(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5343913号
(P5343913)

(45)発行日　平成25年11月13日(2013.11.13)　(24)登録日　平成25年8月23日(2013.8.23)

(51)Int.Cl.　F I
G11B 7/24 (2013.01)　G11B 7/24 535H
G11B 7/24 535G
G11B 7/24 538J
G11B 7/24 535Z

請求項の数 11　(全 29 頁)

(21)出願番号　特願2010-94092(P2010-94092)
(22)出願日　平成22年4月15日(2010.4.15)
(65)公開番号　特開2011-227945(P2011-227945A)
(43)公開日　平成23年11月10日(2011.11.10)
審査請求日　平成25年3月8日(2013.3.8)

(73)特許権者　000002185
ソニー株式会社
東京都港区港南１丁目７番１号
(74)代理人　100086841
弁理士　脇　篤夫
(74)代理人　100167704
弁理士　中川　裕人
(74)代理人　100114122
弁理士　鈴木　伸夫
(72)発明者　坂本　哲洋
東京都港区港南１丁目７番１号　ソニー株式会社内

審査官　中野　和彦

最終頁に続く

(54)【発明の名称】多層光記録媒体

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
入射光を反射する界面を複数有し、それぞれの上記界面間にスペーサが形成されていると共に、
光入射面を上面側としたとき、最も下面側にそれぞれ厚さが異なるスペーサが連続して配列された異厚層ユニットが形成され、且つ、上記異厚層ユニットの上方において、該異厚層ユニット内に配列される何れのスペーサとも異なる厚さによるスペーサが連続して配列されている
多層光記録媒体。
【請求項２】
上記異厚層ユニットは、それぞれ異なる厚さによる３種のスペーサが配列されて成る
請求項１に記載の多層光記録媒体。
【請求項３】
上記異厚層ユニットの上方においては、同厚によるスペーサが連続して配列された同厚層ユニットが複数形成されていると共に、それら同厚層ユニット間では、配列されるスペーサの厚さがそれぞれ異なる
請求項２に記載の多層光記録媒体。
【請求項４】
複数の上記同厚層ユニットのうちの個々の同厚層ユニットに関して、ユニット内の一のスペーサの厚さ及びユニット内の任意位置で連続する任意数のスペーサの合計厚さのそれ

ぞれが、そのユニット外における任意の一のスペーサの厚さ及び任意位置で連続する任意数のスペーサの合計厚さの何れとも異なる
請求項３に記載の多層光記録媒体。
【請求項５】
上記異厚層ユニットの各スペーサの厚さとそれぞれの上記同厚層ユニットのスペーサの厚さとが互いに素の関係にある請求項３に記載の多層光記録媒体。
【請求項６】
最上面としての表面に無反射コーティングが施されている請求項５に記載の多層光記録媒体。
【請求項７】
最上面としての表面が、上記入射光を反射し得る界面の１つとして含まれ、上記表面と、上記表面と隣り合う界面との間に形成されるカバー層としてのスペーサの厚さが、他の何れのスペーサの厚さとも異なる
請求項５に記載の多層光記録媒体。
【請求項８】
上記カバー層としてのスペーサの厚さと他のスペーサの厚さとが互いに素の関係にある請求項７に記載の多層光記録媒体。
【請求項９】
それぞれの上記同厚層ユニット内に配列されるスペーサの数が同じである請求項５に記載の多層光記録媒体。
【請求項１０】
下方側に形成される上記同厚層ユニットほどスペーサの数が少ない傾向にある請求項５に記載の多層光記録媒体。
【請求項１１】
最も下方側と最も上方側の同厚層ユニットを除く同厚層ユニットにおけるスペーサの数が５とされている
請求項５に記載の多層光記録媒体。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、入射光を反射する界面を複数有する多層光記録媒体に関する。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００２】
【特許文献１】特開２００４－２１３７２０号公報
【背景技術】
【０００３】
例えばＣＤ（Compact Disc）やＤＶＤ（Digital Versatile Disc）、ＢＤ（Blu-ray Disc：登録商標）などの光記録媒体が広く普及している。
【０００４】
このような光記録媒体うち、記録膜（記録層）を有する記録可能型の光記録媒体については、記録容量の増大化を図るために、記録層を多数設けるということが行われている。特に近年では、記録膜を３以上有する多層光記録媒体の開発が進んでいる。
【０００５】
しかしながら、多層光記録媒体としたときは、いわゆる層間迷光が生じ、多重干渉の発生が問題となる。ここで言う多重干渉とは、再生対象とする記録膜からの反射光に対し、該再生対象とする記録膜とは異なる界面（光を反射する界面）の３以上を反射した光が干渉して、ディテクタ上で光強度変動を引き起こす現象を指すものである。
当然のことながらこのような多重干渉は、再生性能の低下の防止を図るべくその発生防止が図られることが望ましい。

【０００６】
ここで、例えば記録膜の数が３つである３層光記録媒体については、各記録膜間に形成されるスペーサの厚さを異ならせることで、多重干渉の発生を防止することができる。
このことは、３層光記録媒体において、記録膜Ｌrc0～Ｌrc1間のスペーサ（Ｌrc0は最下層の記録膜であるとする）、記録膜Ｌrc1～Ｌrc2間のスペーサの厚さが同じとされた状態で、上記記録膜Ｌrc0を再生する場合を想定すれば理解できる。つまりこの場合には、記録膜Ｌrc0に集光し反射される光（再生光：被干渉光）の光路長と、記録膜Ｌrc1→記録膜Ｌrc2（下面側）→記録膜Ｌrc1の順で反射される光（迷光）の光路長とが等しくなるので、ディテクタ上でこれらの光が干渉して多重干渉を生じさせる。
従って３層光記録媒体の場合には、上記のように各記録膜間に形成されるスペーサの厚さを異ならせることで、被干渉光と迷光との光路長を一致させないようにでき、多重干渉の発生を防止できる。
【０００７】
しかしながら、より多層化を進めた光記録媒体、すなわち記録膜を４以上有する多層光記録媒体については、単に各スペーサの厚さを異ならせるだけでは、多重干渉の発生防止を図ることはできないものとなる。
例えば、図１７に示すように記録膜Ｌrc0～記録膜Ｌrc4の計５つの記録膜Ｌrcが形成された多層光記録媒体を想定し、記録膜Ｌrc0～記録膜Ｌrc1間に形成されるスペーサＳ１の厚さ＝４、記録膜Ｌrc1～記録膜Ｌrc2間に形成されるスペーサＳ２の厚さ＝２、記録膜Ｌrc2～記録膜Ｌrc3間に形成されるスペーサＳ３の厚さ＝３、記録膜Ｌrc3～記録膜Ｌrc4間に形成されるスペーサＳ４の厚さ＝１と、それぞれのスペーサ厚を異なる値に設定した場合を考えてみる。
この場合において、最下層の記録膜Ｌrc0を対象とした再生を行うとしたときは、図中の太線矢印で示す再生光に対し、細実線矢印で示したＬrc2→Ｌrc4→Ｌrc1の順で反射される迷光と、細破線矢印で示したＬrc1→Ｌrc4→Ｌrc2の順で反射される迷光の光路長がそれぞれ一致し、これら２つの迷光が再生光に対して干渉することになる。これは、スペーサＳ１の厚さと、スペーサＳ３＋スペーサＳ４による厚さとが一致しているためである。
このようにして記録膜を４以上有する多層光記録媒体においては、単純に各スペーサの厚さを異ならせるのみでは、多重干渉の発生を防止することはできない。
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００８】
但しこの一方で、光記録媒体の多層化を推し進めるにあたっては、記録媒体の製造効率も視野に入れるべきものとなる。上記説明からも理解されるように、多重干渉の発生を防止するにあたっては、全てのスペーサの厚さを異ならせるということが必須となるが、このことは、各スペーサの積層プロセスが異なるということを意味し、従って製造効率の低下を招く。
また、多層化を推し進めて例えば数十層程度などの多層光記録媒体を実現するとした場合には、多重干渉の発生を完全に防止することは困難を極める。つまり、多重干渉の発生を完全に防止しようとすると、個々のスペーサの厚さのみでなく、図１７のように複数を跨る厚さも考慮に入れて同厚とならないようなスペーサ厚の設定を行う必要があるが、これを実現しようとすると、光記録媒体のトータルの厚さが著しく増大するものとなってしまい、結果、各層で球面収差補正を適正に行うことが非常に困難となるためである。
【０００９】
ここで、多重干渉は、その発生を完全に防止するということは必須ではなく、或る一定レベル以下、すなわち或る一定以上の再生性能を確保できる程度にその抑制が図られればよいものである。
本発明はこのような観点に鑑み為されたもので、多層光記録媒体の製造効率やその実現性を確保しつつ、多重干渉の抑制が図られるようにすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】
【００１０】
上記の目的を達成すべく、本発明では多層光記録媒体として以下のように構成することとした。
すなわち、本発明の多層光記録媒体は、入射光を反射する界面を複数有し、それぞれの上記界面間にスペーサが形成されていると共に、光入射面を上面側としたとき、最も下面側にそれぞれ厚さが異なるスペーサが連続して配列された異厚層ユニットが形成され、且つ、上記異厚層ユニットの上方において、該異厚層ユニット内に配列される何れのスペーサとも異なる厚さによるスペーサが連続して配列されているものである。
【００１１】
上記のようにして本発明では、最下層部はそれぞれスペーサの厚さが異なる異厚層ユニットを形成し、該異厚層ユニットの上方側において、同じ厚さによるスペーサを敢えて連続配列した同厚層ユニットを形成するものとしている。
最下層部に上記異厚層ユニットを設けることで、重大な多重干渉の発生を効果的に抑制できる。つまり、後述するように多重干渉の程度は干渉光が経由する界面が下層側であるほど大となるので、上記のように最下層部に異厚層ユニットを設ける、すなわち最下層部で厚さが一致するスペーサを設けないようにすることで、重大な多重干渉の発生を効果的に防止できる。
また、異厚層ユニットの上方に敢えて同厚のスペーサを連続配列した同厚層ユニットを設けることによって、後述するように多重干渉を効果的に抑制することができる。
【発明の効果】
【００１２】
上記のようにして本発明によれば、多層光記録媒体において、多重干渉を効果的に抑制することができる。
また本発明では、同厚によるスペーサを連続配列した構造としていることで、その部分でスペーサの積層プロセスを共通化でき、例えば各スペーサの厚さを異ならせる場合と比較して製造効率の向上が図られる。また、同厚によるスペーサの配列が許容されるので、多重干渉の発生を完全に防止するようなスペーサ厚の設定を行う場合と比較すれば、記録媒体全体の厚さを抑える上でより有利とできる。
これらの点より、本発明によれば、多層光記録媒体の製造効率やその実現性を確保しつつ、多重干渉の抑制が図られるようにできる。
【図面の簡単な説明】
【００１３】
【図１】実施の形態の多層光記録媒体の断面構造を示した図である。
【図２】実施の形態の多層光記録媒体についてのサーボ制御の一例について説明するための図である。
【図３】実施の形態の多層光記録媒体の記録再生を行うための光学系の概要を示した図である。
【図４】実用上問題となり得る干渉光について考察するための図である。
【図５】比較構造その１としてのスペーサ厚の設定例を示した図である。
【図６】比較構造その２としてのスペーサ厚の設定例を示した図である。
【図７】比較構造その３としてのスペーサ厚の設定例を示した図である。
【図８】比較構造その３の自己相似形について説明するための図である。
【図９】比較構造その４としてのスペーサ厚の設定例を示した図である。
【図１０】本実施の形態としてのスペーサ厚の設定例を示した図である。
【図１１】比較構造その１～その４と本実施の形態としての構造例とについて干渉光の数を比較した図である。
【図１２】各界面のエネルギー反射率、エネルギー透過率の設定例を示した図である。
【図１３】各界面のエネルギー反射率、エネルギー透過率の設定例と各界面の実効的反射率とを示した図である。

【図１４】比較構造その１～その４と本実施の形態としての構造例とについて干渉による光強度変動を比較した図である。
【図１５】本実施の形態の構造例(改)について説明するための図である。
【図１６】同厚層ユニット内のスペーサ配列数の設定指針について説明するための図である。
【図１７】記録膜を４以上有する多層光記録媒体において生じる多重干渉の発生態様を例示した図である。
【発明を実施するための形態】
【００１４】
以下、発明を実施するための最良の形態（以下実施の形態とする）について説明していく。
なお説明は以下の順序で行うものとする。

＜１．多層光記録媒体の断面構造及び記録／再生について＞
＜２．多重干渉抑制のためのスペーサ厚の設定＞
［2-1.干渉光についての考察］
［2-2.多重干渉を効果的に抑制するための設計指針］
［2-3.実施の形態としてのスペーサ厚の設定手法］
［2-4.スペーサ厚の設定例］
＜３．変形例＞
【００１５】
＜１．多層光記録媒体の断面構造及び記録／再生について＞

図１は、本発明の一実施形態としての多層光記録媒体（多層光記録媒体１とする）の断面構造を示した図である。
本実施の形態の多層光記録媒体１は、ディスク状の光記録媒体とされ、回転駆動される多層光記録媒体１に対するレーザ光照射が行われてマーク記録（情報記録）が行われる。また、記録情報の再生としても、回転駆動される多層光記録媒体１に対してレーザ光を照射して行われる。
なお光記録媒体とは、光の照射により情報の記録／再生が行われる記録媒体を総称したものである。
【００１６】
図１に示されるように、バルク型記録媒体１には、上層側から順にカバー層２、選択反射膜３が形成されると共に、その下層側には、スペーサ４と記録膜Ｌrcとが繰り返し積層された構造を有する記録層（複数の記録膜Ｌrcが形成された記録可能範囲）が形成され、さらにその下層側に基板５が形成されている。
ここで、本明細書において「上層側」とは、情報の記録／再生のための光が入射する側の面を上面としたときの上層側を指す。
【００１７】
多層光記録媒体１において、上記カバー層２は、例えばポリカーボネートやアクリルなどの樹脂で構成され、図示するようにその下面側には、記録／再生位置を案内するための位置案内子として、グルーブやピット列などの形成に伴う案内溝が形成されることで、凹凸の断面形状が与えられている。この案内溝は、スパイラル状、或いは同心円状に形成されている。
例えば案内溝がピット列で形成される場合、ピットとランドの長さの組み合わせにより位置情報（絶対位置情報：ディスク上での回転角度位置を表す情報としての回転角度情報や、半径位置情報など）が記録される。或いは、案内溝がグルーブとされる場合、当該グルーブを周期的に蛇行（ウォブル）させて形成することで、該蛇行の周期情報により位置情報の記録が行われる。
カバー層２は、例えばこのような案内溝（凹凸形状）が形成されたスタンパを用いた射

出成形、或いはフィルムへの上記スタンパの形状を熱転写することなどにより生成される。

【００１８】

また、上記ピット列が形成された上記カバー層２の下面側には、選択反射膜３が成膜される。

なお、この選択反射膜３については後述する。

【００１９】

上述のように選択反射膜３の下層側には、記録層が形成される。

この記録層において、スペーサ４は、例えば紫外線硬化樹脂などの接着材料で構成される。

また記録膜Ｌrcは、レーザ光が集光されることでマークが形成され且つ入射光を反射可能に構成された膜となる。例えばこの場合の記録膜Ｌrcは、反射膜上に相変化膜などの書換型記録膜や、様々な熱による非可逆反応を呈する無機系追記記録膜或いは有機色素追記記録膜などの記録材料が積層されて形成されている。

なお、反射膜を焼き切るなどして反射率を低下させた部分をマーク部分とする記録手法を採られる場合、記録膜Ｌrcとしては反射材料のみで構成することができるが、その場合も記録膜Ｌrcとしては入射光を反射し得るものであることに変わりはない。

【００２０】

本実施の形態において、記録層内には、例えばＬrc0～Ｌrc22までの計２３個の記録膜Ｌrcが形成される。このとき、最下層に形成される記録膜Ｌrc0には入射光を全反射するように構成された全反射記録膜が用いられ、該記録膜Ｌrc0を除く記録膜Ｌrc1～Ｌrc22には、入射光の一部を透過するように構成された半透明記録膜が用いられる。

【００２１】

また、基板５は、例えばポリカーボネートやアクリルなどの樹脂で構成されている。

【００２２】

図１に示す構造による多層光記録媒体１は、例えば以下のようなプロセスで製造することができる。

先ず、基板５上に、記録膜Ｌrc0としての全反射記録膜を成膜する。その上で、該記録膜Ｌrc0上に、スペーサ４→半透明記録膜の繰り返し積層を行って、記録膜Ｌrc22までを形成する。

一方で、上述したスタンパを用いた射出成形などにより位置案内子の形成に伴う凹凸断面形状の与えられたカバー層２を生成し、該カバー層２の上記凹凸断面形状の与えられた面側に選択反射膜３を成膜する。

このように選択反射膜３が形成されたカバー層２を、上記記録膜Ｌrc22の上面側に対し、上記選択反射膜３の形成面が対向するように、スペーサ４としての紫外線硬化樹脂を用いて接着する。具体的には、例えば上記記録膜Ｌrc22上に紫外線硬化樹脂を例えばスピンコート法などにより塗布し、そこにカバー層２の選択反射膜３の形成された面を押し当てた状態で紫外線照射による硬化処理を施すことで、図中に示すように選択反射膜３と記録膜Ｌrc22とがスペーサ４を隔てて形成された状態を得る。

【００２３】

ここで、上記により説明した多層光記録媒体１において、注意すべきは、各記録膜Ｌrcには位置案内子が形成されていないという点である。

すなわち、現状において普及している２層ディスクなどでは、記録膜ごとに位置案内子を形成するものとされているが、本例の多層光記録媒体１では、位置案内子は記録層とは別の層位置に１つのみ形成するものとしている。

このような構造とすることで、記録膜Ｌrcごとに位置案内子を形成する構造とする場合のように記録膜Ｌrcの増加に伴い位置案内子の形成プロセスも増加してしまうという点を解消でき、従って多層化を進めるほど製造プロセスの簡素化、製造コストの削減の面で有利とできる。

【００２４】

但し、このように位置案内子の形成層を１つのみとする構造を採った場合には、単純に対物レンズを介して記録／再生のためのレーザ光（以下、録再用レーザ光とも称する）を照射したのみでは、各記録膜Ｌrcに対する記録時において所定位置にマークを記録することができなくなってしまう。

【００２５】

そこで、図１に示すような構造を有する多層光記録媒体１に対しては、次の図２に示されるように、録再用レーザ光と共に、位置制御用のレーザ光としてのサーボ用レーザ光を、共通の対物レンズ１６を介して別途照射するようにされる。

なお本実施の形態において、対物レンズ１６の開口数としては、録再用レーザ光についての実効的な開口数が０．８５程度、サーボ用レーザ光についての実効的な開口数が０．６程度であるとする。

【００２６】

このとき、仮に、上記サーボ用レーザ光が記録膜Ｌrcに到達してしまうと、マーク記録に悪影響を与える虞がある。このため、上記サーボ用レーザ光としては、録再用レーザ光と波長帯の異なるレーザ光を用いるものとし、且つ、位置案内子が形成される反射膜としては、サーボ用レーザ光（所定波長帯による光）は反射し、録再用レーザ光（上記所定波長帯以外の波長による光）は透過するという波長選択性を有するように構成された選択反射膜３を用いるものとしている。

本実施の形態において、録再用レーザ光の波長は４０５ｎｍ程度、サーボ用レーザ光の波長は６５０ｎｍ程度であるとする。

【００２７】

上記の前提を踏まえた上で、多層光記録媒体１についてのサーボ制御の一例について説明する。

先ず、トラッキングサーボ制御については、記録時と再生時とで異なる手法を採ることになる。

具体的に、マークが未だ形成されていない記録時においては、録再用レーザ光の記録膜Ｌrcからの反射光に基づいてトラッキングサーボをかけることができないので、記録時における対物レンズ１６のトラッキングサーボ制御は、サーボ用レーザ光の選択反射膜３からの反射光に基づき、当該サーボ用レーザ光のスポット位置が位置案内子に追従するようにして行うことになる。

このことで、各記録膜Ｌrcに位置案内子が形成されていなくとも、記録膜Ｌrc上の所定の位置（位置案内子としてのトラックの直下となる位置）にマークを記録することができる。

【００２８】

一方で、記録膜Ｌrcに既にマーク列が形成されている再生時においては、記録済みのマーク列を対象としてトラッキングサーボをかけることができる。従って再生時においては、録再用レーザ光の記録膜Ｌrcからの反射光に基づき、録再用レーザ光のスポット位置が記録済みマーク列に追従するように対物レンズ１６のトラッキングサーボ制御を行うことになる。

【００２９】

ここで、上記説明からも理解されるように、位置案内子を有する選択反射膜３の形成面は、サーボ用レーザ光に基づく録再用レーザ光の位置制御を行うにあたっての基準となる反射面となる。この意味で、以下、選択反射膜３の形成面のことを、基準面Ｒｅｆと称する。

【００３０】

また、フォーカスサーボ制御に関しては、以下の点に留意する。

ここで、記録時には、上記のように基準面Ｒｅｆに形成された位置案内子に基づく対物レンズ１６のトラッキングサーボ制御を行うために、サーボ用レーザ光としては基準面Ｒｅｆに合焦している必要がある。また、当然のことながら記録時には、録再用レーザ光は記録対象とする記録膜Ｌrcに合焦させる必要がある。

このようにして記録時には、録再用レーザ光とサーボ用レーザ光とに関し、それぞれ異なる層位置を対象として別々にフォーカスサーボをかける必要がある。この点より、多層光記録媒体１についての記録再生を行う装置では、対物レンズ１６の位置制御を行う２軸アクチュエータとは別途に、録再用レーザ光の合焦位置を独立して制御するための録再光用フォーカス機構を設けることになる。

【００３１】

ここで、このような録再光用レーザ光の合焦位置を独立して制御するための機構を含めた、多層光記録媒体１の記録再生を行うための光学系の概要を図３に示しておく。

図３において、図２にも示した対物レンズ１６は、図中の２軸アクチュエータ１７によって多層光記録媒体１の半径方向（トラッキング方向）、及び多層光記録媒体１に接離する方向（フォーカス方向）に変位可能に保持されている。

【００３２】

この図３において、録再用レーザ光の合焦位置を独立して制御するための録再光用フォーカス機構１０は、図のように固定レンズ１１と、可動レンズ１２と、レンズ駆動部１３とを備えて成る。レンズ駆動部１３は、図示は省略した制御部からの駆動信号に基づき、可動レンズ１２を録再用レーザ光の光軸に平行な方向に変位させる。このように可動レンズ１２が録再用レーザ光の光軸に平行な方向に駆動されることで、対物レンズ１６に入射する録再用レーザ光のコリメーションが変化し、それにより録再用レーザ光の合焦位置をサーボ用レーザ光とは独立して変化させることができる。

【００３３】

また、前述のように録再用レーザ光とサーボ用レーザ光とはそれぞれ波長帯が異なるものとされているので、これに対応しこの場合の光学系では、図中のダイクロイックプリズム１５により、録再用レーザ光、サーボ用レーザ光の多層光記録媒体１からの反射光がそれぞれの系に分離されるように（つまりそれぞれの反射光検出を独立して行えるように）している。

また、往路光で考えた場合、上記ダイクロイックプリズム１５は、録再用レーザ光とサーボ用レーザ光とを同一軸上に合成して対物レンズ１６に入射させる機能を有する。具体的にこの場合、録再用レーザ光は、図示するように録再光用フォーカス機構１０（固定レンズ１１→可動レンズ１２）を介しミラー１４で反射された後、上記ダイクロイックプリズム１５の選択反射面で反射されて対物レンズ１６に対して入射する。一方、サーボ用レーザ光は、上記ダイクロイックプリズム１５の選択反射面を透過して対物レンズ１６に入射する。

【００３４】

このような光学系の構成の下で、フォーカスサーボ制御は以下のようにして行う。

すなわち、サーボ用レーザ光の反射光に基づく対物レンズ１６のフォーカスサーボ制御により、サーボ用レーザ光の合焦位置を基準面Ｒｅｆに追従させるようにすると共に、録再用レーザ光の反射光に基づく録再光用フォーカス機構１０（レンズ駆動部１３）のフォーカスサーボ制御を行うことで、録再用レーザ光の合焦位置を、記録対象とする記録膜Ｌrc上に追従させるようにする。

【００３５】

なお、前述もしたように再生時のトラッキングサーボ制御に関しては、記録済みマーク列を対象として録再用レーザ光の反射光に基づき対物レンズ１６を駆動することで行われるので、再生時においては、サーボ用レーザ光を基準面Ｒｅｆに合焦させる必要性はない。この点に鑑み、再生時における対物レンズ１６のフォーカスサーボ制御は、録再用レーザ光の反射光に基づき行うようにすることもできる。この場合、録再光用フォーカス機構１０は、記録膜Ｌrcのおおよその選択を行う用途、すなわち録再用レーザ光の合焦位置を大まかに動かす用途で用いるものとすればよい。

【００３６】

説明を図１に戻す。

この図１に示される多層光記録媒体１において、入射光を反射する界面Ｌiとしては、

図中の括弧内に示すようにＬ0～Ｌ23の計２４個を有しているものとする。

【００３７】

ここで、先の説明によると、選択反射膜３としては録再用レーザ光を透過する波長選択性を有するものとなり、従って基準面Ｒｅｆは、多重干渉の被干渉光となり得る録再用レーザ光の入射光から見て、「入射光を反射する界面」から除外されるものとして考えることもできる。

しかしながら実際において、選択反射膜３の波長選択性は１００％とすることは困難であり、基準面Ｒｅｆにおける録再用レーザ光の反射をゼロに抑えることは実質的に不可能に近い。この意味で、基準面Ｒｅｆは「入射光を反射する界面」に包含されるものとなる。

【００３８】

また一方で、「入射光を反射する界面」とは、文字通りの解釈をすれば、光を反射する薄膜が形成された面以外にも、屈折率がそれぞれ異なる媒質の界面も含まれるものであり、従って多層光記録媒体１の表面（カバー層２の表面）も界面Ｌiに包含され得る。

但し、本実施の形態においては、カバー層２の表面はＡＲ（Anti Reflection）コーティングなど無反射コーティング処理が施されているものとし、該表面は界面Ｌｉからは除外されている。

【００３９】

以上の事情より、本実施の形態の多層光記録媒体１において、「入射光を反射する界面」は、記録膜Ｌrc0～Ｌrc22と基準面Ｒｅｆとを併せたＬ0～Ｌ23の計２４個とされる。

【００４０】

＜２．多重干渉抑制のためのスペーサ厚の設定＞

［2-1.干渉光についての考察］

ここで、以下では先ず、図４を参照して、多重干渉における干渉光について考察する。

なお、以下の説明を行うにあたり、次のような定義を行う。

先ず、入射光を反射する各界面をＬi（ｉ＝０，１，...，Ｎ）とおく。このとき、iの数値が小であるほど下層側に形成される界面であるとする。

また、界面Ｌi-1と界面Ｌiとの間に形成される層の厚さ（スペーサ厚さとする）をＳi（ｉ＝０，１，...，Ｎ）とおく。

【００４１】

以上を踏まえた上で、図４について説明していく。

先ず図４においては、説明の簡単のため、界面Ｌiの数を基準面Ｒｅｆも含めて９つ（ｉ＝０～８）とした多層光記録媒体を例示している。

この図４において、図４（ａ）は、多層光記録媒体における界面Ｌ6（記録膜Ｌrc6）と界面Ｌ7（記録膜Ｌrc7）との間のスペーサ厚さＳ7と界面Ｌ7と界面Ｌ8（基準面Ｒｅｆ）との間のスペーサ厚さＳ8との和（Ｓ7＋Ｓ8）が、界面Ｌ0（記録膜Ｌrc0）と界面Ｌ1（記録膜Ｌrc1）との間のスペーサ厚さＳ1と界面Ｌ1と界面Ｌ2（記録膜Ｌrc2）との間のスペーサ厚さＳ2との和（Ｓ1＋Ｓ2）と等しい場合において、界面Ｌ0（記録膜Ｌrc0）を対象とした再生を行う場合に生じることとなる多重干渉を生じさせる迷光（干渉光）を例示している。

また図４（ｂ）は、界面Ｌ2（記録膜Ｌrc2）と界面Ｌ3（記録膜Ｌrc3）との間のスペーサ厚さＳ3と、界面Ｌ3と界面Ｌ4（記録膜Ｌrc4）との間のスペーサ厚さＳ4とが等しい場合において、界面Ｌ2を対象とした再生時に生じる干渉光を例示している。

確認のため述べておくと、図４においては、太実線による矢印が再生対象とする界面Ｌiに集光し反射される光（再生光：被干渉光とも称する）を表し、細線（図４（ａ）においては細実線及び細破線）による矢印が多重干渉を発生させる干渉光を表している。

【００４２】

先ず、多重干渉の抑制を図る上では、どのような迷光が多重干渉を引き起こし得るかを考える必要がある。

先ず、多重干渉を生じさせる可能性の有る迷光としては、必ず奇数回反射の光となる。このとき、奇数回反射の迷光として、５回以上反射の迷光に関しては、界面Ｌでの反射ごとにその光強度が減衰するため、再生信号を得るためのディテクタ上において実用上問題となるような光強度変動を生じさせる可能性はないものと見なすことができる。従ってこの点より、多重干渉の抑制にあたっては、３回反射の迷光のみを考慮に入れる。

【００４３】

また、再生対象とする界面よりも下層側に形成された界面を経由する迷光は、その光路長が必ず被干渉光よりも大となる。このため、３回反射の迷光であっても、このように再生対象とする界面より下層側の界面を経由する迷光については、多重干渉を引き起こす迷光からは除外する。

【００４４】

これらの点からも理解されるように、多重干渉の抑制を図る上では、再生対象とする界面Ｌ（以下、これを界面Ｌjとする）よりも上層側に形成された界面を経由する３回反射の迷光の発生数を減らす、理想的にはその全ての発生を防止することが望ましいものとなる。

【００４５】

以下、実用上問題となり得る３回反射の迷光について、具体的に考察してみる。

先ず、図４（ａ）のケースでは、該当する迷光は、図のように界面Ｌ6→界面Ｌ8→界面Ｌ2を反射する迷光（細実線矢印）と、界面Ｌ2→界面Ｌ8→界面Ｌ6を反射する迷光（細破線矢印）となる。

この図４（ａ）のケースでは、再生対象の界面Ｌjが界面Ｌ0とされ、スペーサ厚さＳ1＋Ｓ2＝Ｓ7＋Ｓ8となっているので、上記２つの３回反射の迷光の光路長が、被干渉光の光路長と等しくなり、実用上問題となり得る多重干渉を生じさせることになる。

【００４６】

このとき、３回反射の迷光が経由する界面を下層側から順にＬk、Ｌl、Ｌmとおくと、図４（ａ）のケースにおける３回反射の迷光は、Ｌk（又はＬl）→Ｌm→Ｌl（又はＬk）の３つの界面を経由して生じるものと表現できる。

【００４７】

一方、図４（ｂ）のケースのように、連続する３つの界面Ｌi-1、Ｌi、Ｌi+1の個々の間隔が等しい（つまり３つの界面Ｌi-1、Ｌi、Ｌi+1の個々の間のスペーサ厚さＳi、Ｓi+1が等しい）場合に、上記３つの界面Ｌi-1、Ｌi、Ｌi+1のうちで最も下層側の界面Ｌi-1を対象とした再生を行うときには、実用上問題となり得る多重干渉を生じさせる迷光としては、界面Ｌiと界面Ｌi+1の２つの界面間で３回反射する迷光（Ｌi→Ｌi+1→Ｌiの経由）も生じ得る。

つまり、実用上問題となり得る多重干渉の発生防止を図る上では、このようなＬi→Ｌi+1→Ｌi経由の３回反射の迷光も生じることを考慮に入れて、各スペーサ厚を設定すべきことになる。

【００４８】

ここで、図４（ｂ）のケースのように２つの界面Ｌを経由する３回反射の迷光は、図４（ａ）のケースのように３つの異なる界面Ｌを経由する３回反射の迷光「Ｌk（又はＬl）→Ｌm→Ｌl（又はＬk）」に当て嵌めて考えると、界面Ｌkと界面Ｌlとが同一になったものと捉えることができる。

この点に基づき、本明細書においては、実用上問題となり得る多重干渉の防止を図る上で考慮に入れるべき迷光としての、図４（ａ）のような３界面を経由する３回反射の迷光と、図４（ｂ）のような２界面のみを経由する３回反射の迷光との双方を包括する表現として、以下のような表現を用いる。

すなわち、

「ｋ≦ｌ＜ｍ」とおいた上で、「Ｌk（又はＬl）→Ｌm→Ｌl（又はＬk）を経由する３回反射の迷光」とする表現である。

上記のように「ｋ≦ｌ＜ｍ」とおくことで、上記「Ｌk（又はＬl）→Ｌm→Ｌl（又はＬ

k）を経由する３回反射の迷光」としては、Ｌk→Ｌm→Ｌkを経由する３回反射の迷光も包含するものとなり、従って図４（ｂ）のケースのような２つの界面間で３回反射する迷光も包含することになる。

【００４９】

このとき、実用上問題となり得る多重干渉の発生防止のために考慮に入れるべき３回反射の迷光は、前述のように再生対象とする界面Ｌjよりも上層側の界面Ｌを経由する迷光のみである。従ってこの点も考慮すると、

「ｊ＜ｋ≦ｌ＜ｍ」

とおくことになる。

【００５０】

［2-2.多重干渉を効果的に抑制するための設計指針］

ここで、実用上問題となり得る多重干渉の発生防止にあたり考慮に入れるべき３回反射の迷光、すなわち再生対象の界面Ｌjよりも上層側の界面を経由する３回反射の迷光を、上記のように「ｊ＜ｋ≦ｌ＜ｍ」とおいた上で「Ｌk（又はＬl）→Ｌm→Ｌl（又はＬk）を経由する３回反射の迷光」と表現としたときに、界面Ｌjと界面Ｌkとの間に形成される各界面の間のスペーサ厚さの総和を「$S_{j\sim k}$」と表記する。また、界面Ｌlと界面Ｌmとの間に形成される各界面の間のスペーサ厚さの総和を「$S_{l\sim m}$」と表記する。

このとき、これら$S_{j\sim k}$と$S_{l\sim m}$との差$S_{j\sim k}-S_{l\sim m}$（絶対値とする）がゼロであるとすると（つまり図４（ａ）や図４（ｂ）に示す状態であるとすると）、上記「Ｌk（又はＬl）→Ｌm→Ｌl（又はＬk）を経由する３回反射の迷光」の光路長と、界面Ｌjを経由する被干渉光との光路長差が等しくなり、ディテクタ上でこれらの光が干渉するものとなる。

【００５１】

このことからも理解されるように、実用上問題となり得る干渉光の発生を完全に防止するとしたときには、上記$S_{j\sim k}$と$S_{l\sim m}$とに或る程度の差を与えるものとすればよい。

【００５２】

ここで、本例においては、録再用レーザ光の波長＝４０５nm程度、対物レンズ１６の開口数（録再用レーザ光についての実効的な開口数）＝０．８５程度により記録再生が行われ、且つスペーサの屈折率が概ね１．６程度であることを前提としているが、このような条件（ＢＤの場合と同等の条件）の下では、上記の差$S_{j\sim k}-S_{l\sim m}$としては、少なくとも１μｍよりも大（つまり往復の距離差としては２μｍより大）とすれば、ディテクタ上における上記３回反射の迷光の単位面積当たりの振幅強度を低下させて、実用上問題となり得る３回反射の迷光の発生を防止できることが実験の結果から分かっている。

つまりこのことから、実用上問題となり得る３回反射の迷光の発生を防止するにあたっては、少なくとも、

$|S_{j\sim k}-S_{l\sim m}|>1\,\mu m$

の条件が満たされるようにして、各スペーサの厚さを設定すればよいこととなる。

【００５３】

上記のような条件が満たされることで、任意の界面Ｌjを対象として再生を行うときに、「Ｌk（又はＬl）→Ｌm→Ｌl（又はＬk）を経由する３回反射の迷光」の発生数がゼロになる、という理想的な状態が得られるようにすることができる。

【００５４】

但し、このように実用上問題となり得る３回反射の迷光の発生を完全に防止することは、再生性能の向上を図る上で理想的ではあるものの、実用化を視野に入れた場合には、その実現が非常に困難なものとなる。

つまり、上記による「｜$S_{j\sim k}-S_{l\sim m}$｜＞１μｍ」の条件を満たすということは、実質的には、各界面Ｌｉの間のスペーサのうちから取り出した任意の２つのスペーサの厚さに１μｍより大となる差が与えられるようにすることを意味するものとなるが、これによると、多層化を進めるにあたって多層光記録媒体の全体の厚さを抑制することが非常に困難となる。具体的に、上記「｜$S_{j\sim k}-S_{l\sim m}$｜＞１μｍ」の条件を満たすとしたとき、全スペーサのトータルの厚さＳｔｏｔは、界面Ｌの総数をＮとし、これらＮ個の各界面Ｌ間に形成される各スペーサの厚さのうち最も小さい値をＳｍｉｎとすると、

$$Stot > Smin\times(N-1)+1\mu m\times(N-2)^2/2$$

となる。これは、Ｎ－１個のスペーサのそれぞれを、その厚さを長辺にもち且つその短辺を１とした長方形として捉えて、それらを長辺の値が小さい順に配列させたときに形成される図形の面積に由来するものである。該図形は、面積がＳｍｉｎ×（Ｎ－１）による長方形上に、１μｍ×（Ｎ－２）^{2}／２による面積の三角形を配置した形状となり、よって上式が導かれるものである。

なお、「Ｓｍｉｎ」は、隣接層間のクロストークの防止の観点から設定されるスペーサの最小値であり、例えば１０μｍ程度となる。

【００５５】

このように実用上問題となり得る３回反射の迷光の発生を完全に防止しようとすると、全スペーサのトータルの厚さＳｔｏｔ、すなわちマークの記録／再生を行う深さ方向の範囲が非常に大となる。

厚さＳｔｏｔが大となることは、マークの記録／再生を行う深さ方向の範囲が大となることを意味する。そして、このようにマークの記録／再生を行う深さ方向の範囲が大となることによっては、各記録膜Ｌｒｃにて球面収差補正を適正に行うことが困難となるなど、実用化にあたっての重大な問題が生じることになる。特に、図１に示した本例の多層光記録媒体１のように数十もの記録膜Ｌｒｃを有する程度に多層化を進めた場合には、トータルの厚さＳｔｏｔは非常に大となり、その実用化が極めて困難となる。

【００５６】

ここで、多重干渉としては、その発生を完全に防止するということは必須ではなく、実用的な再生性能が確保される程度にその発生を許容することができる。

この点に鑑み本実施の形態では、上記により説明したような実用上問題となり得る「Ｌｋ（又はＬｌ）→Ｌｍ→Ｌｌ（又はＬｋ）を経由する３回反射の迷光」の発生を完全に防止するという手法は採らず、可能な限り抑制するという手法を採るものとする。

【００５７】

以下、このような本実施の形態としての考え方に基づくスペーサ厚の設計指針について説明していく。

先ず、多重干渉の抑制にあたって考慮すべきファクタとしては、上記のようなＬｋ（又はＬｌ）→Ｌｍ→Ｌｌ（又はＬｋ）の３回反射光の発生数はもちろんのこと、ディテクタに到達する干渉光の光強度も重要となる。

【００５８】

干渉光の光強度を見積もるには、各界面Ｌｉの反射率と透過率を見積もる必要がある。

ここで、多層光記録媒体においては、各記録膜Ｌｒｃの反射率と透過率を調整して、各々の記録膜Ｌｒｃを対象とした再生を行ったときの実効的な反射率が同等となるように設計するのが通例である。但し、実際設計で取り扱う実効的反射率は、他の記録膜Ｌｒｃ（界面Ｌ）からの層間迷光をすべて含んだ値であるため、それら迷光を除いた真の実効的反射率は、下層側の記録膜Ｌｒｃほど小さく、逆に上層側の記録膜Ｌｒｃほど大きくなっていると考えるのが妥当である。

なお、以降の説明では簡単のため、実効的反射率は、このような層間迷光による影響を除いて計算されるものとして話を進める。

【００５９】

また、一般に記録膜Ｌrcを構成する薄膜が複数ありかつ吸収があるものを含む場合は、光の進行方向により反射率（及び吸収率）が変化するものとなる。一方で、透過率については光の進行方向に依らず同じとなる。このような現象は、記録膜Ｌrcに対する進行方向によって光が感じる薄膜の順序が逆になることに由来する。

このようにして、干渉光の強度を見積もる上では、光の進行方向に応じた反射率差も考慮に入れるべきとなる。

【００６０】

ここで以下、界面Ｌi単体でのエネルギー反射率（以下界面エネルギー反射率とも称する）ｒに関して、入射方向側（上層側）の界面エネルギー反射率をｒi、反射方向側（下層側）の界面エネルギー反射率をｒ~iとおく。また、界面Ｌiのエネルギー透過率についてはｔiとおく。

さらに、多層光記録媒体における界面Ｌiの実効的なエネルギー反射率をＲiとおく。

すると、

$$Ri = ri \times ti+1^2 \times ti+2^2 \cdots \times tN-1^2 \times tN^2$$

であり、任意の界面Ｌj、界面Ｌkでの実効的なエネルギー反射率（迷光成分を含む実際上の実効的反射率）が同じであることから、

$$Rj \quad Rk \quad (j < k < N-1)$$

が成り立つことになる。光の入射側に近い方の界面Ｌi、すなわちＬiのiの値が大きいほど界面エネルギー反射率ｒiが小であり、且つエネルギー透過率ｔiが大となる設計となる。

【００６１】

以上の前提を踏まえた上で、Ｌk（又はＬl）→Ｌm→Ｌl（又はＬk）の３回反射光の光強度について考察してみる。

先ず、このうような３回反射光Ｒ(klm)は、

$$R(klm) = rk \times tk+1^2 \times tk+2^2 \cdots \times tN-1^2 \times tN^2 \times rl \times r\sim m \times tl+1^2 \times tl+2^2 \cdots \times tm-1^2$$
$$= Rk \times r\sim m \times rl \times tl+1^2 \times tl+2^2 \cdots \times tm-1^2 \quad Rk \times r\sim m \times rm-1$$
$$= Rj \times r\sim m \times (rm / tm^2) = Rj \times (r\sim m \times rm) / tm^2$$

となる。この３回反射光が、界面Ｌjにて１回反射した再生光に対して干渉条件を満たす場合（すなわち光路差＜２μｍとなる場合）、該３回反射光の干渉による光強度変動（Ｍａｘ）は、

【数１】

$$\pm 2\sqrt{Ri} \times \sqrt{R(klm)} = \pm 2\sqrt{Ri} \times \sqrt{Ri\left(\frac{\tilde{r}_m r_m}{t_m^2}\right) \Big/ \left(Ri + Ri\left(\frac{\tilde{r}_m r_m}{t_m^2}\right)\right)}$$

$$= \frac{\pm 2\sqrt{\tilde{r}_m r_m} \times t_m}{\tilde{r}_m r_m + t_m^2}$$

で表される。

【００６２】
上記の（数１）は、３回反射光Ｒ(klm)の干渉による影響は、界面Ｌk、Ｌm，Ｌｌのうち最も上層側に位置する界面Ｌmにおけるエネルギー反射率ｒm、ｒ~m とエネルギー透過率ｔmとで決まることを意味している。具体的には、３回反射光Ｒ(klm)の干渉による影響は、上記界面Ｌmにおけるエネルギー反射率ｒm、ｒ~mが小さく且つエネルギー透過率ｔmが大きいほど小さくなるというものである。
これは、上述のように各界面Ｌiにおける実効的なエネルギー反射率を等しくする通常設計を行うことを前提とすると、界面Ｌmが上層側にあるほど干渉による影響が小になるということを意味するものとなる。
【００６３】
上記の説明からも理解されるように、多重干渉の抑制のためには、３回反射光Ｒ(klm)を引き起こす界面Ｌk、Ｌm，Ｌｌのうちの最も上層側に位置する界面Ｌmの位置が、できるだけ上層側となるようにすることが望ましい。換言すれば、界面Ｌmが下層側に位置する場合には、重大な光強度変動を引き起こし、その結果、再生性能の著しい低下を招く可能性が高まるというものである。
【００６４】
従って、多重干渉を抑制するにあっての１つの指針としては、少なくとも、界面Ｌmが、想定され得る最も下層側となる位置に形成されないようにする、ということを挙げることができる。これは、最下層に位置する界面Ｌ0と界面Ｌ1との間のスペーサ４の厚さＳ1とその上方における界面Ｌ1と界面Ｌ2との間のスペーサ４の厚さＳ2とが等しくなり、界面Ｌm＝界面Ｌ2となってしまうことを少なくとも防止すべきことを意味する。換言すれば、最も下層側にて連続配置される少なくとも２つのスペーサ４の厚さについては、それらを異なるものとすべきことを意味するものである。
【００６５】
このようにして、３回反射光Ｒ(klm)の発生を許容する設計を行うとした場合の１つ目の指針としては、

１）最も下層側に連続配置される少なくとも２つのスペーサの厚さは異なるようにする

となる。
【００６６】
また、この一方で、３回反射光Ｒ(klm)の発生は許容するものの、その発生数は可能な限り削減される方が望ましい。
ここで、先の図４（ａ）（ｂ）を参照して理解されるように、３回反射光Ｒ(klm)が生じるパターンとしては、３回反射光Ｒ(klm)が２つ生じる図４（ａ）のパターンよりも、１つで済む図４（ｂ）のパターンの方が望ましいと言える。
このことより、２つ目の指針としては、

２）同じスペーサ厚（複数を組み合わせた場合も含む）が連続することは許容するが、同じ厚さとなる部分が離れて存在するパターンは極力回避する

という点を挙げることができる。
【００６７】
［2-3.実施の形態としてのスペーサ厚の設定手法］

続いて、本実施の形態としてのスペーサ厚の具体的な設定手法について説明する。
以下では先ず、上記で掲げた設計指針の正しさを検証する意味で、比較構造その１～比較構造その４を挙げた上で、本実施の形態としてのスペーサ厚の具体的設定例について説明する。
ここで、以下で説明する各比較構造について、実施の形態の多層光記録媒体１と共通す

る事項は、界面Ｌの数Ｎ＝２４としている点と、最も下層側に位置する界面Ｌ0の下層側に基板が形成され、また最も上層側に位置する界面Ｌ23の上層側にカバー層が形成されている点である。

【００６８】

図５は、比較構造その１としてのスペーサ厚の設定例を示している。

先ず、この比較構造その１を始めとして、以下で説明する比較構造その２～その４、及び実施の形態としての構造例においては、Ｎ＝２４と界面Ｌの数を比較的多くしている関係から、最も下層側において連続配置される３つのスペーサの厚さＳ１、Ｓ2、Ｓ3を、それぞれ異なる厚さに設定するものとしている。

これら３つのスペーサの厚さＳ１、Ｓ2、Ｓ3に関しては、順にａ，ｂ，ｃ（ａ≠ｂ、ａ≠ｃ、ｂ≠ｃ）とおく。

【００６９】

図５に示す比較構造その１は、上記厚さａ，ｂ，ｃによるスペーサが連続配置されるユニット（以下、異厚層ユニットとも呼ぶ）の上層側において、上記ａ，ｂ，ｃとは異なる厚さｄ，ｅによる２種のスペーサを交互に配置するようにしたものである。

すなわち、

基板/a/b/c/d/e/d/e/d/e/d/e/d/e/d/e/d/e/d/e/d/e/d/e/カバー層

である。

ここで「/」は界面Ｌiに相当し、基板に近い方から順にＬ0，Ｌ1，…，Ｌ23 とする。

【００７０】

ここでは簡単のため、ａ＋ｂ及びａ＋ｂ＋ｃは何れもｄ，ｄ＋ｅ，２ｄ＋ｅ ,２ｄ＋２ｅ，…，１０ｄ＋１０ｅとは異なるものとする。なおこの関係は、ａ～ｅを互いに素となるように選ぶと容易に満たすことができる。

【００７１】

このような関係が成り立っているとき、先ず、上記の異厚層ユニットの存在により、界面Ｌ0～Ｌ2を対象とした再生時における干渉光の数は０となる。

この場合、界面Ｌ3～Ｌ23 の再生時に生じる干渉光の数は、以下のようにカウントできる。

＜界面Ｌ3＞

Ｌ3-Ｌ4間dと同じスペーサ（Ｌ5-Ｌ6間、Ｌ7-Ｌ8間など）の存在による干渉光…18

Ｌ3-Ｌ5間d+eと同じスペーサ（Ｌ5-Ｌ7間、Ｌ6-Ｌ8間など）の存在による干渉光…33

Ｌ3-Ｌ6間2d+eと同じスペーサの存在による干渉光…14

Ｌ3-Ｌ7間2d+2eと同じスペーサの存在による干渉光…25

Ｌ3-Ｌ8間3d+2eと同じスペーサの存在による干渉光…10

Ｌ3-Ｌ9間3d+3eと同じスペーサの存在による干渉光…17

Ｌ3-Ｌ10間4d+3eと同じスペーサの存在による干渉光…6

Ｌ3-Ｌ11間4d+4eと同じスペーサの存在による干渉光…9

Ｌ3-Ｌ12間5d+4eと同じスペーサの存在による干渉光…2

Ｌ3-Ｌ13間5d+5eと同じスペーサの存在による干渉光…1

…合計135

＜界面Ｌ4＞

Ｌ4-Ｌ5間eと同じスペーサ（Ｌ5-Ｌ7間、Ｌ6-Ｌ8間、、）の存在による干渉光…18

Ｌ4-Ｌ6間d+eと同じスペーサの存在による干渉光…31

Ｌ4-Ｌ7間d+2eと同じスペーサの存在による干渉光…14

Ｌ4-Ｌ8間2d+2eと同じスペーサの存在による干渉光…23

：

Ｌ4-Ｌ13間4d+5eと同じスペーサの存在による干渉光…2

…合計126

以下同様に、界面Ｌ5への干渉光…合計108、、、界面Ｌ18への干渉光…合計7、界面Ｌ19への干渉光…合計3、界面Ｌ20への干渉光…合計2、界面Ｌ21～Ｌ23への干渉光…各0
となる。

【００７２】

この比較構造その１は、d/e/d/e…というスペーサ厚の繰り返しが自己相似形となっており、どこをどのように切り出しても他の部分に同じ厚さが存在する、つまり、界面Ｌjに対して界面Ｌk，Ｌl，Ｌmの３回反射光の光路差が一致するk，l，m の組合せが非常に多くなってしまう。特に、再生対象とする界面Ｌjが下層側であるほど、j-k間が離れても対応するl，m がいくつも存在する。

このため比較構造その１では、干渉光の数を有効に低減することができないものとなっている。

【００７３】

図６は、比較構造その２について示している。

比較構造その２は、厚さｄ，ｅ（この場合もａ～ｅは互いに素であるとする）によるそれぞれのスペーサを、連続して５個ずつ交互に積み上げたものである。つまり、

基板/a/b/c/d/d/d/d/d/e/e/e/e/e/d/d/d/d/d/e/e/e/e/e/カバー層

である。

【００７４】

この比較構造その２についても、界面Ｌ3～Ｌ23を再生対象とした場合の干渉光の数は、先の比較構造その１の場合と同様に以下のようにカウントできる。確認のため述べておくと、この場合も界面Ｌ0～Ｌ2を対象とした場合の干渉光数は０となる。

＜界面Ｌ3＞

Ｌ3-Ｌ4間dと同じスペーサの存在による干渉光…17
Ｌ3-Ｌ5間2dと同じスペーサの存在による干渉光…11
Ｌ3-Ｌ6間3dと同じスペーサの存在による干渉光…6
Ｌ3-Ｌ7間4dと同じスペーサの存在による干渉光…4
Ｌ3-Ｌ8間5dと同じスペーサの存在による干渉光…2
Ｌ3-Ｌ9間5d+eと同じスペーサの存在による干渉光…4
Ｌ3-Ｌ10間5d+2eと同じスペーサの存在による干渉光…6
Ｌ3-Ｌ11間5d+3eと同じスペーサの存在による干渉光…5
Ｌ3-Ｌ12間5d+4eと同じスペーサの存在による干渉光…3
Ｌ3-Ｌ13間5d+5eと同じスペーサの存在による干渉光…1
…合計59

以下同様に、界面Ｌ4への干渉光…合計48、界面Ｌ5への干渉光…合計41、、界面Ｌ18への干渉光…合計10、界面Ｌ19への干渉光…合計6、界面Ｌ20への干渉光…合計3、界面Ｌ21への干渉光…合計1、界面Ｌ22，Ｌ23への干渉光…各0、となる。

【００７５】

この比較構造その２は全スペーサ厚の合計は比較構造その１と一致するものの、ｄの連続およびｅの連続という偏りのある構造により自己相似形が崩れた結果、比較構造その１よりは干渉光の数を低減することができる。しかしながら、同じ厚さｄおよびｅの絶対数が多い（各１０個）ため、再生対象とする界面Ｌjが下層側である場合においてk＝j+1やk＝j+2の場合などj-k間が狭い場合の干渉光の数を低減できていない。

【００７６】

図７は、比較構造その３について示している。

比較構造その３は、厚さｄ，ｅ，ｆ，ｇ（ａ～ｇは互いに素とする）のスペーサを周期的に繰り返す構造としたものである。具体的には、

基板/a/b/c/d/e/f/g/d/e/f/g/d/e/f/g/d/e/f/g/d/e/f/g/カバー層

である。
他の比較構造の場合と同様に界面Ｌ3～Ｌ23の干渉光の数は以下のようにカウントできる。
＜界面Ｌ3＞
Ｌ3-Ｌ4間dと同じスペーサの存在による干渉光…8
Ｌ3-Ｌ5間d+eと同じスペーサの存在による干渉光…8
Ｌ3-Ｌ6間d+e+fと同じスペーサの存在による干渉光…8
Ｌ3-Ｌ7間d+e+f+gと同じスペーサの存在による干渉光…25
Ｌ3-Ｌ8間2d+e+f+gと同じスペーサの存在による干渉光…4
Ｌ3-Ｌ9間2d+2e+f+gと同じスペーサの存在による干渉光…4
Ｌ3-Ｌ10間2d+2e+2f+gと同じスペーサの存在による干渉光…4
Ｌ3-Ｌ11間2d+2e+2f+2gと同じスペーサの存在による干渉光…9
…合計70
以下同様に、界面Ｌ4への干渉光…合計66、界面Ｌ5への干渉光…合計58、、界面Ｌ17への干渉光…合計4、界面Ｌ18への干渉光…合計2、界面Ｌ19～Ｌ23への干渉光…各0、となる。
【００７７】
この比較構造その３は、スペーサの種類を４つに増やしたため比較構造その１と比較してその規則性は緩むものの、やはり自己相似形が強く、干渉光の数を低減できていない。特に、上記のＬ3-Ｌ7間のようにj-k間が(d+e+f+g)となる場合はやはり、「どこを切りだしても同じ厚さ」となってしまう（図８を参照）。このため、干渉光の数が多くなってしまう。
【００７８】
図９は、比較構造その４について示している。
比較構造その４は、比較構造その３の規則性を崩し、揺らぎを与えたような構造である。具体的には、

基板/a/b/c/d/e/f/g/g/e/f/d/e/d/f/g/f/e/d/g/d/g/f/e/カバー層

である。
【００７９】
この比較構造その４における干渉光の数は、
＜界面Ｌ3＞
Ｌ3-Ｌ4間dと同じスペーサの存在による干渉光…8
Ｌ3-Ｌ5間d+eと同じスペーサの存在による干渉光…4
Ｌ3-Ｌ6間d+e+fと同じスペーサの存在による干渉光…8
Ｌ3-Ｌ7間d+e+f+gと同じスペーサの存在による干渉光…9
Ｌ3-Ｌ8間d+e+f+2gと同じスペーサの存在による干渉光…6
Ｌ3-Ｌ9間d+2e+f+2gと同じスペーサの存在による干渉光…0
Ｌ3-Ｌ10間d+2e+2f+2gと同じスペーサの存在による干渉光…0
Ｌ3-Ｌ11間2d+2e+2f+2gと同じスペーサの存在による干渉光…3
…合計38
以下同様に、界面Ｌ4への干渉光…合計19、界面Ｌ5への干渉光…合計18、、界面Ｌ17への干渉光…合計3、界面Ｌ18への干渉光…合計2、界面Ｌ19～Ｌ23への干渉光…各0、となる。
【００８０】
この比較構造その４は、比較構造その３に比べると干渉光の数はかなり低減されるものの、下層側の界面Ｌを対象としたときに比較的多くの干渉光が生じる点が問題となる。
【００８１】

図１０は、本実施の形態としての構造例（スペーサ厚の設定例）を示している。
本実施の形態としての構造例は、

基板/a/b/c/d/d/d/d/d/e/e/e/e/e/f/f/f/f/f/g/g/g/g/g/カバー層

である。
【００８２】
本実施の形態の構造例のポイントは、以下の点にある。

[１]最も下層側となる部分に配列される３つのスペーサの厚さを全て変える（ａ≠ｂ，ｂ≠ｃ）。つまり、先の１）の指針に基づくものである。以下、このように最下層においてそれぞれのスペーサ厚を異ならせた部分については、異厚層ユニットと称する。

[２]異厚層ユニットの上層側には、ａ，ｂ，ｃとは異なる厚さによるスペーサを複数連続して配列した同厚層ユニットを設ける。
具体的にこの場合、同厚層ユニットとしては厚さｄのスペーサによるもの、さらにその上層側に厚さｅのスペーサによるもの、さらにその上層側に厚さｆのスペーサによるもの、さらにその上層側に厚さｇのスペーサによるものを設ける。このとき、厚さａ，ｂ，ｃ，ｄ，ｅ，ｆ，ｇは互いに異なることが前提となる。

[３]各同厚層ユニット内にて連続配列するスペーサの数を制限する。例えばこの場合は５に制限するものとしている。

[４]各同厚層ユニットでは、ユニット内の一つのスペーサの厚さ及びユニット内の任意位置で連続する任意数のスペーサの合計厚さのそれぞれが、そのユニットの外部における任意の一つのスペーサの厚さ及び任意位置で連続する任意数のスペーサの合計厚さの何れとも異なるようにする。
例えば厚さｄについて見れば、ｄ，２ｄ、３ｄ、４ｄ、５ｄが、ａ，ｂ，ｃ，ｅ，ｆ，ｇ，ａ＋ｂ,ａ＋ｂ＋ｃ，ｂ＋ｃ，２ｅ，３ｅ，４ｅ，５ｅ，ｅ＋ｆ，２ｅ＋ｆ，３ｅ＋ｆ，４ｅ＋ｆ，５ｅ＋ｆ，ｅ＋２ｆ，ｅ＋３ｆ，ｅ＋４ｆ，ｅ＋５ｆ，ｅ＋５ｆ＋ｇ，・・・，５ｅ＋５ｆ＋５ｇ，２ｆ，３ｆ，４ｆ，５ｆ，ｆ＋ｇ，２ｆ＋ｇ，３ｆ＋ｇ，４ｆ＋ｇ，５ｆ＋ｇ，・・・，５ｆ＋５ｇ，２ｇ、３ｇ、４ｇ、５ｇの何れとも異なるということである。また、例えばｅについて見れば、ｅ，２ｅ、３ｅ、４ｅ、５ｅが、ａ，ｂ，ｃ，ｄ，ｆ，ｇ，ａ＋ｂ,ａ＋ｂ＋ｃ，ｂ＋ｃ，ａ＋ｂ＋ｃ＋ｄ，ａ＋ｂ＋ｃ＋２ｄ，ａ＋ｂ＋ｃ＋３ｄ，ａ＋ｂ＋ｃ＋４ｄ，ａ＋ｂ＋ｃ＋５ｄ，２ｄ，３ｄ，４ｄ，５ｄ，２ｆ，３ｆ，４ｆ，５ｆ，ｆ＋ｇ，ｆ＋２ｇ，ｆ＋３ｇ，ｆ＋４ｇ，ｆ＋５ｇ，２ｆ＋１ｇ，２ｆ＋２ｇ，・・・，５ｆ＋５，２ｇ，３ｇ，４ｇ，５ｇの何れとも異なるということである。
【００８３】
これらのうち、[２]の連続配列スペーサ数の制限は、干渉光の数を抑制するにあたって必要なものとなる。
但し、制限数＝５はあくまで一例であり、干渉光による影響が非常に小さい場合（例えば反射率が非常に低い場合）にはより多くすることもできる。
【００８４】
また[４]の条件は、ａ～ｇを互いに素の関係となるように選定すると比較的容易に満足することができる。
図１０においても、ａ～ｇは互いに素の関係であるとする。
【００８５】
図１０に示す本実施の形態としての構造例におけるＬ3～Ｌ23の干渉光の数は、以下に示す通りである。

＜界面Ｌ3＞
Ｌ3-Ｌ4間dと同じスペーサの存在による干渉光…7
Ｌ3-Ｌ5間2dと同じスペーサの存在による干渉光…3
Ｌ3-Ｌ6間3dと同じスペーサの存在による干渉光…0
…合計10

以下同様に、Ｌ4への干渉光…合計6、Ｌ5への干渉光…合計3、・・・、、Ｌ17への干渉光…合計0、Ｌ18への干渉光…合計10、Ｌ19への干渉光…合計6、Ｌ20への干渉光…合計3、Ｌ21への干渉光…合計1、Ｌ22～Ｌ23への干渉光…各0、となる。

【００８６】

図１０に示す本実施の形態としての構造例によれば、異厚層ユニット外で用いるスペーサの種類を４つに増やし且つそれらを偏らせまとめて配置した構造としているため、特に大きな周期での自己相似形を崩すことができ、結果、干渉光の数を何れの比較構造よりも大幅に少なくすることができる。

【００８７】

また、何より同厚のスペーサの連続配列が許容されるので、構造が非常にシンプルで製造上の煩雑さを軽減することができる。

【００８８】

さらに、同厚のスペーサの使用を許容したものとなるので、例えば３回反射光による干渉光の発生の完全防止を図るべく各スペーサの厚さに１μｍより大きな差を与える構造と比較して、多層光記録媒体のトータルの厚さ（カバー層＋全スペーサ）を抑えることができ、その分、球面収差補正の適正化の面でより有利とすることができる。

【００８９】

図１１は、比較構造その１～その４と本実施の形態の構造例との干渉光数を比較した図である。

図１１では横軸を対象とする界面Ｌi、縦軸を干渉光の数として界面Ｌiごとの干渉光数を示している。◆プロットが比較構造その１、■プロットが比較構造その２、▲プロットが比較構造その３、●プロットが比較構造その４、＊プロットが本実施の形態の構造例について、それぞれ界面Ｌiごとの干渉光数を表している。

【００９０】

この図１１より、比較構造その１は、下層側の界面Ｌほど急激に干渉光の数が増加するのがわかる。確認のため述べておくと、このように下層側ほど干渉光の数が急激に増加する現象が顕著に表れるのは、ここでは界面Ｌの総数を２４と比較的多くしていることに依る。

【００９１】

また、スペーサ厚を４種類に増やして規則的に並べた比較構造その３も、下層側において急激に干渉光の数が増加する傾向となっていることが分かる。

【００９２】

また、比較構造その１で用いるスペーサ（ｄ，ｅ）を偏らせてまとめて並べ替えた比較構造その２、及び比較構造その３で用いるスペーサ（ｄ，ｅ，ｆ，ｇ）の規則性を崩した比較構造その４は、並べ替え前の構造となる比較構造その１、その３と比べると、それぞれ干渉光の数が低減できているものの、やはり下層側においてその低減度合いが十分でないことが分かる。

【００９３】

そして、これら比較構造と比較して、本実施の形態の構造例は、どの層でも干渉光の数が１０以下に抑えられており、干渉光の数を減らすという面で有効なアプローチであることが分かる。

【００９４】

ここで、多重干渉の度合いを正確に見積もるには、各々の干渉光の「振幅強度」を考慮すべきである。

図１２、及び図１３（ａ）は、２４個の界面Ｌそれぞれのエネルギー反射率、エネルギ

ー透過率の設定例を示している。そして、図１３（ｂ）は、図１２及び図１３（ａ）に示される反射率・透過率の設定を行った場合における各界面Ｌの実効的反射率（迷光は含まず）を示している。

【００９５】

これら図１２及び図１３に示す反射率・透過率の設定を行った場合における、多重干渉の影響を見積もってみる。

なお、計算の簡略化のため、光の進行方向の違いによる反射率差はないものとする。また、干渉は被干渉光（主信号光）と干渉光間の干渉のみを考慮する。

これらの条件に基づき、先の図１１における縦軸を干渉による光量変動の最大値（ｐｐ値）として、干渉光の数が２０以下の分を計算して描画したものが図１４である。

【００９６】

図１４において、本実施の形態の構造例では、全ての層で光強度変動が最大pp0.9以下（±45%以下）で抑制されていることが分かる。

また、本実施の形態の構造例は、周期的に光強度変動のピークを迎える界面Ｌi以外は光強度変動が非常に小さく抑制されており、下層側ほど光強度変動が逓増していく他の比較構造とは異なっている。

【００９７】

ここで、先の図１１を参照すると、本実施の形態の構造例において界面Ｌ3，Ｌ8，Ｌ13，Ｌ18（つまりそれぞれの同厚層ユニット内において最も下層側に位置する界面Ｌ）はそれぞれ干渉光の数が同じとなっているが、この図１４によると、これら界面Ｌ3，Ｌ8，Ｌ13，Ｌ18の光強度変動はそれぞれ異なるものとなっていることが分かる。具体的には、Ｌ18→Ｌ13→Ｌ8→Ｌ3の順、すなわち下層側の界面Ｌとなるに従って光強度変動が大となる傾向となっている。

【００９８】

このように干渉光の数が同じでも下層側ほど光強度変動が大となるのは、３回反射に寄与する界面Ｌmがより下層側に位置するためである。

【００９９】

上記のようにして本実施の形態としての構造例、つまり同厚層ユニットを設ける構造を採る場合には、下層側の同厚層ユニットほど干渉による光強度変動が大となる傾向になる。

このような特性を改善するとしたときには、図１０に示したように各同厚層ユニット内のスペーサの連続配列数を一律に５とする構造に代えて、上層側よりも下層側の同厚層ユニットでスペーサ配列数をより小とする構造を採るものとすればよい。

【０１００】

この図１５は、最も下層側に位置する同厚層ユニット内でのスペーサの配列数を４とし且つ最も上層側の同厚層ユニット内でのスペーサの配列数を６にした構造例、すなわち、

基板/a/b/c/d/d/d/d/e/e/e/e/e/f/f/f/f/f/g/g/g/g/g/g/カバー層

による構造例（本実施の形態の構造例(改)とする）について、界面Ｌiごとの光強度変動（ｐｐ）を示している（●プロット）。なお図１５では比較として、図１０に示した本実施の形態の構造例についての界面Ｌiごとの光強度変動も併せて示している（＊プロット）。

【０１０１】

この図１５を参照して明らかなように、最も下層側に位置する同厚層ユニット内のスペーサ配列数を４に減らすことによって、図１０の構造例においては最も大であった界面Ｌ3における光強度変動を、効果的に抑制することができる。具体的にこの場合、光強度変動はｐｐ0.85程度からｐｐ0.55程度に抑制することができる。

一方でこの場合は、最下層の同厚層ユニットのスペーサ配列数を１つ減らしたことで、最上層の同厚層ユニットのスペーサ配列数を６に増やしているが、図１４と図１５とを比

較して分かるように、このことによる光強度変動は微少なもので済む。これは、３回反射に寄与する界面Ｌmが上層側であるほど干渉光の光強度が小である、ひいては光強度変動が小であることによる。

【０１０２】

このように下層側における同厚層ユニット内のスペーサの配列数を少なくする設計によって、より効果的に多重干渉の影響を抑制できる。

【０１０３】

［2-4.スペーサ厚の設定例］

以上、製造効率の低下の抑制を図りつつ多重干渉を効果的に抑制するスペーサ設計の具体的な手法について説明してきたが、具体的なスペーサ厚の数値を決めるには、反射率・透過率といった各界面Ｌの光学設計条件やスペーサ作製上のプロセスマージンなども考慮して「スペーサの種類が最少で且つ全スペーサの合計厚さが最少」となるように設計していけばよい。

【０１０４】

以下では、Ｎ層ディスクの具体的な”Ｎ”の値を設定し、その際のスペーサ厚の設定値の具体例を示す。

ここで前提として、ＢＤ光学系に従いディスク構造を設計すると、最小スペーサ厚は10μm程度となり、全スペーサの厚さはそれよりも大となる値に設定すべきとなる。

Ｎが大きい場合は、下層側の異厚層ユニット内のスペーサとして比較的厚いスペーサを用いるものとし、各同厚層ユニットに薄いスペーサを用いた方が全スペーサの厚さ抑制には効果的である。

【０１０５】

以下では具体的にＮ＝１６、２０、２４とした場合のスペーサ厚の設定例をそれぞれ示す。

＜１６層の設定例＞

基板/19/29/25/17/17/13/13/13/13/11/11/11/11/11/11/カバー層

つまり、異厚層ユニット内のスペーサの厚さａ，ｂ，ｃをａ＝１９，ｂ＝２９，ｃ＝２５とし、３種の同厚層ユニットのそれぞれのスペーサの厚さｄ，ｅ，ｆをｄ＝１７，ｅ＝１３，ｆ＝１１とすると共に、下層側の同厚層ユニットほどスペーサの配列数を小としたものである。具体的にこの場合、スペーサの配列数は、下層側の同厚層ユニットから順に２→４→６としている。

この場合、スペーサ全厚＝２２５μm、カバー層＋スペーサ全厚＝２５６μmとなる。

【０１０６】

このようなスペーサ厚の設定によれば、複数のスペーサに跨る場合を考慮しても、同じ厚さとなる組合せがほとんどなく、干渉光の数は効果的に抑制できる。

ちなみに、先の図１２で示したような反射率・透過率の設定によると、各界面Ｌの実効的反射率は１～１．２％（実際には層間迷光があるのでシステムで検出できる反射率はそれ以上）となる。

【０１０７】

＜２０層の設定例＞

基板/21/29/25/19/19/17/17/17/17/13/13/13/13/11/11/11/11/11/11/カバー層

この場合も異厚層ユニット内のスペーサの厚さａ，ｂ，ｃはａ＝１９，ｂ＝２９，ｃ＝２５である。この場合、異厚層ユニットの上層側ではそれぞれ厚さｄ，ｅ，ｆ，ｇによる４種の同厚層ユニットを設け、ｄ＝１９，ｅ＝１７，ｆ＝１３，ｇ＝１１とする。さらにこの場合としても、下層側の同厚層ユニットほどスペーサの配列数を小とし、具体的には

下層側の同厚層ユニットから順に２→４→４→６としている。
この例の場合、スペーサ全厚＝２９９μｍ、カバー層＋スペーサ全厚＝３３１μｍとなる。
【０１０８】
この例ではＮ＝２０とスペーサ数が増えたことに応じ、スペーサの種類を先の１６層の場合の３つから４つに増やすことで、干渉光数の増加を抑制した。１６層の場合と同様に複数のスペーサに跨る場合を考慮しても同じ厚さとなる組合せがほとんどなく、干渉光の数は効果的に抑制できる。
各界面Ｌｉにおける反射率・透過率の設計を図１２に示したものとすると、この場合における各界面Ｌｉでの実効的反射率は０．７～０．９％となる。
【０１０９】

＜２４層の設定例＞
基板/21/29/25/19/19/19/19/17/17/17/17/17/13/13/13/13/13/11/11/11/11/11/11/カバー層

つまり、先に説明した本実施の形態の構造例(改)において、ａ＝２１，ｂ＝２９，ｃ＝２５，ｄ＝１９，ｅ＝１７，ｆ＝１３，ｇ＝１１としたものである。これは、先の２０層の場合との比較では、同厚層ユニットとして用いるスペーサの種類は同数とした上で、最上層の同厚層ユニットを除く同厚層ユニットでのスペーサ配列数を増やしたことに相当する。
この場合、スペーサ全厚＝３６７μｍ、カバー層＋スペーサ全厚＝３９９μｍである。
【０１１０】
この設定例によっても、複数のスペーサを重ねた場合を考慮しても同じ厚さとなる組合せがほとんどなく、干渉光の数は効果的に抑制できる。
この場合、各界面Ｌｉにおける反射率・透過率の設計を図１２に示したものとすると、各界面Ｌｉでの実効的反射率は０．５～０．７％となる。
【０１１１】
ここで、例えばＮ＝３０などさらなる多層化を図る場合には、スペーサの種類をさらに増やすことになるが、その場合には互いに素となるスペーサ厚の選定と複数のスペーサを跨った場合の干渉条件の回避などの難易度は増す傾向となる。また、カバー層＋スペーサ全厚は４００μｍを超え、球面収差補正やスキュー調整など、ドライブシステム側の制御も困難性が増す。
また、Ｎの数を増やすことによっては、記録膜Ｌｒｃの設計として、エネルギー反射率を低下させ且つエネルギー透過率を上昇させる必要性がある。例えば透過率９５％の記録膜Ｌｒｃを１５層重ねた場合、最も下層側の記録膜Ｌｒｃでは記録パワーが４６％まで減衰し、また２０層重ねた場合は３６％、２５層では２８％まで減衰する。このことからも理解されるように、実効的な記録パワーを各記録膜Ｌｒｃで揃える設計は多層化が進むに連れて非常に困難となる。また、Ｎの数が過大であると、下層側において必要な記録パワーを確保することも非常に困難となる。
これらの点を加味すると、多層光記録媒体としては、Ｎ＝３０を超えると現時点では非常に大きな技術的な課題を抱えることとなり、その実現が非常に困難になるとの予想が立つ。
【０１１２】
＜３．変形例＞

以上、本発明の一実施形態について説明したが、本発明としてはこれまでで説明した具体例に限定されるべきものではない。
例えばこれまでの説明では、多層光記録媒体の表面が無反射コーティングされ、該表面を界面Ｌｉに包含せずに各スペーサ厚の設定を行うものとしたが、例えば上記表面が無反

射コーティングされず、上記表面を界面Ｌiとして包含すべき場合は、カバー層２としてのスペーサの厚さについても考慮に入れるべきものとなる。

このとき、カバー層２の厚さは、他の全てのスペーサ厚（重ねた場合も含む）と異なる値とする。例えば先に示した１６層の設定例の場合、当該条件を満たすカバー層２の厚さとしては例えば３１μｍを挙げることができる。このように表面も界面Ｌiに含む場合は、カバー層２としてのスペーサの厚さも含めて、各種スペーサの厚さを互いに素の関係となるように選定することで、カバー層２の厚さが他の全てのスペーサ厚（重ねた場合も含む）と異なるようにすることができる。

【０１１３】

また、これまでの説明では、選択反射膜３（基準面Ｒｅｆ）を界面Ｌiに含める場合を例示したが、例えば選択反射膜３による波長選択性がほぼ１００％に近く基準面Ｒｅｆを経由する３回反射の迷光は考慮せずに済む場合には、基準面Ｒｅｆを界面Ｌiから除外することができる。

【０１１４】

また、これまでの説明では、異厚層ユニットとしては、厚さａ，ｂ，ｃによる３種のスペーサで構成する場合を例示したが、異厚層ユニット内のスペーサ数は、３つに限定されるべきものではなく、少なくとも複数（２以上）とされればよい。

先の説明からも理解されるように、最下層部分に異厚層ユニットを設ける主旨は、光強度が最も大となる最下層部分での干渉光の発生を防止することにある。例えば多層光記録媒体の層数が少ない場合には、界面Ｌ2における干渉光の光強度としても小となり、その発生を許容できることが考えられ、その場合の異厚層ユニットとしては厚さａ，ｂによる２種のスペーサのみを配列したものとすることもできる。このように異厚層ユニットにおけるスペーサ配列数を幾つにするかは、多層光記録媒体の層数（界面Ｌiの数）を幾つに設定するかに応じて定めればよい。

【０１１５】

また、これまでの説明では、同厚層ユニット内におけるスペーサの配列数の制限に関して具体的な指針については触れなかったが、同厚層ユニット内におけるスペーサの配列数は、例えば以下で説明するような指針に基づき設定することができる。

図１６（ａ）は、各界面Ｌiにおけるエネルギー反射率を示し、図１６（ｂ）は、先の２４層ディスクについて例示した反射率・透過率（図１２）の設定の下で、任意の対象とする界面Ｌi（Ｌj）より上にｎ個（ｎ＝２～６）のスペーサを配列したときの界面Ｌiにおける多重干渉による光強度変動（最大値ｐｐ）を見積もった結果を示している。

この図１６（ａ）（ｂ）によると、多重干渉による光強度変動を最大値ｐｐで５０％（±２５％）許容するとした場合においては、反射率１．２％となる界面Ｌ15より上層の領域ではスペーサの配列数は６個まで許容されることが分かる。また、反射率１．２％となる界面Ｌ10より上層の領域でみるとスペーサの配列数は５個まで許容でき、さらに反射率２．５％以下（界面Ｌ5より上層）では４個、反射率４％以下では３個まで許容される。

【０１１６】

ここで、先の（数１）にて導出した式は、反射率ｒが小で且つ透過率ｔが大のとき（つまり界面Ｌiが上層側であるとき）は、分母の「$r^{\sim m}rm+tm^2$」の値がほぼ１となり、分子の「±２√（$r^{\sim m}rm$）×ｔｍ」の値は反射率ｒに比例する。このため、多重干渉による光強度変動は、対象とする界面Ｌiのエネルギー反射率に比例すると見なすことができる。

また、一方で、同厚層ユニットに関して、そのスペーサ配列数をｎとおくと、該同厚層ユニット内で最も多くの干渉光が発生することとなる最も下層側の界面Ｌiにおける干渉光の発生数は、「ｎ（ｎ－１）／２」となる。

【０１１７】

これらの前提を踏まえると、同厚層ユニットにおけるスペーサの配列数は、対象とする同厚層ユニット内における最下層に位置する界面Ｌiのエネルギー反射率（r_i）と、上記「ｎ（ｎ－１）／２」とに基づき設定できることが分かる。

具体的に、同厚層ユニットにおけるスペーサの配列数を定めるための１つの指針としては、例えば以下のものを挙げることができる。

$$r_i \times n(n-1)/2 < 20$$

【０１１８】

また、これまでの説明において、図１に多層光記録媒体１として示した構造はあくまでも一例を示したものに過ぎず、多層光記録媒体の構造は実際の実施形態に応じて適宜最適とされる構造が採られればよい。

例えば、各記録膜Ｌｒｃにグルーブ等の位置案内子を形成する構造とすることもできる。その場合、基準面Ｒｅｆ（選択反射膜３）は省略することができる。

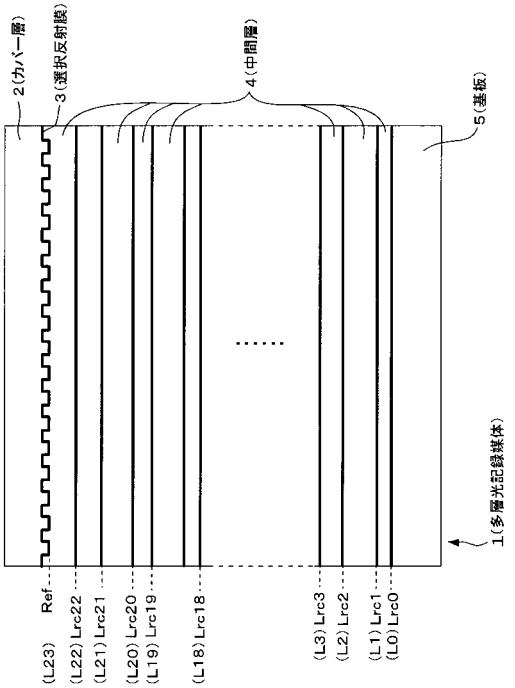
本発明の多層光記録媒体としては、少なくとも、入射光を反射する界面を複数有するように構成されたものであればよい。

【符号の説明】

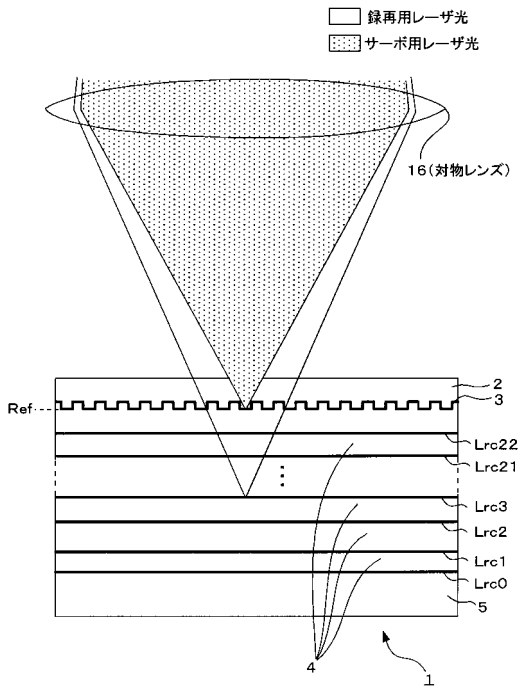
【０１１９】

１　多層光記録媒体、２　カバー層、３　選択反射膜、４　スペーサ、Ｌｒｃ0～Ｌｒｃ19　記録膜、５　基板、Ｒｅｆ　基準面、Ｌ0～Ｌ23　界面、１０　録再光用フォーカス機構、１１　固定レンズ、１２　可動レンズ、１３　レンズ駆動部、１４　ミラー、１５　ダイクロイックプリズム、１６　対物レンズ、１７　２軸アクチュエータ

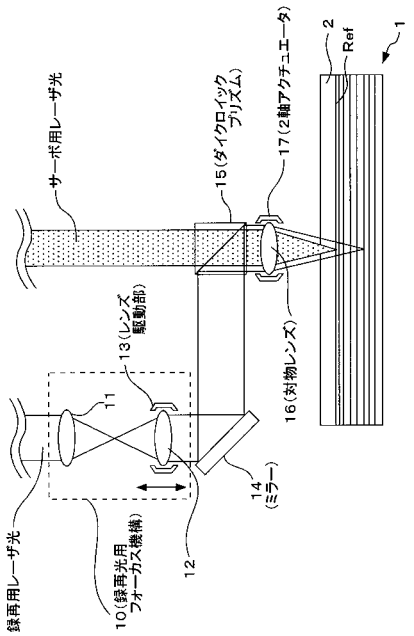
【図１】



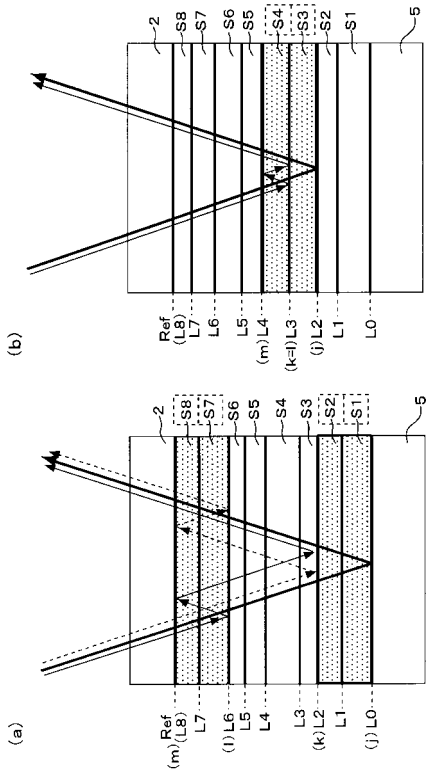
【図２】



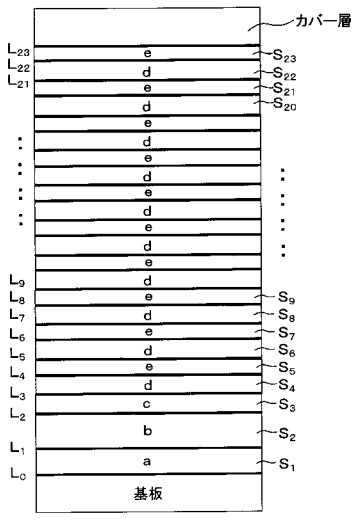
【図３】



【図４】

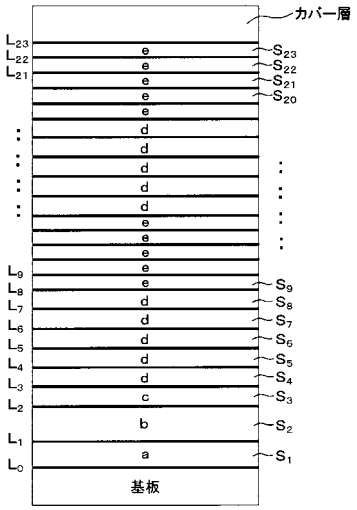


【図５】



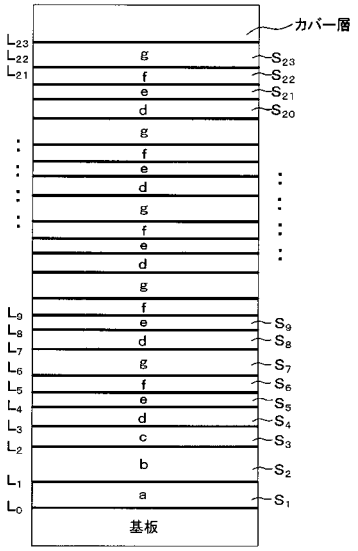
比較構造その1

【図６】



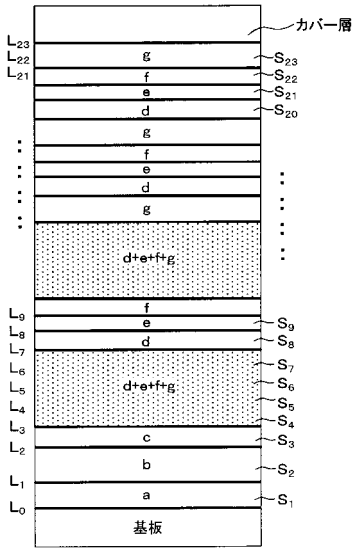
比較構造その2

【図７】

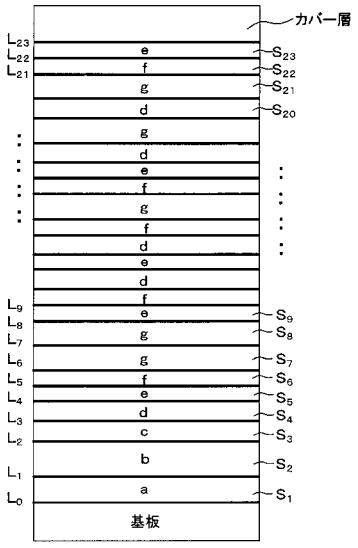


比較構造その3

【図８】

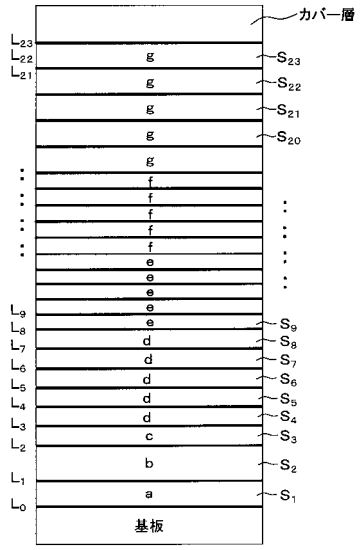


【図９】



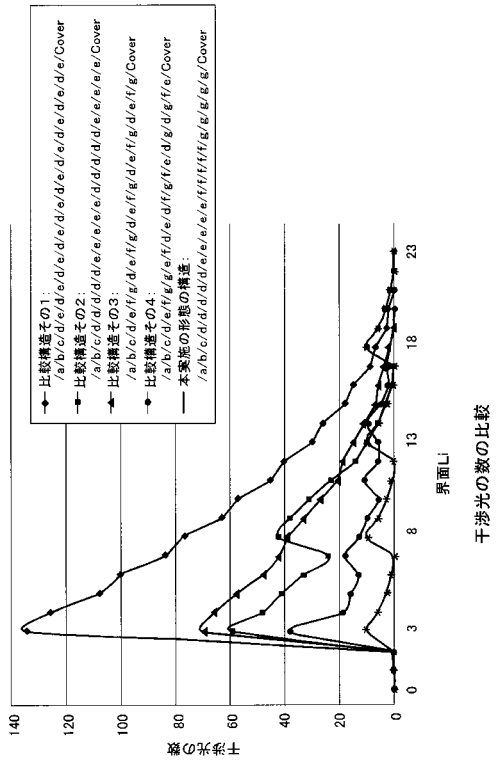
比較構造その4

【図１０】



本実施の形態の構造

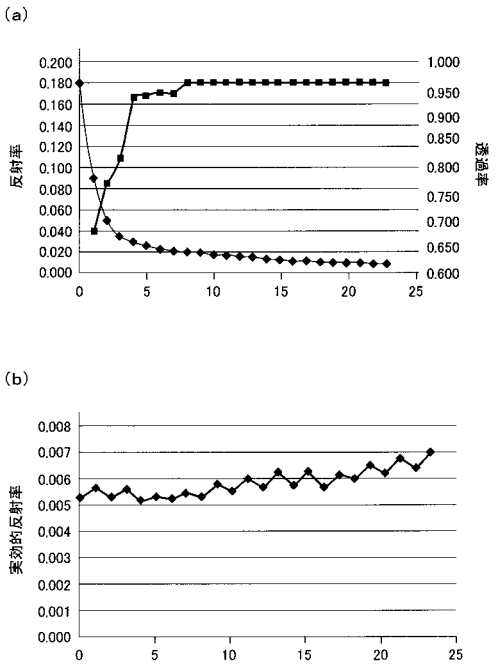
【図１１】



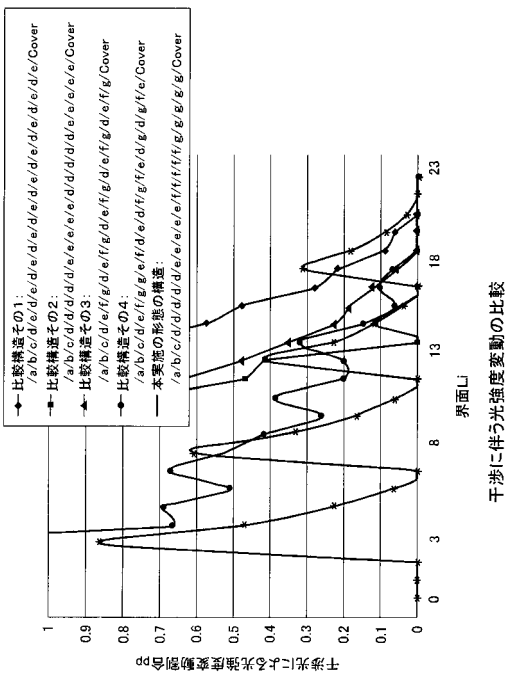
【図１２】

記録層	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11
反射率	0.18	0.09	0.05	0.035	0.028	0.025	0.022	0.02	0.018	0.018	0.016	0.016
透過率	1	0.68	0.768	0.815	0.93	0.934	0.938	0.938	0.96	0.96	0.96	0.96
記録層	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
反射率	0.014	0.014	0.012	0.012	0.01	0.01	0.009	0.009	0.008	0.008	0.007	0.007
透過率	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96

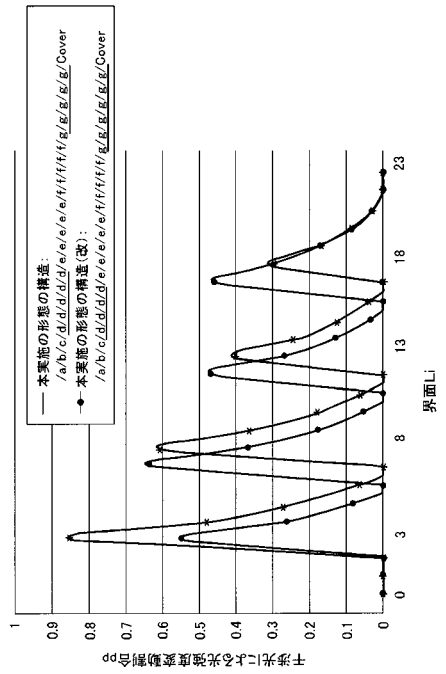
【図１３】



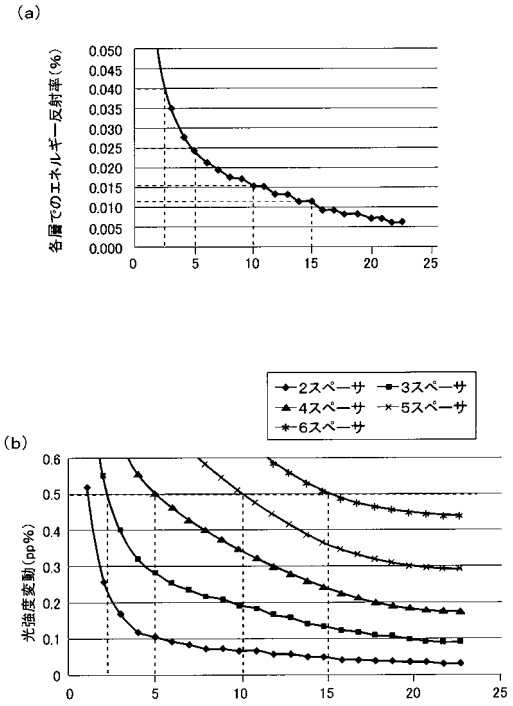
【図１４】



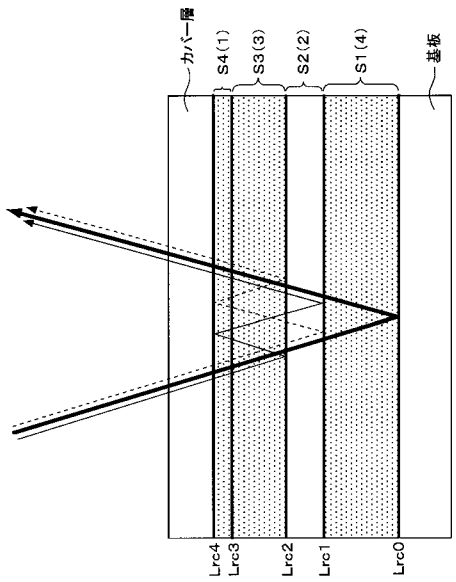
【図１５】


本実施の形態の構造:
/a/b/c/d/d/d/d/d/e/e/e/e/f/f/f/f/f/g/g/g/g/g/Cover
本実施の形態の構造(改):
/a/b/c/d/d/d/d/e/e/e/e/e/f/f/f/f/f/g/g/g/g/g/Cover
干渉光による光強度変動割合pp
界面Li

【図１６】


(a)
各層でのエネルギー反射率(%)
(b)
2スペーサ
3スペーサ
4スペーサ
5スペーサ
6スペーサ
光強度変動(pp%)

【図１７】


カバー層
S4(1)
S3(3)
S2(2)
S1(4)
基板
Lrc4
Lrc3
Lrc2
Lrc1
Lrc0

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
Ｇ１１Ｂ　　７／２４
Ｇ１１Ｂ　　７／２６