) とした。これら材質の波長ごとの屈折率は、図 20、図 21、図 22 に示したとおりである。また、「AIR」とは面と面との間が空気で満たされていることを意味する。

#### 【0058】

図 23、図 24、図 25 は、集光レンズ 123 の非球面形状を数式で表現したものである。数 5 のパラメータを用いて、集光レンズ 123 の物体側の面を表記すると、図 23、図 24、図 25 で示したようになる。すなわち、図 28 に示したように集光レンズ 123 の物体側の面は不連続な非球面形状を有するので、その不連続な非球面形状を構成する領域ごとにその非球面形状が表記される。図 23、図 24、図 25 中の「領域の範囲」とは各領域において数 5 で表される非球面形状が有効なレンズ半径 (単位は mm) を表す。また、図 23、図 24、図 25 中の「B」は光軸上のサグ量 (単位は mm) を表す。連続な非球面形状からなる像側の面は図 25 で表される。なお、図 23、図 24、図 25 で表される各パラメータの値は HD - DVD と DVD の記録あるいは再生時の波面収差を極力小さく抑えるように決定された結果である。

#### 【0059】

図23、図24、図25に示すように、集光レンズ123の物体側の面は9個の輪帯状の領域からなり、第二の実施の形態では、すべての領域は、HD-DVDとDVDの記録再生時において共に使用する領域であることから、全てHD-DVD/DVD共通使用領域となる。

【0060】

図26には、図23、図24、図25に示した各非球面部において、第1区間の概略の光路長を基準とした時にHD-DVD/DVD共通使用領域に相当する第2～9区間の概略光路長が、それぞれ概略で波長の何倍ずれているかが示されている。

【0061】

図26よりわかるように、第2～9区間が波長405nmのHD-DVDに対しては2mの差、波長655nmのDVD及び波長790nmのCDに対してはmの差(mは整数)となっている。これは、短い方の波長1が380～430nmの間に、長い方の波長2が波長630～680nmの間にあり、3が波長790nm付近にあるので、上記した概略光路長の差の関係を満足しやすいためである。

【0062】

位相補償板122は、図28に示したように光軸を中心とする輪帯構造を有し、各輪帯ごとで光に与える位相差が異なることを特徴とする。この効果は、輪帯ごとに光軸方向へのそれぞれ異なった深さDを与えて、階段状の輪帯構造を位相補償板122に設けることにより実現できる。ただし、 $1 = 405\text{ nm}$ の波長光を基準光とし、その基準光に対応する位相補償板122の材料の屈折率n1との関係に基づいて、輪帯深さDは、 $D = \times 1 / (n_1 - 1)$ の式を満足するように定める。前式中の $\times$ は整数である。これは、 $1 = 405\text{ nm}$ の基準光が、ある輪帯を通過する場合としない場合とで、実質的な波面の位相がずれないように輪帯深さDを設定するものである。即ち、この式を満足する位相補償板122は、HD-DVDの波長光に対して不感となる。

さらに、深さDにより生じるDVDの波長2での位相差 $\Delta_2$ は、 $\Delta_2 = D / \lambda_2$ 、 $\Delta_2' = n_2 \cdot D / \lambda_2$ としたとき、次の通り表わすことができる。

$$\begin{aligned} \Delta_2 &= \Delta_2 - \Delta_2' \\ &= (n_2 - 1) D / \lambda_2 \\ &= (1 / \lambda_2) (n_2 - 1) / (n_1 - 1) \end{aligned}$$

この $\Delta_2$ の値が整数に近くなるように $\lambda_2$ を選ぶと、位相補償板122はDVDの波長光に対して不感に近い状態になる。

また、深さDにより生じるCDの波長3での位相差 $\Delta_3$ は、次の通り表わすことができる。

$$\begin{aligned} \Delta_3 &= \Delta_3 - \Delta_3' \\ &= (n_3 - 1) D / \lambda_3 \\ &= (1 / \lambda_3) (n_3 - 1) / (n_1 - 1) \end{aligned}$$

このとき、CDの波長光に対しては、位相差は位相補償板122で補償することができるため、 $\Delta_3$ は整数近くである必要はなく、経験上次式を満たすことが望まれる。

$$\Delta_3 = 0.20$$

これらの条件をそれぞれ満足するように、パラメータ値を変えて計算を繰り返し、最適な値を求める。本実施の形態では、整数 $\times$ は、10の倍数、即ち10、20、30…がこれらの条件を満足することが確認された。

【0063】

さらに深さDは、 $\lambda_2 = 655\text{ nm}$ の波長とその対応する位相補償板122の材料の屈折率n2との関係から、 $\lambda_2 = 655\text{ nm}$ の波長の光が、ある輪帯を通過する場合としない場合とで、できるだけ波面の位相がずれないように設定される。

上記条件下、本実施の形態においては、整数 $\times$ は、10の倍数となるように設定した。なお、整数 $\times$ は、前記 $\lambda_1$ 、 $n_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $n_2$ の関係によって決まる値であるから、使用する光源の波長やレンズ材料等によっては必ずしも10の倍数に限るものではなく、また、本実施の形態においても、10の倍数以外にも例えば20の倍数とすることもできる。

なお、深さ D は、 $\lambda = 655 \text{ nm}$  の波長を基準光として設定してもよい。

#### 【0064】

本実施の形態においては、整数  $n$  は、10の倍数から選択することになるが、各輪帯ごとの具体的な整数  $n$  の値は、上記条件を満たす範囲で、最終的に、上記集光レンズ123に対して CD で用いる波長  $\lambda = 790 \text{ nm}$  のレーザ光を平行光で入射させた場合に、CD の記録あるいは再生時の波面収差を極力小さく抑えるように決定される。

#### 【0065】

なお、上述の例では、 $D = \lambda / (n_1 - 1)$  の式において、 $n$  を整数としたが、これに限らない。図47、図48は、それぞれ  $n = 10$  と  $20$  の場合において、 $n = 10$ 、 $20$ を中心としてその前後の値としたときに位相ずれの値をプロットしたものである。図47に示されるように、 $n = 10$  の場合に位相ずれ (Error  $n$ ) の値が  $0.1$  未満であることを条件とすると、 $n$  の値が  $9.9 \sim 10.1$  がこの条件を満足することがわかった。また、図48に示されるように、 $n = 20$  の場合に位相ずれ (Error  $n$ ) の値が  $0.1$  未満であることを条件とすると、 $n$  の値が  $19.94 \sim 20.01$  がこの条件を満足することがわかった。概ね  $n$  の値は整数値  $\pm 10\%$  であれば、位相ずれを所望の範囲内に抑制できる。

#### 【0066】

図27は、上記手法によって最適化された位相補償板122の構造を示す図である。輪帯数は18であり、各輪帯の深さ D は、図27に示すとおりである。ただし、位相補償板122は、図27に示すように、光軸を含む輪帯から数えて17番目までの輪帯まで ( $b_{17} = 1.5162 \text{ mm}$ ) で、CDの記録あるいは再生時の波面収差を極力小さく抑えるようにし、その外側の18番目の輪帯においては、CDの記録あるいは再生時の波面収差があえて大きくなるようにその面形状と輪帯の深さ D を定める。18番目の輪帯は、CDの記録あるいは再生時の開口制限の機能を持たせるためである。本実施の形態においては、18番目の輪帯の D を0とした。なお、位相補償板122の各輪帯を構成する面は、光軸に対して垂直な平面とした。

#### 【0067】

以上のように最適化された図15の光学系において、HD-DVDの波面収差分布の計算結果を図16に、DVDにおける波面収差分布の計算結果を図17に示す。図16と図17は共に情報記録面上で生じている波面収差を光線追跡により集光レンズ123の瞳面での波面収差に換算したものであり、横軸は集光レンズの半径で規格化した集光レンズの規格化半径を示す。HD-DVDにおける波面収差のrms値は  $0.036$ 、DVDにおける波面収差のrms値は  $0.034$  となり、いずれの場合も光ディスクの情報記録面に回折限界近くまでレーザビームを集光することができる。

#### 【0068】

図19は、CDにおける瞳面での波面収差分布の計算結果を示す。一方、図18は、17番目の輪帯に相当する部分までを抜き出した、CDにおける瞳面での波面収差分布の計算結果を示す。図18と図19から位相補償板122の17番目の輪帯に相当する範囲内では、おおむね良好な波面収差特性を示しているが、一番外側の18番目の輪帯に相当する範囲では波面収差が大きくなっていることがわかる。これは、先に述べたように位相補償板122は、図27に示すように、光軸を含む輪帯から数えて17番目までの輪帯までで、CDの記録あるいは再生時の波面収差を極力抑えるように設計されるのに対して、その外側の18番目の輪帯の設計においては、CDの記録あるいは再生時の波面収差が大きくなるようにその面形状と深さ D を定めたからである。この場合、波面収差が大きくなる18番目の輪帯に相当する領域を通過したCDで用いる波長  $\lambda = 790 \text{ nm}$  のレーザ光は、その収差が大きいために、いわゆるフレア光となって拡散するので、光ディスク109の情報記録面に回折限界近くまで集光されない。一方、光軸を含む輪帯から数えて17番目までの輪帯までを通過したCDで用いる波長  $\lambda = 790 \text{ nm}$  のレーザ光は、その収差が十分小さいので、光ディスク109の情報記録面に回折限界近くまで集光される。

#### 【0069】

具体的には、図18に基づいて、ディスク109上にスポットを形成するのに寄与する17番目の輪帯( $b_{17} = 1.5162\text{mm}$ 、図28参照)に相当する部分までの波面収差を計算すると、そのrms値は0.031となる。すなわちCDにおいては、位相補償板122の一番外側の18番目の輪帯は開口制限の役割を果たし、1から17番目の輪帯を通過した光によって光ディスクの情報記録面に回折限界近くまでレーザビームを集光することができる。かかる場合、CD実効開口径 =  $2 \times b_{17} = 3.032\text{mm}$ とレンズ焦点距離 =  $3.226\text{mm}$ の関係から、CDのNAは0.47となる。

#### 【0070】

このように、位相補償板122の一番外側の18番目の輪帯はCDのときには開口制限の役割を果たすことがわかる。

#### 【0071】

一方、位相補償板122の輪帯構造は、18番目の輪帯をも含め、 $1 = 405\text{nm}$ の波長の光については、位相補償板122の輪帯構造により位相差が生じないように、また $2 = 655\text{nm}$ の波長の光については、位相補償板122の輪帯構造によりできるだけ位相差が生じないように最適化されていることは、先に述べたとおりである。そのため、 $1 = 405\text{nm}$ の波長の光、及び $2 = 655\text{nm}$ の波長の光において、位相補償板122をそのまま用いたとしても、HD-DVDやCDの記録あるいは再生時の波面収差を顕著に増大させるものではない。

#### 【0072】

具体的には、HD-DVDの波面収差分布の計算結果は図16に、DVDにおける波面収差分布の計算結果は図17に示すが、これらの結果は、位相補償板122をも含めた結果であり、集光レンズ123の瞳面の全面で十分に小さい波面収差値が得られていることを示すものである。

#### 【0073】

すなわち、一番外側の18番目の輪帯も含め位相補償板122の全ての輪帯は、 $1 = 405\text{nm}$ の波長の光、及び $2 = 655\text{nm}$ の波長の光に対して開口制限のような働きをせず、位相補償板122の一番外側の輪帯は、CDのときにのみ開口制限の役割を果たすことになる。

#### 【0074】

なお、CDのときにのみ開口制限として機能する位相補償板122の一番外側の輪帯については、そのフレア特性を向上させるために、複数の輪帯で構成してもよい。

#### 【0075】

このように、第二の実施の形態に従えば、(1)各ディスクに対応した可変開口を用いる必要はなく、(2)位相補償板についても、それを機械的に光路中に抜き差したり、あるいは電気的な動作制御をする必要はなく、(3)1/4波長板は静的な位相板よりも前段に配置できるのでレンズモジュールと一体化する必要はなく、第一の実施の形態に比べて本発明のレンズモジュールの構成が非常に簡単になるといった利点を有する。

#### 【0076】

なお、上記第一の実施の形態及び第二の実施の形態は、超高密度記録対応の光ディスクとしてHD-DVDを考慮したものであるが、ブルーレイを考えた場合でも、同様に設計することにより実現することができる。ただし、かかる場合は、必要とする実効開口数の関係から集光レンズ上にブルーレイ専用使用領域が必ず存在するため、ブルーレイ専用使用領域にDVDの開口制限機能を持たせることが有効である。この場合、第二の実施の形態で述べたように位相補償板にCDの開口制限機能を持たせることにより、可変の制限開口を用いる必要がなくなるからである。なお、専用使用領域にDVDの開口制限機能を設ける手法については、DVDの波長のみフレア光として拡散させる作用を持つ構造を設けるなど、従来の設計手法に従って実現可能である。

#### 【0077】

発明の実施の形態3(実施例)。

以下、本発明に従う第三の実施の形態について詳説する。上記第一及び第二の実施の形

態においては、集光レンズの物体側の面は不連続な非球面形状を有していた。これは、前述したようにH D - D V DとD V Dの記録あるいは再生時の波面収差を極力小さく抑える目的で設けられた形状である。一方、本第三の実施の形態における集光レンズの物体側と像側の面は、連続な非球面形状を有しており、位相補償板の片面にH D - D V DとD V Dの記録あるいは再生時の波面収差を極力小さく抑える目的で不連続な非球面形状を設け、もう一方の面には、C Dの記録あるいは再生時の波面収差を極力小さく抑える目的で、光軸を中心とする輪帯構造を設け、各輪帯ごとで光に与える位相差が異なるようにする。

#### 【0078】

本第三の実施の形態は、集光レンズの面に不連続な非球面形状を形成することが困難な場合において特に有効である。例えば、ブルーレイの記録あるいは再生においては、位相補償板と集光レンズからなるレンズモジュールの実効開口数は、約0.85程度の値を必要とする。かかる場合、レンズ曲率の観点などから、集光レンズの材質にはできるだけ屈折率の大きい材料を用いることが望ましく、ガラス系の材料が好適である。しかし、ガラス系の材料は屈折率は大きいが、融点が一般的に600度以上と高いため、その温度に耐えうるレンズ成型の金型として、金型表面に微細構造を刻むことが難しい超硬の金型を必要とする。すなわち、屈折率の大きいガラス系の材料をレンズの材質として用いる場合には、集光レンズの面に不連続な非球面形状を形成することが困難となる。

#### 【0079】

そこで、本第三の実施の形態では、ブルーレイの記録あるいは再生において、不連続な非球面形状を形成することが困難なガラスレンズを用いる場合について説明する。

#### 【0080】

図15は、本発明に従う光ピックアップの一例を示したものである。概説すると、3波長レーザ100は、ブルーレイ用の光源(波長=405nm)、D V D用の光源(=655nm)、C D用の光源(=790nm)を備える。3波長レーザ100から出射されたレーザ光101は、それぞれ一定の発散角を有する発散光であり、偏光ビームスプリッタ102を通過して、コリメータレンズ103によって略平行光に変換される。その平行光は、1/4波長板125によってレーザ光101の直線偏光が円偏光となるようにされた後、本発明の特徴であるレンズモジュール120に供給されて、光ディスク109の情報記録面に回折限界近くまで集光される。光ディスク109の情報記録面で反射されたレーザビームはさらにレンズモジュール120を通じて、1/4波長板125によって光の偏光が円偏光から入射光の偏光面に対して90度回転した直線偏光となるようにされる。その後、偏光ビームスプリッタ102に供給されて、偏光ビームスプリッタ102によって反射された後、検出器110によって光電変換される。光ディスク装置は、この光電変換によって得られる電気信号に基づいてフォーカスサーボ信号、トラックサーボ信号、及び再生信号などを生成する。なお、ブルーレイ用、D V D用、C D用の光ディスクの透明基板厚は、それぞれ0.1mm、0.6mm、1.2mmである。

#### 【0081】

次に、本発明の特徴であるレンズモジュール120について詳細に説明する。本実施の形態で示したレンズモジュール120は、制限開口121と、位相補償板122と、集光レンズ123からなる。フォーカスサーボ時、及びトラッキングサーボ時には、レンズモジュール120が一体となって図示されないアクチュエータにより動作する。

#### 【0082】

なお、第一の実施の形態と異なり、1/4波長板125がレンズモジュール120には含まれないことは、第二の実施の形態と同様である。これは、第三の実施の形態で位相補償板122として用いる素子は、第二の実施の形態と同様に偏光特性を有さず、1/4波長板125の光路上の配置位置は位相補償板122では制限されないからである。これにより、第一の実施の形態に比べてレンズモジュール120の構成の簡素化も図れる。

#### 【0083】

制限開口121は、レンズモジュール104の実効開口数NAを決定する。ただし、第一の実施の形態と異なり、制限開口121は、その開口が可動ではなく固定の物を用い、

その開口径は、光ディスク109がブルーレイである場合の実効開口数N A = 約0.85となるように定められる。具体的には、開口径 =  $2 \times N A \times$ レンズ焦点距離の関係から、レンズ焦点距離 = 2.06mmであるから、制限開口121の開口径 = 3.5mmとなる。

#### 【0084】

一方、光ディスク109がDVDである場合、あるいはCDである場合には、第一の実施の形態で述べたように、一般的には各々所定の開口径に変える必要があるから、その開口制御の手法が問題となる。この問題を解決するために、位相補償板122にDVD用の開口制限機能とCD用の開口制限の機能を併せ持たせ、この開口制御の問題を解決する。開口制御については位相補償板122の説明で詳しく述べる。

#### 【0085】

位相補償板122は、ブルーレイ、DVD、CDの波面収差成分を低減するように補償するものであり、本実施の形態では、第一の実施の形態とは異なり位相補償板122を機械的に光路中に抜き差ししたり、あるいは電気的な動作制御をする必要はなく、光ディスク109がブルーレイ、DVD、CDのいずれであっても、光路中に固定して据え置いて用いればよい。ここでは概略を述べるにとどめ、その詳細はDVDとCDの場合の開口制御と共に後述する。

#### 【0086】

集光レンズ123は、レーザビームを光ディスク109の情報記録面に集光する役割を果たす素子であり、図46に示したようにその両面は連続な非球面形状を有する。

#### 【0087】

図34、図35、図36は、図15中に示したレンズモジュール120とディスク109のレンズデータであり、図34はブルーレイ、図35はDVD、図36はCDの場合に相当する。本実施の形態における位相補償板122の材質はプラスチック相当とし、集光レンズ108の材質はガラス相当とし、ディスク109の透明基板はポリカーボネイト(PC)とした。これら材質の波長ごとの屈折率は、図34、図35、図36に示したとおりである。また、「AIR」とは面と面との間が空気で満たされていることを意味する。なお、ブルーレイ用の光ディスクの透明基板厚は、2層記録媒体を考慮して0.0875mmとした。

#### 【0088】

図37、図38、図39、図40、図41、図42は、位相補償板122の非球面形状を数式で表現したものである。数5のパラメータを用いて、位相補償板122の物体側の面を表記すると、図37、図38、図39、図40、図41、図42で示したようになる。位相補償板122の物体側の面は31個の輪帯状の領域からなり、第三の実施の形態では、図42で表される最外周の輪帯領域のみブルーレイ専用使用領域となり、その内側の図37、図38、図39、図40、図41で表される領域は、ブルーレイとDVDの記録再生時において共に使用する領域であることから、ブルーレイ/DVD共通使用領域となる。図46に示したように位相補償板122の物体側の面は不連続な非球面形状を有するので、その不連続な非球面形状を構成する領域ごとにその非球面形状が表記される。図37、図38、図39、図40、図41、図42中の「領域の範囲」とは各領域において数5で表される非球面形状が有効なレンズ半径(単位はmm)を表す。また、図37、図38、図39、図40、図41、図42中の「B」は光軸上のサグ量(単位はmm)を表す。

#### 【0089】

図37、図38、図39、図40、図41で表されるブルーレイ/DVD共通使用領域の各パラメータの値はブルーレイとDVDの記録あるいは再生時の波面収差を極力小さく抑えるように決定された結果である。一方、図42で表されるブルーレイ専用使用領域の各パラメータの値は、ブルーレイの記録あるいは再生時の波面収差を極力小さく抑えるように決定された結果であり、DVDやCDの記録あるいは再生時の波面収差があえて大きくなるように設計されている。ブルーレイ専用使用領域の輪帯は、DVDの記録あるいは

再生時の開口制限の機能を持たせるためである。

【0090】

図43には、図37、図38、図39、図40、図41、図42に示した各非球面部において、第1区間の概略の光路長を基準とした時にブルーレイ/DVD共通使用領域及びブルーレイ専用使用領域に相当する第2～31区間の概略光路長が、それぞれ概略で波長の何倍ずれているかが示されている。

【0091】

図43よりわかるように、第2～31区間が波長405nmのブルーレイに対しては2mの差、波長655nmのDVD及び波長790nmのCDに対してはmの差(mは整数)となっている。これは、短い方の波長1が380～430nmの間に、長い方の波長2が波長630～680nmの間にあり、3が波長790nm付近にあるので、上記した概略光路長の差の関係を満足しやすいためである。

【0092】

位相補償板122のもう一方の面は、図46に示したように光軸を中心とする輪帯構造を有し、各輪帯ごとで光に与える位相差が異なることを特徴とする。この効果は、輪帯ごとに光軸方向へのそれぞれ異なった深さDを与えて、階段状の輪帯構造を位相補償板122に設けることにより実現できる。ただし、 $1 = 405\text{ nm}$ の波長光を基準光とし、その基準光に対応する位相補償板122の材料の屈折率n1との関係に基づいて、輪帯深さDは、 $D = \times 1 / (n_1 - 1)$ の式を満足するように定める。前式中の $\times$ は整数である。これは、 $1 = 405\text{ nm}$ の基準光が、ある輪帯を通過する場合としない場合とで、できるだけ波面の位相がずれないように輪帯深さDを設定するものである。

【0093】

さらに深さDは、 $2 = 655\text{ nm}$ の波長とその対応する位相補償板122の材料の屈折率n2との関係から、 $2 = 655\text{ nm}$ の波長の光が、ある輪帯を通過する場合としない場合とで、できるだけ波面の位相がずれないように設定される。

【0094】

上記条件下、本実施の形態においては、整数 $\times$ は、10の倍数となるように設定した。なお、整数 $\times$ は、前記1、n1、2、n2の関係によって決まる値であるから、使用する光源の波長やレンズ材料等によっては必ずしも10の倍数に限るものではなく、また、本実施の形態においても、10の倍数以外にも例えば20の倍数とすることもできる。なお、深さDは、 $2 = 655\text{ nm}$ の波長を基準光として設定してもよい。

【0095】

本実施の形態においては、整数 $\times$ は、10の倍数から選択することになるが、各輪帯ごとの具体的な整数 $\times$ の値は、上記条件を満たす範囲で、最終的に、上記集光レンズ123に対してCDで用いる波長 $3 = 790\text{ nm}$ のレーザ光を平行光で入射させた場合に、CDの記録あるいは再生時の波面収差を極力小さく抑えるように決定される。

なお、整数 $\times$ の決定については、発明の実施の形態2において説明したと同様にして行なうことができ、その説明を省略する。また、 $\times$ は、発明の実施の形態2において説明したと同様に、整数に限られるものではない。

【0096】

図44は、上記手法によって最適化された位相補償板122の構造を示す図である。輪帯数は24であり、各輪帯の深さDは、図44に示すとおりである。ただし、位相補償板122は、図44に示すように、光軸を含む輪帯から数えて23番目までの輪帯まで(b<sub>17</sub> = 1.118119mm)で、CDの記録あるいは再生時の波面収差を極力小さく抑えるようにし、その外側の24番目の輪帯においては、CDの記録あるいは再生時の波面収差があえて大きくなるようにその面形状と輪帯の深さDを定める。24番目の輪帯は、CDの記録あるいは再生時の開口制限の機能を持たせるためである。本実施の形態においては、24番目の輪帯のDを0とした。なお、位相補償板122の各輪帯を構成する面は、光軸に対して垂直な平面とした。

図45は、集光レンズ123の非球面形状を数式で表現したものである。先に説明した

ように、集光レンズ123を構成する面は、連続な非球面形状からなる。

【0097】

以上のように最適化された図15の光学系において、ブルーレイの波面収差分布の計算結果を図30に、DVDにおける波面収差分布の計算結果を図31に示す。図30と図31は共に情報記録面上で生じている波面収差を光線追跡により集光レンズ123の瞳面での波面収差に換算したものであり、横軸は集光レンズの半径で規格化した集光レンズの規格化半径を示す。ブルーレイにおける波面収差のrms値は0.034、DVDにおける波面収差のrms値は0.036となり、いずれの場合も光ディスクの情報記録面に回折限界近くまでレーザビームを集光することができる。なお、DVDの場合において一番外側のブルーレイ専用使用領域に相当する範囲では波面収差が大きくなっている。これは、前述したようにブルーレイ/DVD共通使用領域はブルーレイとDVDの記録あるいは再生時の波面収差を極力小さく抑えるように決定された結果であるのに対して、ブルーレイ専用使用領域の各パラメータの値は、ブルーレイの記録あるいは再生時の波面収差を極力小さく抑えるが、DVDやCDの記録あるいは再生時の波面収差があえて大きくなるように設計されているからである。ブルーレイ専用使用領域の輪帯は、DVDの記録あるいは再生時の開口制限の機能を持たせるためである。

【0098】

図33は、CDにおける瞳面での波面収差分布の計算結果を示す。一方、図32は、23番目の輪帯に相当する部分までを抜き出した、CDにおける瞳面での波面収差分布の計算結果を示す。図32と図33から位相補償板122の23番目の輪帯に相当する範囲内では、おおむね良好な波面収差特性を示しているが、一番外側の24番目の輪帯に相当する範囲では波面収差が大きくなっていることがわかる。これは、先に述べたように位相補償板122は、図44に示すように、光軸を含む輪帯から数えて23番目までの輪帯までで、CDの記録あるいは再生時の波面収差を極力抑えるように設計されるのに対して、その外側の24番目の輪帯の設計においては、CDの記録あるいは再生時の波面収差が大きくなるようにその面形状と深さDを定めたからである。この場合、波面収差が大きくなる24番目の輪帯に相当する領域を通過したCDで用いる波長 $\lambda = 790\text{ nm}$ のレーザ光は、その収差が大きいために、いわゆるフレア光となって拡散するので、光ディスク109の情報記録面に回折限界近くまで集光されない。一方、光軸を含む輪帯から数えて23番目までの輪帯までを通過したCDで用いる波長 $\lambda = 790\text{ nm}$ のレーザ光は、その収差が十分小さいので、光ディスク109の情報記録面に回折限界近くまで集光される。

【0099】

具体的には、図32に基づいて、ディスク109上にスポットを形成するのに寄与する23番目の輪帯( $b_{23} = 1.118119\text{ mm}$ 、図44参照)に相当する部分までの波面収差を計算すると、そのrms値は0.041となる。すなわちCDにおいては、位相補償板122の一番外側の24番目の輪帯は開口制限の役割を果たし、1から23番目の輪帯を通過した光によって光ディスクの情報記録面に回折限界近くまでレーザビームを集光することができる。かかる場合、CD実効開口径 $= 2b_{17} = 2.236\text{ mm}$ とレンズ焦点距離 $= 2.29283\text{ mm}$ の関係から、CDのNAは0.51となる。

【0100】

このように、位相補償板122の一番外側の24番目の輪帯はCDのときには開口制限の役割を果たすことがわかる。

【0101】

一方、位相補償板122の輪帯構造は、24番目の輪帯をも含め、 $\lambda = 405\text{ nm}$ の波長の光については、位相補償板122の輪帯構造により位相差が生じないように、また $\lambda = 655\text{ nm}$ の波長の光については、位相補償板122の輪帯構造によりできるだけ位相差が生じないように最適化されていることは、先に述べたとおりである。そのため、 $\lambda = 405\text{ nm}$ の波長の光、及び $\lambda = 655\text{ nm}$ の波長の光において、位相補償板122をそのまま用いたとしても、ブルーレイやCDの記録あるいは再生時の波面収差を顕著に増大させるものではない。

**【0102】**

具体的には、ブルーレイの波面収差分布の計算結果は図30に、DVDにおける波面収差分布の計算結果は図31に示すが、これらの結果は、位相補償板122をも含めた結果であり、集光レンズ123の瞳面の全面で十分に小さい波面収差値が得られていることを示すものである。

**【0103】**

すなわち、一番外側の24番目の輪帯も含め位相補償板122の全ての輪帯は、 $\lambda_1 = 405\text{nm}$ の波長の光、及び $\lambda_2 = 655\text{nm}$ の波長の光に対して開口制限のような働きをせず、位相補償板122の一番外側の輪帯は、CDのときにのみ開口制限の役割を果すことになる。

**【0104】**

なお、CDのときにのみ開口制限として機能する位相補償板122の一番外側の輪帯については、そのフレア特性を向上させるために、複数の輪帯で構成してもよい。

**【0105】**

このように、第三の実施の形態に従えば、(1)各ディスクに対応した可変開口を用いる必要はなく、(2)位相補償板についても、それを機械的に光路中に抜き差ししたり、あるいは電気的な動作制御をする必要はなく、(3)1/4波長板は静的な位相板よりも前段に配置できるのでレンズモジュールと一体化する必要はなく、第一の実施の形態に比べて本発明のレンズモジュールの構成が非常に簡単になるといった利点を有し、かつ集光レンズに不連続な形状を形成する必要がないので、集光レンズの材質として高い屈折率を有するガラス系の材料を用いることができる点に特徴を有する。

なお、図46に示した位相補償板122では、一枚の位相補償板の両面のそれぞれに、不連続な非球面形状と輪帯構造を設けるようにしたが、2枚の位相補償板の一方の位相補償板に不連続な非球面形状を設け、他方の位相補償板に輪帯構造を設けるようにしてもよい。

**【図面の簡単な説明】****【0106】**

【図1】本発明に従う光ピックアップの概略図である。

【図2】本発明に従う集光レンズ及び位相補償板の概略図である。

【図3】本発明に従う光ピックアップでHDTV-DVDを記録あるいは再生した場合の波面収差分布を示す図である。

【図4】本発明に従う光ピックアップでDVDを記録あるいは再生した場合の波面収差分布を示す図である。

【図5】本発明に従う位相補償板を用いないでCDを記録あるいは再生した場合の波面収差分布を示す図である。

【図6】本発明に従う位相補償板を構成する各位相補償要素が与える位相差を示す図である。

【図7】本発明に従う光ピックアップでCDを記録あるいは再生した場合の波面収差分布を示す図である。

【図8】本発明に従う光ピックアップのレンズデータで、ディスクがHDTV-DVDの場合を示す図である。

【図9】本発明に従う光ピックアップのレンズデータで、ディスクがDVDの場合を示す図である。

【図10】本発明に従う光ピックアップのレンズデータで、ディスクがCDの場合を示す図である。

【図11】本発明に従う集光レンズの面形状を示す図である。

【図12】本発明に従う集光レンズの面形状を示す図である。

【図13】本発明に従う集光レンズの面形状を示す図である。

【図14】本発明に従う集光レンズの光路長差を示す図である。

【図15】本発明に従う光ピックアップの概略図である。

【図16】本発明に従う光ピックアップでH D - D V Dを記録あるいは再生した場合の波面収差分布を示す図である。

【図17】本発明に従う光ピックアップでD V Dを記録あるいは再生した場合の波面収差分布を示す図である。

【図18】本発明に従う光ピックアップでC Dを記録あるいは再生した場合の波面収差分布(制限開口内)を示す図である。

【図19】本発明に従う光ピックアップでC Dを記録あるいは再生した場合の波面収差分布を示す図である。

【図20】本発明に従う光ピックアップのレンズデータで、ディスクがH D - D V Dの場合を示す図である。

【図21】本発明に従う光ピックアップのレンズデータで、ディスクがD V Dの場合を示す図である。

【図22】本発明に従う光ピックアップのレンズデータで、ディスクがC Dの場合を示す図である。

【図23】本発明に従う集光レンズの面形状を示す図である。

【図24】本発明に従う集光レンズの面形状を示す図である。

【図25】本発明に従う集光レンズの面形状を示す図である。

【図26】本発明に従う集光レンズの光路長差を示す図である。

【図27】本発明に従う位相補償板の構造を示す図である。

【図28】本発明に従う集光レンズ及び位相補償板の概略図である。

【図29】レンズ座標軸を示す図である。

【図30】本発明に従うブルーレイの波面収差分布の計算結果を示す図である。

【図31】本発明に従うD V Dにおける波面収差分布の計算結果を示す図である。

【図32】本発明に従うC Dにおける瞳面での波面収差分布の計算結果を示す図である。

【図33】本発明に従うC Dにおける瞳面での波面収差分布の計算結果を示す図である。

【図34】本発明に従うレンズモジュールとディスクのレンズデータを示す図である。

【図35】本発明に従うレンズモジュールとディスクのレンズデータを示す図である。

【図36】本発明に従うレンズモジュールとディスクのレンズデータを示す図である。

【図37】本発明に従う位相補償板の非球面形状を数式で表現した図である。

【図38】本発明に従う位相補償板の非球面形状を数式で表現した図である。

【図39】本発明に従う位相補償板の非球面形状を数式で表現した図である。

【図40】本発明に従う位相補償板の非球面形状を数式で表現した図である。

【図41】本発明に従う位相補償板の非球面形状を数式で表現した図である。

【図42】本発明に従う位相補償板の非球面形状を数式で表現した図である。

【図43】本発明に従うブルーレイ/D V D共通使用領域及びブルーレイ専用使用領域に相当する概略光路長のずれを示す図である。

【図44】本発明に従う位相補償板の構造を示す図である。

【図45】本発明に従う集光レンズの面形状を示す図である。

【図46】本発明に従う集光レンズ及び位相補償板の概略図である。

【図47】本発明に従う位相補償板におけるの許容範囲を示す表である。

【図48】本発明に従う位相補償板におけるの許容範囲を示す表である。

【符号の説明】

【0107】

100 3波長レーザ

101 レーザ光

102 偏光ビームスプリッタ

103 コリメータレンズ

104 レンズモジュール

105 制限開口

106 位相補償板

1 0 7 1 / 4 波長板  
1 0 8 集光レンズ  
1 0 9 光ディスク  
1 1 0 検出器  
1 2 0 レンズモジュール  
1 2 1 制限開口  
1 2 2 位相補償板  
1 2 3 集光レンズ  
1 2 5 1 / 4 波長板