

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-288371

(P2004-288371A)

(43) 公開日 平成16年10月14日(2004. 10. 14)

(51) Int.Cl.⁷

G 1 1 B 7/24

F I

G 1 1 B 7/24 5 2 2 P
 G 1 1 B 7/24 5 3 5 C
 G 1 1 B 7/24 5 3 5 G
 G 1 1 B 7/24 5 3 5 H

テーマコード (参考)

5 D O 2 9

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2004-204905 (P2004-204905)	(71) 出願人	000005821
(22) 出願日	平成16年7月12日 (2004. 7. 12)		松下電器産業株式会社
(62) 分割の表示	特願2002-533292 (P2002-533292) の分割	(74) 代理人	大阪府門真市大字門真1006番地 100092794 弁理士 松田 正道
原出願日	平成13年9月28日 (2001. 9. 28)	(72) 発明者	安田 昭博
(31) 優先権主張番号	特願2000-304030 (P2000-304030)		福岡県福岡市博多区美野島4丁目1番62号 パナソニックコミュニケーションズ株式会社社内
(32) 優先日	平成12年10月3日 (2000. 10. 3)	(72) 発明者	林 一英
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社社内
		(72) 発明者	緒方 大輔
			大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社社内
		Fターム(参考)	5D029 JB13 JB47 LB07 LB11 LC06

(54) 【発明の名称】 光情報記録媒体、光情報記録／再生方法、及び光情報記録／再生装置

(57) 【要約】

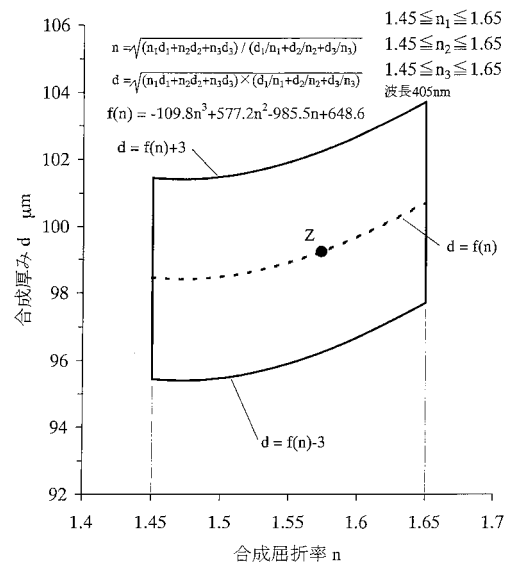
【課題】

高開口数、短波長においては、保護層を構成する複数の層の屈折率が異なることにより大きな球面収差が生じる。さらに、保護層の厚みのばらつきが加わると球面収差が許容範囲を超え、正常な記録再生が行えなくなる。

【解決手段】

保護層が複数の層からなる場合の屈折率と厚みの範囲を新規に規定し、この範囲内に保護層の屈折率および厚みを定めた光情報記録媒体であり、これにより、保護層の厚みばらつきを、±3 μmまで許容しても、光情報記録媒体の球面収差を実質上3.0 mλ rms以内に抑えることが可能となる。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも第 1 及び第 2 の記録層と、複数の層を含む保護層とを有する光情報記録媒体であって、

前記複数の保護層の内、前記光情報記録媒体の表面から前記第 1 記録層までの間の第 1 層～第 k 層 ($k \geq 2$) を第 1 保護層とし、前記複数の保護層の内、前記光情報記録媒体の表面から前記第 2 記録層までの間の第 1 層～第 m 層 ($m > k$) を第 2 保護層とし、

i を $1 \leq i \leq m$ を満たす整数とし、波長 405 nm での前記保護層の第 i 層の屈折率を n_i 、前記第 i 層の厚みを d_i として、

(a-1) 前記第 1 保護層と実質上等価な一つの層に置き換えた場合の、前記一つの層の合成屈折率 n を $n = ((n_1 d_1 + n_2 d_2 + \dots + n_k d_k) / (d_1 / n_1 + d_2 / n_2 + \dots + d_k / n_k))^{0.5}$ と規定し、且つ、(b-1) 前記一つの層の合成厚み d を $d = ((n_1 d_1 + n_2 d_2 + \dots + n_k d_k) \times (d_1 / n_1 + d_2 / n_2 + \dots + d_k / n_k))^{0.5}$ と規定し、(c-1) 前記第 1 保護層の厚みに関する設計基準として式 $f(n)$ を $f(n) = -105.8n^3 + 551.5n^2 - 936.9n + 605.2$ と規定して、

(a-2) 前記第 2 保護層と実質上等価な一つの層に置き換えた場合の、前記一つの層の合成屈折率 n を $n = ((n_1 d_1 + n_2 d_2 + \dots + n_m d_m) / (d_1 / n_1 + d_2 / n_2 + \dots + d_m / n_m))^{0.5}$ と規定し、且つ、(b-2) 前記一つの層の合成厚み d を $d = ((n_1 d_1 + n_2 d_2 + \dots + n_m d_m) \times (d_1 / n_1 + d_2 / n_2 + \dots + d_m / n_m))^{0.5}$ と規定し、(c-2) 前記第 2 保護層の厚みに関する設計基準として式 $g(n)$ を $g(n) = -138.7n^3 + 723.7n^2 - 1228.7n + 796.0$ と規定した場合、

前記第 i 層の屈折率 n_i および前記第 1 及び第 2 保護層の前記合成屈折率 n は、1.45 以上 1.65 以下であり、且つ、前記第 1 保護層の前記合成厚み d と前記設計基準の式 $f(n)$ との差 $d - f(n)$ は $-10 \mu m$ 以上であり、前記第 2 保護層の前記合成厚み d と前記設計基準の式 $g(n)$ との差 $d - g(n)$ は $10 \mu m$ 以下となる光情報記録媒体。

【請求項 2】

記録層と、少なくとも二つの層を含む保護層とを有する光情報記録媒体であって、

前記保護層のうちある特定の層の波長 405 nm での屈折率を n_1 、前記特定の層の厚みを $d_1 (\mu m)$ 、前記特定の層を除く前記保護層の厚みを $d_2 (\mu m)$ として、(a) 前記 d_2 を含む式 A, B, C および D を $A = 1.280d_2 - 109.8$, $B = -6.652d_2 + 577.2$, $C = 11.27d_2 - 985.5$ および $D = -6.257d_2 + 648.6$ と規定し、(b) 前記保護層の厚みに関する設計基準として式 $f(n_1)$ を $f(n_1) = A \cdot n_1^3 + B \cdot n_1^2 + C \cdot n_1 + D$ と規定した場合、

前記 n_1 は 1.45 以上 1.65 以下、波長 405 nm での前記保護層のうち前記特定の層を除いた層の屈折率は 1.50 以上 1.55 以下であり、且つ、 $d_1 + d_2 - f(n_1)$ の値は $-10 \mu m$ 以上 $10 \mu m$ 以下となる光情報記録媒体。

【請求項 3】

前記 $d_1 + d_2 - f(n_1)$ の値は $-3 \mu m$ 以上 $3 \mu m$ 以下となる請求項 2 記載の光情報記録媒体。

【請求項 4】

記録層と、少なくとも二つの層を含む保護層とを有する光情報記録媒体であって、

前記保護層のうちある特定の層の厚みを $d_1 (\mu m)$ 、前記特定の層を除く前記保護層の厚みを $d_2 (\mu m)$ として、前記 d_1 を含む式 $f(d_1)$ を $f(d_1) = -0.986d_1 + 98.6$ と規定した場合、

前記特定の層の波長 405 nm での屈折率は 1.61 以上 1.63 以下、前記保護層のうち前記特定の層を除いた層の前記波長 405 nm での屈折率は 1.50 以上 1.55 以下であり、且つ、 $d_2 - f(d_1)$ の値は $-10 \mu m$ 以上 $10 \mu m$ 以下となる光情報記録媒体。

【請求項 5】

10

20

30

40

50

前記 $d_2 - f(d_1)$ の値は $-3 \mu\text{m}$ 以上 $3 \mu\text{m}$ 以下となる請求項 4 記載の光情報記録媒体。

【請求項 6】

記録層と、少なくとも二つの層を含む保護層とを有する光情報記録媒体であって、

前記保護層のうちある特定の層の厚みを $d_1 (\mu\text{m})$ 、前記特定の層を除く前記保護層の厚みを $d_2 (\mu\text{m})$ として、前記 d_1 を含む式 $f(d_1)$ を $f(d_1) = -1.002d_1 + 98.6$ と規定した場合、

前記特定の層の波長 405 nm での屈折率は 1.49 以上 1.51 以下、前記保護層のうち前記特定の層を除いた層の前記波長 405 nm での屈折率は 1.50 以上 1.55 以下であり、且つ、 $d_2 - f(d_1)$ の値は $-10 \mu\text{m}$ 以上 $10 \mu\text{m}$ 以下となる光情報記録媒体。 10

【請求項 7】

前記 $d_2 - f(d_1)$ の値は $-3 \mu\text{m}$ 以上 $3 \mu\text{m}$ 以下となる請求項 6 記載の光情報記録媒体。

【請求項 8】

記録層と、少なくとも二つの層を含む保護層とを有する光情報記録媒体であって、

前記保護層のうちある特定の層の厚みを $d_1 (\mu\text{m})$ 、前記特定の層を除く前記保護層の厚みを $d_2 (\mu\text{m})$ として、前記 d_1 を含む式 $f(d_1)$ を $f(d_1) = -d_1 + 98.6$ と規定した場合、

前記特定の層の波長 405 nm での屈折率は 1.52 以上 1.54 以下、前記保護層のうち前記特定の層を除いた層の前記波長 405 nm での屈折率は 1.50 以上 1.55 以下であり、且つ、 $d_2 - f(d_1)$ の値は $-10 \mu\text{m}$ 以上 $10 \mu\text{m}$ 以下となる光情報記録媒体。 20

【請求項 9】

前記 $d_2 - f(d_1)$ の値は $-3 \mu\text{m}$ 以上 $3 \mu\text{m}$ 以下となる請求項 8 記載の光情報記録媒体。

【請求項 10】

記録層と、少なくとも第 1 層～第 m 層 ($m \geq 2$) を含む保護層とを有する光情報記録媒体であって、

i を $1 \leq i \leq m$ を満たす整数とし、所定の波長での前記保護層の第 i 層の屈折率を n_i 、前記第 i 層の厚みを d_i として、(a) 前記保護層を構成する前記複数の層と実質上等価な一つの層に置き換えた場合の、前記一つの層の合成屈折率 n を $n = ((n_1 d_1 + n_2 d_2 + \dots + n_m d_m) / (d_1 / n_1 + d_2 / n_2 + \dots + d_m / n_m))^{0.5}$ と規定し、(b) 前記一つの層の合成厚み d を $d = ((n_1 d_1 + n_2 d_2 + \dots + n_m d_m) \times (d_1 / n_1 + d_2 / n_2 + \dots + d_m / n_m))^{0.5}$ と規定し、且つ (c) 前記光情報記録媒体の前記合成厚みに関する設計基準として、前記合成屈折率 n を変数とする式 $f(n)$ を、
 $f(n) = -109.8n^3 + 577.2n^2 - 985.5n + 648.6$ 又は
 $f(n) = -105.8n^3 + 551.5n^2 - 936.9n + 605.2$ 又は
 $f(n) = -138.7n^3 + 723.7n^2 - 1228.7n + 796.0$ の
 いずれかに、規定した場合、 30 40

前記合成厚み d と前記設計基準の式 $f(n)$ との差は $-10 \mu\text{m}$ 以上 $10 \mu\text{m}$ 以下となる光情報記録媒体。

【請求項 11】

請求項 2, 4, 6, 8, 又は 10 に記載の光情報記録媒体に対して、前記光情報記録媒体の保護層の厚みによって発生する収差を補正する収差補正手段を有する光ヘッドで情報の記録および再生の少なくとも一方を行う光情報記録／再生方法。

【請求項 12】

前記請求項 1～10 のいずれか一つに記載の光情報記録媒体と、
 光ヘッドと、
 前記光情報記録媒体を回転運動する回転部と、

前記光ヘッドを制御する制御部と、
前記光情報記録媒体に情報の記録および再生の少なくとも一方を行う記録／再生手段と、
を備えた光情報記録／再生装置。

【請求項 13】

前記光ヘッドは前記光情報記録媒体の保護層の厚みによって発生する収差を補正する収差補正手段を有する請求項 12 記載の光情報記録／再生装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は光ヘッドからの光が照射されて情報の記録および／または再生が行われる光情報記録媒体、光情報記録／再生方法、及び光情報記録／再生装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

高密度、大容量の光情報記録媒体として市販されているもので DVD (Digital Versatile Disk) と呼ばれる光ディスクがある。

【0003】

このような光ディスクは画像、音楽、コンピュータデータを記録する記録媒体として、最近急速に普及しつつある。光ディスクにはその特徴と言える保護層があり、傷や汚れに対して強い性質を持っている。しかし、この保護層に厚み誤差や屈折率誤差があると波面収差の 3 次の球面収差成分が発生し、情報の記録再生特性に悪影響を及ぼす。

【0004】

以下に図面を参照しながら従来の光ディスクの一例について説明する。図 12 は DVD と呼ばれる光ディスクの概略図である。光ディスク 17 は、保護層 14、記録層 15 および補強基板 16 を有し、対物レンズ 19 で収束された波長 660 nm の光を保護層 14 側から記録層 15 に照射することによって情報の記録および／または再生が行われる。

【0005】

対物レンズ 19 は、開口数が 0.6 であり、波長 660 nm の光が屈折率 1.58、厚み 0.6 mm の光透過性平板を透過したときに発生する波面収差の 3 次の球面収差成分が実質上 0 となるように設計されている。

【0006】

保護層 14 はポリカーボネート、記録層 15 は誘電体を含む膜や反射膜などが用いられ、補強基板 16 は、光ディスク 17 のそりや破壊を防いでいる。

【0007】

保護層 14 は、記録層 15 を空気から守り、かつ、光ディスク 17 の表面 18 を記録層 15 から離すことで、表面 18 にあるほこりや傷による記録再生の特性劣化を防いでいる。

【0008】

ところが、この保護層 14 に厚み誤差や屈折率誤差があると記録層 15 に形成されるスポットに球面収差が発生し、情報の記録再生に悪影響を及ぼす。そこで、保護層 14 の厚み、屈折率を管理する必要が生じる。

【0009】

図 13 は、DVD の場合の保護層の屈折率と厚みを規定した一例である。横軸は保護層 14 の屈折率、縦軸は保護層 14 の厚みであり、球面収差が約 $30 \text{ m}\lambda \text{ rms}$ 以内となる屈折率と厚みの領域が折れ線で示されている。例えば、保護層の屈折率と厚みの設計を図 13 中の点線上のある一点に定め、厚みのばらつきを領域内に抑えれば、正常な情報の記録再生が行えるディスクが得られる。

【0010】

図 14 は記録層 15 を有する補強基板 16 とシート層 11 を接着層 13 で張り合わせた場合である。保護層 14 は、ポリカーボネートなどのシート層 11、紫外線硬化性樹脂な

10

20

30

40

50

どの接着層 13 からなる。それぞれの層の波長 660 nm での屈折率は、シート層 11 が 1.58、接着層 13 が 1.51 である。

【0011】

このような場合、保護層 14 の厚み 0.6 mm に誤差がなくても、これらの屈折率の差から球面収差は発生する。例えば、シート層 11 の厚みを 0.56 mm、接着層 13 の厚みを 40 μ m とすると、球面収差は 0.3 m λ rms 程度発生する。しかし、これは十分小さい。

【0012】

このように、開口数 0.6、波長 660 nm の場合、保護層を構成する複数の層の屈折率が異なることによって発生する球面収差は十分小さいので無視できた。つまり、従来は複数の層からなる保護層を一つの層として扱うことができ、球面収差を抑えた光ディスクの製品規格として、保護層の屈折率と厚みを図 13 に示した一定の範囲内に入る様に管理することにより、情報の記録再生に悪影響が生じることはなかった。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

しかし、近年、記録密度をより一層高めた次世代の光ディスクの研究が各所で進められている。次世代光ディスクは、現在主流の VTR (Video Tape Recorder) に替わる記録媒体として期待され、急ピッチで開発が進められている。

【0014】

光ディスクの記録密度を高める手段として、記録面に形成されるスポットを小さくする方法がある。これは光ヘッドからの光の開口数を大きくし、波長を短くすることによって達成される。

【0015】

しかし、これは逆に、保護層の厚み誤差、屈折率誤差による球面収差を急激に増大させてしまう。そこで、上述した DVD と同様に、保護層の厚みおよび屈折率を管理する必要がある。

【0016】

図 15 は記録密度を高めた光ディスクの概略図である。光ディスク 27 は保護層 24、記録層 25 および補強基板 26 を有し、対物レンズ 29 で収束された波長 400 ~ 410 nm の光を保護層 24 側から記録層 25 に照射することによって情報の記録および／または再生が行われる。

【0017】

対物レンズ 29 は、開口数が 0.85 程度と高いため二つのレンズが用いられ、波長 405 nm の光がポリカーボネートなどの屈折率 1.62、厚み 100 μ m の光透過性平板を透過したときに発生する波面収差の 3 次の球面収差成分が実質上 0 となるように設計されている。開口数を大きくし、波長を短くすることにより、記録層 25 に形成されるスポットは小さくなり、高密度化が図られている。

【0018】

記録層 25 は誘電体を含む膜や反射膜などが用いられ、補強基板 26 は、光ディスク 27 のそりや破壊を防いでいる。

【0019】

保護層 24 は、記録層 25 を空気から守り、かつ、光ディスク 27 の表面 28 を記録層 25 から離すことで、表面 28 にあるほこりや傷による記録再生の特性劣化を防いでいる。

【0020】

記録層 25 を有する補強基板 26 とシート層 21 を接着層 23 で張り合わせているので、保護層 24 は二つの層からなる。

【0021】

シート層 21 はポリカーボネート、接着層 23 は紫外線硬化性樹脂などである。それぞ

れの層の波長 405 nm での屈折率は、シート層 21 が 1.62、接着層 23 が 1.53 である。このような場合、保護層 24 の設計厚み 100 μm に誤差が生じなくても、これらの屈折率の差から球面収差は発生する。

【0022】

例えば、シート層の厚みを 60 μm、接着層 23 の厚みを 40 μm として保護層 24 の厚みを 100 μm としても、球面収差は 5.3 mλ rms と発生してしまう。これは初期的に残存する球面収差である。

【0023】

これとは別に、さらに、光ディスクの製造上の厚みのばらつきによる球面収差が加わる。通常、厚みのばらつきは 3 μm 程度は発生し、その結果、厚みのばらつきによる球面収差は 30 mλ rms 生じる。 10

【0024】

従って、保護層 24 の厚みを 100 μm に出来たとしても、上述した様に初期的に残存する球面収差 5.3 mλ rms と合わせ、総合的な球面収差は 35.3 mλ rms にもなり、正常な記録再生が行えなくなるという課題があった。

【0025】

図 16 は接着層によって発生する球面収差を、開口数 0.6、波長 660 nm (DVD) の場合と、開口数 0.85、波長 405 nm の場合とで比較したものである。この図からわかるように、高開口数、短波長においては、保護層を構成する複数の層の屈折率が異なることにより大きな球面収差が生じる。これは、DVD の場合と比べて 15 倍以上も大きい。さらに、保護層の厚みのばらつきが加わると球面収差が許容範囲を超え、正常な記録再生が行えなくなる。 20

【0026】

本発明は、従来の光ディスクのこのような課題を考慮し、複数の層からなる保護層に対して、従来に比べてより一層球面収差が抑えられ、正常な記録及び／又は再生が行える光情報記録媒体、光情報記録／再生方法、及び光情報記録／再生装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0027】

第 1 の本発明は、少なくとも第 1 及び第 2 の記録層と、複数の層を含む保護層とを有する光情報記録媒体であって、 30

前記複数の保護層の内、前記光情報記録媒体の表面から前記第 1 記録層までの間の第 1 層～第 k 層 ($k \geq 2$) を第 1 保護層とし、前記複数の保護層の内、前記光情報記録媒体の表面から前記第 2 記録層までの間の第 1 層～第 m 層 ($m > k$) を第 2 保護層とし、

i を $1 \leq i \leq m$ を満たす整数とし、波長 405 nm での前記保護層の第 i 層の屈折率を n_i 、前記第 i 層の厚みを d_i として、

(a-1) 前記第 1 保護層と実質上等価な一つの層に置き換えた場合の、前記一つの層の合成屈折率 n を $n = ((n_1 d_1 + n_2 d_2 + \dots + n_k d_k) / (d_1 / n_1 + d_2 / n_2 + \dots + d_k / n_k))^{0.5}$ と規定し、且つ、(b-1) 前記一つの層の合成厚み d を $d = ((n_1 d_1 + n_2 d_2 + \dots + n_k d_k) \times (d_1 / n_1 + d_2 / n_2 + \dots + d_k / n_k))^{0.5}$ と規定し、(c-1) 前記第 1 保護層の厚みに関する設計基準として式 $f(n)$ を $f(n) = -105.8n^3 + 551.5n^2 - 936.9n + 605.2$ と規定して、 40

(a-2) 前記第 2 保護層と実質上等価な一つの層に置き換えた場合の、前記一つの層の合成屈折率 n を $n = ((n_1 d_1 + n_2 d_2 + \dots + n_m d_m) / (d_1 / n_1 + d_2 / n_2 + \dots + d_m / n_m))^{0.5}$ と規定し、且つ、(b-2) 前記一つの層の合成厚み d を $d = ((n_1 d_1 + n_2 d_2 + \dots + n_m d_m) \times (d_1 / n_1 + d_2 / n_2 + \dots + d_m / n_m))^{0.5}$ と規定し、(c-2) 前記第 2 保護層の厚みに関する設計基準として式 $g(n)$ を $g(n) = -138.7n^3 + 723.7n^2 - 1228.7n + 796.0$ と規定した場合、

前記第 i 層の屈折率 n_i および前記第 1 及び第 2 保護層の前記合成屈折率 n は、1.4 50

5以上1.65以下であり、且つ、前記第1保護層の前記合成厚み d と前記設計基準の式 $f(n)$ との差 $d - f(n)$ は $-10\mu\text{m}$ 以上であり、前記第2保護層の前記合成厚み d と前記設計基準の式 $g(n)$ との差 $d - g(n)$ は $10\mu\text{m}$ 以下となる光情報記録媒体である。

【0028】

第2の本発明は、記録層と、少なくとも二つの層を含む保護層とを有する光情報記録媒体であって、

前記保護層のうちある特定の層の波長 405nm での屈折率を n_1 、前記特定の層の厚みを $d_1(\mu\text{m})$ 、前記特定の層を除く前記保護層の厚みを $d_2(\mu\text{m})$ として、(a)前記 d_2 を含む式 A 、 B 、 C および D を $A = 1.280d_2 - 109.8$ 、 $B = -6.652d_2 + 577.2$ 、 $C = 11.27d_2 - 985.5$ および $D = -6.257d_2 + 648.6$ 、と規定し、(b)前記保護層の厚みに関する設計基準として式 $f(n_1)$ を $f(n_1) = A \cdot n_1^3 + B \cdot n_1^2 + C \cdot n_1 + D$ と規定した場合、

前記 n_1 は1.45以上1.65以下、波長 405nm での前記保護層のうち前記特定の層を除いた層の屈折率は1.50以上1.55以下であり、且つ、 $d_1 + d_2 - f(n_1)$ の値は $-10\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下となる光情報記録媒体である。

【0029】

第3の本発明は、前記 $d_1 + d_2 - f(n_1)$ の値は $-3\mu\text{m}$ 以上 $3\mu\text{m}$ 以下となる上記第2の本発明の光情報記録媒体である。

【0030】

第4の本発明は、記録層と、少なくとも二つの層を含む保護層とを有する光情報記録媒体であって、

前記保護層のうちある特定の層の厚みを $d_1(\mu\text{m})$ 、前記特定の層を除く前記保護層の厚みを $d_2(\mu\text{m})$ として、前記 d_1 を含む式 $f(d_1)$ を $f(d_1) = -0.986d_1 + 98.6$ と規定した場合、

前記特定の層の波長 405nm での屈折率は1.61以上1.63以下、前記保護層のうち前記特定の層を除いた層の前記波長 405nm での屈折率は1.50以上1.55以下であり、且つ、 $d_2 - f(d_1)$ の値は $-10\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下となる光情報記録媒体である。

【0031】

第5の本発明は、前記 $d_2 - f(d_1)$ の値は $-3\mu\text{m}$ 以上 $3\mu\text{m}$ 以下となる上記第4の本発明の光情報記録媒体である。

【0032】

第6の本発明は、記録層と、少なくとも二つの層を含む保護層とを有する光情報記録媒体であって、

前記保護層のうちある特定の層の厚みを $d_1(\mu\text{m})$ 、前記特定の層を除く前記保護層の厚みを $d_2(\mu\text{m})$ として、前記 d_1 を含む式 $f(d_1)$ を $f(d_1) = -1.002d_1 + 98.6$ と規定した場合、

前記特定の層の波長 405nm での屈折率は1.49以上1.51以下、前記保護層のうち前記特定の層を除いた層の前記波長 405nm での屈折率は1.50以上1.55以下であり、且つ、 $d_2 - f(d_1)$ の値は $-10\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下となる光情報記録媒体である。

【0033】

第7の本発明は、前記 $d_2 - f(d_1)$ の値は $-3\mu\text{m}$ 以上 $3\mu\text{m}$ 以下となる上記第6の本発明の光情報記録媒体である。

【0034】

第8の本発明は、記録層と、少なくとも二つの層を含む保護層とを有する光情報記録媒体であって、

前記保護層のうちある特定の層の厚みを $d_1(\mu\text{m})$ 、前記特定の層を除く前記保護層の厚みを $d_2(\mu\text{m})$ として、前記 d_1 を含む式 $f(d_1)$ を $f(d_1) = -d_1 + 98.6$

と規定した場合、

前記特定の層の波長 405 nm での屈折率は 1.52 以上 1.54 以下、前記保護層のうち前記特定の層を除いた層の前記波長 405 nm での屈折率は 1.50 以上 1.55 以下であり、且つ、 $d_2 - f(d_1)$ の値は $-10 \mu\text{m}$ 以上 $10 \mu\text{m}$ 以下となる光情報記録媒体である。

【0035】

第9の本発明は、前記 $d_2 - f(d_1)$ の値は $-3 \mu\text{m}$ 以上 $3 \mu\text{m}$ 以下となる上記第8の本発明の光情報記録媒体である。

【0036】

第10の本発明は、記録層と、少なくとも第1層～第m層 ($m \geq 2$) を含む保護層とを有する光情報記録媒体であって、

i を $1 \leq i \leq m$ を満たす整数とし、所定の波長での前記保護層の第i層の屈折率を n_i 、前記第i層の厚みを d_i として、(a) 前記保護層を構成する前記複数の層と実質上等価な一つの層に置き換えた場合の、前記一つの層の合成屈折率 n を $n = ((n_1 d_1 + n_2 d_2 + \dots + n_m d_m) / (d_1/n_1 + d_2/n_2 + \dots + d_m/n_m))^{0.5}$ と規定し、(b) 前記一つの層の合成厚み d を $d = ((n_1 d_1 + n_2 d_2 + \dots + n_m d_m) \times (d_1/n_1 + d_2/n_2 + \dots + d_m/n_m))^{0.5}$ と規定し、且つ (c) 前記光情報記録媒体の前記合成厚みに関する設計基準として、前記合成屈折率 n を変数とする式 $f(n)$ を、

$f(n) = -109.8n^3 + 577.2n^2 - 985.5n + 648.6$ 又は

$f(n) = -105.8n^3 + 551.5n^2 - 936.9n + 605.2$ 又は

$f(n) = -138.7n^3 + 723.7n^2 - 1228.7n + 796.0$ の

いずれかに、規定した場合、

前記合成厚み d と前記設計基準の式 $f(n)$ との差は $-10 \mu\text{m}$ 以上 $10 \mu\text{m}$ 以下となる光情報記録媒体である。

【0037】

第11の本発明は、上記第2, 4, 6, 8, 又は10の本発明の光情報記録媒体に対して、前記光情報記録媒体の保護層の厚みによって発生する収差を補正する収差補正手段を有する光ヘッドで情報の記録および再生の少なくとも一方を行う光情報記録/再生方法である。

【0038】

第12の本発明は、前記上記第1～10のいずれか一つの本発明の光情報記録媒体と、光ヘッドと、

前記光情報記録媒体を回転運動する回転部と、

前記光ヘッドを制御する制御部と、

前記光情報記録媒体に情報の記録および再生の少なくとも一方を行う記録/再生手段と、
を備えた光情報記録/再生装置である。

【0039】

第13の本発明は、前記光ヘッドは前記光情報記録媒体の保護層の厚みによって発生する収差を補正する収差補正手段を有する上記第12の本発明の光情報記録/再生装置である。

【0040】

これにより、球面収差の発生を抑え、より最適な記録再生を行うことが可能となる。

【0041】

尚、本発明に関連する他の発明は、記録層と、少なくとも第1層～第m層 ($m \geq 2$) を含む保護層とを有する光情報記録媒体であって、

i を $1 \leq i \leq m$ を満たす整数とし、波長 405 nm での前記保護層の第i層の屈折率を n_i 、前記第i層の厚みを d_i として、(a) 前記保護層を構成する前記複数の層を、それと実質上等価な一つの層に置き換えた場合の、前記一つの層の合成屈折率 n を $n = ((n_1 d_1 + n_2 d_2 + \dots + n_m d_m) / (d_1/n_1 + d_2/n_2 + \dots + d_m/n_m))^{0.5}$ と

10

20

30

40

50

規定し、(b) 前記一つの層の合成厚み d を $d = ((n_1 d_1 + n_2 d_2 + \dots + n_m d_m) \times (d_1/n_1 + d_2/n_2 + \dots + d_m/n_m))^{0.5}$ と規定し、且つ (c) 前記保護層の前記合成厚みに関する設計基準として式 $f(n)$ を $f(n) = -109.8n^3 + 577.2n^2 - 985.5n + 648.6$ と規定した場合、

前記第 i 層の屈折率 n_i および前記合成屈折率 n は、 1.45 以上 1.65 以下であり、且つ、前記合成厚みと前記設計基準との差である $d - f(n)$ は $-10 \mu m$ 以上 $10 \mu m$ 以下となる光情報記録媒体である。

【0042】

また、本発明に関連する別の他の発明は、前記 $d - f(n)$ の値は $-3 \mu m$ 以上 $3 \mu m$ 以下となる上記他の発明の光情報記録媒体である。

10

【発明の効果】

【0043】

以上のように、本発明によれば、複数の層からなる保護層を有する光情報記録媒体において、従来に比べてより一層球面収差が抑えられ、正常な記録及び／又は再生が行えるという有利な効果が得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0044】

以下に、本発明の実施の形態について図を用いて説明する。

【0045】

(実施の形態 1)

20

図 1 に本発明の光情報記録媒体の一実施の形態である光ディスクの断面図を示す。

【0046】

図 1 において、光ディスク 7 は、保護層 4、記録層 5 および補強基板 6 を有し、対物レンズ 9 で収束された波長 $400 \sim 410 \text{ nm}$ の光を保護層 4 側から記録層 5 に照射することによって情報の記録および／または再生が行われる。

【0047】

対物レンズ 9 は、開口数が 0.85 程度と高いため二つのレンズが用いられ、波長 405 nm の光がポリカーボネートなどの屈折率 1.62 、厚み $100 \mu m$ の光透過性平板を透過したときに発生する波面収差の 3 次の球面収差成分が実質上 0 となるように設計されている。

30

【0048】

記録層 5 は誘電体を含む膜や反射膜などであり、補強基板 6 は光ディスク 7 のそりや破壊を防いでいる。保護層 4 は、記録層 5 を空気から守り、かつ、光ディスク 7 の表面 8 を記録層 5 から離すことで、表面 8 にあるほこりや傷による記録再生の特性劣化を防いでいる。

【0049】

光ディスク 7 は、記録層 5 を有する補強基板 6 とシート層 1 を接着層 3 で張り合わせ、さらに、傷から守るためコート層 2 で表面コートを施しているため、保護層 4 は三つの層からなる。

【0050】

40

シート層 1 はポリカーボネート、コート層 2 はアクリル系樹脂、接着層 3 は紫外線硬化性樹脂などが用いられる。それぞれの層の波長 405 nm での屈折率は、シート層 1 が 1.62 、コート層 2 が 1.50 、接着層 3 が 1.53 である。保護層 4 の厚みが $100 \mu m$ であっても、これらの屈折率の差により球面収差は発生する。高開口数、短波長であるために、この球面収差の発生量は大きく、無視できない。

【0051】

そこで本発明の光ディスクは、シート層 1、コート層 2 および接着層 3 の波長 405 nm での屈折率をそれぞれ n_1 、 n_2 および n_3 、厚みをそれぞれ d_1 、 d_2 および $d_3 (\mu m)$ とすると、 $1.45 \leq n_1 \leq 1.65$ 、 $1.45 \leq n_2 \leq 1.65$ 、 $1.45 \leq n_3 \leq 1.65$ 、 $1.45 \leq n \leq 1.65$ 、 $-3 \mu m \leq d - f(n) \leq 3 \mu m$ を満たすものである。

50

【0052】

本願発明者は、保護層を構成する複数の層をそれと等価な一つの層に置き換えた場合の、その等価な一つの層の合成屈折率および合成厚みという概念を新たに導入することにより、球面収差を低減した光ディスクの制作を可能にした。

【0053】

本実施の形態では、合成屈折率 n は、次式 1 により表すことが出来、

(数 1)

$$n = \left((n_1 d_1 + n_2 d_2 + n_3 d_3) / (d_1 / n_1 + d_2 / n_2 + d_3 / n_3) \right)^{0.5}$$

また、合成厚み d は、次式 2 により表すことが出来る。

【0054】

(数 2)

$$d = (n_1 d_1 + n_2 d_2 + n_3 d_3) \times (d_1 / n_1 + d_2 / n_2 + d_3 / n_3)^{0.5}$$

上述した通り、これら n および d は、複数の層をそれと等価な一つの層に置き換えて導き出した合成屈折率および合成厚みである。そして、保護層を構成する複数の層を透過した光の収差と、上記の様に導き出した等価な一つの層を透過した光の収差は実質上等しくなっている。

【0055】

尚、これらの式 1, 2 の導出については、後述する。

【0056】

また、次式 3 に示す $f(n)$ は、光線追跡法による収差計算で球面収差が実質上 0 となる離散的な点を通る 3 次の近似曲線である。尚、 $f(n)$ の値が合成厚み d である。 20

【0057】

(数 3)

$$f(n) = -109.8n^3 + 577.2n^2 - 985.5n + 648.6$$

この曲線 $f(n)$ を中心に保護層の厚みが $\pm 3 \mu m$ 以内に入る様に規定する。

【0058】

この条件を満たす合成屈折率 n と合成厚み d は、図 2 の曲線と直線で囲まれた範囲である。点線は球面収差が実質上 0 となる曲線 $f(n)$ であり、保護層 4 の合成厚みに関する設計基準である。

【0059】

上記式 1, 2 により、保護層を構成する複数の層のそれぞれの厚みと屈折率から求めた合成屈折率 n と合成厚み d をこの範囲内 (図 2 の実線で囲まれた範囲内) に定めると、球面収差を実質上 $30 m\lambda rms$ 以内に抑えた光ディスクが製作可能となる。 30

【0060】

例えば、ディスクの設計を $n_1 = 1.62$, $d_1 = 50.0 \mu m$, $n_2 = 1.50$, $d_2 = 5.0 \mu m$, $n_3 = 1.53$, $d_3 = 44.2 \mu m$ とすると、式 1, 式 2 より、合成屈折率 $n = 1.57$, 合成厚み $d = 99.2 \mu m$ となる。この様にして得られた合成屈折率と、合成厚みとで決まる点は、図 2 に示す様に、曲線 $f(n)$ 上の点 Z となり、初期的に残存する球面収差は実質上 0 となる。従って、このときの厚みのばらつきは $\pm 3 \mu m$ まで許容しても、球面収差を実質上 $30 m\lambda rms$ 以内に抑えた光ディスクが製作可能となる。 40

このように、本発明の実施の形態の光ディスクは、保護層を構成する複数の層のそれぞれの厚みと屈折率を考慮して設計しているので、球面収差の発生を抑えた光ディスクが製作可能である。

【0061】

ここで、保護層を構成する複数の層のそれぞれの厚みと屈折率を考慮しているという意味について更に説明する。

【0062】

即ち、式 3 を満たす、合成屈折率 n と合成厚み d は、図 2 の点線上に分布することは、上述した通りである。従って、例えば、式 3 を満たす、合成屈折率と、合成厚みの組合せは理論上無数にある。しかも、それぞれの組合せにおいて、式 1 及び式 2 の関係を満たす 50

各層の屈折率 n_i および厚み d_i ($i = 1, 2, 3$) の組合せも理論上多数ある。

【0063】

従って、各層の屈折率 n_i および厚み d_i の組合せを、これらの式を満たす多数の候補の中から、実現可能なものを適切に選びさえすれば、初期的に残存する球面収差は実質上 0 となる。そのため、総合的な球面収差を実質上 $30 m\lambda_{rms}$ 以内に抑えた光ディスクを作成するためには、保護層の厚みのばらつきは、 $\pm 3 \mu m$ まで許容されることになる。

【0064】

この様に本願発明は、球面収差を小さくするために、保護層の厚みのばらつきにのみ着目して、そのばらつきを如何に小さく抑えるかという観点から製造されていた従来の光ディスクとは全く異なり、新たな設計手法に基づく光ディスクを提供するものである。

10

【0065】

即ち、本発明によれば、各層の屈折率 n_i および厚み d_i の組合せを、所定の関係式（本実施の形態では、式 1～式 3）を満たす多数の候補の中から選択することにより、現在の製造技術における保護層の厚みのばらつきの限界値である $\pm 3 \mu m$ を許容することが可能となる。

【0066】

尚、これにより、各層の屈折率 n_i および厚み d_i などの各種パラメータの選択に幅が出来、設計の自由度が広がるという効果も発揮する。

【0067】

ここで、上記式の導出について図 17 (a)、図 17 (b) を用いて説明する。図 17 (a) は、複数の層を透過する光の屈折の状態を表し、図 17 (b) は、一つの層を透過する光の屈折の状態を表している。複数の層を透過した光の収差と、一つの層を透過した光の収差が等しくなるには、角度 ϕ で入射した光線について、光路長が等しいという条件式 a、出射した光の位置が同じという条件式 b が同時に成り立つことである。

20

【0068】

(条件式 a)

$$n_1 d_1 / \cos \theta_1 + n_2 d_2 / \cos \theta_2 + n_3 d_3 / \cos \theta_3 = n d / \cos \theta$$

(条件式 b)

$$d_1 \tan \theta_1 + d_2 \tan \theta_2 + d_3 \tan \theta_3 = d \tan \theta$$

これらの 2 つの条件式 a, b を連立させ、スネルの法則を表す式、 $\sin \phi / \sin \theta_1 = n_1$ 、 $\sin \phi / \sin \theta_2 = n_2$ 、 $\sin \phi / \sin \theta_3 = n_3$ 、及び、近軸で成り立つ下記の条件式 c を用いて、若干の式変更をした上で、 n と d について解けば、上記合成屈折率 n 及び合成厚み d が得られる。

30

【0069】

(条件式 c)

$$\phi = 0$$

なお、本実施の形態では、シート層 1 は、ポリカーボネートの場合について説明したが、アクリル系樹脂、ノルボルネン系樹脂や紫外線硬化性樹脂などでもよい。また、保護層は 3 つの層からなる場合について説明したが、2 つの層の場合でも 4 つ以上の層の場合でも同様である。

40

【0070】

本発明の実施の形態では、 $-3 \mu m \leq d - f(n) \leq 3 \mu m$ としたが、 $-10 \mu m \leq d - f(n) \leq 10 \mu m$ とすることにより、球面収差補正素子を搭載した光ヘッドで記録再生する場合に有効である。図 9 に、球面収差補正素子の使用例を示しており、特開 2000-131603 号に開示されているような球面収差補正素子 10 を光ヘッドの光路中に搭載する。

【0071】

ディスクの厚みのばらつきを $10 \mu m$ 以内とすると、ディスクの設計マージンが広がり、歩留まり、量産性が向上する。また、厚みのばらつきを小さく抑えることが困難であった表面コートも簡単に行えるようになる。厚みが $10 \mu m$ 変動すれば球面収差はおおよそ 1

50

0.0 mλrms 発生するが、球面収差補正素子 10 で補正する。例えば、ディスクの 1 周内の厚みのばらつきを 3 μm 以内、面内の厚みのばらつきを 10 μm 以内とすれば、半径方向厚み誤差を球面収差補正素子によって DC 補正するといった使用方法が可能となる。

【0072】

(実施の形態 2)

本発明の実施の形態 2 を図 18 を用いて説明する。

光ディスク 7 は、保護層 4、4d、2 つの記録層 5、5d および補強基板 6 を有し、対物レンズ 9 で収束された波長 400 ~ 410 nm の光を保護層 4 側から記録層 5 及び 5d に照射することによって情報の記録および／または再生が行われる。2 つの記録層をもつ光ディスクは DVD でも実現されており、情報量を約 2 倍に増やすことが出来る。

10

【0073】

対物レンズ 9 は、開口数が 0.85 程度と高いため二つのレンズが用いられ、波長 405 nm の光がポリカーボネートなどの屈折率 1.62、厚み 100 μm の光透過性平板を透過したときに発生する波面収差の 3 次の球面収差成分が実質上 0 となるように設計されている。球面収差補正素子 10 は例えば特開 2000-131603 号に開示されているものであり、光ヘッドの光路中に搭載され、保護層 4 及び 4d の、厚み 100 μm からの誤差によって発生する球面収差を補正する。

【0074】

記録層 5 及び 5d は誘電体を含む膜や反射膜などであり、補強基板 6 は光ディスク 7 のそりや破壊を防いでいる。保護層 4 は、記録層 5 を空気から守り、かつ、光ディスク 7 の表面 8 を記録層 5 から離すことで、表面 8 にあるほこりや傷による記録再生の特性劣化を防いでいる。

20

【0075】

記録層 5 に関連する保護層 4 はシート層 1 とコート層 2 からなり、記録層 5d に関する保護層 4d は、シート層 1、コート層 2 及び接着層 3 からなる。

【0076】

シート層 1 はポリカーボネート、コート層 2 はアクリル系樹脂、接着層 3 は紫外線硬化性樹脂などが用いられる。それぞれの層の波長 405 nm での屈折率は、シート層 1 が 1.62、コート層 2 が 1.50、接着層 3 が 1.53 である。

【0077】

本発明の光ディスクは、シート層 1、コート層 2 および接着層 3 の波長 405 nm での屈折率をそれぞれ n_1 、 n_2 および n_3 、厚みをそれぞれ d_1 、 d_2 および d_3 (μm) とすると、 $1.45 \leq n_1 \leq 1.65$ 、 $1.45 \leq n_2 \leq 1.65$ 、 $1.45 \leq n_3 \leq 1.65$ 、 $1.45 \leq n \leq 1.65$ 、 $f(n) - 10 (\mu m) \leq d \leq g(n) + 10 (\mu m)$ を満たすものである。

30

【0078】

ただし、保護層 4 に関しては、合成屈折率 n 及び合成厚み d は、次式 4、5 で表すことが出来る。

【0079】

(数 4)

$$n = ((n_1 d_1 + n_2 d_2) / (d_1 / n_1 + d_2 / n_2))^{0.5}$$

40

(数 5)

$$d = ((n_1 d_1 + n_2 d_2) \times (d_1 / n_1 + d_2 / n_2))^{0.5}$$

又、保護層 4d に関しては、合成屈折率 n 及び合成厚み d は、次式 6、7 で表すことが出来る。

【0080】

(数 6)

$$n = ((n_1 d_1 + n_2 d_2 + n_3 d_3) / (d_1 / n_1 + d_2 / n_2 + d_3 / n_3))^{0.5}$$

(数 7)

$$d = ((n_1 d_1 + n_2 d_2 + n_3 d_3) \times (d_1 / n_1 + d_2 / n_2 + d_3 / n_3))^{0.5}$$

50

尚、上記合成屈折率 n 、及び合成厚み d は、複数の層をそれと等価な一つの層に置き換えて導き出した本発明特有の合成屈折率および合成厚みである。そして、この場合、複数の層を透過した光の収差と、それと等価な一つの層を透過した光の収差は実質上等しくなっている。

【0081】

又、これらの式 4～7 の導出は、実施の形態 1 で説明した導出方法と同様のやり方で行える。

【0082】

又、次式 8、9 に示す $f(n)$ および $g(n)$ は、それぞれ光線追跡法による収差計算で合成厚み誤差 $-15\mu\text{m}$ および $15\mu\text{m}$ を球面収差補正素子で補正した場合の球面収差が実質上 0 となる離散的な点を通る 3 次の近似曲線である。そして、式 8、9 は、それぞれ保護層 4、4d の合成厚みに関する設計基準である。

【0083】

(数 8)

$$f(n) = -105.8n^3 + 551.5n^2 - 936.9n + 605.2$$

(数 9)

$$g(n) = -138.7n^3 + 723.7n^2 - 1228.7n + 796.0$$

この条件を満たす合成屈折率 n と合成厚み d は、図 3 の曲線と直線で囲まれた範囲である。点線は球面収差補正素子で $\pm 15\mu\text{m}$ の厚み誤差を補正して球面収差が実質上 0 となる曲線 $f(n)$ 、 $g(n)$ である。

【0084】

保護層を構成する複数の層のそれぞれの厚みと屈折率から求めた合成屈折率 n と合成厚み d をこの範囲内（図 3 の実線で囲まれた範囲）に定めると、球面収差補正素子を搭載した光ヘッドにおいて球面収差が実質上 $30\text{m}\lambda\text{rms}$ 以内となる光ディスクが製作可能である。

【0085】

ディスクの 1 周内の厚みのばらつきを $3\mu\text{m}$ 以内とし、半径方向厚み誤差を球面収差補正素子によって DC 補正すれば、球面収差は実質上 $30\text{m}\lambda\text{rms}$ 以内となる。なお、球面収差補正素子の補正能力を厚み $\pm 20\mu\text{m}$ 程度とするのは、容易に実現可能である。

【0086】

尚、第 1 記録層と第 2 記録層の間にある層の合成厚みを $20\mu\text{m}$ 以上とすれば、これが分離層として働き、二つの記録層のフォーカスエラー信号を分離することができる。また、他方の記録層反射による迷光量を小さくするといった効果も得られる。

このように、本発明の実施の形態は、保護層を構成する複数の層のそれぞれの厚みと屈折率を考慮しているので、球面収差の発生を抑えた光ディスクが製作可能である。

なお、ここではシート層 1 は、ポリカーボネートの場合について説明したが、アクリル系樹脂、ノルボルネン系樹脂や紫外線硬化性樹脂などでもよい。また、保護層は 3 つの層からなる場合について説明したが、2 つの層の場合でも 4 つ以上の層の場合でも同様である。

【0087】

(実施の形態 3)

本発明の実施の形態 3 を図 9 を用いて説明する。光ディスク 7 の構成は本発明の実施の形態 1 と同様である。

【0088】

本発明の光ディスク 7 は、シート層 1、コート層 2 および接着層 3 の波長 405nm での屈折率をそれぞれ n_1 、 n_{2a} および n_{2b} 、シート層 1 の厚みを $d_1(\mu\text{m})$ 、保護層 4 の厚みを $d_1 + d_2(\mu\text{m})$ とすると、 $1.45 \leq n_1 \leq 1.65$ 、 $1.50 \leq n_{2a} \leq 1.55$ 、 $1.50 \leq n_{2b} \leq 1.55$ 、 $-3\mu\text{m} \leq d_1 + d_2 - f(n_1) \leq 3\mu\text{m}$ を満たすものである。

【0089】

10

20

30

40

50

ただし、 $f(n_1) = A \cdot n_1^3 + B \cdot n_1^2 + C \cdot n_1 + D$ 、 $A = 1.280d_2 - 109.8$ 、 $B = -6.652d_2 + 577.2$ 、 $C = 11.27d_2 - 985.5$ 、 $D = -6.257d_2 + 648.6$ である。

【0090】

式 $f(n_1)$ は、 d_2 をパラメータとした係数 A 、 B 、 C および D を用いた n_1 の 3 次式であり、光線追跡法による収差計算で球面収差が実質上 0 となる離散的な点を通る近似曲線を表している。この曲線を中心に厚みを $3 \mu m$ 以内と規定する。

【0091】

この条件を満たす屈折率 n_1 と厚み $d_1 + d_2$ は、図 4 の曲線と直線で囲まれた範囲である。点線は球面収差が実質上 0 となる曲線 $f(n_1)$ である。接着層 3 やコート層 2 が球面収差に与える影響を考慮して、厚み d_2 をパラメータとして曲線 $f(n_1)$ を変化させたのが本発明の実施の形態の特徴である。屈折率 n_1 と厚み $d_1 + d_2$ をこの範囲内に定めると、球面収差を実質上 $30 m\lambda rms$ 以内に抑えた光ディスクが製作可能となる。

【0092】

図 5 は、 d_2 の値を変化させたときの曲線 $d_1 + d_2 = f(n_1)$ を示している。あわせて、光線追跡法による収差計算で球面収差が実質上 0 となる点をプロットしている。両者の誤差は $0.1 \mu m$ 以下であり、よく一致していることが確認できる。

このように、本発明の実施の形態は、保護層を構成する複数の層のそれぞれの厚みと屈折率を考慮しているので、球面収差の発生を抑えた光ディスクが製作可能である。

なお、ここではシート層 1 は、ポリカーボネートの場合について説明したが、アクリル系樹脂、ノルボルネン系樹脂や紫外線硬化性樹脂などでもよい。また、保護層は 3 つの層からなる場合について説明したが、2 つの層の場合でも 4 つ以上の層の場合でも同様である。

【0093】

本発明の実施の形態では、 $-3 \mu m \leq d_1 + d_2 - f(n_1) \leq 3 \mu m$ としたが、 $-10 \mu m \leq d_1 + d_2 - f(n_1) \leq 10 \mu m$ とすることにより、球面収差補正素子を搭載した光ヘッドで記録再生する場合に有効である。図 9 に、球面収差補正素子の使用例を示しており、特開 2000-131603 号に開示されているような球面収差補正素子 10 を光ヘッドの光路中に搭載する。

【0094】

ディスクの厚みのばらつきを $10 \mu m$ 以内とすると、ディスクの設計マージンが広がり、歩留まり、量産性が向上する。また、厚みのばらつきを小さく抑えることが困難であった表面コートも簡単に行えるようになる。厚みが $10 \mu m$ 変動すれば球面収差はおよそ $100 m\lambda rms$ 発生するが、球面収差補正素子 10 で補正する。例えば、ディスクの 1 周内の厚みのばらつきを $3 \mu m$ 以内、面内の厚みのばらつきを $10 \mu m$ 以内とすれば、半径方向厚み誤差を球面収差補正素子によって DC 補正するといった使用方法が可能となる。

【0095】

(実施の形態 4)

本発明の実施の形態 4 を図 9 を用いて説明する。光ディスク 7 の構成は本発明の実施の形態 1 と同様である。

【0096】

本発明の光ディスク 7 は、シート層 1、コート層 2 および接着層 3 の波長 $405 nm$ での屈折率をそれぞれ n_1 、 n_{2a} および n_{2b} 、シート層 1 の厚みを $d_1 (\mu m)$ 、保護層 4 の厚みを $d_1 + d_2 (\mu m)$ とすると、 $1.61 \leq n_1 \leq 1.63$ 、 $1.50 \leq n_{2a} \leq 1.55$ 、 $1.50 \leq n_{2b} \leq 1.55$ 、 $-3 \mu m \leq d_2 - f(d_1) \leq 3 \mu m$ を満たすものである。ただし、 $f(d_1) = -0.986d_1 + 98.6$ であり、式 $f(d_1)$ は光線追跡法による収差計算で球面収差が実質上 0 となる離散的な点を通る近似直線である。

【0097】

この条件を満たす厚み d_1 、 d_2 は、図 6 のハッチングの領域である。厚み d_1 、 d_2 をこの範囲内に定めると、球面収差を実質上 $30 m\lambda rms$ 以内に抑えた光ディスクが製作可

能となる。

【0098】

本発明の実施の形態は、シート層1にポリカーボネートなどを用いるときに有効である。なお、保護層は3つの層からなる場合について説明したが、2つの層の場合でも4つ以上の層の場合でも同様である。

【0099】

また、本発明の実施の形態では、 $-3\mu\text{m} \leq d_2 - f(d_1) \leq 3\mu\text{m}$ としたが、 $-10\mu\text{m} \leq d_2 - f(d_1) \leq 10\mu\text{m}$ とすることにより、球面収差補正素子を搭載した光ヘッドで記録再生する場合に有効である。

【0100】

10

(実施の形態5)

本発明の実施の形態5を図9を用いて説明する。光ディスク7の構成は本発明の実施の形態1と同様である。

【0101】

本発明の光ディスク7は、シート層1、コート層2および接着層3の波長405nmでの屈折率をそれぞれ n_1 、 n_{2a} および n_{2b} 、シート層1の厚みを d_1 (μm)、保護層4の厚みを $d_1 + d_2$ (μm)とすると、 $1.49 \leq n_1 \leq 1.51$ 、 $1.50 \leq n_{2a} \leq 1.55$ 、 $1.50 \leq n_{2b} \leq 1.55$ 、 $-3\mu\text{m} \leq d_2 - f(d_1) \leq 3\mu\text{m}$ を満たすものである。ただし、 $f(d_1) = -1.002d_1 + 98.6$ であり、式 $f(d_1)$ は光線追跡法による収差計算で球面収差が実質上0となる離散的な点を通る近似直線である。

20

【0102】

この条件を満たす厚み d_1 、 d_2 は、図7のハッチングの領域である。厚み d_1 、 d_2 をこの範囲内に定めると、球面収差を実質上 $30\text{m}\lambda\text{rms}$ 以内に抑えた光ディスクが製作可能となる。

【0103】

本発明の実施の形態は、シート層1にアクリル系樹脂などを用いるときに有効である。なお、保護層は3つの層からなる場合について説明したが、2つの層の場合でも4つ以上の層の場合でも同様である。

【0104】

また、本発明の実施の形態では、 $-3\mu\text{m} \leq d_2 - f(d_1) \leq 3\mu\text{m}$ としたが、 $-10\mu\text{m} \leq d_2 - f(d_1) \leq 10\mu\text{m}$ とすることにより、球面収差補正素子を搭載した光ヘッドで記録再生する場合に有効である。

30

【0105】

(実施の形態6)

本発明の実施の形態6を図9を用いて説明する。光ディスク7の構成は本発明の実施の形態1と同様である。

【0106】

本発明の光ディスク7は、シート層1、コート層2および接着層3の波長405nmでの屈折率をそれぞれ n_1 、 n_{2a} および n_{2b} 、シート層1の厚みを d_1 (μm)、保護層4の厚みを $d_1 + d_2$ (μm)とすると、 $1.52 \leq n_1 \leq 1.54$ 、 $1.50 \leq n_{2a} \leq 1.55$ 、 $1.50 \leq n_{2b} \leq 1.55$ 、 $-3\mu\text{m} \leq d_2 - f(d_1) \leq 3\mu\text{m}$ を満たすものである。

40

【0107】

ただし、 $f(d_1) = -d_1 + 98.6$ であり、式 $f(d_1)$ は光線追跡法による収差計算で球面収差が実質上0となる離散的な点を通る近似直線である。

【0108】

この条件を満たす厚み d_1 、 d_2 は、図8のハッチングの領域である。厚み d_1 、 d_2 をこの範囲内に定めると、球面収差を実質上 $30\text{m}\lambda\text{rms}$ 以内に抑えた光ディスクが製作可能となる。

【0109】

50

本発明の実施の形態は、シート層 1 にノルボルネン系樹脂などを用いるときに有効である。なお、保護層は 3 つの層からなる場合について説明したが、2 つの層の場合でも 4 つ以上の層の場合でも同様である。

【0110】

また、本発明の実施の形態では、 $-3\mu\text{m} \leq d_2 - f(d_1) \leq 3\mu\text{m}$ としたが、 $-10\mu\text{m} \leq d_2 - f(d_1) \leq 10\mu\text{m}$ とすることにより、球面収差補正素子を搭載した光ヘッドで記録再生する場合に有効である。

【0111】

なお、本発明の実施の形態 1～6 のシート層 1 は紫外線硬化性樹脂でも良いことは言うまでもない。

【0112】

(実施の形態 7)

図 10 に実施の形態 1 から 6 のいずれかの光ディスクを球面収差補正素子を搭載した光ヘッドで記録再生する方法の一例を示す。

【0113】

半導体レーザ 30 から出射した波長 405 nm の光はほぼ半分がプリズム 31 を透過し、集光レンズ 32 によりコリメートされほぼ平行な光束となる。コリメートされた光束はミラー 33 で反射し、球面収差補正素子 34 を通って開口数 0.85 の対物レンズ 35 で収束されて、本発明の光ディスク 37 の記録層に光スポットを形成する。

【0114】

記録層で反射した光は、再び対物レンズ 35、球面収差補正素子 34 を通り、ミラー 33 で反射し、集光レンズ 32 で絞られる。絞られた光はプリズム 31 でほぼ半分が反射し、シリンダリカルレンズ 38 を通って、光検出器 39 で検出される。

【0115】

光検出器 39 は、再生信号を検出するとともに、非点収差法により対物レンズ 35 を光ディスク 37 の記録層に追従させるためのフォーカス制御信号を検出し、位相差法またはプッシュプル法により対物レンズ 35 を光ディスク 37 のトラックに追従させるためのトラッキング制御信号を検出するように構成されている。対物レンズ 35 は、それらの制御信号をもとに対物レンズ駆動装置 36 によってフォーカス方向およびトラッキング方向に駆動される。

【0116】

球面収差補正素子 34 は、例えば特開 2000-131603 号に開示されているようなものであり、光ディスク 37 の保護層の厚み誤差、屈折率誤差によって発生する球面収差を補正して、光ディスク 37 の記録層に形成される光スポットを最適にする。なお、球面収差補正素子 34 が保護層の厚み誤差 $\pm 20\mu\text{m}$ を補正するのは容易に実現可能である。ディスクの 1 周内の厚みのばらつきを $3\mu\text{m}$ 以内とすれば、半径方向厚み誤差を球面収差補正素子 34 によって DC 補正することにより、発生する球面収差を $30\text{m}\lambda\text{rms}$ 以内とすることができる。

【0117】

ここで、球面収差補正素子 34 は、2 枚のレンズで構成されており、これらのレンズの間隔を光軸方向に変化させて対物レンズ 35 に入射する光を弱発散または弱収束にすることにより球面収差を補正するものである。

【0118】

このように、本発明の光ディスクを球面収差補正素子を搭載した光ヘッドで記録再生することにより、球面収差を実質上 $30\text{m}\lambda\text{rms}$ 以内に抑えることができ、初めて情報の高密度化が実現できる。

【0119】

本発明により、光ディスクの厚みと屈折率の設計マージンが広がり、光ディスクの歩留まり、量産性が向上する。

【0120】

10

20

30

40

50

また、厚みのばらつきを小さく抑えることが困難であった表面コートも簡単に行えるようになる。

【0121】

さらに、記録層を二つにすることにより、さらなる高密度化が図られる、と言った効果が生まれる。

【0122】

(実施の形態8)

図11に本発明の光情報記録／再生装置の一実施の形態の概略構成図を示す。

【0123】

光ディスク37は実施の形態1から6のいずれかの光ディスクであり、モータ42により回転される。光ヘッド40は、シャフト43にそって光ディスク37の半径方向に移動される。

【0124】

情報の記録または再生のため、光ヘッド40の半導体レーザからの出射光が、対物レンズ41によって光ディスク37の記録層に収束される。光ヘッド40の光検出器により、対物レンズ41を光ディスク37の面に追従させるためのフォーカス制御信号と、光ディスク37の情報トラックに追従させるためのトラッキング制御信号が検出される。

【0125】

ヘッド制御回路44は、これらの制御信号をもとに光ヘッド40のフォーカス制御とトラッキング制御を行う。

【0126】

また、信号処理回路45は、記録の際に光ヘッド40により光ディスク37に情報を記録し、再生の際に光ヘッド40の光検出器の出力信号から光ディスク37の情報トラックに記録された光情報を再生する。

【0127】

本発明の光情報記録再生装置により、光ディスク37の記録層に形成されるスポットは球面収差が十分抑えられ、情報の高密度化が実現できる。

【0128】

また、光ヘッド40に特開2000-131603号に開示されているような球面収差補正素子を搭載することにより保護層の厚みのばらつきが大きい光ディスクや、二つの記録層を有する光ディスクにおいても球面収差が十分抑えられ、正常な情報の記録再生が行える。

【0129】

尚、本発明の光情報記録媒体は、光情報の記録及び再生が可能なタイプまたは、再生専用タイプの何れのタイプにも全く同様に適用が可能である。

【0130】

又、本発明の所定の波長は、上記実施の形態では、405nmの場合について説明したが、これに限らず例えば、400～410nmの範囲内の何れかの波長の光を用いるものであっても良いし、それ以外の波長でも良い。

【0131】

又、上記実施の形態では、記録層が、2層の場合について説明したが、2層以上あっても、2層の場合の構成を層の数に応じて応用することにより、上記発明が同様に適用可能である。

【0132】

又、上記実施の形態では、保護層の合成厚みに関する設計基準として、球面収差が実質上0となる点を通る近似曲線の式 $f(n)$ 、 $g(n)$ 等を用いる場合について説明したが、近似曲線を表した式の係数や、次元などは、必ずしもこれに限るものではない。要するに、設計基準となる関係式は、例えば、光線追跡法による収差計算で球面収差が実質上0となる点を通る近似曲線又は近似直線などであれば良く、その近似の程度などは使用目的に応じて自由に選べば良い。

10

20

30

40

50

【0133】

尚、上述した通り、記録層と、少なくとも第1層～第 m 層 ($m \geq 2$) を含む保護層とを有する光情報記録媒体の設計方法であって、

i を $1 \leq i \leq m$ を満たす整数とし、所定の波長での前記保護層の第 i 層の屈折率を n_i 、前記第 i 層の厚みを d_i として、(a) 前記保護層を構成する前記複数の層と実質上等価な一つの層に置き換えた場合の、前記一つの層の合成屈折率 n を $n = ((n_1 d_1 + n_2 d_2 + \dots + n_m d_m) / (d_1 / n_1 + d_2 / n_2 + \dots + d_m / n_m))^{0.5}$ と規定し、(b) 前記一つの層の合成厚み d を $d = ((n_1 d_1 + n_2 d_2 + \dots + n_m d_m) \times (d_1 / n_1 + d_2 / n_2 + \dots + d_m / n_m))^{0.5}$ と規定し、且つ (c) 球面収差が実質上 0 となる、前記合成屈折率 n と合成厚み d との関係を表した関係式 $f(n)$ を、前記光情報記録媒体の前記合成厚みに関する設計基準として規定し、

前記関係式 $f(n)$ に基づいて、前記各層の屈折率 n_i 及びその層の厚み d_i を決定する光情報記録媒体の設計方法によれば、次の様な効果を発揮する。

即ち、上記設計方法によれば、各層の屈折率 n_i および厚み d_i の組合せを、上記設計基準などの所定の関係式を満たす多数の n_i と d_i の候補の中から容易に選択することが出来る。これにより、初期的に残存する球面収差は実質上 0 となる。そのため、保護層の厚みばらつきを、例えば、 $\pm 3 \mu m$ まで許容しても、光ディスクの球面収差を実質上 $30 m \lambda r m s$ 以内に抑えることが可能となる。

【0134】

又、これにより、各層の屈折率 n_i および厚み d_i などの各種パラメータの選択に幅が出来る、設計の自由度が広がるという効果も発揮する。

【産業上の利用可能性】

【0135】

本発明にかかる光情報記録媒体、光情報記録／再生方法、及び光情報記録／再生装置は、複数の層からなる保護層を有する光情報記録媒体において、従来に比べてより一層球面収差が抑えられ、正常な記録及び／又は再生が行えるという長所を有し、光情報記録媒体、光情報記録／再生方法、及び光情報記録／再生装置等として有用である。

【図面の簡単な説明】

【0136】

【図1】 本発明の実施の形態1の光ディスクの構成を表す断面図

【図2】 本発明の実施の形態1の合成屈折率 n と合成厚み d の関係を表す図

【図3】 本発明の実施の形態2の合成屈折率 n と合成厚み d の関係を表す図

【図4】 本発明の実施の形態3の屈折率 n_1 と厚み $d_1 + d_2$ の関係を表す図

【図5】 本発明の実施の形態3の屈折率 n_1 と厚み $d_1 + d_2$ の関係を表す図

【図6】 本発明の実施の形態4の厚み d_1 と厚み d_2 の関係を表す図

【図7】 本発明の実施の形態5の厚み d_1 と厚み d_2 の関係を表す図

【図8】 本発明の実施の形態6の厚み d_1 と厚み d_2 の関係を表す図

【図9】 光ヘッドに球面収差補正素子を搭載した例を示した断面図

【図10】 球面収差補正素子を搭載した光ヘッドで光ディスクを記録再生する説明図

【図11】 本発明の光情報記録／再生装置の説明図

【図12】 従来の光ディスクの構成を表す断面図

【図13】 従来の光ディスクの屈折率と厚みの関係を表す図

【図14】 従来の光ディスクの構成を表す断面図

【図15】 高密度の光ディスクの構成を表す断面図

【図16】 接着層の厚みと球面収差の関係を表す図

【図17】 (a)、(b)：本発明の実施の形態1の式1、2の導出を説明するための説明図

【図18】 本発明の実施の形態2の光ディスクの構成を表す断面図

【符号の説明】

【0137】

30

40

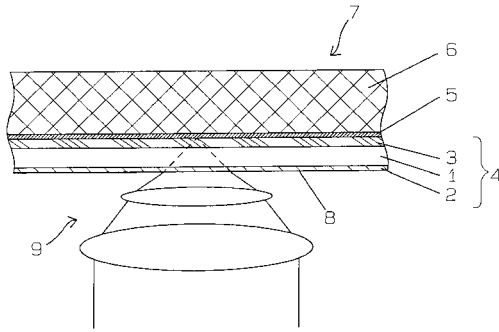
50

- 1、1 1、2 1 シート層
- 2 コート層
- 3、1 3、2 3 接着層
- 4、1 4、2 4 保護層
- 5、1 5、2 5 記録層
- 6、1 6、2 6 補強基板
- 7、1 7、2 7 光ディスク
- 8、1 8、2 8 表面
- 9、1 9、2 9 対物レンズ
- 1 0 球面収差補正素子
- 3 0 半導体レーザ
- 3 1 プリズム
- 3 2 集光レンズ
- 3 3 ミラー
- 3 4 球面収差補正素子
- 3 5 対物レンズ
- 3 6 対物レンズ駆動装置
- 3 7 光ディスク
- 3 8 シリンドリカルレンズ
- 3 9 光検出器
- 4 0 光ヘッド
- 4 1 対物レンズ
- 4 2 モータ
- 4 3 シャフト
- 4 4 ヘッド制御回路
- 4 5 信号処理回路

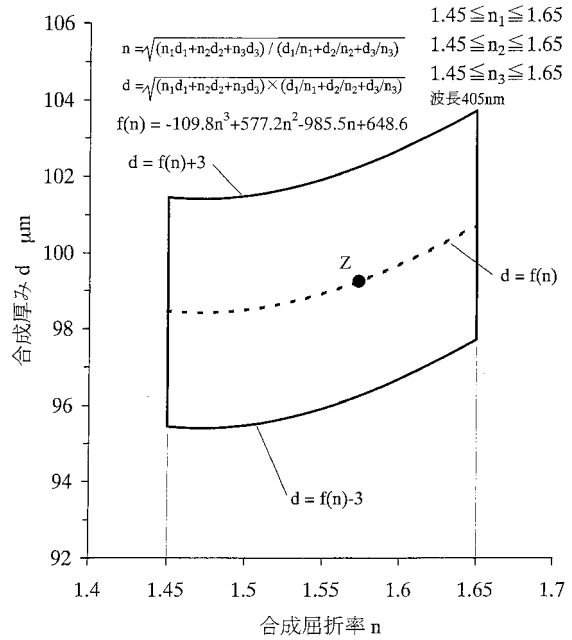
10

20

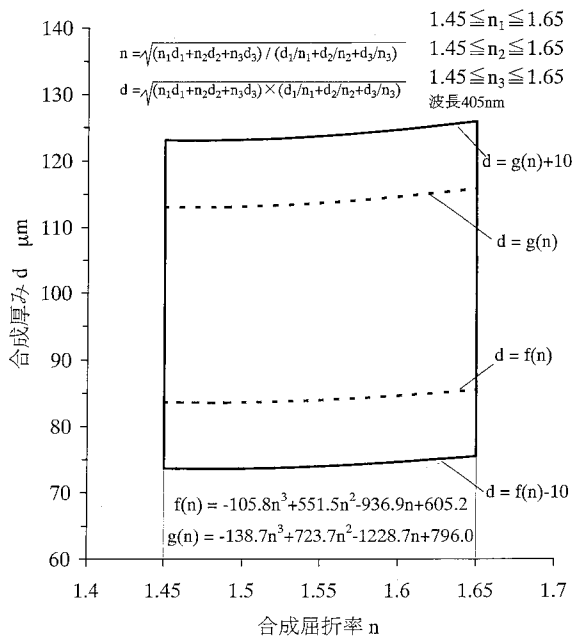
【図 1】



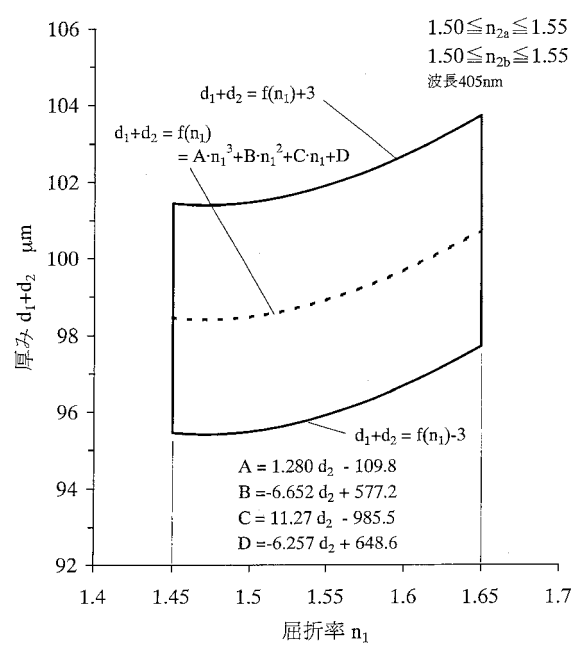
【図 2】



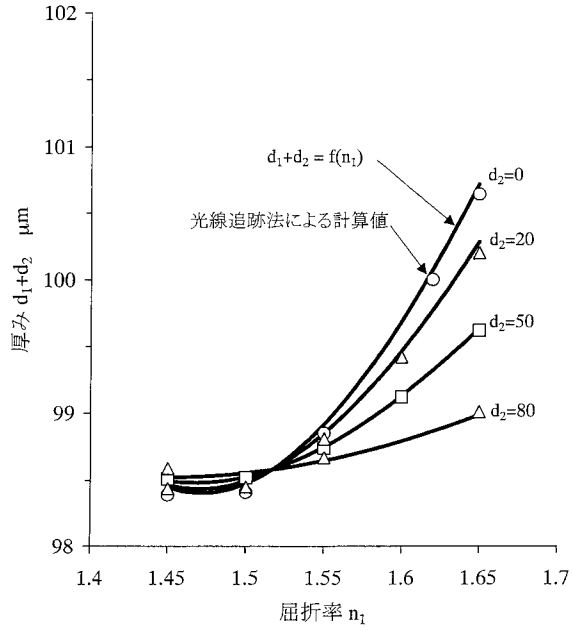
【図 3】



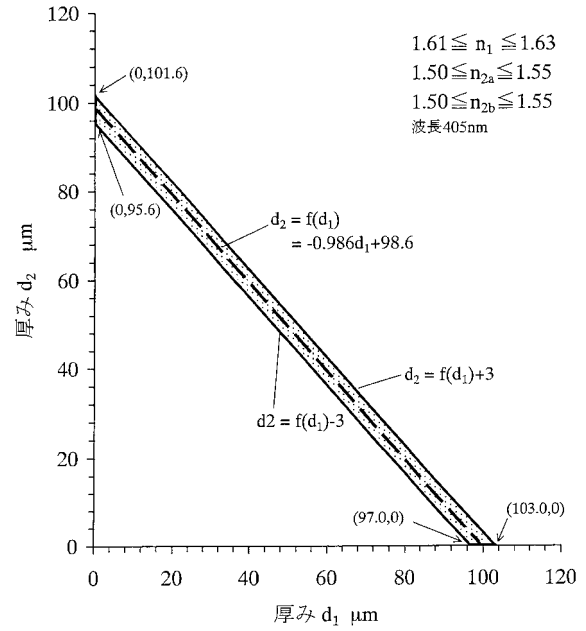
【図 4】



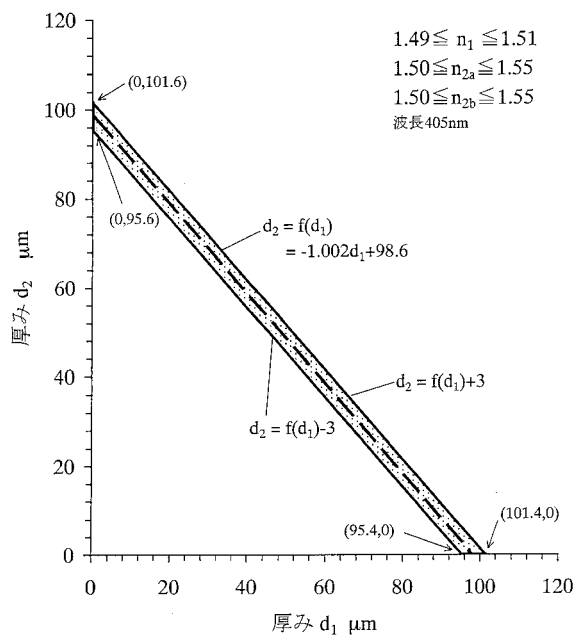
【図 5】



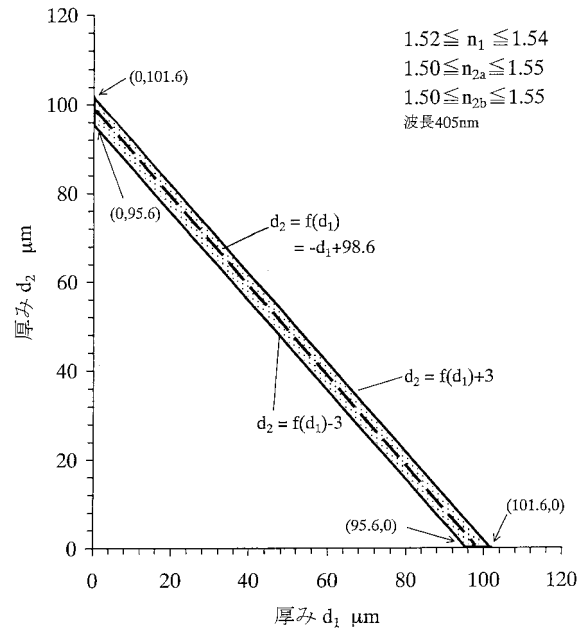
【図 6】



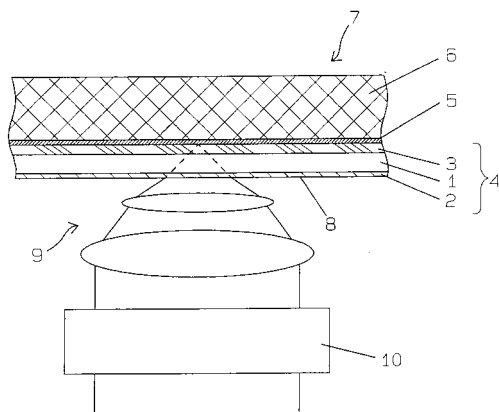
【図 7】



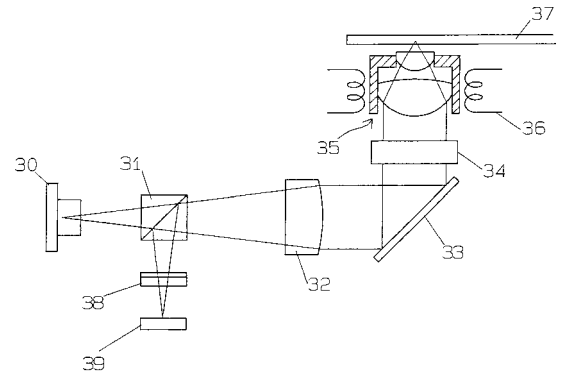
【図 8】



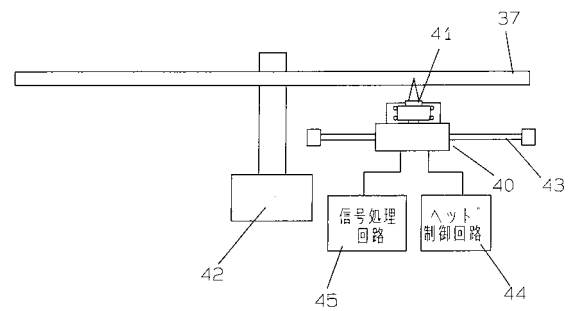
【図 9】



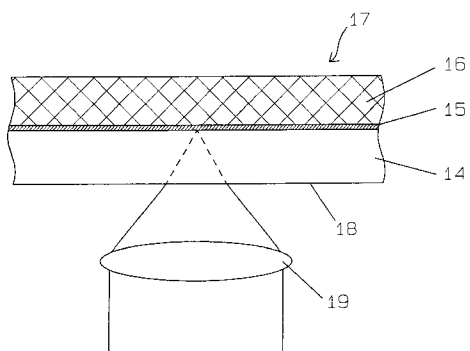
【図 10】



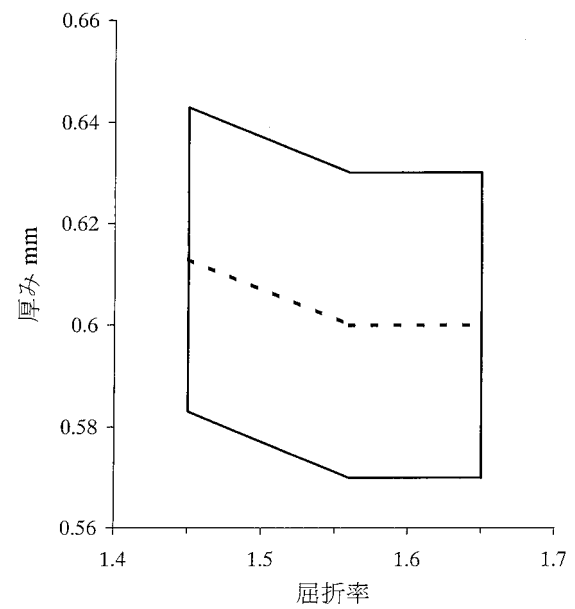
【図 11】



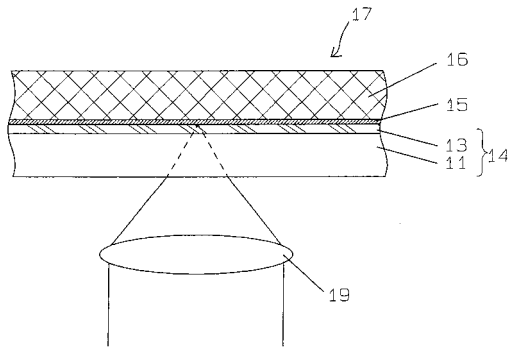
【図 12】



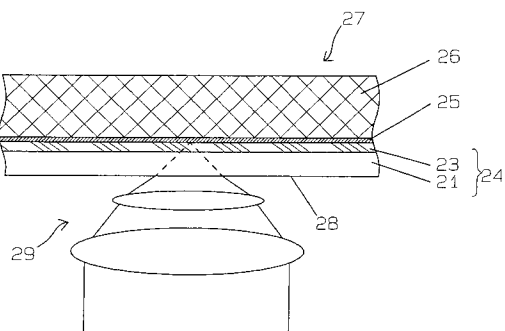
【図 13】



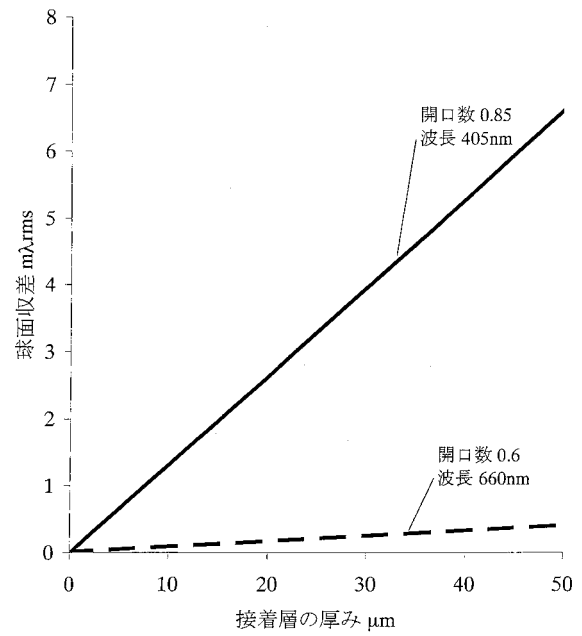
【図 1 4】



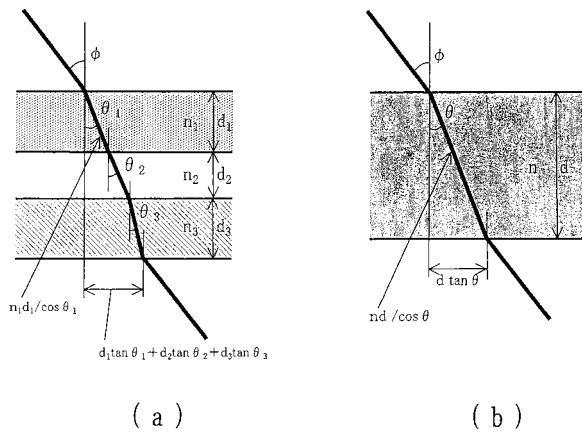
【図 1 5】



【図 1 6】



【図 1 7】



【図 1 8】

