

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4879324号
(P4879324)

(45) 発行日 平成24年2月22日 (2012. 2. 22)

(24) 登録日 平成23年12月9日 (2011. 12. 9)

(51) Int. Cl.

F I

G 1 1 B 7/14 (2012. 01)

G 1 1 B 7/14

G 1 1 B 7/004 (2006. 01)

G 1 1 B 7/004

Z

G 1 1 B 7/007 (2006. 01)

G 1 1 B 7/007

G 1 1 B 7/013 (2006. 01)

G 1 1 B 7/013

G 1 1 B 7/09 (2006. 01)

G 1 1 B 7/09

A

請求項の数 9 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2009-533005 (P2009-533005)
 (86) (22) 出願日 平成19年9月20日 (2007. 9. 20)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2007/068272
 (87) 国際公開番号 W02009/037773
 (87) 国際公開日 平成21年3月26日 (2009. 3. 26)
 審査請求日 平成22年3月12日 (2010. 3. 12)

(73) 特許権者 000005016
 パイオニア株式会社
 神奈川県川崎市幸区新小倉 1 番 1 号
 (74) 代理人 110001025
 特許業務法人藤村合同特許事務所
 (72) 発明者 佐藤 充
 埼玉県鶴ヶ島市富士見 6 丁目 1 番 2 号 パ
 イオニア株式会社 総合研究所内
 (72) 発明者 小笠原 昌和
 埼玉県鶴ヶ島市富士見 6 丁目 1 番 2 号 パ
 イオニア株式会社 総合研究所内
 審査官 中野 浩昌

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 記録再生方法、記録再生装置及び記録媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

膜厚方向において積層された複数の記録層とトラッキングサーボ情報を担持する複数のトラックを有するガイド層とを含む記録媒体に対して、前記記録層に記録マークを形成することによって情報の記録又は再生をなす記録再生方法であって、

共通の対物レンズ介して、サーボ光ビームを前記ガイド層へかつ互いに隣り合う複数のメイン光ビームからなるメイン光ビーム群を前記記録層のいずれか 1 つへ択一的に集光するフォーカシングステップと、

前記サーボ光ビームが前記トラックを追従するように前記対物レンズの位置決めをなすトラッキングステップと、

前記フォーカシングステップとトラッキングステップを実行しつつ、前記メイン光ビーム群によって情報の記録又は再生をなす記録再生ステップと、を含み、

前記トラックのうちの隣り合うもの同士の間隔の一方を前記サーボ光ビームが追従しているときの前記メイン光ビーム群によって当該 1 つの記録層上に形成される軌跡群と、前記サーボ光ビームが他方のトラックを追従しているときの前記メイン光ビーム群によって当該 1 つの記録層上に形成される軌跡群との間隔が前記軌跡群内の平均軌跡ピッチよりも大であることを特徴とする記録再生方法。

【請求項 2】

前記軌跡群の存在幅を TW 、前記トラックの間隔を Tg 、前記軌跡群のメイン光ビームの本数を n 本とするとき、下記 (1) 式、

10

20

【数 1】

$$T_g > \frac{n}{n-1} TW \quad (1)$$

を満足するように、設定されていることを特徴とする請求項 1 記載の記録再生方法。

【請求項 3】

前記サーボ光ビームの波長を λ_s 、前記対物レンズにより集光されたサーボ光ビームの開口数を NA_s とするとき、下記 (2) 式、

【数 2】

10

$$\frac{\lambda_s}{NA_s} > T_g > \frac{n}{n-1} TW \quad (2)$$

を満足するように、設定されていることを特徴とする請求項 2 記載の記録再生方法。

【請求項 4】

前記複数の記録層の内、前記ガイド層から最も遠い記録層までの光軸方向の距離を d 、記録媒体の記録再生で許容するディスクチルト量を θ [rad] とするとき、下記 (3) 式、

【数 3】

20

$$T_g > \frac{n}{n-1} TW + 2d\theta \quad (3)$$

を満足するように、設定されていることを特徴とする請求項 2 記載の記録再生方法。

【請求項 5】

膜厚方向において積層された複数の記録層とトラッキングサーボ情報を担持する複数のトラックを有するガイド層を含む記録媒体に対して、前記記録層に記録マークを形成することによって情報の記録又は再生をなす記録再生装置であって、

サーボ光ビーム光学系及びメイン光ビーム光学系と、これらに共通する対物レンズと、前記対物レンズを介して、サーボ光ビームを前記ガイド層へかつ互いに隣り合う複数のメイン光ビームからなるメイン光ビーム群を前記記録層のいずれか 1 つへ択一的に集光しつつ、前記サーボ光ビームが前記トラックを追従するように前記対物レンズの位置決めをなすサーボ機構と、を有し、

30

前記サーボ機構において、前記トラックのうちの隣り合うもの同士の間隔の一方を前記サーボ光ビームが追従しているときの前記メイン光ビーム群によって当該 1 つの記録層上に形成される軌跡群と、前記サーボ光ビームが他方のトラックを追従しているときの前記メイン光ビーム群によって当該 1 つの記録層上に形成される軌跡群との間隔が前記軌跡群内の平均軌跡ピッチよりも大となるように、前記複数のメイン光ビームが設定されていることを特徴とする記録再生装置。

40

【請求項 6】

前記軌跡群の幅を TW 、前記トラックの間隔を T_g 、前記軌跡群のメイン光ビームの本数を n 本とするとき、下記 (1) 式、

【数 4】

$$T_g > \frac{n}{n-1} TW \quad (1)$$

を満足するように、設定されていることを特徴とする請求項 5 記載の記録再生装置。

【請求項 7】

50

前記サーボ光ビームの波長を λ_s 、前記対物レンズにより集光されたサーボ光ビームの開口数を NA_s とすると、下記(2)式、

【数5】

$$\frac{\lambda_s}{NA_s} > T_g > \frac{n}{n-1} TW \quad (2)$$

を満足するように、設定されていることを特徴とする請求項6記載の記録再生装置。

【請求項8】

前記複数の記録層の内、前記ガイド層から最も遠い記録層までの光軸方向の距離を d 、記録媒体の記録再生で許容するディスクチルト量を θ [rad]とすると、下記(3)式、

【数6】

$$T_g > \frac{n}{n-1} TW + 2d\theta \quad (3)$$

を満足するように、設定されていることを特徴とする請求項6記載の記録再生装置。

【請求項9】

膜厚方向において積層された複数の記録層とトラッキングサーボ情報を担持する複数のトラックを有するガイド層とを含み、共通する対物レンズを介して、サーボ光ビームをガイド層へかつ複数のメイン光ビームを記録層のいずれか1つへ択一的に集光して、前記複数のメイン光ビームにより前記記録層上で並列した複数のスポットと記録マークと一致させて、前記サーボ光ビームを前記ガイド層のトラックに追従させつつ前記記録層に記録マークの記録又は再生がなされる記録媒体であって、

前記トラックのうちの隣り合うもの同士 of のいずれか一方を前記サーボ光ビームが追従しているときの前記メイン光ビーム群によって当該1つの記録層上に形成される軌跡群と、前記サーボ光ビームが他方のトラックを追従しているときの前記メイン光ビーム群によって当該1つの記録層上に形成される軌跡群との間隔が前記軌跡群内の平均軌跡ピッチよりも大となるように、前記トラックが形成されていることを特徴とする記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は光ビームの照射により情報の記録又は再生可能な記録層を有する光ディスク、光カードなどの光学的に情報記録又は情報再生が行われる記録媒体、そのための記録再生方法及び記録再生装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、記録媒体の光ディスクは、映像データ、音声データ及びコンピュータデータなどのデータを記録再生する手段として広く用いられている。例えば、DVD (Digital Versatile Disc)、ブルーレイディスク (Blu-ray Disc) の規格には、ディスク片側から読み出すことができる、片面に2つの記録層を有する2層ディスクが、再生用、記録用光ディスクとして実用化されている。

【0003】

2層ディスクでは、再生用光ビームの焦点を各層へ移動させるだけで浅い記録層、深い記録層のいずれの電気信号もディスク片側から読み出すことができる。光ビームが浅い記録層を透過して深い記録層の電気信号を読み取れるように浅い記録層を半透明膜とし、その膜厚や材料が選択される。深い記録層は反射膜が用いられる。浅い記録層と深い記録層の間にはこれらを一定の厚さで分離するため、光の波長での透過率が高い光透過性のスペーサ層が設けられる。

【0004】

一方、次世代光ディスクではブルーレイディスクよりさらに高密度化が要求され、そのために記録層を更に増やした多層化すると共に、多層光ディスクにおいて記録再生を行う際、サーボをかけるために多層光ディスクにガイド層と記録層を別に設けて、サーボ光ビームでガイド層から信号を得ながらメイン光ビームで記録層の各々に記録するというシステムが提案されている。

【0005】

例えば、特許文献1の先行技術においては、サーボ用光源から出射したサーボ光を記録媒体内のトラッキングサーボ情報を担持するトラック上に集光させるようにフォーカス及びトラッキングの制御を行い、記録再生用光源から出射した光をデータ記録層に集光させるようにフォーカス制御を行う。これにより複数のガイド層を設けることなく多層光ディスクの記録再生を行う。

10

【0006】

また、特許文献2の先行技術においては、ガイド層と複数のデータ記録層を有する記録媒体に記録再生を行う際に、ガイド層により反射したガイド光を用いて対物レンズの位置を制御しつつ、記録層から複数ビームを用いて同時に複数トラックの読み出しを行う。特許文献2の実施例中には複数光源を用いて、複数トラックを同時に記録することも言及している。

【0007】

特許文献1の先行技術、特許文献2の先行技術ともに、記録媒体内に設けられた単一のガイド層を利用して記録媒体と対物レンズの相対位置の制御を行い、別の光源から出た光を同じ対物レンズでデータ記録層に集光することでデータの記録を行うという点では、同じ構成である。

20

【特許文献1】特許3110532号公報

【特許文献2】特開2003-67939号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

特許文献1及び2には、同時に複数トラックの群単位で記録を行う場合のトラック間隔や、同時に書かれるトラックの幅などについては述べられていない。

30

【0009】

ガイド層から光軸方向に離れた位置にあるデータ記録層への記録を行う場合、光ディスクの傾きや反り等により、常にトラックの真上にデータが記録されとは限らず、トラックに対して面内方向に多少ずれて記録されることが常に起こりうる。このことは、データ記録層の増加など多層化により、ガイド層から離れた層になるほど顕著に起こる。

【0010】

また、同時に記録するトラック群はその中のトラック間隔がある程度近接しても、信号処理などにより情報を正確に読み取ることができるが、隣接したトラック群からのクロストークに対してはその情報分離が難しくなる場合がある。

【0011】

40

そこで、本発明の解決しようとする課題には、安定的に記録又は再生を行うことを可能にする記録再生装置及び方法並びに記録媒体を提供することが一例として挙げられる。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の記録再生方法は、膜厚方向において積層された複数の記録層とトラッキングサーボ情報を担持する複数のトラックを有するトラック層とを含む記録媒体に対して、前記記録層に記録マークを形成することによって情報の記録又は再生をなす記録再生方法であって、

共通の対物レンズ介して、サーボ光ビームを前記ガイド層へかつ互いに隣り合う複数のメイン光ビームからなるメイン光ビーム群を前記記録層のいずれか1つへ択一的に集光す

50

るフォーカシングステップと、

前記サーボ光ビームが前記トラックを追従するように前記対物レンズの位置決めをなすトラッキングステップと、

前記フォーカシングステップとトラッキングステップを実行しつつ、前記メイン光ビーム群によって情報の記録又は再生をなす記録再生ステップと、を含み、

前記トラックのうちの隣り合うもの同士 of のいずれか一方を前記サーボ光ビームが追従しているときの前記メイン光ビーム群によって当該1つの記録層上に形成される軌跡群と、前記サーボ光ビームが他方のトラックを追従しているときの前記メイン光ビーム群によって当該1つの記録層上に形成される軌跡群との間隔が前記軌跡群内の平均軌跡ピッチよりも大であることを特徴とする。

10

【0013】

本発明の記録再生方法は、膜厚方向において積層された複数の記録層とトラッキングサーボ情報を担持する複数のトラックを有するガイド層とを含む記録媒体に対して、前記記録層に記録マークを形成することによって情報の記録又は再生をなす記録再生方法であって、

共通の対物レンズを介して、サーボ光ビームを前記ガイド層へかつ互いに隣り合う複数のメイン光ビームからなるメイン光ビーム群を前記記録層のいずれか1つへ択一的に集光するフォーカシングステップと、

前記サーボ光ビームが前記トラックを追従するように前記対物レンズの位置決めをなすトラッキングステップと、

20

前記フォーカシングステップとトラッキングステップを実行しつつ、前記メイン光ビーム群によって情報の記録又は再生をなす記録再生ステップと、を含み、

前記トラックのうちの隣り合うもの同士 of のいずれか一方を前記サーボ光ビームが追従しているときの前記メイン光ビーム群によって当該1つの記録層上に形成される軌跡群と、前記サーボ光ビームが他方のトラックを追従しているときの前記メイン光ビーム群によって当該1つの記録層上に形成される軌跡群との間隔が前記軌跡群内の平均軌跡ピッチよりも大であることを特徴とする。

【0014】

本発明の記録再生装置は、膜厚方向において積層された複数の記録層とトラッキングサーボ情報を担持する複数のトラックを有するガイド層とを含む記録媒体に対して、前記記録層に記録マークを形成することによって情報の記録又は再生をなす記録再生装置であって、

30

サーボ光ビーム光学系及びメイン光ビーム光学系と、これらに共通する対物レンズと、前記対物レンズを介して、サーボ光ビームを前記ガイド層へかつ互いに隣り合う複数のメイン光ビームからなるメイン光ビーム群を前記記録層のいずれか1つへ択一的に集光しつつ、前記サーボ光ビームが前記トラックを追従するように前記対物レンズの位置決めをなすサーボ機構と、を有し、

前記サーボ機構において、前記トラックのうちの隣り合うもの同士 of のいずれか一方を前記サーボ光ビームが追従しているときの前記メイン光ビーム群によって当該1つの記録層上に形成される軌跡群と、前記サーボ光ビームが他方のトラックを追従しているときの前記メイン光ビーム群によって当該1つの記録層上に形成される軌跡群との間隔が前記軌跡群内の平均軌跡ピッチよりも大となるように、前記複数のメイン光ビームが設定されていることを特徴とする。

40

【0015】

本発明の記録媒体は、膜厚方向において積層された複数の記録層とトラッキングサーボ情報を担持する複数のトラックを有するガイド層とを含み、共通する対物レンズを介して、サーボ光ビームをガイド層へかつ複数のメイン光ビームを記録層のいずれか1つへ択一的に集光して、前記複数のメイン光ビームにより前記記録層上で並列した複数のスポットと記録マークと一致させて、前記サーボ光ビームを前記ガイド層のトラックに追従させつつ前記記録層に記録マークの記録又は再生がなされる記録媒体であって、

50

前記トラックのうちの隣り合うもの同士のうちいずれか一方を前記サーボ光ビームが追従しているときの前記メイン光ビーム群によって当該1つの記録層上に形成される軌跡群と、前記サーボ光ビームが他方のトラックを追従しているときの前記メイン光ビーム群によって当該1つの記録層上に形成される軌跡群との間隔が前記軌跡群内の平均軌跡ピッチよりも大となるように、前記トラックが形成されていることを特徴とする。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明による実施形態の記録媒体及びその記録又は再生のための記録再生システムの概略構成を説明する線図である。

【図2】本発明による実施形態の多層構造の光ディスクの模式的な一部切り欠き斜視分解図である。 10

【図3】図2の線AAの断面を示す部分断面図である。

【図4】本発明による他の実施形態の多層構造の光ディスクの部分断面図である。

【図5】本発明による他の実施形態の多層構造の光ディスクの部分断面図である。

【図6】本発明による実施形態の多層構造の光ディスクの模式斜視分解図である。

【図7】本発明による他の実施形態の多層構造の光ディスクの模式斜視分解図である。

【図8】本発明による他の実施形態の多層構造の光ディスクの部分斜視図である。

【図9】本発明による他の実施形態の多層構造の光ディスクの部分斜視図である。

【図10】本発明による他の実施形態の多層構造の光ディスクの部分斜視図である。

【図11】本発明による実施例の記録再生装置における記録媒体及びその記録又は再生のためのトラックを説明する部分断面図及び平面図である。 20

【図12】本発明による他の実施例の記録再生装置における記録媒体の部分断面図である。

【図13】本発明による他の実施例の記録再生装置における記録媒体の部分断面図である。

【図14】本発明による実施形態の記録再生装置における記録媒体及びその記録又は再生のためのピックアップの概略構成を説明する部分断面図である。

【図15】本発明による実施例の記録再生装置におけるサーボ検出部の部分正面図である。

【図16】本発明による実施例の記録再生装置における読み出し検出部の部分正面図である。 30

【図17】本発明による他の実施例の記録再生装置における記録媒体の部分平面図である。

【図18】本発明による他の実施例の記録再生装置におけるトラッキングエラー信号の波形を示すグラムである。

【図19】本発明による他の実施例の記録再生装置におけるトラッキングエラー信号の波形を示すグラムである。

【図20】本発明による他の実施例の記録再生装置における記録媒体の部分断面図である。

【図21】本発明による具体例の記録再生装置における記録媒体の部分平面図である。 40

【図22】本発明による他の実施例の記録再生装置における対物レンズで集光したスポットの強度分布を示すグラフである。

【図23】本発明による他の具体例の記録再生装置における記録媒体の部分平面図である。

【符号の説明】

【0017】

WP 四分の一波長板

2 記録媒体

3 保持基板

5 記録層

5 a 第1記録層
 5 b 第2記録層
 5 n 第n記録層
 T トラック
 7 a 第1スペーサ層
 7 b 第2スペーサ層
 7 n 第nスペーサ層
 9 波長選択性反射膜
 1 1 ガイド層
 1 3 カバー層
 2 3 ピックアップ
 3 6 レンズアクチュエータ
 5 0 記録層群
 1 0 1 制御装置
 1 3 1 第2カバー層
 S B L D サーボ用光源
 L D 1、L D 2、L D 3 記録再生用光源
 M B メイン光ビーム
 S B サーボ光ビーム
 O B 対物レンズ
 P B S 偏光ビームスプリッタ
 D P ダイクロイックプリズム
 C L 3 読み出し用検出レンズ
 C L 2 コリメータレンズ
 P B S 2 偏光ビームスプリッタ

10

20

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下に本発明の実施の形態を図面を参照しつつ説明する。

【0019】

(記録再生装置)

30

図1は本実施形態の記録媒体及びその記録又は再生のための記録再生システムの概略構成を示す。

【0020】

図1に示すように、記録再生装置は、ディスク状の記録媒体2を着脱自在かつ回転自在に保持するターンテーブル(可動保持装置)を有するスピンドルモータ8、記録媒体2へ記録再生用のメイン光ビームMBを照射する対物レンズを含むピックアップ23、及びこれらを制御する制御装置101などを備えている。制御装置101は、スピンドルモータ8及びピックアップ23に設けられている各種センサから各種出力される出力データに基づいてスピンドルモータ8及びピックアップ23を制御するとともに、それらデータを処理する。制御装置101からの信号によって、ピックアップ23は回転制御されている記録媒体2に対してサーボ光ビームSBを用いてその光スポットの位置をサーボ制御しつつメイン光ビームを集光させることにより、その部分の光学的特性を変化させ、記録マークを形成(記録)させることができる。また、サーボ制御しつつ記録マークに弱いメイン光ビームを照射し、制御装置101はメイン光ビームMBの戻り光から生成される信号をピックアップ23から得てこれを復号処理して出力する。

40

【0021】

(記録媒体)

図2は実施形態1のディスク状の記録媒体2を示す斜視図である。図3は図2の線A-Aの断面を示す。図3に示すように、膜厚方向において積層された複数の記録層に屈折率変化タイプの多光子吸収材料を利用した多層記録媒体としての多層光ディスクの断面構造例

50

を示す。記録媒体 2 は、メイン光ビーム M B 及びサーボ光ビーム S B の入射側から、カバー層 1 3、ガイド層 1 1、サーボ光ビーム S B の反射用波長選択性反射膜 9、記録層群 5 0、保持基板 3 からなる。すなわち、この例では、記録層群 5 0 の光入射側にガイド層 1 1 が配置されている。

【0022】

カバー層 1 3 は透明な樹脂材料など有機又は無機の光透過性材料からなり、積層構造の平坦化や、記録層群 5 0 などの保護の機能を担う。

【0023】

ガイド層 1 1 はサーボ光ビーム S B のフォーカシング及びトラッキングサーボ信号を検出するため設けられたトラック T を有する層である。ガイド層のトラック T については後に詳述する。

10

【0024】

記録層群 5 0 は各々が情報を記録する複数の記録層 5 の積層である。記録層については後に詳述する。

【0025】

ガイド層 1 1 及び記録層群 5 0 間の波長選択性反射膜 9 は、メイン光ビーム M B とは異なる波長のサーボ光ビーム S B (第 1 波長、例えばメイン光ビームより長い波長) を反射しかつメイン光ビーム M B (第 2 波長) を透過するように設定されている。ガイド層に波長選択性を有する場合は波長選択性反射膜 9 を省略することができる。この実施例は波長選択性反射膜 9 に限定されない。

20

【0026】

対物レンズ O B が集光するサーボ光ビーム S B と特定位置関係にあるメイン光ビーム M B によって、記録層群 5 0 のメイン光ビーム M B の各々の記録層 5 の集光点において、3 次元的にデータ (記録マーク R M) が記録される。所定の開口数を有する対物レンズ O B は集光ビームを照射しかつ記録層群 5 0 からの反射光を集める。集光ビームは記録層群 5 0 のいずれかの記録層から信号を書き込み又は読み出すためにカバー層 1 3 側から照射されて、情報の記録再生が行われる。

【0027】

保持基板 3 は、例えば、ガラス、或いはポリカーボネート、アモルファスポリオレフィン、ポリイミド、P E T、P E N、P E S などのプラスチック、紫外線硬化型アクリル樹脂などからなる。なお、記録媒体 2 の外形は上記のディスク形状以外に、カード形状などでもよい。

30

【0028】

図 4 は実施形態 2 の記録媒体 2 の概略構成を示す。

【0029】

図 4 に示す記録媒体 2 は、ガイド層 1 1 を、実施形態 1 の記録層群 5 0 の光入射側ではなく、光入射側から見て記録層群 5 0 を介して一番奥に第 2 カバー層 1 3 1 を介して配置した構造を有している以外、実施形態 1 のものとほぼ同様である。記録層群 5 0 の各層は、動作時のメイン光ビーム M B を少なくとも部分的に反射しかつサーボ光ビーム S B の波長を常に透過するように設定されている。この構成によりサーボ光ビーム S B は記録層群 5 0 の影響を受けることなく、光入射側から最も奥のガイド層 1 1 に入射する。この例のガイド層 1 1 はサーボ光ビーム S B の長波長の光を反射する金属材料、または誘電体多層膜によるミラーなどが用いられる。ガイド層 1 1 はメイン光ビームの短波長の光を反射しないことが望ましい。

40

【0030】

第 2 カバー層 1 3 1 は光透過性材料からなり、ガイド層 1 1 の平坦化や、記録層群 5 0 などの保護の機能を担う。

【0031】

図 5 は実施形態 3 の記録媒体 2 の概略構成を示す。

【0032】

50

図5に示す記録媒体2は、他の記録層群50bをさらに設け、ガイド層11を2つの記録層群の間に配置した構造を有している以外、実施形態2のものと同様である。他の記録層群50bの各層も、動作時のメイン光ビームMBを少なくとも部分的に反射しかつサーボ光ビームSBの波長を常に透過するように設定されている。この構成によりサーボ光ビームSBは記録層群50の影響を受けることなく、光入射側から中間のガイド層11に入射する。

【0033】

第3カバー層132も第2カバー層131と同様、光透過性材料からなり、ガイド層11の平坦化や、記録層群50などの保護の機能を担う。この例のガイド層11、第3カバー層132には、サーボ光ビームSBの長波長の光を反射するが、メイン光ビームの短波長の光を透過する材料が望ましい。

10

【0034】

どの実施形態においても、記録媒体2は基本的に、互いに平行に積層された第1記録層5a、第1スペーサ層7a、第2記録層5b、第2スペーサ層7b、・・・第n記録層5n、及び第nスペーサ層7nの光透過性の多層部（記録層群50）と、これら多層部を担持する光透過性の保持基板3とからなる。スペーサ層7は複数の記録層5同士を分離するために配置され、厚さ数 μm から数十 μm 程度の樹脂材料などが用いられる。各スペーサ層（屈折率 $=n_s$ ）は隣接記録層（未記録部の屈折率 $=n_b$ ）の所定層間距離を保つために、一定膜厚を有し、記録層とスペーサ層が交互に積層されている。記録層とスペーサ層の屈折率差を大きくすると界面での反射が増えて奥の層まで光が届かなくなったりするので、できるだけ記録層とスペーサ層の屈折率差は小さい方が望ましい。

20

【0035】

各記録層には、屈折率が周囲と異なる複数の記録マークRMが形成されている。記録マーク（屈折率 $=n_a \neq n_b$ ）は、例えば、短パルスレーザー光などを対物レンズで集光した時の焦点近傍の光子密度の高い領域のみで多光子吸収を起こすことで任意の記録層に形成できる。記録マークの形成方法には公知方法が適用される。記録層では屈折率の違いとして記録マークが従来の光ディスクのように分布している。記録情報の変調方式には公知方法が適用される。このように多層記録媒体は、基板上に形成された所定膜厚のスペーサ層と記録層とが交互に積層され、記録層には屈折率が周囲と異なる複数の記録マークRMが形成され、これに記録すべき情報を担持させてある。

30

【0036】

ここで多光子吸収を利用した光子記録と呼ばれる記録メカニズムを説明する。

【0037】

従来の光ディスクは、光エネルギーを熱として利用するヒートモード記録である。ヒートモード記録方式では、材料の高感度化に限界がある。これに代わる光子（フォトン）による多光子吸収過程記録方式が提案される。多光子吸収過程とは、通常の1光子反応（線形光学過程）と異なり、一つの原子ないし分子が同時に複数の光子と相互作用する過程をいう。一般的に、通常のレーザ光照射のように光子密度が低い場合には、エネルギー $E = hC/\lambda$ （ただし、 λ = 波長、 h = プランク定数、 C = 光速度）を持っている光子の1つしか、物質（原子ないし分子）は吸収しない（1光子吸収）。しかし、例えば超短パルスレーザー光を高開口数対物レンズで絞って、照射すると、焦点近傍では光子密度が非常に高くなり、物質は一度に2個、3個の光子を吸収する（ n 光子吸収の非線形光学過程）ことで、 E の2倍、3倍といった多くのエネルギーを一度に受け取ることができる。例えば、フェムト秒レーザでは、電界強度が非常に強いのでビームが集光された箇所の近傍だけが空間選択的に多光子吸収の非線形な反応を引き起こす。2光子吸収過程を利用してデータを記録すると3次元空間の多くの点にデータを多層記録することが可能となる。これを利用すれば、例えば10層以上の超多層光ディスクを実現できる。つまり、記録層の吸収波長域よりも長い波長の光を照射することで、十分に光が絞り込まれていない手前の記録層では吸収を起こさずに、充分集光されている再生すべき目的の記録層のみで吸収を起こすことができる。

40

50

【0038】

多光子吸収で物質が光を吸収する場合、その吸収強度は、 n 光子吸収とすると照射光の強度の n 乗に比例する。この結果、物質内で鋭い分布で吸収され、局所的に強力な化学反応が起こり異質相の形成が可能となる。例えば、そのパルス幅が数フェムト秒から数百フェムト秒と非常に短いために、焦点位置では非常に大きなエネルギー密度となり多光子反応が起こり隣接層に吸収される。また、パルス幅が物質の格子振動の逆数に比べて非常に短いためにレーザ光の吸収過程において熱的な影響をほとんど受けない。

【0039】

よって、本発明の記録再生方法は、 n 光子吸収の非線形光学過程において複数の記録層の目的の層において光学特性を変化させ、その光学特性変化を検出することで再生することが可能となる。よってサーボ光ビームSB（第1波長）はメイン光ビームMBの波長（第2波長）の n 分1の波長周辺と重ならないように設定する。或いは、メイン光ビームMBの波長（第2波長）はサーボ光ビームSB（第1波長）の n 分1の波長周辺と重ならないように設定する。

10

【0040】

例えば、2光子吸収材料としては、2光子吸収が起こった領域の蛍光強度が変化する蛍光物質を用いる蛍光タイプと、電子の局在化によって屈折率が変化するフォトリフラクティブ物質を用いる屈折率変化タイプがある。屈折率変化タイプの2光子吸収材料としてはフォトクロミック化合物やビス（アラルキリデン）シクロアルカノン化合物などの利用が有望視されている。

20

【0041】

2光子吸収材料を利用した光ディスク構造としては、光ディスク全体が2光子吸収材料からなるバルク型と、2光子吸収材料の記録層と、別の透明材料のスペーサ層を交互に積層した層構造型がある。層構造型は記録層とスペーサ層の界面で反射される光を利用してフォーカスサーボ制御ができるという利点があるが、バルク型よりは多層成膜工程が多く製造コストが上がる可能性が高い。

【0042】

なお、記録層5の他の材料には、例えば、メイン光ビームMBの波長及び強度の少なくとも一方に応じて感応し、屈折率、透過率、吸収率、反射率などが変化することで記録を行うことができ、安定な材料であればよい。例えば光重合反応を生じるフォトポリマーや、光異方性材料や、フォトリフラクティブ材料や、ホールバーニング材料、光を吸収して吸収スペクトルが変化するフォトクロミック材料など透光性の光感応材料などが用いられる。

30

【0043】

例えば、記録層5はメイン光ビームの波長650nmの光に感応し、サーボ光ビームSBの波長780nmの光には感応しない相変化材料や2光子吸収材料などが用いられる。また、記録媒体2には、表面からの深さ0.6mmの位置を中心に、3層の記録層5が存在する例があげられるが、記録層5の位置や層数はこれに限らない。

【0044】

（ガイド層のトラック）

40

ガイド層11上には、スパイラル状（図6）又は同心円状（図7）のトラックTが形成されており、記録媒体2内のサーボ光ビームSBの位置決め（トラッキングステップ）に利用される。トラックTは通常、図8のような溝状の凸部（または凹部）によって形成されているが、図9のようにトラックTが断続的な凸部（または凹部）のピット列であってもよい。また、表面の凹凸だけでなく、溝やピットに相当する部分を反射率の異なる部材でトラックTとして形成されていてもよい（図10）。一例として、ガイド層11は記録媒体2表面から深さ0.8mmの位置に形成されていてもよいが、この位置に限るものではない。

【0045】

かかる記録層にデータの記録又は再生をなす記録再生方法においては、記録層とトラッ

50

クを有するガイド層とに対して、上記の共通する対物レンズを介して、サーボ光ビームをガイド層へかつ複数のメイン光ビームを記録層のいずれかへ同時に集光することにより、サーボ光ビームがトラック T を追従するようにかかる対物レンズの位置決めをする。すなわち、装置においては、図 1 1 に示すように、サーボ光ビーム S B を対物レンズによりガイド層 1 1 に集光させ、その反射光を検出することによって、対物レンズ O B と記録媒体 2 の距離を一定に保つと共に、対物レンズ O B をトラック T に追従させるサーボ機構を有する。共通の対物レンズ O B にサーボ光ビーム S B とは異なる波長の複数のメイン光ビームを入射させ、記録媒体 2 内のある記録層 5 に複数の光スポットを形成することで、トラック T と平行な複数のピット列、記録マーク R M を同時に記録（又は再生）する。

【0046】

10

図 1 1 に示すように、複数のメイン光ビームによる記録層上で並列した複数のスポット（3つの記録マーク R M に対応）からなる並列組と、これに並列して隣接する複数のスポットからなる他の並列組（隣の 3つの記録マーク R M に対応）との間隔が、並列組のうちの隣接するスポット同士の間隔より大となるように、トラックが形成され又は複数のメイン光ビームが設定されている。このようにして、トラックのうちの隣り合うもの同士のいずれか一方をサーボ光ビームが追従しているときのメイン光ビーム群によって当該 1つの記録層上に形成されるスポットの軌跡群と、サーボ光ビームが他方のトラックを追従しているときのメイン光ビーム群によって当該 1つの記録層上に形成されるスポット軌跡群との間隔が軌跡群内の平均軌跡ピッチよりも大となる。すなわち、図 1 1 に示すように、複数のマーク列 R M の群同士の間隔 B g が記録マーク R M の間隔すなわち軌跡ピッチ P g よりも大となる。

20

【0047】

かかる多層記録媒体 2 の記録方式において、図 1 1 に示すように、一度に記録するピット列（メイン光ビームの軌跡群に対応）の幅を T W、トラック T の間隔を T g、一度に記録するピット列の本数を n 本とするととき、下記（1）式、

【0048】

【数 1】

$$T_g > \frac{n}{n-1} T W \quad (1)$$

30

【0049】

を満足するように、設定されている（図 1 1 の例では例えば n = 3）。

【0050】

さらに、サーボ光ビーム S B の波長を λ s、前記対物レンズにより集光されたサーボ光ビームの開口数を N A s とするとき、下記（2）式、

【0051】

【数 2】

$$\frac{\lambda_s}{N A_s} > T_g > \frac{n}{n-1} T W \quad (2)$$

40

【0052】

を満足するように、設定されていてもよい。

【0053】

またさらに、図 1 2 に示すように、複数の記録層（記録層群 5 0）の内、ガイド層 1 1 から最も遠い記録層 5 a までの光軸方向の距離を d、記録媒体 2 の記録再生で許容するディスクチルト量を θ [rad] とするとき、下記（3）式、

【0054】

【数 3】

$$T_g > \frac{n}{n-1} TW + 2d\theta \quad (3)$$

【0055】

を満足するように、設定されていてもよい。

【0056】

以上のトラック設定の効果については、後に詳述する。

【0057】

なお、図3～図5では層状となった個別の複数の記録層5を有する記録媒体2を示したが、図13のように3次元的な記録領域500（バルク）を有し、その記録領域の中で、深さ方向の記録（再生）位置を変化させながら記録（再生）を行うような記録媒体2に対しても同様の構成で記録（再生）することができる。図では、基板側から4層目を記録しており、この場合、未記録部分がスペーサ層となる。

【0058】

（ピックアップ）

図14は記録再生装置における記録媒体2及びその記録又は再生のためのピックアップの概略構成を示す。

【0059】

例えば、2光子記録において、このシステムのピックアップでは、長い波長（第1波長）のサーボ用光源SBLD及び短い波長（第1波長）の記録再生用光源LD1、LD2、LD3を用いる。

【0060】

サーボ光ビーム光学系は、第1コリメータレンズCL1、第1偏光ビームスプリッタPBS1、第1、第2エキスパンダレンズExp1、Exp2、ダイクロイックプリズムDP、四分の一波長板WP及び対物レンズOB並びにマルチレンズML1及びサーボ検出部Det1を含む。

【0061】

メイン光ビーム光学系は、ハーフプリズムHF1、HF2、第2コリメータレンズCL2、第2偏光ビームスプリッタPBS2、第3、第4エキスパンダレンズExp3、Exp4、ダイクロイックプリズムDP、四分の一波長板WP及び対物レンズOB並びにマルチレンズML2及び読み出し検出部Det2を含む。

【0062】

かかる記録システムのピックアップ構成では、対物レンズOBを、記録媒体2に対してその光軸AX方向（フォーカス方向）及び光軸に直交する方向（例えばトラッキング方向）に可動する機構（レンズアクチュエータ36）を有する構成となっており、記録媒体2に対するメイン光ビームMBの集光スポットの相対位置を調節することによって、記録媒体2の記録層5（光軸のいずれかの位置）にメイン光ビームMBを集光照射し、情報の記録を行い、また、メイン光ビームの強度を低下させ（読み出し光）て記録層5の記録部RMに照射して、その反射した戻り光を読み出し検出部Det2で検知することで記録されたデータを読み出すことができる。

【0063】

なお、図14では光ピックアップ光学系及び制御装置101を主に示しているが、図示しないけれども、ピックアップは集光スポットのフォーカシング及びトラッキングのレンズアクチュエータ36以外の位置制御機構も含み、また、記録再生装置は光ピックアップ全体を記録媒体2の記録面に沿って移動するスライダ移動制御機構や、ディスク状記録媒体の回転制御のためのサーボ機構などを含む。また、制御装置101は記録再生用光源LD1、LD2、LD3およびサーボ用光源SBLDを制御するコントロール回路、読み出し検出部Det2で検出した信号を処理して情報、output信号を出力する回路、マ

10

20

30

40

50

マイクロコンピュータ等からなるCPUなどの装置全体の制御をなす制御回路、ROM、RAM等の各データを記憶する記憶回路、外部機器とデータの入出力を行うための、インターフェースなどを備えている。

【0064】

制御装置101は、対物レンズOBと記録媒体2の距離を一定に保つように制御すると同時に、第3エキスパンダレンズExpにより対物レンズを介したサーボ光ビームSBのフォーカス位置を設定して、メイン光ビームMBのスポットを記録層群50において目的の記録層5を切り替えるように、その焦点FPを光軸方向（膜厚方向）に移動させることができる。この記録システムは、第3エキスパンダレンズExp3により、集光するメイン光ビームMBの記録層5を択一的に選択する。

10

【0065】

（サーボ光ビームSBの流れについて）

サーボ用光源SBLDは例えば波長780nmの半導体レーザなどが使われる。サーボ用光源SBLDから出射された光（直線偏光）は第1コリメータレンズCL1で略平行光とされ、第1偏光ビームスプリッタPBS1を通過した後、凹レンズと凸レンズの組み合わせからなるエキスパンダレンズ（第1エキスパンダレンズExp1、第2エキスパンダレンズExp2）により、適切な拡がり角を有する拡散光とされる。ダイクロイックプリズムDPは波長780nmの光を透過するように設計されており、サーボ光ビームはそのまま通過する。サーボ光ビームは四分の一波長板WPを通過して円偏光となった後、対物レンズOBに入射する。ここで使用する四分の一波長板WPは広範囲の波長域に対して四分の一波長板WPとして機能するものが用いられる。対物レンズOBは例えばDVD用のものが用いられる。DVD用対物レンズOBは、波長650nmの平行光が入射した時、0.6mmの厚みのカバーガラスの奥に収差無く集光させることができる。例えば、サーボ光ビームは波長がより長い780nmであり、入射光が拡散光となっていることから、0.6mmよりも深い位置に焦点を結ぶことになる。したがって例えば深さ0.8mmの位置に、トラックピッチTgで形成されたトラックTを含むガイド層11を配置することにより、サーボ光ビームSBをガイド層11に集光させることができる。

20

【0066】

ガイド層11で反射したサーボ光ビームSBは、再び四分の一波長板WPを通過することで入射光に対して偏光方向が90度回転した直線偏光となる。入射時とは逆の光路を戻り、第1偏光ビームスプリッタPBS1で反射し、光検出器PDを含むサーボ検出部Det1へと導かれる。マルチレンズML1は球面レンズとシリンドリカルレンズの組み合わせで構成され、通過する光に対して非点収差を与える。サーボ検出部Det1の光検出器PDで受光した光に基づいた信号処理によって、対物レンズOBと記録媒体2の間隔を適切に保つフォーカスサーボや、対物レンズOBをトラックTに追従させるトラッキングサーボが行われる。フォーカスサーボは例えば非点収差法が用いられ、トラッキングサーボは例えばプッシュプル法などが用いられる。サーボ手段は通常の光ディスクに使われるものと全く同様であるので、ここでは詳細な説明は省略するが、非点収差法の場合、たとえば、光検出器PDを4分割光検出器とすると、図15に示すように、直交する2本の分割線400L、400Mを境界線として各々近接配置されかつ互いに独立した第1～第4象限の4個の等しい面積の受光部（B1、B2、B3、B4）から構成され、一方の分割線400Lが接線方向TAN（トラックT伸長方向）に平行になりかつ、分割線400L、400Mの交点が媒体からの戻り光RLBの光軸OAXに交差するように配置されている。非点収差法では、対角線位置の受光部（B1、B3）とマルチレンズML1のシリンドリカルレンズの稜線（非点収差の方向）とが平行となるように、一方の分割線が当該稜線に関して同軸の光軸の周りに $\theta = 45^\circ$ の角度で回転した位置関係にある。受光部はそれぞれ所定の回路（図示せず）に接続され、それぞれからの各光電変換出力は演算され、フォーカスエラー信号や再生信号などが生成される。例えば、4分割光検出器PDの各受光部B1、B2、B3、B4の出力信号B1、B2、B3、B4を用いて、次式のフォーカスエラー信号： $FE = (B1 + B3) - (B2 + B4)$ 、次式のプッシュプルトラッキン

30

40

50

グエラー信号： $PP = (B1 + B4) - (B2 + B3)$ 、次式のRF信号： $RF = B1 + B3 + B2 + B4$ が得られる。

【0067】

なお、サーボ光ビームSBの光路中に適切なアパーチャ（図示しない）を設けることでサーボ光ビームSBの開口数を変化させることができる。また、第2エキスパンダレンズExp2を光軸方向に移動させることで、エキスパンダレンズ通過後の光の拡がり具合を調整することが可能であり、フォーカスサーボがかかった状態での対物レンズOBと記録媒体2の距離いわゆるワーキングディスタンスを変化させることが可能である。

【0068】

第1及び2エキスパンダレンズ系を、結像位置を同一面に保ったままレンズ全体の焦点距離を連続的に変化させる構造のズームレンズ系とすることもできる。ズームレンズ系による結像位置を同一面に保つ方法として、光学的補正式としては構成レンズの内の何枚かを一体として光軸方向に移動させるため、所望個所の焦点位置（記録層）のみが一致するようにできる。

【0069】

このようにサーボ光ビームSBにより、対物レンズOBは記録媒体2に対してある適切な位置（サーボ光ビームSBの焦点SFP）に固定される。

【0070】

（メイン光ビームの流れについて）

次に、複数のメイン光ビームによる記録動作について説明する。

【0071】

図14に示すように、記録再生用光源は例えば波長650nmの半導体レーザが用いられる。ここでは同じ仕様の半導体レーザを3個（LD1、LD2、LD3）使用する。まず、第1光源LD1から出射されたメイン光ビームである第1光ビームMB1について説明する。つぎに、第2及び3光源LD2、LD3から出射されたメイン光ビームである第2及び3光ビームMB2、MB3について説明する。

【0072】

第1光ビームMB1（直線偏光）は、2個のハーフプリズムHF2、HF1を通過後、第2コリメータレンズCL2で平行光とされる。第2偏光ビームスプリッタPBS2を通過後、第4及び第3エキスパンダレンズExp4、Exp3（凸レンズで構成されたケプラー型）を通過する。通常の状態ではこのエキスパンダレンズではビーム径などが拡大されることはない。ダイクロイックプリズムDPは波長650nmの光を反射するように設計されており、反射面で反射して記録媒体2方向へと90度光路が曲げられる。その後、四分の一波長板WPを経て対物レンズOBへと入射する。対物レンズOBに入射する光は平行光となっているので、適切なワーキングディスタンスの元では記録媒体2の深さ0.6mmの位置にある記録層5上に焦点FPを結ぶ。記録媒体2を回転させながら、第1光源LD1の出力を適切にオン／オフすることで、記録層5上には記録マーク列が形成される。

【0073】

第2光ビームMB2はハーフプリズムHF2で合成されて、第1光ビームMB1と同様の光路を進むが、第1光ビームMB1の光軸とは多少オフセットさせてある。

【0074】

同様に第3光ビームMB3はハーフプリズムHF1で合成されるが、第1光ビームMB1の光軸に対して、第2光ビームMB2とは逆方向にオフセットさせてある。

【0075】

また第2コリメータレンズCL2から、3つの光源までの光学的距離は全て等しくなるように設定される。このとき3つの光源によるスポットは、同じ記録面上に並ぶことになる。第2及び3光源LD2、LD3もそれぞれ独立にオン／オフの変調を行うことで、記録層5上には、トラックTに沿うように3本のマーク列が記録されることになる。

【0076】

10

20

30

40

50

メイン光ビームすべては記録層5で反射され、反射光は対物レンズOB、四分の一波長板WP、ダイクロミックプリズムDP、第3及び第4エキスパンダレンズExp3、Exp4を通った後、第2偏光ビームスプリッタPBS2で反射して読み出し検出部Det2へと導かれる。

【0077】

読み出し検出部Det2には、図16に示すように、3つの光源LD1～LD3に対応して3つの光検出器PD1～PD3が存在する。このうち少なくとも1つ例えば光検出器PD1は4分割ディテクタであり、光検出器PD1の出力から非点収差法によるフォーカスサーボ信号が得られる。このフォーカスサーボ信号に基づき、第3エキスパンダレンズExp3を光軸方向に駆動することで、第1光ビームMB1のスポットを記録層5上で合焦状態に保つことが可能となる。このとき第2光ビームMB2及び第3光ビームMB3のスポットも第1光ビームMB1のスポットと同一平面上に存在することから、やはり記録層5上に合焦していることとなる。

10

【0078】

現在の記録層5から、別の記録層5へと移動する際にも、第3エキスパンダレンズExp3を駆動することで行う。このときはフォーカスサーボによる第3エキスパンダレンズExp3の制御をオフとした状態で第3エキスパンダレンズExp3を光軸方向に駆動する。それに伴い記録媒体2内ではスポットの位置が光軸方向に移動する。初期の位置から何層分スポットが移動したかは、読み出し検出部Det2の信号出力から知ることができる。所望の記録層5の近傍にビームスポットが達したら、フォーカスサーボによる制御をオンとすることで、最寄りの記録層5上に合焦した状態とすることができる。この層移動のシーケンスは一般的なDVDの2層光ディスクにおける層移動と同様なものであるので、詳細な動作説明は省略する。

20

【0079】

(バンドル方式のメリット1)

このような記録形態の多層式光ディスクで、より高密度な記録を行うためにはトラックピッチを狭めることが考えられるが、トラックピッチが小さくなることで隣接するトラックTからのクロストークによる影響が無視できなくなり、信号の読み取りにも影響が出てくることが考えられる。これは一般的な光ディスクの場合と同様である。

【0080】

30

図17に示すように、3本のトラックTA、TB、TC上に9本のマーク列a～iを記録したところを表している。トラックTAに追従しながらマーク列a、b、cを、トラックTBに追従しながらマーク列d、e、fを、トラックTCに追従しながらマーク列g、h、iを記録している。ここでトラック単位で同時に記録される複数のマーク列の束（複数のメイン光ビームの集光スポットからなる軌跡群に対応）を「バンドル」と呼ぶことにする。図17(A)は全てのマーク列を均等間隔で配置した場合、図17(B)は同時に記録する3本のマーク列の間隔を寄せて記録した場合である。トラックTの間隔はどちらも同じであり、全体としての記録密度（記録容量）は変わらない。このように記録された情報を再生する場合を考える。dのマーク列を再生する場合、cのマーク列と、eのマーク列からのクロストークの影響を受ける。ここでd、e、fは同時に記録された3本のマーク列であるので、この3本の中では隣にどのようなマークが来るのかは、予めわかっていることである。dの列を再生している場合、eの列にマークがあるのか無いのかはわかっていることになる。しかしながら、cの列にはどのようなマークがあるかはわからない。従って、eの列からのクロストークは信号処理などで除去することは容易であるが、cの列からのクロストークは取り除くのが難しい。つまりeの列からのクロストークを多少増やしても、cの列からのクロストークを減らす構成になっていることが好ましい。これは図17(B)のように、バンドル内のマーク列の間隔は狭く、バンドル同士の間隔を広くすることで実現できる。

40

【0081】

(バンドル方式のメリット2)

50

また、上記（２）式において、トラックＴの間隔Ｔｇの上限値が λ_s / NA_s （ただし、 λ_s はサーボ光ビームＳＢの波長を、 NA_s は前記対物レンズにより集光されたサーボ光ビームの開口数を示す）に制限されているが、この上限値内に収めることのメリットを説明する。

【００８２】

サーボ光ビームＳＢをトラックＴに追従させるために、例えばプッシュプル法によるトラッキングサーボが行われる。トラックＴのトラックピッチが適正な間隔で配列されている時、サーボ光ビームＳＢがトラックＴを横切った際に生成されるトラッキングエラー信号の波形は、図１８に示すような正弦波状の波形となる。しかしながらトラックピッチが大きくなりすぎると、図１９のようにトラックＴ間にはエラー信号が０となる部分が生じ

10

【００８３】

これまでに市場で実績のあるＣＤ、ＤＶＤ、Blu-ray Discの３種の光ディスクにおいて、トラックピッチとビームスポット系に相当する λ / NA の値（ただし、 λ ＝波長、 NA ＝開口数）の関係をしてみると、以下の表のようになっている。

【００８４】

【表１】

	波長(λ) [μm]	NA	λ / NA	トラックピッチ [μm]	λ / NA で規格化 したトラックピッチ
CD	0.785	0.45	1.74	1.6	0.92
DVD	0.65	0.6	1.08	0.74	0.68
Blu-ray Disc	0.405	0.85	0.48	0.32	0.67

20

【００８５】

このようにトラックピッチの値はいずれも λ / NA の値よりも小さく設定されていることがわかる。つまりトラックピッチを λ / NA 以下に設定することで、品質の良いトラッキングエラー信号を得ることができる。

30

【００８６】

（バンドル方式のメリット３）

このようなバンドル構造で記録するもう一つのメリットについて説明する。

【００８７】

ここで使用する記録媒体２ではディスクチルトが発生した場合、そのときに追従しているトラックＴを中心に光ディスクが傾く（回転する）ことになる。この状態では、図２０に示すように記録マークＲＭの位置はトラックＴの真上（法線ＮＬの上）の位置Ｄではなく、記録層５内で（傾きの方向に）ずれた位置Ｅに記録される。隣接するバンドルを記録した時と、ディスクチルトの状態が変化した場合には、隣接バンドルと接近したりして、最悪、重なることも考えられる。バンドル間に余裕を設けた構造とすることで、このようなリスクを回避することができる。

40

【００８８】

（具体例１）

サーボ光ビームＳＢを波長７８５ｎｍ、開口数０．４５、メイン光ビームを波長６５０ｎｍ、開口数０．６５とし、３トラックの同時書き込みを行うものとする。波長６５０ｎｍを使った光ディスクとしてはＤＶＤがある。ＤＶＤは基板厚み０．６ μm 、開口数０．６、トラックピッチ０．７４ μm という規格となっており、このＤＶＤの記録面上のスポットサイズに対して０．７４ μm というトラックピッチは、隣接トラックからのクロスト

50

ークの影響を受けずに再生を行うために十分な値であると言える。使用する対物レンズO Bの開口数が NA_0 、波長が λ_0 [μm] であるとき、記録面上のスポットサイズはDVDの場合の $(\lambda_0/0.65) \times (0.6/NA_0)$ 倍となるため、トラックピッチを次式(2)、

【0089】

【数4】

$$0.74 \times \frac{\lambda_0}{0.65} \times \frac{0.6}{NA_0} [\mu\text{m}] \quad \cong \quad 0.683 \frac{\lambda_0}{NA_0} [\mu\text{m}] \quad (2)$$

10

【0090】

以上と設定することで、DVDと同等以下のクロストークレベルとなる。(1)式の条件に加えて、バンドル間隔が(2)式の値以上となるように設定するのが好ましい。そこで、図21に示すように、バンドルBDL同士の間隔Bgを $0.7 \mu\text{m}$ と設定する。これにより隣接バンドルからのクロストークが、DVD並以下となる。

【0091】

サーボ光ビームSBは波長 785 nm 、開口数 0.45 であり、CDと同じスペックであるので、CDと同じトラックピッチ $1.6 \mu\text{m}$ とすれば、トラックの読み取りに支障はない。このときバンドル幅(ピット列、メイン光ビームの軌跡群の幅TW)は $1.6 - 0.7 = 0.9 \mu\text{m}$ となり(1)式を満足する。

20

【0092】

(具体例2)

記録媒体2として2光子吸収材料を用いる場合のバンドル構成について示す。通常の1光子吸収材料(相変化材料や有機色素など)では照射した光の強度に比例して反応するのに対し、2光子吸収材料では照射した光の強度の2乗に比例して反応するという特徴がある。図22は対物レンズで集光したスポットの強度分布で、通常の強度分布(波線)と2乗強度分布(実線)の比較を示したグラフである。このように2乗強度を利用した記録では、同じ波長と開口数を用いた場合でも、実質的により小さなビームスポットで記録したと同等であることがわかる。文献Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 44, No.5B(2005) pp. 3559-3563にも示されているように、2光子吸収を用いた場合の実質的なスポットサイズは、 $1/\sqrt{2}$ 倍(0.71 倍)となる。つまり2光子吸収の原理に基づいた記録再生では、開口数と波長で決まるスポットサイズのほぼ 0.71 倍の小さなスポットを用いた記録再生と同等となる。

30

【0093】

やはりサーボ光ビームSBを波長 785 nm 、開口数 0.45 、メイン光ビームを波長 650 nm 、開口数 0.65 とし、3トラックの同時書き込みを行うものとする。先に示したケースと同様に、バンドル間の幅を次式、

【0094】

【数5】

$$0.74 \times \frac{\lambda_0}{0.65} \times \frac{0.6}{NA_0} \times \frac{1}{\sqrt{2}} [\mu\text{m}] \quad \cong \quad 0.483 \frac{\lambda_0}{NA_0} [\mu\text{m}]$$

40

【0095】

以上となるように設定することで、隣接バンドルからのクロストークはDVD並かそれ以下とすることができて好ましい。そこで、図23に示すように、バンドルBDL同士の間隔Bgを $0.49 \mu\text{m}$ とする。また、トラックTの間隔を $1.2 \mu\text{m}$ 、バンドル幅(ピット列、メイン光ビームの軌跡群の幅TW)を $0.67 \mu\text{m}$ とすることで(1)式を満たす

50

ことになる。サーボ光ビーム S B に関しては 2 光子吸収の原理を用いるわけではなく、通常の光ディスクの再生と同様である。にもかかわらず、先の具体例 1 よりもトラックピッチが狭くなっているが、DVD のトラックピッチを、波長 785 nm、開口数 0.45 に換算してみると、次式、

【0096】

【数 6】

$$0.74 \times (785 / 650) \times (0.6 / 0.45) = 1.19 [\mu\text{m}]$$

【0097】

となり、スポットサイズで規格化した場合に DVD と同等のトラックピッチとなっており、現実的な値であることがわかる。

【0098】

本発明によれば、トラック T にガイド光を、記録層 5 にメイン光ビームをそれぞれ追従させることにより、データの記録を行っても、ガイド層 11 と記録層 5 の間隔ばらつきがあっても正しく記録（再生）を行える。

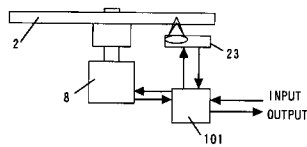
【0099】

さらに、複数のトラック T（バンドル）毎に同時に記録（再生）することにより、転送レートを向上できる。

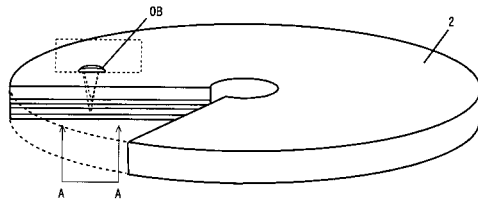
【0100】

またさらに、全てのトラック T を均一間隔で記録（再生）する場合と比べて、バンドル内のトラック T の間隔は狭く、バンドル同士の間隔を広く記録（再生）することができるので、面密度を下げることなく隣接トラック T からのクロストークを低減し、記録（再生）時にディスクチルトが発生した場合でも安定した記録（再生）ができる。

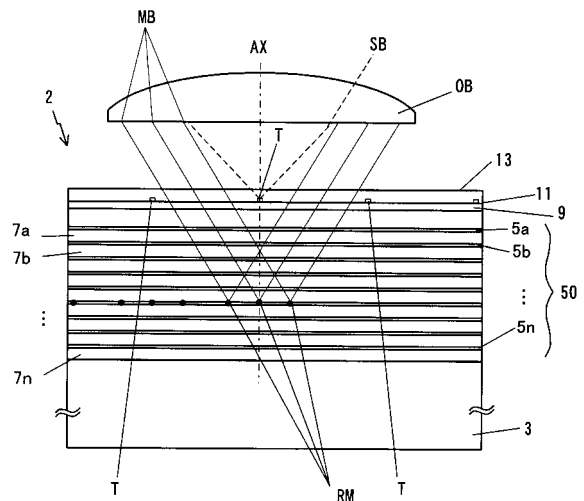
【図 1】



【図 2】



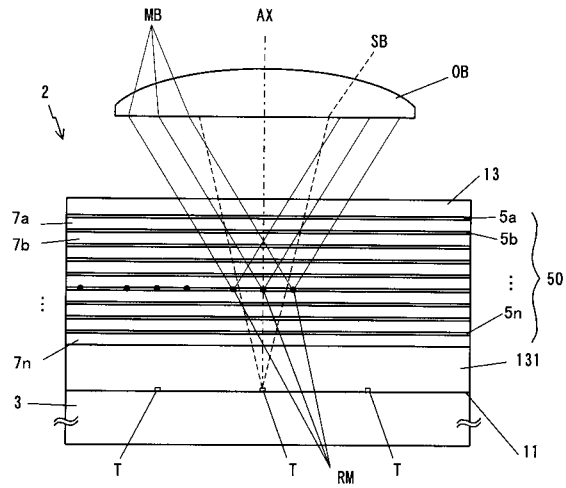
【図 3】



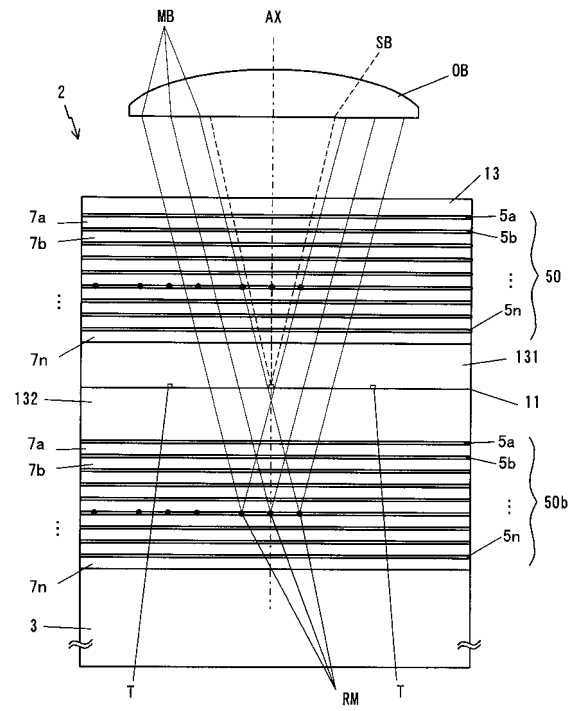
10

20

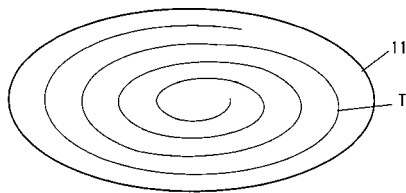
【図 4】



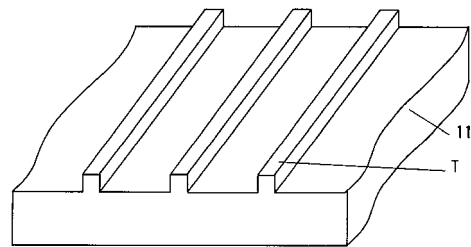
【図 5】



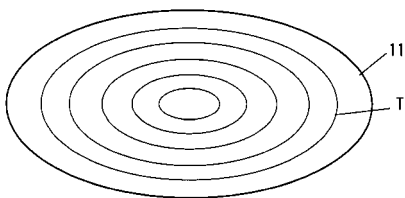
【図 6】



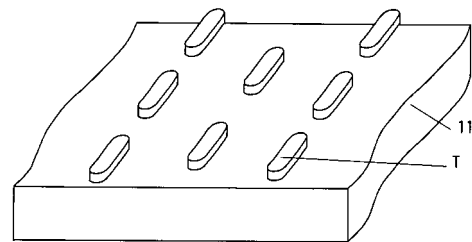
【図 8】



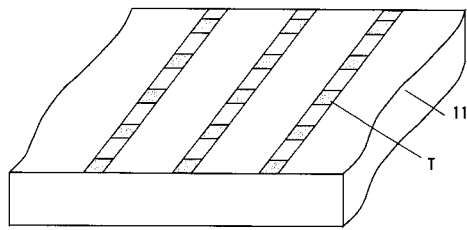
【図 7】



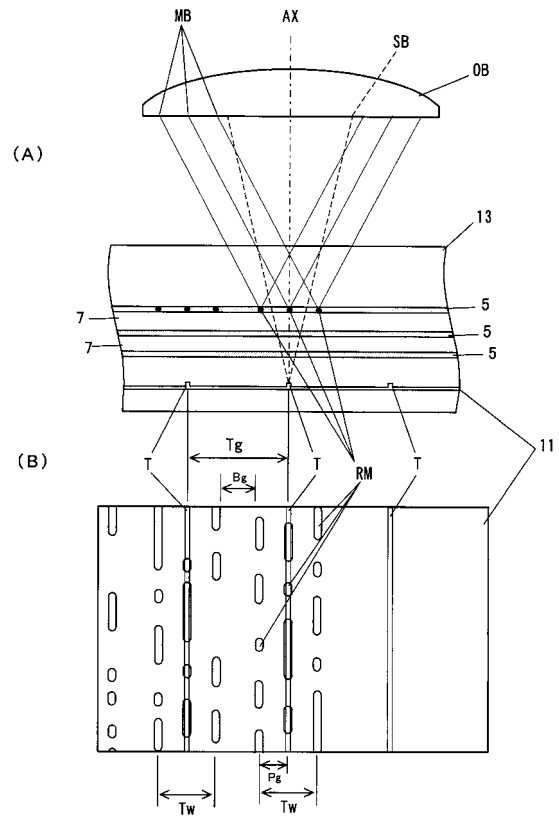
【図 9】



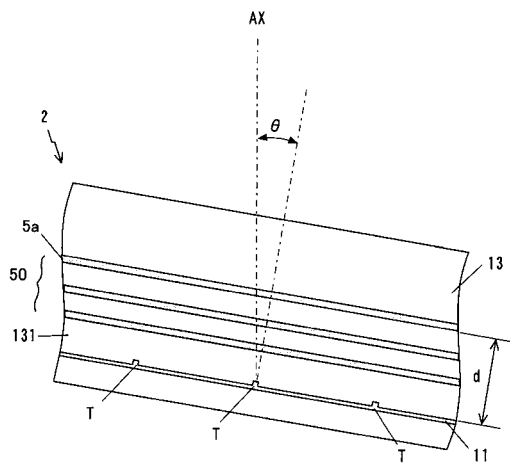
【図 10】



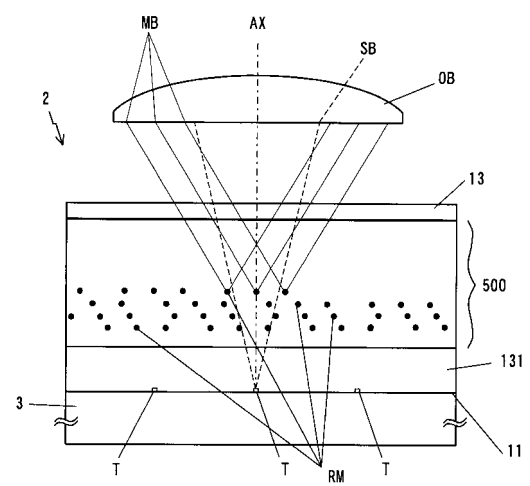
【図 11】



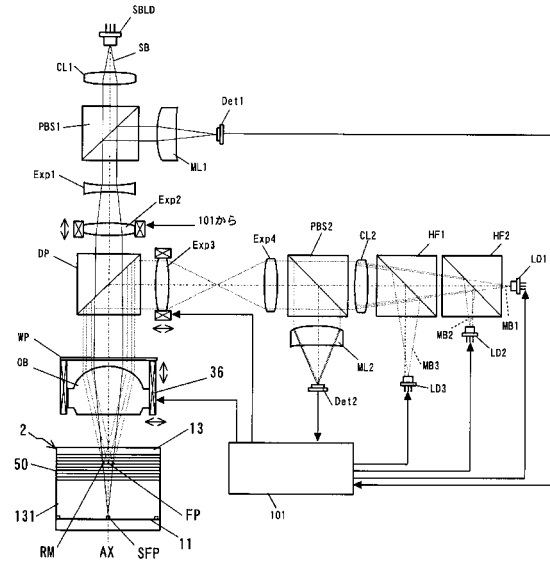
【図 12】



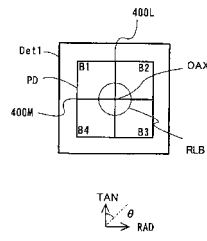
【図 13】



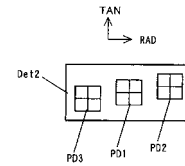
【図 14】



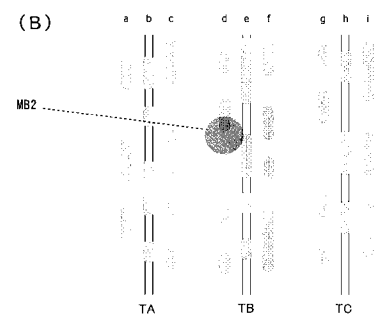
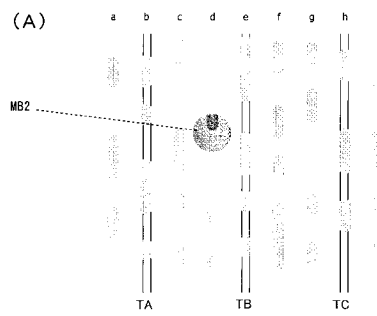
【図 15】



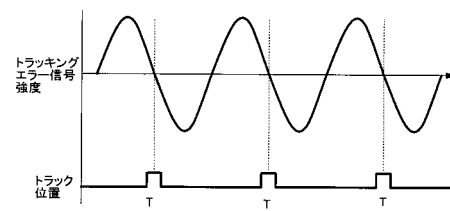
【図 16】



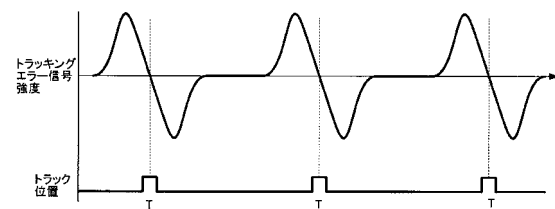
【図 17】



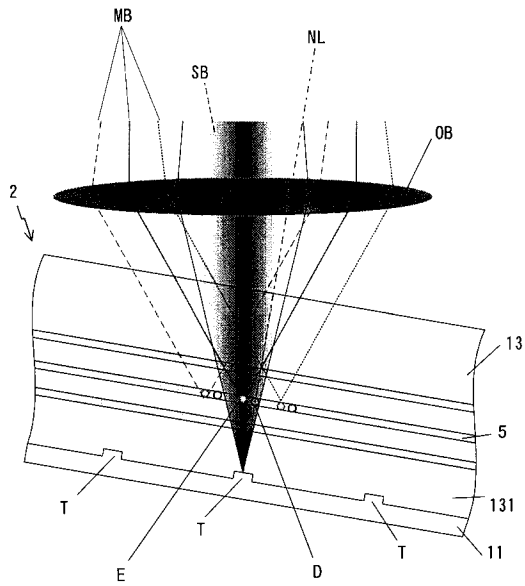
【図 18】



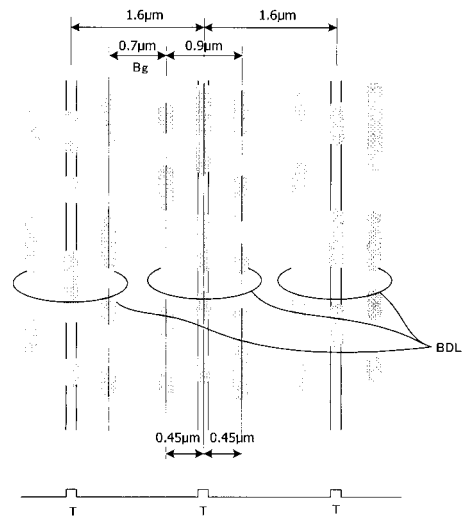
【図 19】



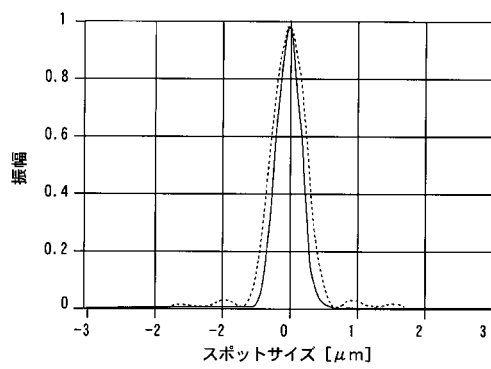
【図 20】



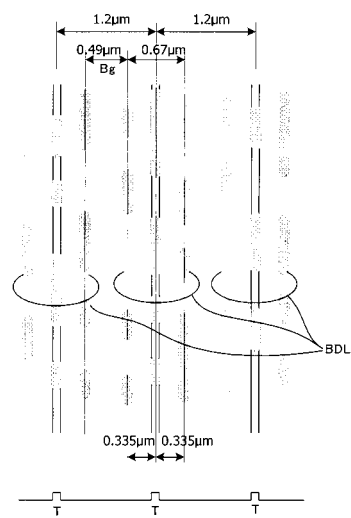
【図 21】



【図 22】



【図 23】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2003-67939 (JP, A)
特開2007-200427 (JP, A)
特開2003-51129 (JP, A)
特開2006-12301 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G11B 7/00-7/013
G11B 7/09-7/24