(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2010 年 5 月 14 日(14.05.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/052863 A1

(51) 国際特許分類:
G11B 7/135 (2006.01) *G02B 5/18* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2009/005734

(22) 国際出願日: 2009 年 10 月 29 日(29.10.2009)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2008-283995 2008 年 11 月 5 日(05.11.2008) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日立マクセル株式会社(Hitachi Maxell, Ltd.) [JP/JP]; 〒5678567 大阪府茨木市丑寅一丁目１番８８号 Osaka (JP).

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 宮内充祐(MIYAUCHI, Mitsuhiro) [JP/JP]; 〒5678567 大阪府茨木市丑寅一丁目１番８８号日立マクセル株式会社内 Osaka (JP). 柴貴子(SHIBA, Takako) [JP/JP]; 〒5678567 大阪府茨木市丑寅一丁目１番８８号日立マクセル株式会社内 Osaka (JP). 島野健(SHIMANO, Takeshi) [JP/JP]; 〒5678567 大阪府茨木市丑寅一丁目１番８８号日立マクセル株式会社内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 家入健(IEIRI, Takeshi); 〒2210835 神奈川県横浜市神奈川区鶴屋町三丁目３３番８アサヒビルヂング１０階響国際特許事務所 Kanagawa (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

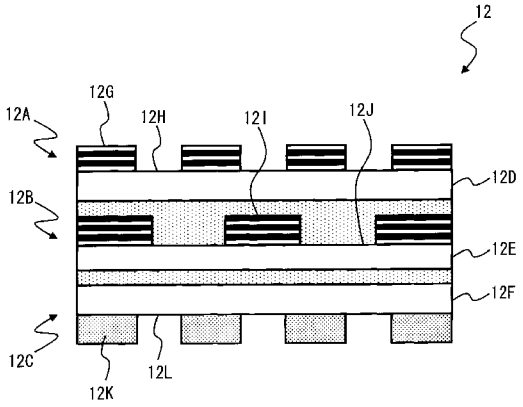
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) **Title**: GRATING ELEMENT, OPTICAL PICKUP OPTICAL SYSTEM, AND GRATING ELEMENT DESIGNING METHOD

(54) 発明の名称 : グレーティング素子、光ピックアップ光学系及びグレーティング素子の設計方法

[図2]



(57) **Abstract**: A grating element is provided with diffraction members (12A, 12B, 12C) wherein protruding sections (12G, 12I, 12K) and recessed sections (12H, 12J, 12L) are periodically arranged, respectively, on one surface of each of transparent substrates (12D, 12E, 12F). The diffraction members (12A, 12B, 12C) are stacked in the substantially perpendicular direction to the transparent substrates (12D, 12E, 12F), the protruding sections (12G, 12I) of the diffraction members (12A, 12B) are formed of a dielectric multilayer film, and the dielectric multilayer film has dielectric films of two types or more stacked in the substantially perpendicular direction on the transparent substrates (12D, 12E). The wavelengths of laser beams which diffract at predetermined diffraction efficiencies by the diffraction members (12A, 12B, 12C) are different from each other.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2010/052863 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

透明基板１２Ｄ、１２Ｅ、１２Ｆの一方の表面に凸部１２Ｇ、１２Ｉ、１２Ｋと凹部１２Ｈ、１２Ｊ、１２Ｌとが周期的に配置されてなる回折部材１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃを備え、回折部材１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃは、透明基板１２Ｄ、１２Ｅ、１２Ｆに略垂直な方向に積層されており、回折部材１２Ａ、１２Ｂの凸部１２Ｇ、１２Ｉは、誘電体多層膜により形成され、誘電体多層膜は、透明基板１２Ｄ、１２Ｅ上に２種類以上の誘電膜が当該略垂直な方向に積層されてなり、回折部材１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃが所定の回折効率で回折させるレーザ光の波長はそれぞれ異なるように構成した。

明　細　書

発明の名称 ：

グレーティング素子、光ピックアップ光学系及びグレーティング素子の設計方法

技術分野

[0001] 本発明は、グレーティング素子、光ピックアップ光学系及びグレーティング素子の設計方法に関し、特に、波長の異なる複数のレーザ光を共通の光路で光ディスクに集光する光ピックアップ光学系に用いられるグレーティング素子、該光ピックアップ光学系及びグレーティング素子の設計方法に関する。

背景技術

[0002] 今日、ＣＤ（Ｃｏｍｐａｃｔ　Ｄｉｓｃ）、ＤＶＤ（Ｄｉｇｉｔａｌ　Ｖｅｒｓａｔｉｌｅ　Ｄｉｓｃ）、ＢＤ（Ｂｌｕ－ｒａｙ（登録商標）　Ｄｉｓｃ）などの光ディスクが広く普及している。これらの光ディスクは、世代が異なり、それぞれの世代において、膨大なコンテンツを蓄積している。また、新しい世代の光ディスクほど、記録密度が高く、半導体レーザの波長が短くなっている。そのため、これらの光ディスクを再生・記録する光ディスクドライブ装置では、一般に、波長の異なる複数の半導体レーザ光源を内蔵している。これにより、一台の光ディスクドライブ装置で、前世代の膨大なコンテンツとともに、次世代のコンテンツを再生・記録することができる。例えば、ＤＶＤドライブでは通常ＣＤの再生が可能である。また、ＢＤドライブでは、通常ＤＶＤとＣＤの再生が可能である。

[0003] このように、異なる世代の光ディスクを再生・記録する光ディスクドライブ装置では、波長の異なる複数の半導体レーザ光源を内蔵している。そのため、それぞれの半導体レーザ光源毎に光路を設ける必要が出てくる。これにより、部品点数の増加と光ピックアップ光学系の大型化が生じてしまう。そこで、部品点数の増加と光ピックアップ光学系の大型化を防ぐため、複数の

半導体レーザ光源から出射された複数のレーザ光を共通の光路を用いて光ディスクに集光する技術が開発されている。特に、スリムドライブ、ウルトラスリムドライブと呼ばれるノートパソコン等に搭載される薄型の光ディスクドライブでは、光学系の簡素化が必須である。例えば、近年では、ＤＶＤ用の赤色半導体レーザとＣＤ用の赤外半導体レーザが１つのパッケージに一体化されてなる２波長半導体レーザが用いられることが多い。

[0004] 一方、光ピックアップ光学系では、トラッキング制御を行ないながら信号の再生を行う。そのため、グレーティング素子により、半導体レーザ光源から出射されたレーザ光を回折させて、０次回折光と±１次回折光とを生成する。これにより、０次回折光が集光されて、光ディスク上に、信号再生用の光スポット（以下、メインスポットと称する。）が形成される。また、±１次回折光が集光されて、光ディスク上に、トラッキング信号生成用の光スポット（以下、サブスポットと称する。）が形成される。そして、当該サブスポットからトラッキング信号が生成される。このとき、メインスポットとサブスポットとの間隔、強度比、相対位置は、それぞれの世代の光ディスクの案内溝形状やトラックピッチに応じた適切な値であることが望ましい。そのため、グレーティング素子はそれぞれの世代の光ディスク専用のものを用いる必要がある。つまり、レーザ光源毎に複数のグレーティング素子を用いる必要がある。

[0005] ところが、上記のように、波長の異なる２つの半導体レーザが１つのパッケージに一体化されてなる２波長半導体レーザを用いる場合、レーザから光ディスクまでの全光路が共通光路となる。そのため、複数のグレーティング素子を当該共通光路に配置することになる。したがって、各グレーティング素子は、回折させるレーザ光の波長と異なる波長のレーザ光に対して影響を及ぼさないことが望ましい。

[0006] そこで、特許文献１には、基板の両面に複数の溝を設けたグレーティング素子が記載されている。また、特許文献１のグレーティング素子の表面に設けられた溝の深さは、回折させるレーザ光の波長と異なる波長のレーザ光に

、当該レーザ光の波長の整数倍の位相差を発生させる深さとなっている。即ち、当該グレーティング素子の表面は、回折させるレーザ光の波長と異なる波長のレーザ光に位相シフトを発生させない。一方、当該グレーティング素子の表面は、回折させるレーザ光に、当該レーザ光の波長の整数倍ではない位相差を発生させる。そのため、当該グレーティング素子の表面は、回折させるレーザ光に位相シフトを発生させる。そして、当該位相シフト量は、当該位相差から当該回折させるレーザ光の波長の整数倍の位相差を差し引いた大きさとなっている。

[0007] そして、この位相シフト量は、回折させるレーザ光の波長と異なる波長のレーザ光の波長によって制約されるため、任意の大きさとすることができない。具体的には、グレーティング素子の溝の深さは、回折させるレーザ光の波長と異なる波長のレーザ光の波長の略整数倍に制約される。そのため、当該位相シフト量の値も制約されることとなる。そこで、特許文献１のグレーティング素子では、溝幅と溝間幅との比率（以下、Ｄｕｔｙ比と称する。）を１：１からずらしている。通常、Ｄｕｔｙ比が１：１のとき光利用効率が最も高くなる。しかし、特許文献１のグレーティング素子では、Ｄｕｔｙ比を１：１からずらすことにより、メインスポットとサブスポットの光量比を好適な値に調節することを図っている。

[0008] また、特許文献２には、透明基板の表面に、多層膜構造を有する凸部を備えるグレーティング素子が記載されている。また、当該グレーティング素子では、透明基板の表面の凹部に充填材が充填されている。これにより、波長の異なる２つのレーザ光を回折する場合に、回折効率を一定にすることができるグレーティング素子の実現を図っている。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特開２００１－２８１４３２号公報

特許文献2：特開２００８－１０７８３８号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] しかしながら、特許文献１及び特許文献２に記載のグレーティング素子は、何れも波長の異なる２つのレーザ光を回折するものである。したがって、特許文献１及び特許文献２では、波長の異なる３つのレーザ光を好適に回折する技術については考慮されていない。そのため、ＢＤ、ＤＶＤ、ＣＤの再生・記録に用いられる波長の異なる３つの半導体レーザを１つのパッケージに一体化してなるレーザ光源が搭載される光ピックアップ光学系において適用することができない。具体的には、レーザ光源から光ディスクまでの共通光路内に特許文献１及び特許文献２のグレーティング素子を配置しても、当該レーザ光源から出射される波長の異なる３つのレーザ光を好適に回折させることができない。

[0011] 本発明は、このような問題点を解決するためになされたものであり、波長の異なる３つ以上のレーザ光をメインスポット及びサブスポットに好適に分光することができるグレーティング素子、光ピックアップ光学系及びグレーティング素子の設計方法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

[0012] 本発明にかかるグレーティング素子は、透明基板の一方の表面に凸部と凹部とが周期的に配置されてなる回折部材を複数備えている。また、複数の前記回折部材は、前記透明基板に略垂直な方向に積層されている。また、複数の前記回折部材のうち、少なくとも１つの前記回折部材の前記凸部は、誘電体多層膜により形成されている。さらに、前記誘電体多層膜は、前記透明基板上に２種類以上の誘電膜が前記略垂直な方向に積層されている。そして、複数の前記回折部材が所定の回折効率で回折させるレーザ光の波長はそれぞれ異なるものである。

[0013] 本発明においては、少なくとも１つの回折部材の凸部を、誘電体多層膜により形成する。これにより、グレーティング素子を構成する複数の回折部材が所定の回折効率で回折させるレーザ光の波長をそれぞれ異ならせることができる。これにより、当該グレーティング素子は、波長の異なる３つ以上の

レーザ光を好適に回折することができる。そのため、波長の異なる３つ以上のレーザ光をメインスポット及びサブスポットに好適に分光することができる。

[0014] また、本発明にかかるグレーティング素子は、３つの回折部材が前記略垂直な方向に積層されてなることが好ましい。

これにより、当該グレーティング素子は、波長の異なる３つのレーザ光を好適に回折することができる。

また、本発明にかかるグレーティング素子は、２つの前記回折部材が前記略垂直な方向に積層されてなることが好ましい。

これにより、当該グレーティング素子は、波長の異なる２つのレーザ光を好適に回折することができる。

[0015] また、前記凸部が前記誘電体多層膜により形成されている前記回折部材において、前記所定の回折効率で回折させるレーザ光に付加する位相シフト量をϕ_D、実質的に回折させないレーザ光に付加する位相シフト量をϕ_{ND}としたとき、以下の（３）式及び（４）式を満たすことが好ましい。

$$0.10 < |\phi_D| \leqq 0.25 \quad \cdots\cdots (3)$$

$$0.00 \leqq |\phi_{ND}| \leqq 0.10 \quad \cdots\cdots (4)$$

（３）式及び（４）式を満たすことにより、所定の回折効率で回折させるレーザ光の分光比（１次回折光の強度／０次回折光の強度）を０．０５～０．１程度とすることができる。当該分光比の値が０．０５より小さくなると、サブスポットの強度が小さくなるため、良好なトラッキング信号を得ることができない。また、当該分光比の値が０．１より大きくなると、メインスポットの強度が小さくなってしまうため、再生信号レベルの低下を招いてしまう。

具体的には、グレーティング素子によりレーザ光に付加する位相シフト量ϕが大きくなると、０次回折光の強度が低下してしまい、分光比がＤｕｔｙ（回折部材の格子構造のピッチに対する凸部の幅の比率）の変化にしたがって大きく変化してしまう。そのため、所望の分光比を得ようとすると、０次

回折光の強度が低下してしまい、再生信号レベルの低下を招いてしまう。一方、当該位相シフト量φが小さくなると、０次回折光の強度は大きくなるが、分光比がＤｕｔｙを変化させても変化しにくくなり、いずれのＤｕｔｙにおいても所望の分光比を得るのが難しくなる。

そのため、（３）式及び（４）式を満たすことにより、良好なトラッキング信号を得るとともに再生信号レベルの低下を防ぐことができる。

[0016] さらに、また、前記誘電体多層膜は、高屈折率材料から形成される前記誘電膜と、低屈折率材料から形成される前記誘電膜と、が積層されていることが好ましい。また、前記凸部が前記誘電体多層膜により形成されている前記回折部材において、前記所定の回折効率で回折させるレーザ光の波長をλ_D、実質的に回折させないレーザ光の波長をλ_{ND}、前記高屈折率材料の波長λ_{ND}における屈折率をn_{HND}、前記低屈折率材料の波長λ_{ND}における屈折率をn_{LND}、前記誘電体多層膜に隣接する空間の媒質の屈折率をn_{0ND}、前記高屈折率材料から形成される前記誘電膜の膜厚の総和をd_H、前記低屈折率材料から形成される前記誘電膜の膜厚の総和をd_Lとしたとき、以下の（５）式及び（６）式を満たすことが好ましい。

$$\frac{0.5\lambda_{ND}}{(n_{HND}-n_{0ND})} \leqq d_H < \frac{\lambda_{ND}}{(n_{HND}-n_{0ND})} \quad \cdots(5)$$

$$d_L \leqq \frac{\lambda_{ND}-(n_{HND}-n_{0ND})\times d_H}{(n_{LND}-n_{0ND})} \quad \cdots\cdots(6)$$

[0017] スカラー回折理論による近似計算によれば、波長λ_{ND}のレーザ光が凸部を透過した際に付加される位相と凹部を透過した際に付加される位相とに差があれば、凸部の高さに関わらず、０次回折光の光利用効率は１００％となる。しかし、電磁界解析を用いたベクトル回折理論による厳密計算によれば、当該位相差が２πであっても、凸部の高さによって回折効率は変化する。そのため、０次回折光の光利用効率は１００％に達しない。特に、この光利用効率の低下は、格子構造のピッチが狭いグレーティング素子において顕著である。

しかし、（５）式及び（６）式を満たすように、高屈折率材料から形成される誘電膜の膜厚の総和d_H、低屈折率材料から形成される誘電膜の膜厚の総和d_Lを決定することにより、当該厳密計算によって算出した０次回折光の光利用効率を向上させることができる。即ち、（５）式及び（６）式を満たすように、凸部の高さを決定することにより、当該厳密計算によって算出した０次回折光の光利用効率を向上させることができる。

[0018] また、前記誘電体多層膜は、高屈折率材料から形成される前記誘電膜と、低屈折率材料から形成される前記誘電膜と、が交互に積層されてなることが好ましい。

このように構成することにより、誘電体多層膜に入射するレーザ光の反射を抑制することができる。これにより、光源への戻り光を低減できる。そのため、戻り光がレーザ共振器内で干渉し、レーザ出力に変動を引き起こすことを防止することができる。したがって、レーザ雑音を抑制することができる。

また、レーザ光の反射を抑制することができるので、レーザ光を高効率で透過することができる。換言すれば、光利用効率を向上させることができる。

[0019] さらに、前記誘電体多層膜に入射したレーザ光が当該誘電体多層膜により反射される割合である反射率が４％以下であることが好ましい。

これにより、十分にレーザ雑音を抑制することができる。また、光利用効

率を向上させることができる。

[0020] また、前記凸部が前記誘電体多層膜により形成されている前記回折部材において、当該回折部材の格子構造のピッチをＰ、前記凸部の幅をＷとしたとき、以下の（７）式を満たすことが好ましい。

０．５＜Ｗ／Ｐ＜１．０ ・・・・・・（７）

これにより、反射防止機能を有する凸部の幅を、反射防止機能を有しない凹部の幅より大きくすることができる。そのため、グレーティング素子の表面における凸部の占める割合を多くすることができる。これにより、グレーティング素子に入射するレーザ光の反射を効果的に抑制することができる。

[0021] さらに、また、複数の前記回折部材は、互いに接着材料により接着されていることが好ましい。

これにより、グレーティング素子内における回折部材の位置ずれを防止できる。さらに、接着材料として所望の屈折率を有する接着材料を用いることにより、グレーティング素子の回折効率及び０次回折光利用効率を好適な値にすることができる。

[0022] 本発明にかかる光ピックアップ光学系は、波長の異なる複数のレーザ光を出射する複数のレーザ光源を備えるレーザユニットを光源として備えている。さらに、前記レーザユニットから出射されたレーザ光の光路上に、上述のグレーティング素子が配置されているものである。これにより、波長の異なる３つ以上のレーザ光を好適に回折することができる。そのため、波長の異なる３つ以上のレーザ光をメインスポット及びサブスポットに好適に分光することができる。

[0023] 本発明にかかるグレーティング素子の設計方法は、透明基板の一方の表面に凸部と凹部とが周期的に配置されてなる回折部材を複数備えるグレーティング素子の設計方法である。そして、複数の前記回折部材を、前記透明基板に略垂直な方向に積層する。また、複数の前記回折部材のうち、少なくとも１つの前記回折部材の前記凸部を、誘電体多層膜により形成する。さらに、前記誘電体多層膜を、前記透明基板上に２種類以上の誘電膜を前記略垂直な

方向に積層することにより形成する。そして、複数の前記回折部材が所定の回折効率で回折させるレーザ光の波長はそれぞれ異なるものである。

[0024] 本発明においては、少なくとも１つの回折部材の凸部を、誘電体多層膜により形成することにより、グレーティング素子を構成する複数の回折部材が所定の回折効率で回折させるレーザ光の波長をそれぞれ異ならせることができる。これにより、当該グレーティング素子は、波長の異なる３つ以上のレーザ光を好適に回折することができる。そのため、波長の異なる３つ以上のレーザ光をメインスポット及びサブスポットに好適に分光することができる。

[0025] また、３つの回折部材を前記略垂直な方向に積層することが好ましい。

これにより、グレーティング素子は、波長の異なる３つのレーザ光を好適に回折することができる。

また、２つの前記回折部材を前記略垂直な方向に積層することが好ましい。

これにより、当該グレーティング素子は、波長の異なる２つのレーザ光を好適に回折することができる。

[0026] また、前記凸部が前記誘電体多層膜により形成されている前記回折部材において、前記所定の回折効率で回折させるレーザ光に付加する位相シフト量をϕ_D、実質的に回折させないレーザ光に付加する位相シフト量をϕ_{ND}としたとき、以下の（３）式及び（４）式を満たすことが好ましい。

$$0.10 < |\phi_D| \leqq 0.25 \quad \cdots\cdots (3)$$

$$0.00 \leqq |\phi_{ND}| \leqq 0.10 \quad \cdots\cdots (4)$$

（３）式及び（４）式を満たすことにより、所定の回折効率で回折させるレーザ光の分光比（１次回折光の強度／０次回折光の強度）を０．０５～０．１程度とすることができる。当該分光比の値が０．０５より小さくなると、サブスポットの強度が小さくなるため、良好なトラッキング信号を得ることができない。また、当該分光比の値が０．１より大きくなると、メインスポットの強度が小さくなってしまうため、再生信号レベルの低下を招いてし

まう。

具体的には、グレーティング素子によりレーザ光に付加する位相シフト量φが大きくなると、０次回折光の強度が低下してしまい、分光比がＤｕｔｙ（回折部材の格子構造のピッチに対する凸部の幅の比率）の変化にしたがって大きく変化してしまう。そのため、所望の分光比を得ようとすると、０次回折光の強度が低下してしまい、再生信号レベルの低下を招いてしまう。一方、当該位相シフト量φが小さくなると、０次回折光の強度は大きくなるが、分光比がＤｕｔｙを変化させても変化しにくくなり、いずれのＤｕｔｙにおいても所望の分光比を得るのが難しくなる。

そのため、（３）式及び（４）式を満たすことにより、良好なトラッキング信号を得るとともに再生信号レベルの低下を防ぐことができる。

[0027] さらに、また、前記誘電体多層膜を、高屈折率材料から形成される前記誘電膜と、低屈折率材料から形成される前記誘電膜と、を積層することにより形成することが好ましい。また、前記凸部が前記誘電体多層膜により形成されている前記回折部材において、前記所定の回折効率で回折させるレーザ光の波長をλ_D、実質的に回折させないレーザ光の波長をλ_{ND}、前記高屈折率材料の波長λ_{ND}における屈折率をn_{HND}、前記低屈折率材料の波長λ_{ND}における屈折率をn_{LND}、前記誘電体多層膜に隣接する空間の媒質の屈折率をn_{0ND}、前記高屈折率材料から形成される前記誘電膜の膜厚の総和をd_H、前記低屈折率材料から形成される前記誘電膜の膜厚の総和をd_Lとしたとき、以下の（５）式及び（６）式を満たすことが好ましい。

$$\frac{0.5\lambda_{ND}}{(n_{HND}-n_{0ND})} \leqq d_H < \frac{\lambda_{ND}}{(n_{HND}-n_{0ND})} \quad \cdots (5)$$

$$d_L \leqq \frac{\lambda_{ND} - (n_{HND} - n_{0ND}) \times d_H}{(n_{LND} - n_{0ND})} \quad \cdots\cdots (6)$$

[0028] スカラー回折理論による近似計算によれば、波長λ_{ND}のレーザ光が凸部を透過した際に付加される位相と凹部を透過した際に付加される位相とに差があれば、凸部の高さに関わらず、０次回折光の光利用効率は１００％となる。しかし、電磁界解析を用いたベクトル回折理論による厳密計算によれば、当該位相差が２πであっても、凸部の高さによって回折効率は変化する。そのため、０次回折光の光利用効率は１００％に達しない。特に、この光利用効率の低下は、格子構造のピッチが狭いグレーティング素子において顕著である。

しかし、（５）式及び（６）式を満たすように、高屈折率材料から形成される誘電膜の膜厚の総和d_H、低屈折率材料から形成される誘電膜の膜厚の総和d_Lを決定することにより、当該厳密計算によって算出した０次回折光の光利用効率を向上させることができる。即ち、（５）式及び（６）式を満たすように、凸部の高さを決定することにより、当該厳密計算によって算出した０次回折光の光利用効率を向上させることができる。

[0029] また、前記誘電体多層膜を、高屈折率材料から形成される前記誘電膜と、低屈折率材料から形成される前記誘電膜と、を交互に積層することにより形成することが好ましい。

このように誘電体多層膜を形成することにより、誘電体多層膜に入射するレーザ光の反射を抑制することができる。これにより、光源への戻り光を低減できる。そのため、戻り光がレーザ共振器内で干渉し、レーザ出力に変動を引き起こすことを防止することができる。したがって、レーザ雑音を抑制することができる。

また、レーザ光の反射を抑制することができるので、レーザ光を高効率で透過することができる。換言すれば、光利用効率を向上させることができる。

[0030] さらに、前記誘電体多層膜に入射したレーザ光が当該誘電体多層膜により反射される割合である反射率が４％以下であることが好ましい。

これにより、十分にレーザ雑音を抑制することができる。また、光利用効率を向上させることができる。

[0031] また、前記凸部が前記誘電体多層膜により形成されている前記回折部材において、当該回折部材の格子構造のピッチをＰ、前記凸部の幅をＷとしたとき、以下の（７）式を満たすことが好ましい。

０．５＜Ｗ／Ｐ＜１．０ ・・・・・・（７）

これにより、反射防止機能を有する凸部の幅を、反射防止機能を有しない凹部の幅より大きくすることができる。そのため、グレーティング素子の表面における凸部の占める割合を多くすることができる。これにより、グレーティング素子に入射するレーザ光の反射を効果的に抑制することができる。

[0032] さらに、また、複数の前記回折部材を、互いに接着材料により接着することが好ましい。

これにより、グレーティング素子内における回折部材の位置ずれを防止できる。さらに、接着材料として所望の屈折率を有する接着材料を用いることにより、グレーティング素子の回折効率及び０次回折光利用効率を好適な値にすることができる。

発明の効果

[0033] 本発明により、波長の異なる３つ以上のレーザ光をメインスポット及びサブスポットに好適に分光することができる。

図面の簡単な説明

[0034] [図1]本発明の実施の形態にかかる光ピックアップ光学系の一例を示した図である。

[図2]本発明の実施の形態にかかるグレーティング素子の一例を示す側面図で

ある。

[図3]本発明の実施の形態にかかるグレーティング素子における回折を説明する図である。

[図4]単一材料により形成されたグレーティング素子により、レーザ光に付加される位相シフト量と格子の深さ（凸部の高さ）との関係を示すグラフである。

[図5]グレーティング素子における０次回折光の強度及び分光比（１次回折光の強度／０次回折光の強度）のＤｕｔｙ（回折部材の格子構造のピッチに対する凸部の幅の比率）依存性を示すグラフである。

[図6]グレーティング素子における０次回折光の強度及び分光比（１次回折光の強度／０次回折光の強度）のＤｕｔｙ（回折部材の格子構造のピッチに対する凸部の幅の比率）依存性を示すグラフである。

[図7]グレーティング素子における０次回折光の強度及び分光比（１次回折光の強度／０次回折光の強度）のＤｕｔｙ（回折部材の格子構造のピッチに対する凸部の幅の比率）依存性を示すグラフである。

[図8]グレーティング素子における０次回折光の強度及び分光比（１次回折光の強度／０次回折光の強度）のＤｕｔｙ（回折部材の格子構造のピッチに対する凸部の幅の比率）依存性を示すグラフである。

[図9]回折構造のピッチと凸部の幅との関係を説明する図である。

[図10]本発明の実施の形態にかかるグレーティング素子の一例を示す側面図である。

[図11]本発明の実施の形態にかかるグレーティング素子の一例を示す側面図である。

[図12]波長０．７８５μｍのレーザ光の０次回折光の光利用効率と格子深さとの関係を表すグラフである。

[図13]実施例１にかかる回折部材の凸部を形成する誘電体多層膜の構成を示す表である。

[図14]波長０．４０５μｍ、０．６６０μｍ、０．７８５μｍのレーザ光が

実施例１にかかる回折部材により回折された場合の回折光の強度を示すグラフである。

[図15A]実施例１にかかる回折部材の凸部を形成する誘電体多層膜の反射率の波長依存性を示すグラフである。

[図15B]実施例１にかかる回折部材の凸部を形成する誘電体多層膜の反射率の波長依存性を示すグラフである。

[図15C]実施例１にかかる回折部材の凸部を形成する誘電体多層膜の反射率の波長依存性を示すグラフである。

[図16]実施例１にかかる回折部材の凸部を形成する誘電体多層膜の構成を示す表である。

[図17]波長０．４０５μｍ、０．６６０μｍ、０．７８５μｍのレーザ光が実施例１にかかる回折部材により回折された場合の回折光の強度を示すグラフである。

[図18A]実施例１にかかる回折部材の凸部を形成する誘電体多層膜の反射率の波長依存性を示すグラフである。

[図18B]実施例１にかかる回折部材の凸部を形成する誘電体多層膜の反射率の波長依存性を示すグラフである。

[図18C]実施例１にかかる回折部材の凸部を形成する誘電体多層膜の反射率の波長依存性を示すグラフである。

[図19]波長０．４０５μｍ、０．６６０μｍ、０．７８５μｍのレーザ光が実施例１にかかる回折部材により回折された場合の回折光の強度を示すグラフである。

[図20]実施例２にかかる回折部材の凸部を形成する誘電体多層膜の構成を示す表である。

[図21]波長０．６６０μｍ、０．７８５μｍのレーザ光が実施例２にかかる回折部材により回折された場合の回折光の強度を示すグラフである。

[図22]波長０．６６０μｍ、０．７８５μｍのレーザ光が従来型の回折格子により回折された場合の回折光の強度を示すグラフである。

[図23]実施例２にかかる回折部材の凸部を形成する誘電体多層膜の反射率の波長依存性を示すグラフである。

[図24]波長０．６６０μｍ、０．７８５μｍのレーザ光が実施例２にかかる回折部材により回折された場合の回折光の強度を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0035] 以下、本発明を適用した具体的な実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、本発明は、以下の実施の形態に限定されるものではない。図１は、本発明の実施の形態にかかる光ピックアップ光学系１の一例を示したものである。光ピックアップ光学系１は、レーザユニット１１（光源）、グレーティング素子１２、ビームスプリッタ１３、コリメータレンズ１４、ピックアップレンズ１５、検出系１６等を備えている。本実施の形態では、光ディスクとしてＣＤ１７、ＤＶＤ１８及びＢＤ１９を例に挙げて説明する。なお、本発明が適用される光ディスクの範囲は、ＣＤ１７、ＤＶＤ１８及びＢＤ１９に限られない。

[0036] レーザユニット１１は、ＣＤ用レーザ光源１１１、ＤＶＤ用レーザ光源１１２ＢＤ用レーザ光源１１３等を備えている。ＣＤ用レーザ光源１１１が出射するレーザ光の波長と、ＤＶＤ用レーザ光源１１２が出射するレーザ光の波長と、ＢＤ用レーザ光源１１３が出射するレーザ光の波長は、それぞれ異なっている。本実施形態では、ＣＤ用レーザ光源１１１は、ＣＤ１７を記録・再生するのに用いられるレーザ光の波長０．７８５μｍのレーザ光を出射する。また、ＤＶＤ用レーザ光源１１２は、ＤＶＤ１８を記録・再生するのに用いられるレーザ光の波長０．６６０μｍのレーザ光を出射する。また、ＢＤ用レーザ光源１１３は、ＢＤ１９を記録・再生するのに用いられるレーザ光の波長０．４０５μｍのレーザ光を出射する。レーザユニット１１では、ＣＤ用レーザ光源１１１、ＤＶＤ用レーザ光源１１２及びＢＤ用レーザ光源１１３が１つのパッケージに一体化されている。図１において、ＣＤ用レーザ光源１１１から出射されたレーザ光の光路を破線で示す。また、ＤＶＤ用レーザ光源１１２から出射されたレーザ光の光路を点線で示す。また、Ｂ

Ｄ用レーザ光源１１３から出射されたレーザ光の光路を一点鎖線で示す。なお、レーザユニット１１に備えられる半導体レーザ光源は２つであってもよい。また、レーザユニット１１に、異なる波長の３つ以上の半導体レーザ光源が備えられてもよい。

[0037] レーザユニット１１から出射されたレーザ光の光路上にグレーティング素子１２が設けられている。本発明の実施の形態にかかるグレーティング素子１２の一例を示す側面図を図２に示す。また、図３に、当該グレーティング素子１２における回折の様子を示す。

図２に示すように、グレーティング素子１２は、複数の回折部材１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃを備えている。回折部材１２Ａは、透明基板１２Ｄの一方の表面に凸部１２Ｇと凹部１２Ｈとが交互に配置されてなる。同様に、回折部材１２Ｂは、透明基板１２Ｅの一方の表面に凸部１２Ｉと凹部１２Ｊとが交互に配置されてなる。また、回折部材１２Ｃは、透明基板１２Ｆの一方の表面に凸部１２Ｋと凹部１２Ｌとが交互に配置されてなる。また、複数の回折部材１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃは、透明基板１２Ｄ、１２Ｅ、１２Ｆに略垂直な方向に積層されている。

そして、図３に示すように、複数の回折部材１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃが回折させるレーザ光の波長はそれぞれ異なっている。また、複数の回折部材１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃは、それぞれ、レーザ光を回折して、主に、０次回折光と＋１次回折光と－１次回折光とを発生させる。

[0038] グレーティング素子１２から出射したレーザ光の光路上にビームスプリッタ１３が設けられている。また、ビームスプリッタ１３より出射したレーザ光の光路上にコリメータレンズ１４が設けられている。コリメータレンズ１４は、レーザユニット１１から出射されたレーザ光を発散光から略平行光に変換する。

[0039] コリメータレンズ１４を透過したレーザ光の光路上にピックアップレンズ１５が設けられている。

ピックアップレンズ１５は、入射された光を光ディスク１７、１８、１９

の情報記録面に回折限界近くまで集光させる機能を有する。具体的には、ピックアップレンズ１５は、グレーティング素子１２において生成された０次回折光、＋１次回折光、－１次回折光をそれぞれ光ディスク１７、１８、１９に集光する。そして、０次回折光は光ディスク上１７、１８、１９に信号再生用の光スポット（以下、メインスポットと称する。）を形成する。また、±１次回折光は光ディスク上１７、１８、１９にトラッキング信号生成用の光スポット（以下、サブスポットと称する。）を形成する。ピックアップレンズ１５は、さらに、光ディスク１７、１８、１９の情報記録面で反射されたレーザ光を検出系１６に導く機能も有する。

また、フォーカスサーボ時、及びトラッキングサーボ時には、ピックアップレンズ１５が図示されないアクチュエータにより動作される。

[0040] 次に、レーザユニット１１から出射されたレーザ光が光ディスク１７、１８、１９の情報記録面で反射され検出系１６に検出されるまでの挙動について説明する。レーザユニット１１から出射されたレーザ光は、グレーティング素子１２により回折され、主に、０次回折光、＋１次回折光、－１次回折光となって出射する。グレーティング素子１２から出射された０次回折光、＋１次回折光、－１次回折光は、ビームスプリッタ１３を透過してコリメータレンズ１４に入射する。

[0041] コリメータレンズ１４は、レーザユニット１１から出射された０次回折光、＋１次回折光、－１次回折光を発散光から略平行光に変換する。

[0042] コリメータレンズ１４を透過した０次回折光、＋１次回折光、－１次回折光はピックアップレンズ１５に入射される。ピックアップレンズ１５は、０次回折光、＋１次回折光、－１次回折光を光ディスク１７、１８、１９の情報記録面に回折限界近くまで集光させる。光ディスク１７、１８、１９の情報記録面で反射された０次回折光、＋１次回折光、－１次回折光は、ピックアップレンズ１５を介して検出系１６に入射し、検出される。検出系１６は、当該０次回折光、＋１次回折光、－１次回折光を検出し、光電変換することによって、再生信号、フォーカスサーボ信号、トラックサーボ信号などを

生成する。

[0043] 次に、本発明の実施の形態にかかる光ピックアップ光学系１において用いられるグレーティング素子１２について詳細に説明する。

図２、図３に示すように、グレーティング素子１２は、複数の回折部材１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃを備えている。回折部材１２Ａは、透明基板１２Ｄの出射面に凸部１２Ｇと凹部１２Ｈとが交互に配置されてなる。換言すれば、回折部材１２Ａの透明基板１２Ｄの出射面に凸部１２Ｇと凹部１２Ｈとが周期的に形成されている。同様に、回折部材１２Ｂの透明基板１２Ｅの出射面に凸部１２Ｉと凹部１２Ｊとが周期的に形成されている。また、回折部材１２Ｃの透明基板１２Ｆの入射面に凸部１２Ｋと凹部１２Ｌとが周期的に形成されている。また、透明基板１２Ｄ、１２Ｅ、１２Ｆに略垂直な方向に積層されるように、複数の回折部材１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃは、接着材料により貼り合わされている。

ここで、透明基板１２Ｄ、１２Ｅ、１２Ｆとしては、ガラス、石英、樹脂などにより形成された基板を使用できる。

[0044] また、透明基板１２Ｄの出射面に形成された凸部１２Ｇ及び透明基板１２Ｅの出射面に形成された凸部Ｉは、誘電体多層膜により形成されている。誘電体多層膜は、透明基板１２Ｄ、１２Ｅ上に２種類以上の誘電膜が当該透明基板１２Ｄ、１２Ｅに略垂直な方向に積層されてなる。図２、図３に示すグレーティング素子では、１．８～２．３程度の屈折率を有する誘電膜（高屈折率材料）と、１．３～１．６程度の屈折率を有する誘電膜（低屈折率材料）とが交互に積層されて、誘電体多層膜が形成されている。高屈折率材料としては、TiO_2、Ta_2O_5、ZrO_2、Nb_2O_5などを使用することができる。低屈折率材料としては、SiO_2、MgF_2、CaF_2などを使用することができる。また、真空蒸着法やスパッタリング法を用いて、誘電膜を成膜することができる。特に、光学多層膜でよく用いられるイオンアシスト蒸着法やイオンビームスパッタリング法は、膜の平坦性及び膜厚を好適に制御できる。そのため、イオンアシスト蒸着法やイオンビームスパッタリング法を用

いて、誘電膜を成膜することがより好ましい。

[0045] また、透明基板１２Ｄ、１２Ｅ上に誘電体多層膜を形成した後、フォトリソグラフィー法やドライエッチング法、イオンミリング法を用いて、透明基板１２Ｄの凹部１２Ｈ及び透明基板１２Ｅの凹部１２Ｊを形成する。或いは、透明基板１２Ｄ、１２Ｅ上にフォトリソグラフィー法を用いてレジスト部を作成した後、誘電体多層膜を成膜する。その後、レジストを取り除くことにより、透明基板１２Ｄの凹部１２Ｈ及び透明基板１２Ｅの凹部１２Ｊを形成してもよい。

[0046] また、透明基板１２Ｆの出射面に紫外線硬化樹脂により凸部１２Ｋを成形する。或いは、透明基板１２Ｆの出射面に、ドライエッチング法などを用いて凸部１２Ｋ及び凹部１２Ｌを形成してもよい。また、透明基板１２Ｆの出射面が凸部１２Ｋ及び凹部１２Ｌを有する凹凸形状となるように、当該透明基板１２Ｆを射出成形してもよい。

[0047] 図３を用いて、図２に示すグレーティング素子１２の機能について説明する。図３において、クロスハッチングで示す矢印、ハッチングで示す矢印、白抜きの矢印は、それぞれ異なる波長のレーザ光を示す。クロスハッチングの矢印で示すレーザ光は、回折部材１２Ｃにより所定の回折効率で回折され、回折部材１２Ａ、１２Ｂでは実質的に回折されない。また、ハッチングの矢印で示すレーザ光は、回折部材１２Ｂにより所定の回折効率で回折され、回折部材１２Ａ、１２Ｃでは実質的に回折されない。また、白抜きの矢印で示すレーザ光は回折部材１２Ａにより所定の回折効率で回折され、回折部材１２Ｂ、１２Ｃでは実質的に回折されない。即ち、複数の回折部材１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃが所定の回折効率で回折させるレーザ光の波長はそれぞれ異なる。

ここで、所定の回折効率とは、所定量の回折光を発生させる回折効率である。また、所定量とは、分光比を（ある次数での回折光の強度／０次回折光の強度）とした場合に、分光比が０．０５～０．１０程度の範囲となるような回折光の強度である。したがって、複数の回折部材１２Ａ、１２Ｂ、１２

Ｃが、分光比が０．０５～０．１０程度となるように回折させるレーザ光の波長はそれぞれ異なる。

[0048] そして、分光比が０．０５より小さくなると、サブスポットの強度が小さくなってしまうため、良好なトラッキング信号を得ることが難しくなる。一方、分光比が０．１０より大きくなると、メインスポットの強度が小さくなってしまうため、再生信号レベルの低下を招来する。したがって、分光比が０．０５～０．１０程度となるようにレーザ光を回折させることが好ましい。

本発明の実施の形態にかかるグレーティング素子では、複数の回折部材１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃが、それぞれ、分光比が０．０５～０．１０となるように、レーザ光を回折させるため、再生信号レベルの低下を防ぐとともに、良好なトラッキング信号を得ることができる。

[0049] また、グレーティング素子１２において、複数の回折部材１２Ａ、Ｂ、Ｃが回折させるレーザ光の波長はそれぞれ異なる。そのため、グレーティング素子１２は、レーザユニット１１のＣＤ用レーザ光源１１１、ＤＶＤ用レーザ光源１１２ＢＤ用レーザ光源１１３から出射されたレーザ光をそれぞれ独立に回折させて、ＣＤ１７、ＤＶＤ１８、ＢＤ１９上にメインスポットとサブスポットを形成することができる。したがって、例えば、ＣＤ１７、ＤＶＤ１８及びＢＤ１９を再生する光ディスクドライブ装置であって、青／赤／赤外の複数の半導体レーザが１つのパッケージに一体化されたレーザユニットを光源として用いる光ディスクドライブ装置に当該グレーティング素子１２を搭載することができる。この場合、グレーティング素子１２は、青／赤／赤外の複数の半導体レーザから出射されたレーザ光から、それぞれ独立に、ＣＤ１７、ＤＶＤ１８及びＢＤ１９上にメインスポットとサブスポットを形成することができる。

[0050] 図４に、単一材料により形成されたグレーティング素子により、レーザ光に付加される位相シフト量と格子の深さ（凸部の高さ）との関係を示す。当該グレーティング素子は、一方の表面に凹凸形状を有する透明基板である。

図４のグラフにおいて横軸が格子深さ（μｍ）を示し、縦軸が位相シフト量（λ）を示す。また、黒丸印は波長０．４０５μｍのレーザ光、白丸印は波長０．６６０μｍのレーザ光、バツ印は波長０．７８５μｍのレーザ光を示す。また、当該単一材料の屈折率は、波長０．４０５μｍにおいて１．４９２、波長０．６６０μｍにおいて１．４７７、波長０．７８５μｍにおいて１．４７５である。波長０．４０５μｍのレーザ光は通常ＢＤ１９の記録・再生に用いられる。また、波長０．６６０μｍのレーザ光は通常ＤＶＤ１８の記録・再生に用いられる。さらに、波長０．７８５μｍのレーザ光は通常ＣＤ１７の記録・再生に用いられる。

[0051] 当該グレーティング素子は、一方の表面に凹凸形状を有する透明基板であり、単一材料によって形成されている。そのため、当該グレーティング素子によって、異なる波長の複数のレーザ光を選択的に回折させるためには、当該グレーティング素子によって回折されるレーザ光に付加される位相シフト量が適切な値となるように、且つ、当該グレーティング素子によって回折されないレーザ光に付加される位相シフト量が約０λとなるように、格子深さを設定する必要がある。図４に示すように、格子深さ約１．６５μｍにおいて、波長０．６６０μｍのレーザ光に付加する位相シフト量が約０．１９λ、波長０．４０５μｍ、波長０．７８５μｍのレーザ光に付加する位相シフト量が約０λとなっている。従って、格子深さ約１．６５μｍのグレーティング素子によって、波長０．６６０μｍのレーザ光のみを選択的に回折することができる。また、格子深さ約４．６３μｍにおいて、波長０．４０５μｍ、波長０．６６０μｍのレーザ光に付加する位相シフト量が約０λとなるが、波長０．７８５μｍのレーザ光に付加する位相シフト量が約０．５λと大きくなりすぎてしまう。そのため、好適な回折効率で波長０．７８５μｍのレーザ光を回折させることができない。さらに、図４より、波長０．４０５μｍのレーザ光に適切な位相シフト量を付加し、且つ、波長０．６６０μｍ、波長０．７８５μｍのレーザ光に付加する位相シフト量を約０λとする格子深さが、現実的な格子深さの範囲（０～５μｍ）では存在しないことが

わかる。したがって、単一材料からなる当該グレーティング素子では、これら波長の異なる３つのレーザ光を選択的に回折させることができない。そこで、本実施形態の一例にかかるグレーティング素子１２では、複数の回折部材１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃのうち少なくとも１つの回折部材１２Ａ、１２Ｂの凸部１２Ｇ、１２Ｉを誘電体多層膜により形成する。例えば、波長０．４０５μｍのレーザ光及び波長０．７８５μｍのレーザ光を所定の回折効率で回折させる回折部材における凸部を誘電体多層膜で形成する。なお、全ての回折部材１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃの凸部１２Ｇ、１２Ｉ、１２Ｋを誘電体多層膜により形成してもよいことは勿論である。

[0052] 次に、本実施形態にかかる誘電体多層膜の構成について詳細に説明する。誘電体多層膜を透過するレーザ光の波長をλ、誘電体多層膜に隣接する空間の媒質の屈折率をn_O、誘電体多層膜を構成する高屈折率材料の屈折率をn_H、誘電体多層膜を構成する低屈折率材料の屈折率をn_L、高屈折率材料の膜厚の総和をd_H、低屈折率材料の膜厚の総和をd_Lとしたとき、当該誘電体多層膜を透過した当該レーザ光に付加される位相シフト量φ（単位は波長λ）は、以下の（８）式で表される。

$$\phi=\{(n_H-n_O)\times d_H+(n_L-n_O)\times d_L\}/\lambda - \mathrm{Round}[\{(n_H-n_O)\times d_H+(n_L-n_O)\times d_L\}/\lambda] \quad \cdots\cdots (8)$$

ここで、「Round」は、因数の少数第１位を四捨五入して整数化する関数である。波長分散に起因するn_H、n_Lの変化を考慮して、d_Hとd_Lを設定する。これにより、波長の異なる複数のレーザ光のうち１つのレーザ光のみを所定の回折効率で回折することができるd_Hとd_Lを設定することができる。換言すれば、波長の異なる複数のレーザ光のうち１つのレーザ光のみを所定の回折効率で回折することができる凸部１２Ｇ、１２Ｉの高さ（誘電体多層膜の高さ）を設定することができる。

[0053] 次に、グレーティング素子１２により、各レーザ光に付与する好ましい位相シフト量について説明する。図５、図６、図７、図８は、グレーティング

素子における０次回折光の強度及び分光比（１次回折光の強度／０次回折光の強度）のＤｕｔｙ（回折部材の格子構造のピッチに対する凸部の幅の比率）依存性を示す。ここで、図５～図８にかかるグレーティング素子は、一方の表面に凹凸形状を有する透明基板であり、単一材料から形成されている。また、図５、図６、図７、図８は、それぞれ、位相シフト量φ＝０．２５、φ＝０．２０、φ＝０．１５、φ＝０．１０のときの０次回折光の強度及び分光比（１次回折光の強度／０次回折光の強度）のＤｕｔｙ（回折部材の格子構造のピッチに対する凸部の幅の比率）依存性を示す。また、図５～図８において、紙面向かって左側の縦軸に０次回折光の強度Ｉ（０）を示し、紙面向かって右側の縦軸に分光比（Ｉ（＋１）／Ｉ（０））を示し、横軸にＤｕｔｙ（Ｗ／Ｐ）を示す。また、図５～図８において、白抜きの四角印は０次回折光の強度Ｉ（０）を示し、黒色の丸印は分光比（Ｉ（＋１）／Ｉ（０））を示す。Ｄｕｔｙは、図９に示すように、回折部材の格子構造のピッチＰ（凸部の幅と凹部の幅の和）に対する凸部の幅Ｗの比率である。

位相が周期関数であることを仮定して、回折光の強度を計算した。具体的には、位相関数のフーリエ級数展開の各係数を求め、当該各係数の絶対値の２乗を求めた。

[0054] 図５～図８に示すように、φが大きくなるにつれて、０次回折光の強度Ｉ（０）が低下してしまい、分光比（Ｉ（＋１）／Ｉ（０））がＤｕｔｙ（Ｗ／Ｐ）の変化にしたがって大きく変化してしまう。そのため、所望の分光比（Ｉ（＋１）／Ｉ（０））を得ようとすると、０次回折光Ｉ（０）の強度が低下してしまい、再生信号レベルの低下を招いてしまう。一方、位相シフト量φが小さくなると、０次回折光Ｉ（０）の強度は大きくなるが、分光比（Ｉ（＋１）／Ｉ（０））がＤｕｔｙを変化させても変化しにくくなり、いずれのＤｕｔｙ（Ｗ／Ｐ）においても所望の分光比（Ｉ（＋１）／Ｉ（０））を得るのが難しくなる。

前述したとおり、分光比（Ｉ（＋１）／Ｉ（０））は、０．０５～０．１０の範囲であることが好ましい。そこで、本実施形態にかかるグレーティン

グ素子１２では、回折させるレーザ光に付加する位相シフト量をϕ_D、実質的に回折させないレーザ光に付加する位相シフト量をϕ_{ND}とした場合に、以下の（３）式及び（４）式を満たすように、d_Hとd_Lを設定する。

$$0.10 < |\phi_D| \leqq 0.25 \quad \cdots\cdots (3)$$

$$0.00 \leqq |\phi_{ND}| \leqq 0.10 \quad \cdots\cdots (4)$$

（３）式を満たすことにより、回折させる波長においては、分光比（Ｉ（＋１）／Ｉ（０））を０．０５～０．１０の範囲にすることができる。これにより、再生信号レベルの低下を防ぐとともに、良好なトラッキング信号を得ることができる。

また、（４）式を満たすことにより、実質的に回折させないレーザ光の０次回折光の強度Ｉ（０）は９０％より大きくなる。これにより、実質的に回折させないレーザ光の０次回折光の光利用効率を向上させることができる。

[0055] また、本実施形態にかかる誘電体多層膜は、高屈折率材料から形成される誘電膜と、低屈折率材料から形成される誘電膜とが交互に積層されて形成されている。これにより、本実施形態にかかる誘電体多層膜は、当該誘電体多層膜に入射したレーザ光が当該誘電体多層膜において反射することを防止する機能を有する。

また、本実施形態にかかる誘電体多層膜の層数は、当該誘電体多層膜に入射したレーザ光が当該誘電体多層膜において反射される反射率が低くなるように、決定されている。ここで、反射率とは、誘電体多層膜に入射したレーザ光の強度に対する、当該誘電体多層膜において反射されたレーザ光の強度の割合である。

さらに、グレーティング素子１２において、凹部１２Ｈ、１２Ｊ、１２Ｌは、透明基板１２Ｄ、１２Ｅ、１２Ｆと同じ材質である。そのため、凹部１２Ｈ、１２Ｊ、１２Ｌにおいて、透明基板１２Ｄ、１２Ｅ、１２Ｆの屈折率に応じて、グレーティング素子１２に入射したレーザ光が反射される。そこで、回折部材１２Ａ、１２Ｂの格子構造のピッチをＰ、凸部１２Ｇ、１２Ｉの幅をＷとしたとき、以下の（７）式を満たすことが好ましい。

０．５＜Ｗ／Ｐ＜１．０　　・・・・・・（７）

これにより、反射防止機能を有する凸部１２Ｇ、１２Ｉの幅を、反射防止機能を有しない凹部１２Ｈ、１２Ｊの幅より大きくすることができる。そのため、グレーティング素子１２の表面における凸部１２Ｇ、１２Ｉの占める割合を多くすることができる。これにより、グレーティング素子１２に入射するレーザ光の反射を効果的に抑制することができる。具体的には、誘電体多層膜に入射したレーザ光が当該誘電体多層膜において反射される反射率が４％以下となるようなＤｕｔｙ（Ｗ／Ｐ）を選択することが好ましい。

なお、図５～図８に示すように、０次回折光の強度Ｉ（０）のプロット形状及び分光比（Ｉ（＋１）／Ｉ（０））のプロット形状は、０≦Ｗ／Ｐ≦０．５の範囲と０．５≦Ｗ／Ｐ≦１の範囲とにおいて、左右対照となっている。したがって、０≦Ｗ／Ｐ≦０．５の範囲で得られる０次回折光の強度Ｉ（０）及び分光比（Ｉ（＋１）／Ｉ（０））と、０．５≦Ｗ／Ｐ≦１の範囲で得られる０次回折光の強度Ｉ（０）及び分光比（Ｉ（＋１）／Ｉ（０））とは、ほぼ同じである。したがって、本実施形態では、入射光の反射をより抑制することができる、０．５＜Ｗ／Ｐ＜１．０の範囲内でＤｕｔｙを設定した。

[0056] 次に、本実施形態の他の例にかかるグレーティング素子１２０について、図１０を参照しながら説明する。

図１０に示すように、グレーティング素子１２０は、複数の回折部材１２０Ａ、１２０Ｂを備えている。回折部材１２０Ａは、透明基板１２０Ｃの出射面に凸部１２０Ｅと凹部１２０Ｆとが交互に配置されてなる。換言すれば、回折部材１２０Ａの透明基板１２０Ｃの出射面に凸部１２０Ｅと凹部１２０Ｆとが周期的に形成されている。同様に、回折部材１２０Ｂの透明基板１２０Ｄの出射面に凸部１２０Ｇと凹部１２０Ｈとが周期的に形成されている。また、透明基板１２０Ｃ、１２０Ｄに略垂直な方向に積層されるように、複数の回折部材１２０Ａ、１２０Ｂは、接着材料により貼り合わされている。具体的には、透明基板１２０Ｃの入射面と透明基板１２０Ｄの出射面とが

接着材料により貼り合わされている。透明基板１２０Ｃ、１２０Ｄの材質は、透明基板１２Ｄ、１２Ｅ、１２Ｆと同様であるため、説明を省略する。

[0057] また、透明基板１２０Ｄの出射面に形成された凸部１２０Ｇは、誘電体多層膜により形成されている。誘電体多層膜の材質及び製法は、グレーティング素子１２と同様であるため、説明を省略する。また、透明基板１２０Ｄの凹部１２０Ｈの形成方法も、凹部１２Ｈ及び凹部１２Ｊと同様であるため、その説明を省略する。

また、透明基板１２０Ｃの凸部１２０Ｅ及び凹部１２０Ｆの形成方法は、透明基板１２Ｆの凸部１２Ｋ及び凹部１２Ｌと同様であるため、その説明を省略する。

[0058] 図１０を用いて、グレーティング素子１２０の機能について説明する。図１０において、ハッチングで示す矢印、白抜きの矢印、クロスハッチングで示す矢印は、それぞれ異なる波長のレーザ光を示す。ハッチングの矢印で示すレーザ光は、回折部材１２０Ｂにより所定の回折効率で回折され、回折部材１２０Ａでは実質的に回折されない。また、白抜きの矢印で示すレーザ光は、回折部材１２０Ａにより所定の回折効率で回折され、回折部材１２０Ｂでは実質的に回折されない。また、クロスハッチングの矢印で示すレーザ光は回折部材１２０Ａ、１２０Ｂで実質的に回折されない。即ち、複数の回折部材１２０Ａ、１２０Ｂが所定の回折効率で回折させるレーザ光の波長はそれぞれ異なる。また、クロスハッチングの矢印で示すレーザ光は実質的に回折されずにグレーティング素子１２０を透過する。

[0059] また、前述したとおり、分光比（Ｉ（＋１）／Ｉ（０））は、０．０５～０．１０の範囲であることが好ましい。そこで、本実施形態にかかるグレーティング素子１２０では、回折させるレーザ光に付加する位相シフト量をϕ_D、実質的に回折させないレーザ光に付加する位相シフト量をϕ_{ND}とした場合に、以下の（３）式及び（４）式を満たすように、d_Hとd_Lを設定する。

$$0.10 < |\phi_D| \leqq 0.25 \quad \cdots\cdots (3)$$

$$0.00 \leqq |\phi_{ND}| \leqq 0.10 \quad \cdots\cdots (4)$$

（３）式を満たすことにより、回折させる波長においては、分光比（Ｉ（＋１）／Ｉ（０））を０．０５～０．１０の範囲にすることができる。これにより、再生信号レベルの低下を防ぐとともに、良好なトラッキング信号を得ることができる。

また、（４）式を満たすことにより、実質的に回折させないレーザ光の０次回折光の強度Ｉ（０）は９０％より大きくなる。これにより、実質的に回折させないレーザ光の０次回折光の光利用効率を向上させることができる。

換言すれば、回折部材１２０Ａは、白抜きの矢印で示すレーザ光を、ハッチングの矢印で示すレーザ光及びクロスハッチングの矢印で示すレーザ光よりも、高い回折効率でｋ次（ｋ≠０）へ回折させる。さらに、回折部材１２０Ａは、ハッチングの矢印で示すレーザ光及びクロスハッチングの矢印で示すレーザ光を実質的に回折させない。ここで、「ハッチングの矢印で示すレーザ光及びクロスハッチングの矢印で示すレーザ光を実質的に回折させない」とは、ハッチングの矢印で示すレーザ光及びクロスハッチングの矢印で示すレーザ光の０次回折光の強度Ｉ（０）が入射光の強度の９０％より大きくなるように、ハッチングの矢印で示すレーザ光及びクロスハッチングの矢印で示すレーザ光を若干回折させることを意味する。

同様に、回折部材１２０Ｂは、ハッチングの矢印で示すレーザ光を、白抜きの矢印で示すレーザ光及びクロスハッチングの矢印で示すレーザ光よりも、高い回折効率でｋ次（ｋ≠０）へ回折させる。さらに、回折部材１２０Ｂは、白抜きの矢印で示すレーザ光及びクロスハッチングの矢印で示すレーザ光を実質的に回折させない。ここで、「白抜きの矢印で示すレーザ光及びクロスハッチングの矢印で示すレーザ光を実質的に回折させない」とは、白抜きの矢印で示すレーザ光及びクロスハッチングの矢印で示すレーザ光の０次回折光の強度Ｉ（０）が入射光の強度の９０％より大きくなるように、白抜きの矢印で示すレーザ光及びクロスハッチングの矢印で示すレーザ光を若干回折させることを意味する。

[0060] このような機能を有するグレーティング素子１２０は、例えば、レーザ光

の波長によって（光ディスクの種類によって）トラッキング方式が異なり、レーザ光を３ビームに分光する方式と、レーザ光を分光しない方式とが混在するような光ディスクドライブ装置に用いることができる。例えば、ＣＤ１７、ＤＶＤ１８及びＢＤ１９を再生する光ディスクドライブ装置であって、青／赤／赤外の複数の半導体レーザが１つのパッケージに一体化されたレーザユニットを光源として用いる光ディスクドライブ装置に当該グレーティング素子１２を搭載することができる。例えば、当該光ディスクドライブ装置が、ＢＤ１９についてはサブスポットを利用しないトラッキング方式を使用し、ＣＤ１７、ＤＶＤ１８についてはサブスポットを利用するトラッキング方式を使用する場合に、青色のレーザ光からサブスポットを形成することなく、赤色のレーザ光及び赤外のレーザ光から、それぞれ独立に、ＣＤ１７、ＤＶＤ１８上にメインスポットとサブスポットを形成することができる。そして、青色のレーザ光は、グレーティング素子１２０において、実質的に回折されない。そのため、０次回折光の光利用効率の低減を抑制できる。

[0061] 本発明にかかるグレーティング素子は、波長の異なる２つのレーザ光を利用する光ディスクドライブ装置にも適用可能である。図１１に、本実施形態の他の例にかかるグレーティング素子１２１を示す。グレーティング素子１２１は、波長の異なる２つのレーザ光を利用する光ディスクドライブ装置に適用されるものである。

図１１に示すように、グレーティング素子１２１は、複数の回折部材１２１Ａ、１２１Ｂを備えている。回折部材１２１Ａは、透明基板１２１Ｃの出射面に凸部１２１Ｅと凹部１２１Ｆとが交互に配置されてなる。換言すれば、回折部材１２１Ａの透明基板１２１Ｃの出射面に凸部１２１Ｅと凹部１２１Ｆとが周期的に形成されている。同様に、回折部材１２１Ｂの透明基板１２１Ｄの入射面に凸部１２１Ｇと凹部１２１Ｈとが周期的に形成されている。また、透明基板１２１Ｃ、１２１Ｄに略垂直な方向に積層されるように、複数の回折部材１２１Ａ、１２１Ｂは、接着材料により貼り合わされている。具体的には、透明基板１２１Ｃの入射面と透明基板１２１Ｄの出射面とが

接着材料により貼り合わされている。透明基板１２１Ｃ、１２１Ｄの材質は、透明基板１２Ｄ、１２Ｅ、１２Ｆと同様であるため、説明を省略する。

[0062] また、透明基板１２１Ｃの出射面に形成された凸部１２１Ｅは、誘電体多層膜により形成されている。誘電体多層膜の材質及び製法は、グレーティング素子１２の誘電体多層膜と同様であるため、説明を省略する。また、透明基板１２１Ｃの凹部１２１Ｆの形成方法も、凹部１２Ｈ及び凹部１２Ｊと同様であるため、その説明を省略する。

また、透明基板１２１Ｄの凸部１２１Ｇ及び凹部１２１Ｈの形成方法は、透明基板１２Ｆの凸部１２Ｋ及び凹部１２Ｌと同様であるため、その説明を省略する。

[0063] 図１１を用いて、グレーティング素子１２１の機能について説明する。図１１において、ハッチングで示す矢印、白抜きの矢印は、それぞれ異なる波長のレーザ光を示す。ハッチングの矢印で示すレーザ光は、回折部材１２０Ｂにより所定の回折効率で回折され、回折部材１２０Ａでは実質的に回折されない。また、白抜きの矢印で示すレーザ光は、回折部材１２０Ａにより所定の回折効率で回折され、回折部材１２０Ｂでは実質的に回折されない。即ち、複数の回折部材１２０Ａ、１２０Ｂが所定の回折効率で回折させるレーザ光の波長はそれぞれ異なる。

[0064] このような機能を有するグレーティング素子１２０は、例えば、ＣＤ１７及びＤＶＤ１８を再生する光ディスクドライブ装置であって、赤／赤外の複数の半導体レーザが１つのパッケージに一体化されたレーザユニットを光源として用いる光ディスクドライブ装置に用いることができる。当該グレーティング素子１２を搭載すると、赤／赤外の複数の半導体レーザから出射されたレーザ光から、それぞれ独立に、ＣＤ１７及びＤＶＤ１８上にメインスポットとサブスポットを形成することができる。

[0065] また、前述したとおり、分光比（Ｉ（＋１）／Ｉ（０））は、０．０５～０．１０の範囲であることが好ましい。そこで、本実施形態にかかるグレーティング素子１２１では、回折させるレーザ光に付加する位相シフト量をϕ_D

、実質的に回折させないレーザ光に付加する位相シフト量をϕ_{ND}とした場合に、以下の（３）式及び（４）式を満たすように、d_Hとd_Lを設定する。

$$0.10 < |\phi_D| \leqq 0.25 \quad \cdots\cdots (3)$$

$$0.00 \leqq |\phi_{ND}| \leqq 0.10 \quad \cdots\cdots (4)$$

（３）式を満たすことにより、回折させる波長においては、分光比（Ｉ（＋１）／Ｉ（０））を０．０５～０．１０の範囲にすることができる。これにより、再生信号レベルの低下を防ぐとともに、良好なトラッキング信号を得ることができる。

また、（４）式を満たすことにより、実質的に回折させないレーザ光の０次回折光の強度Ｉ（０）は９０%より大きくなる。これにより、実質的に回折させないレーザ光の０次回折光の光利用効率を向上させることができる。

換言すれば、回折部材１２１Ａは、白抜きの矢印で示すレーザ光を、ハッチングの矢印で示すレーザ光よりも、高い回折効率でｋ次（ｋ≠０）へ回折させる。さらに、回折部材１２１Ａは、ハッチングの矢印で示すレーザ光を実質的に回折させない。ここで、「ハッチングの矢印で示すレーザ光を実質的に回折させない」とは、ハッチングの矢印で示すレーザ光の０次回折光の強度Ｉ（０）が入射光の強度の９０%より大きくなるように、ハッチングの矢印で示すレーザ光を若干回折させることを意味する。

同様に、回折部材１２１Ｂは、ハッチングの矢印で示すレーザ光を、白抜きの矢印で示すレーザ光よりも、高い回折効率でｋ次（ｋ≠０）へ回折させる。さらに、回折部材１２１Ｂは、白抜きの矢印で示すレーザ光を実質的に回折させない。ここで、「白抜きの矢印で示すレーザ光を実質的に回折させない」とは、白抜きの矢印で示すレーザ光の０次回折光の強度Ｉ（０）が入射光の強度の９０%より大きくなるように、白抜きの矢印で示すレーザ光を若干回折させることを意味する。

[0066] さらに、本実施形態にかかるグレーティング素子１２１では、凸部１２１Ｅが誘電体多層膜により形成されている回折部材１２１Ａにおいて、所定の回折効率で回折させるレーザ光の波長をλ_D、実質的に回折させないレーザ光

の波長をλ_{ND}、高屈折率材料の波長λ_{ND}における屈折率をn_{HND}、低屈折率材料の波長λ_{ND}における屈折率をn_{LND}、誘電体多層膜に隣接する空間の媒質の屈折率をn_{0ND}、高屈折率材料から形成される誘電膜の膜厚の総和をd_H、低屈折率材料から形成される前記誘電膜の膜厚の総和をd_Lとしたとき、以下の（５）式及び（６）式を満たすように、d_Hとd_Lを設定することが好ましい。

$$\frac{0.5\lambda_{ND}}{(n_{HND}-n_{0ND})} \leqq d_H < \frac{\lambda_{ND}}{(n_{HND}-n_{0ND})} \quad \cdots (5)$$

$$d_L \leqq \frac{\lambda_{ND}-(n_{HND}-n_{0ND})\times d_H}{(n_{LND}-n_{0ND})} \quad \cdots\cdots (6)$$

[0067] 特許文献１には、グレーティング素子を回折させるレーザ光の波長と異なる波長のレーザ光が透過する際、溝間を透過する光線と溝を透過する光線との間の位相差を２π（当該レーザ光の波長の１倍）となるように、溝の深さを設定する旨が記載されている。溝の深さは、グレーティング素子の屈折率により変化する。しかし、特許文献１では、以下の（１）式、（２）式に示されるスカラー回折理論による近似計算が行われている。

$$2\pi\cdot(n_1-1)\cdot d_1/\lambda_1=2\pi \quad \cdots\cdots (1)$$

$$\eta_1(0)=1 \quad \cdots\cdots (2)$$

（１）式において、n_1はグレーティング素子の屈折率、d_1は溝の深さ、λ_1はグレーティング素子により回折されるレーザ光の波長とは異なる波長（

実質的に回折されないレーザ光の波長）である。また、（２）式において、η_1（０）は波長λ_1のレーザ光の０次回折光の光利用効率である。

そして、特許文献１に記載のスカラー回折理論による近似計算では、グレーティング素子を波長λ_1のレーザ光が透過する場合、溝間を透過する光線と溝を透過する光線との間の位相差が２πであれば（（１）式を満たせば）、溝の深さがどのような深さであっても、（２）式を満たす。即ち、波長λ_1のレーザ光の回折効率η_1（０）は、Ｄｕｔｙ比によらず、１となる。つまり、０次回折光の光利用効率は、Ｄｕｔｙ比によらず１００％となるため、溝部の深さは光利用効率と無関係である。

[0068] しかし、電磁界解析を用いたベクトル回折理論による厳密計算では、溝間を透過する光線と溝を透過する光線との間の位相差が２πであっても、溝の深さによって回折効率は変化する。即ち、電磁界解析を用いたベクトル回折理論による厳密計算では、（１）式を満たしても、（２）式を満たすことができず、０次回折光の光利用効率は１００％にならない。この光利用効率の低下は、特に、回折構造のピッチが狭いグレーティング素子において顕著となる。

[0069] しかし、（５）式及び（６）式を満たすように、高屈折率材料から形成される誘電膜の膜厚の総和d_H、低屈折率材料から形成される誘電膜の膜厚の総和d_Lを決定することにより、当該厳密計算によって算出した０次回折光の光利用効率を向上させることができる。即ち、（５）式及び（６）式を満たすように、凸部の高さを決定することにより、当該厳密計算によって算出した０次回折光の光利用効率を向上させることができる。

[0070] 図１２のグラフに、波長０．７８５μｍのレーザ光の０次回折光の光利用効率と格子深さとの関係を示す。図１２で用いられるグレーティング素子は、一方の表面に凹凸形状を有する透明基板であって、単一材料から形成されたものである。当該グレーティング素子の屈折率は１．５００である。また、図１２において、縦軸に０次回折光の強度を示し、横軸に格子深さ（凸部の高さ）を示す。また、０次回折光の強度は、入射光の強度を１００％とし

て表した。また、回折光の強度は、有限差分時間領域法（ＦＤＴＤ法）による厳密計算で求めた。また、図１２において、白抜きの三角印が格子構造のピッチが５０μｍである場合のデータ、白抜きの四角印が格子構造のピッチが３０μｍである場合のデータ、黒塗りの丸印が格子構造のピッチが１０μｍである場合のデータを示す。具体的には、図１２に、格子深さ１．５７μｍ、４．７１μｍ、９．４２μｍにおける０次回折光の強度をプロットした。なお、１．５７μｍ、４．７１μｍ、９．４２μｍの格子深さは、それぞれ、波長０．７８５μｍのレーザ光に２π、６π、１２πの位相差を発生させる深さである。換言すれば、１．５７μｍ、４．７１μｍ、９．４２μｍの格子深さは、波長０．７８５μｍのレーザ光に、波長の整数倍の位相差を発生させる深さである。すなわち、１．５７μｍ、４．７１μｍ、９．４２μｍの格子深さは、波長０．７８５μｍのレーザ光に、位相シフトを発生させない。

[0071] 格子深さが、レーザ光に波長の整数倍の位相差を発生させる深さであるとき、スカラー回折理論による近似計算では、０次回折光の強度は１００％となる。しかし、図１２に示すように、ベクトル回折理論による厳密計算（ＦＤＴＤ法による厳密計算）では、格子深さが、レーザ光に波長の整数倍の位相差を発生させる深さであっても、０次回折光の強度は１００％に達しない。また、図１２に示すように、この０次回折光の強度の低下は、格子構造のピッチの狭いほど顕著となる。さらに、格子深さが深いほど（凸部の高さが高いほど）、０次回折光の強度の低下が顕著となる。

したがって、ベクトル回折理論による厳密計算で求めた０次回折光の光利用効率を向上するためには、格子深さを浅くする（凸部の高さを低くする）とともに、回折させないレーザ光に波長の整数倍の位相差を発生させる深さとすればよい。

（５）式及び（６）式は、誘電体多層膜により形成された凸部の高さをなるべく低くするとともに、回折させないレーザ光に波長の整数倍の位相差を発生させる高さとするための条件である。したがって、（５）式及び（６）

式を満たすように、高屈折率材料から形成される誘電膜の膜厚の総和d_H、低屈折率材料から形成される誘電膜の膜厚の総和d_Lを決定することにより、当該厳密計算によって算出した０次回折光の光利用効率を向上させることができる。即ち、（５）式及び（６）式を満たすように、凸部の高さを決定することにより、当該厳密計算によって算出した０次回折光の光利用効率を向上させることができる。

[0072] なお、グレーティング素子１２０及びグレーティング素子１２１では、グレーティング素子１２と同様に、誘電体多層膜が、高屈折率材料から形成される誘電膜と、低屈折率材料から形成される誘電膜とが交互に積層されて形成されている。これにより、グレーティング素子１２０及びグレーティング素子１２１の誘電体多層膜は、当該誘電体多層膜に入射したレーザ光が当該誘電体多層膜において反射することを防止する機能を有する。

また、グレーティング素子１２０及びグレーティング素子１２１では、グレーティング素子１２と同様に、誘電体多層膜の層数が、当該誘電体多層膜に入射したレーザ光が当該誘電体多層膜において反射される反射率が低くなるように、決定されている。

さらに、グレーティング素子１２０及びグレーティング素子１２１において、格子構造のピッチをＰ、凸部１２０Ｇ、１２１Ｅの幅をＷとしたとき、以下の（７）式を満たすことが好ましい。

０．５＜Ｗ／Ｐ＜１．０　　・・・・・・（７）

これにより、グレーティング素子１２０及びグレーティング素子１２１に入射するレーザ光の反射を効果的に抑制することができる。具体的には、誘電体多層膜に入射したレーザ光が当該誘電体多層膜において反射される反射率が４％以下となるようなＤｕｔｙ（Ｗ／Ｐ）を選択することが好ましい。

[0073] また、透明基板の一方の表面に一の回折部材の凹凸形状が形成され、当該透明基板の他方の表面に他の回折部材の凹凸形状が形成されることにより、２種類の回折部材が一体的に形成されてもよい。これにより、回折部材を貼り合わせる工程が削減でき、コストを低減することができる。

[0074] ［実施例１］

実施例１として、図２に示すグレーティング素子１２の実施例を示す。グレーティング素子１２を透過するレーザ光は３種類である。３種類のレーザ光の波長は、それぞれ、０．４０５μｍ、０．６６０μｍ、０．７８５μｍである。

また、回折部材１２Ａの凸部１２Ｇ及び回折部材１２Ｂの凸部１２Ｉは誘電体多層膜で形成した。また、回折部材１２Ｃ及び回折部材１２Ｃの凸部１２Ｋは、同一素材で一体的に形成した。回折部材１２Ｃ及び凸部１２Ｋは、石英で形成した。

[0075] 回折部材１２Ａの回折波長は、０．４０５μｍ、非回折波長は、０．６６０μｍ、０．７８５μｍである。また、回折部材１２Ａの格子構造のピッチ（Ｐ）は５０μｍ、Ｄｕｔｙ（Ｗ／Ｐ）は０．７００である。また、凸部１２Ｇの高さ（格子深さ：ｄ）は３．６７２μｍである。回折部材１２Ａの透明基板１２Ｄの屈折率は、波長０．４０５μｍにおいて１．５３０、波長０．６６０μｍにおいて１．５１４、波長０．７８５μｍにおいて１．５１１である。また、凸部１２Ｇに隣接する空間の媒質は空気であるため、凸部１２Ｇに隣接する空間の媒質の屈折率は１．０００である。

回折部材１２Ｂの回折波長は、０．７８５μｍ、非回折波長は、０．４０５μｍ、０．６６０μｍである。また、回折部材１２Ｂの格子構造のピッチ（Ｐ）は６０μｍ、Ｄｕｔｙ（Ｗ／Ｐ）は０．５８３である。また、凸部１２Ｉの高さ（格子深さ：ｄ）は１．３００μｍである。回折部材１２Ｂの透明基板１２Ｅの屈折率は、波長０．４０５μｍにおいて１．５３０、波長０．６６０μｍにおいて１．５１４、波長０．７８５μｍにおいて１．５１１である。凸部１２Ｉに隣接する空間の媒質は接着材料であり、当該接着材料の屈折率は、波長０．４０５μｍにおいて１．４００、波長０．６６０μｍにおいて１．３８５、波長０．７８５μｍにおいて１．３８２である。

回折部材１２Ｃの回折波長は、０．６６０μｍ、非回折波長は、０．４０５μｍ、０．７８５μｍである。また、回折部材１２Ｃの格子構造のピッチ

（Ｐ）は５０μｍ、Ｄｕｔｙ（Ｗ／Ｐ）は０．５００である。また、凸部１２Ｋの高さ（格子深さ：ｄ）は１．６４５μｍである。回折部材１２Ｃの透明基板１２Ｆの屈折率は、波長０．４０５μｍにおいて１．４９２、波長０．６６０μｍにおいて１．４７７、波長０．７８５μｍにおいて１．４７５である。また、凸部１２Ｋの屈折率は、波長０．４０５μｍにおいて１．４９２、波長０．６６０μｍにおいて１．４７７、波長０．７８５μｍにおいて１．４７５である。また、凸部１２Ｋに隣接する空間の媒質は空気であるため、凸部１２Ｋに隣接する空間の媒質の屈折率は１．０００である。

[0076] 図１３に示す表に、回折部材１２Ａの凸部１２Ｇを形成する誘電体多層膜の構成を示す。高屈折率材料としてTa_2O_5、低屈折率材料としてSiO_2を使用した。また、誘電体多層膜の層数は１６層である。Ta_2O_5の膜厚の総和d_{AH}は３．４８３μｍ、SiO_2の膜厚の総和d_{AL}は０．１８９μｍであり、凸部１２Ｇの高さ（格子深さ）d_Aは３．６７２μｍである。

回折部材１２Ａにより波長０．４０５μｍ、０．６６０μｍ、０．７８５μｍのレーザ光に付加される位相シフト量ϕ_{405}、ϕ_{660}、ϕ_{785}とすると、（８）式より、ϕ_{405}＝{（２．２２３－１．０００）×３．４８３＋（１．４９２－１．０００）×０．１８９}／０．４０５－Round［{（２．２２３－１．０００）×３．４８３＋（１．４９２－１．０００）×０．１８９}／０．４０５］＝－０．２４９８（λ）、ϕ_{660}＝{（２．１０８－１．０００）×３．４８３＋（１．４７７－１．０００）×０．１８９}／０．６６０－Round［{（２．１０８－１．０００）×３．４８３＋（１．４７７－１．０００）×０．１８９}／０．６６０］＝－０．０１７０（λ）、ϕ_{785}＝{（２．０９３－１．０００）×３．４８３＋（１．４７５－１．０００）×０．１８９}／０．７８５－Round［{（２．０９３－１．０００）×３．４８３＋（１．４７５－１．０００）×０．１８９}／０．７８５］＝－０．０３６７（λ）となる。即ち、回折部材１２Ａにより波長０．４０５μｍのレーザ光に付加される位相シフト量ϕ_{405}は－０．２４９８（λ）であり、（３）式を満たしている。また、回折部材１２Ａにより波長０．６６０μｍのレーザ光及

び波長０．７８５μｍのレーザ光に付加される位相シフト量ϕ_{660}、ϕ_{785}は－０．０１７０（λ）、－０．０３６７（λ）であり、（４）式を満たしている。

[0077] 図１４に、波長０．４０５μｍ、０．６６０μｍ、０．７８５μｍのレーザ光が回折部材１２Ａにより回折された場合の回折光の強度を示す。図１４のグラフにおいて、横軸に回折次数を示し、縦軸に回折光の強度を示す。また、図１４のグラフにおいて、クロスハッチングで示す棒グラフは、波長０．４０５μｍのレーザ光の回折光の強度を示す。また、図１４のグラフにおいて、ハッチングで示す棒グラフは、波長０．６６０μｍのレーザ光の回折光の強度を示す。また、図１４のグラフにおいて、白抜きで示す棒グラフは、波長０．７８５μｍのレーザ光の回折光の強度を示す。

また、回折光の強度は、有限差分時間領域法（ＦＤＴＤ法）による厳密計算で求めた。図１４では、入射光の強度を１００％としたときの各回折次数の回折光の強度を示している。

[0078] 図１４に示すように、波長０．４０５μｍのレーザ光の分光比（±１次回折光の強度／０次回折光の強度）は、１／１７．２であり、０．０５～０．１の範囲となっている。また、波長０．６６０μｍ、０．７８５μｍのレーザ光の０次回折光の強度は、それぞれ、９２．４％、９７．０％であった。したがって、実施例１にかかる回折部材１２Ａは、回折すべき波長０．４０５μｍのレーザ光を好適な分光比で回折することができる。また、実施例１にかかる回折部材１２Ａは、回折すべきでない波長０．６６０μｍ、０．７８５μｍのレーザ光を実質的に回折することなく透過することができる。

[0079] 図１５Ａ～Ｃに、回折部材１２Ａの凸部１２Ｇを形成する誘電体多層膜の反射率の波長依存性を示す。図１５Ａ～Ｃに示すグラフにおいて、横軸に波長（ｎｍ）を示し、縦軸に反射率（％）を示す。ここで、反射率とは、誘電体多層膜に入射したレーザ光の強度に対する、当該誘電体多層膜において反射されたレーザ光の強度の割合である。

図１５Ａ、図１５Ｂ、図１５Ｃに示すように、波長０．４０５μｍ、０．

６６０μｍ、０．７８５μｍにおける反射率は２%以下となっている。したがって、回折部材１２Ａの誘電体多層膜は、反射防止性能を兼ね備えている。また、回折部材１２ＡのＤｕｔｙは０．７００であり、回折部材１２Ａの表面における凸部１２Ｇの占める割合を多くすることができる。これにより、回折部材１２Ａに入射するレーザ光の反射を効果的に抑制することができる。そのため、回折部材１２Ａに反射防止膜を施す必要がない。なお、反射防止膜を別途回折部材１２Ａの表面に成膜して、さらに反射防止性能を高めても良い。

[0080] 図１６に示す表に、回折部材１２Ｂの凸部１２Ｉを形成する誘電体多層膜の構成を示す。高屈折率材料としてTa_2O_5、低屈折率材料としてSiO_2を使用した。また、誘電体多層膜の層数は１２層である。Ta_2O_5の膜厚の総和d_{BH}は０．９００μｍ、SiO_2の膜厚の総和d_{BL}は０．４００μｍであり、凸部１２Ｉの高さ（格子深さ）d_Bは１．３００μｍである。

回折部材１２Ｂにより波長０．４０５μｍ、０．６６０μｍ、０．７８５μｍのレーザ光に付加される位相シフト量ϕ_{405}、ϕ_{660}、ϕ_{785}とすると、（８）式より、ϕ_{405}＝{（２．２２３－１．４００）×０．９００＋（１．４９２－１．４００）×０．４００}／０．４０５－Round [{（２．２２３－１．４００）×０．９００＋（１．４９２－１．４００）×０．４００}／０．４０５] ＝－０．０７９（λ）、ϕ_{660}＝{（２．１０８－１．３８５）×０．９００＋（１．４７７－１．３８５）×０．４００}／０．６６０－Round [{（２．１０８－１．３８５）×０．９００＋（１．４７７－１．３８５）×０．４００}／０．６６０] ＝＋０．０４２（λ）、ϕ_{785}＝{（２．０９３－１．３８２）×０．９００＋（１．４７５－１．３８２）×０．４００}／０．７８５－Round [{（２．０９３－１．３８２）×０．９００＋（１．４７５－１．３８２）×０．４００}／０．７８５] ＝－０．１３７（λ）となる。即ち、回折部材１２Ｂにより波長０．７８５μｍのレーザ光に付加される位相シフト量ϕ_{785}は－０．１３７（λ）であり、（３）式を満たしている。また、回折部材１２Ｂにより波長０．４０５μｍのレーザ光及び波長０

．６６０μｍのレーザ光に付加される位相シフト量ϕ_{405}、ϕ_{660}は－０．０７９（λ）、＋０．０４２（λ）であり、（４）式を満たしている。

[0081] 図１７に、波長０．４０５μｍ、０．６６０μｍ、０．７８５μｍのレーザ光が回折部材１２Ｂにより回折された場合の回折光の強度を示す。図１７のグラフにおいて、横軸に回折次数を示し、縦軸に回折光の強度を示す。また、図１７のグラフにおいて、クロスハッチングで示す棒グラフは、波長０．４０５μｍのレーザ光の回折光の強度を示す。また、図１７のグラフにおいて、ハッチングで示す棒グラフは、波長０．６６０μｍのレーザ光の回折光の強度を示す。また、図１７のグラフにおいて、白抜きで示す棒グラフは、波長０．７８５μｍのレーザ光の回折光の強度を示す。

また、回折光の強度は、有限差分時間領域法（ＦＤＴＤ法）による厳密計算で求めた。図１７では、入射光の強度を１００％としたときの各回折次数の回折光の強度を示している。

[0082] 図１７に示すように、波長０．７８５μｍのレーザ光の分光比（±１次回折光の強度／０次回折光の強度）は、１／１１．６であり、０．０５～０．１の範囲となっている。また、波長０．４０５μｍ、０．６６０μｍのレーザ光の０次回折光の強度は、それぞれ、９７．７％、９４．９％であった。したがって、実施例１にかかる回折部材１２Ｂは、回折すべき波長０．７８５μｍのレーザ光を好適な分光比で回折することができる。また、実施例１にかかる回折部材１２Ｂは、回折すべきでない波長０．４０５μｍ、０．６６０μｍのレーザ光を実質的に回折することなく透過することができる。

[0083] 図１８Ａ～Ｃに、回折部材１２Ｂの凸部１２Ｉを形成する誘電体多層膜の反射率の波長依存性を示す。図１８Ａ～Ｃに示すグラフにおいて、横軸に波長（ｎｍ）を示し、縦軸に反射率（％）を示す。ここで、反射率とは、誘電体多層膜に入射したレーザ光の強度に対する、当該誘電体多層膜において反射されたレーザ光の強度の割合である。

図１８Ａ、図１８Ｂ、図１８Ｃに示すように、波長０．４０５μｍ、０．６６０μｍ、０．７８５μｍにおける反射率は１％以下となっている。した

がって、回折部材１２Ｂの誘電体多層膜は、反射防止性能を兼ね備えている。また、回折部材１２ＢのＤｕｔｙは０．５８３であり、回折部材１２Ｂの表面における凸部１２Ｉの占める割合を多くすることができる。これにより、回折部材１２Ｂに入射するレーザ光の反射を効果的に抑制することができる。そのため、回折部材１２Ｂに反射防止膜を施す必要がない。なお、反射防止膜を別途回折部材１２Ｂの表面に成膜して、さらに反射防止性能を高めても良い。

[0084] 回折部材１２Ｃは１種類の材質から形成されている。そのため、回折部材１２Ｃの屈折率をｎ、凸部１２Ｋに隣接する空間の媒質の屈折率をn_0、凸部１２Ｋの高さ（格子深さ）をｄ、レーザ光の波長をλとすると、回折部材１２Ｃにより波長λのレーザ光に付加される位相シフト量ϕは、以下の（９）式により表される。

$$\phi = d \times (n - n_0) / \lambda - \mathrm{Round}(d \times (n - n_0) / \lambda) \quad \cdots\cdots (9)$$

したがって、回折部材１２Ｃにより波長０．４０５μｍ、０．６６０μｍ、０．７８５μｍのレーザ光に付加される位相シフト量ϕ_{405}、ϕ_{660}、ϕ_{785}とすると、（９）式より、ϕ_{405}＝１．６４５×（１．４９２－１．０００）／０．４０５－Round［１．６４５×（１．４９２－１．０００）／０．４０５］＝－０．００２（λ）、ϕ_{660}＝１．６４５×（１．４７７－１．０００）／０．６６０－Round［１．６４５×（１．４７７－１．０００）／０．６６０］＝＋０．１８９（λ）、ϕ_{785}＝１．６４５×（１．４７５－１．０００）／０．７８５－Round［１．６４５×（１．４７５－１．０００）／０．７８５］＝－０．００５（λ）となる。即ち、回折部材１２Ｃにより波長０．６６０μｍのレーザ光に付加される位相シフト量ϕ_{660}は＋０．１８９（λ）であり、（３）式を満たしている。また、回折部材１２Ｃにより波長０．４０５μｍのレーザ光及び波長０．７８５μｍのレーザ光に付加される位相シフト量ϕ_{405}、ϕ_{785}は－０．００２（λ）、－０．００５（λ）であり、（４）式を満たしている。

[0085] 図１９に、波長０．４０５μｍ、０．６６０μｍ、０．７８５μｍのレーザ光が回折部材１２Ｃにより回折された場合の回折光の強度を示す。図１９のグラフにおいて、横軸に回折次数を示し、縦軸に回折光の強度を示す。また、図１９のグラフにおいて、クロスハッチングで示す棒グラフは、波長０．４０５μｍのレーザ光の回折光の強度を示す。また、図１９のグラフにおいて、ハッチングで示す棒グラフは、波長０．６６０μｍのレーザ光の回折光の強度を示す。また、図１９のグラフにおいて、白抜きで示す棒グラフは、波長０．７８５μｍのレーザ光の回折光の強度を示す。

また、回折光の強度は、有限差分時間領域法（ＦＤＴＤ法）による厳密計算で求めた。図１９では、入射光の強度を１００％としたときの各回折次数の回折光の強度を示している。

[0086] 図１９に示すように、波長０．６６０μｍのレーザ光の分光比（±１次回折光の強度／０次回折光の強度）は、１／１４．３であり、０．０５～０．１の範囲となっている。また、波長０．４０５μｍ、０．７８５μｍのレーザ光の０次回折光の強度は、それぞれ、９７．１％、９６．９％であった。したがって、実施例１にかかる回折部材１２Ｃは、回折すべき波長０．６６０μｍのレーザ光を好適な分光比で回折することができる。また、実施例１にかかる回折部材１２Ｃは、回折すべきでない波長０．４０５μｍ、０．７８５μｍのレーザ光を実質的に回折することなく透過することができる。

なお、回折部材１２Ｃのように１種類の材質からなる場合、反射防止膜を回折部材１２Ｃの表面に成膜することが好ましい。

そして、図１に示すように、実施例１にかかる回折部材１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃを貼り合わせることにより、波長０．４０５μｍ、０．６６０μｍ、０．７８５μｍのレーザ光を好適な回折効率でそれぞれ独立に回折させることができるグレーティング素子１２を得ることができる。

[0087] ［実施例２］

実施例２として、図１１に示すグレーティング素子１２１の実施例を示す。グレーティング素子１２１を透過するレーザ光は２種類である。２種類の

レーザ光の波長は、それぞれ、０．６６０μｍ、０．７８５μｍである。

また、回折部材１２１Ａの凸部１２１Ｅは誘電体多層膜で形成した。また、回折部材１２１Ｂの凸部１２１Ｇはアクリル系樹脂で形成した。

[0088] 回折部材１２１Ａの回折波長は、０．６６０μｍ、非回折波長は、０．７８５μｍである。また、回折部材１２１Ａの格子構造のピッチ（Ｐ）は１５μｍ、Ｄｕｔｙ（Ｗ／Ｐ）は０．８００である。また、凸部１２１Ｅの高さ（格子深さ：ｄ）は０．７６０μｍである。回折部材１２１Ａの透明基板１２１Ｃの屈折率は、波長０．６６０μｍにおいて１．５１４、波長０．７８５μｍにおいて１．５１１である。また、凸部１２１Ｅに隣接する空間の媒質は空気であるため、凸部１２１Ｅに隣接する空間の媒質の屈折率は１．０００である。

回折部材１２１Ｂの回折波長は、０．７８５μｍ、非回折波長は、０．６６０μｍである。また、回折部材１２１Ｂの格子構造のピッチ（Ｐ）は３５μｍ、Ｄｕｔｙ（Ｗ／Ｐ）は０．２４である。また、凸部１２１Ｇの高さ（格子深さ：ｄ）は１．３２０μｍである。回折部材１２１Ｂの透明基板１２１Ｄの屈折率は、波長０．６６０μｍにおいて１．５１４、波長０．７８５μｍにおいて１．５１１である。また、凸部１２１Ｇの屈折率は、波長０．６６０μｍにおいて１．５００、波長０．７８５μｍにおいて１．４９７である。また、凸部１２１Ｇに隣接する空間の媒質は空気であるため、凸部１２１Ｇに隣接する空間の媒質の屈折率は１．０００である。

[0089] 図２０に示す表に、回折部材１２１Ａの凸部１２１Ｅを形成する誘電体多層膜の構成を示す。高屈折率材料としてTa_2O_5、低屈折率材料としてSiO_2を使用した。また、誘電体多層膜の層数は７層である。Ta_2O_5の膜厚の総和d_{FH}は０．６４０μｍ、SiO_2の膜厚の総和d_{FL}は０．１２０μｍであり、凸部１２１Ｅの高さ（格子深さ）d_Fは０．７６０μｍである。ここで、回折部材１２１Ａの凸部１２１Ｅにおいて、λ_{ND}＝０．７８５μｍ、n_{HND}＝２．０９３、n_{LND}＝１．４７５、n_{OND}＝１．０００であるから、（５）式より、$d_L \leqq 0$．１８０μｍであり、（６）式より、０．３５９μｍ$\leqq d_H <$

０．７１８μｍである。したがって、Ta_2O_5の膜厚の総和d_{FH}及びSiO_2の膜厚の総和d_{FL}は（５）式、（６）式を満たしている。

また、回折部材１２１Ａにより波長０．６６０μｍ、０．７８５μｍのレーザ光に付加される位相シフト量ϕ_{660}、ϕ_{785}とすると、（８）式より、ϕ_{660}＝{（２．１０８－１．０００）×０．６４０＋（１．４７７－１．０００）×０．１２０}／０．６６０－Round［{（２．１０８－１．０００）×０．６４０＋（１．４７７－１．０００）×０．１２０}／０．６６０］＝＋０．１６１（λ）、ϕ_{785}＝{（２．０９３－１．０００）×０．６４０＋（１．４７５－１．０００）×０．１２０}／０．７８５－Round［{（２．０９３－１．０００）×０．６４０＋（１．４７５－１．０００）×０．１２０}／０．７８５］＝－０．０３６（λ）となる。即ち、回折部材１２１Ａにより波長０．６６０μｍのレーザ光に付加される位相シフト量ϕ_{660}は＋０．１６１（λ）であり、（３）式を満たしている。また、回折部材１２１Ａにより波長０．７８５μｍのレーザ光に付加される位相シフト量ϕ_{785}は－０．０３６（λ）であり、（４）式を満たしている。

[0090] 図２１に、波長０．６６０μｍ、０．７８５μｍのレーザ光が回折部材１２１Ａにより回折された場合の回折光の強度を示す。図２１のグラフにおいて、横軸に回折次数を示し、縦軸に回折光の強度を示す。また、図２１のグラフにおいて、ハッチングで示す棒グラフは、波長０．６６０μｍのレーザ光の回折光の強度を示す。また、図２１のグラフにおいて、白抜きで示す棒グラフは、波長０．７８５μｍのレーザ光の回折光の強度を示す。

また、回折光の強度は、有限差分時間領域法（ＦＤＴＤ法）による厳密計算で求めた。図２１では、入射光の強度を１００％としたときの各回折次数の回折光の強度を示している。

[0091] 図２１に示すように、波長０．６６０μｍのレーザ光の分光比（±１次回折光の強度／０次回折光の強度）は、１／１４．２であり、０．０５～０．１の範囲となっている。また、波長０．７８５μｍのレーザ光の０次回折光の強度は、９４．２％であった。したがって、実施例２にかかる回折部材１

２１Ａは、回折すべき波長０．６６０μｍのレーザ光を好適な分光比で回折することができる。また、実施例２にかかる回折部材１２１Ａは、回折すべきでない波長０．７８５μｍのレーザ光を実質的に回折することなく透過することができる。

[0092] ここで、比較のため、回折部材１２１Ａと同じピッチの回折構造を有し、単一の材料により形成された従来型の回折格子（以下、従来型回折格子と称する。）を例に挙げて説明する。従来型回折格子の回折波長は、０．６６０μｍ、非回折波長は、０．７８５μｍである。また、従来型回折格子の格子構造のピッチ（Ｐ）は１５μｍ、Ｄｕｔｙ（Ｗ／Ｐ）は０．８７３である。また、従来型回折格子の凸部の高さ（格子深さ：ｄ）は１．６５４μｍである。従来型回折格子の透明基板の屈折率は、波長０．６６０μｍにおいて１．４７７、波長０．７８５μｍにおいて１．４７５である。また、従来型回折格子の凸部の屈折率は、波長０．６６０μｍにおいて１．４７７、波長０．７８５μｍにおいて１．４７５である。また、従来型回折格子の凸部に隣接する空間の媒質は空気であるため、当該凸部に隣接する空間の媒質の屈折率は１．０００である。

[0093] 図２２に、波長０．６６０μｍ、０．７８５μｍのレーザ光が従来型回折格子により回折された場合の回折光の強度を示す。図２２のグラフにおいて、横軸に回折次数を示し、縦軸に回折光の強度を示す。また、図２２のグラフにおいて、ハッチングで示す棒グラフは、波長０．６６０μｍのレーザ光の回折光の強度を示す。また、図２２のグラフにおいて、白抜きで示す棒グラフは、波長０．７８５μｍのレーザ光の回折光の強度を示す。

また、回折光の強度は、有限差分時間領域法（ＦＤＴＤ法）による厳密計算で求めた。図２２では、入射光の強度を１００％としたときの各回折次数の回折光の強度を示している。

[0094] 図２２に示すように、波長０．６６０μｍのレーザ光の分光比（±１次回折光の強度／０次回折光の強度）は、１／１５．３であり、０．０５～０．１の範囲となっている。また、波長０．７８５μｍのレーザ光の０次回折光

の強度は、９０．１%であった。図２１と図２２を比較すると、従来型回折格子に比べて、実施例２にかかる回折部材１２１Ａは、より高い分光比で、回折すべき波長０．６６０μｍのレーザ光を回折させることができる。また、実施例２にかかる回折部材１２１Ａは、従来型回折格子に比べて、回折すべきでない波長０．７８５μｍのレーザ光の０次回折光の強度を向上することができる。したがって、実施例２にかかる回折部材１２１Ａは、従来型回折格子に比べて、回折すべきレーザ光をより高い回折効率で回折させることができるとともに、回折すべきでないレーザ光をより回折せずに透過することができる。

[0095] 図２３に、回折部材１２１Ａの凸部１２１Ｅを形成する誘電体多層膜の反射率の波長依存性を示す。図２３に示すグラフにおいて、横軸に波長（ｎｍ）を示し、縦軸に反射率（%）を示す。ここで、反射率とは、誘電体多層膜に入射したレーザ光の強度に対する、当該誘電体多層膜において反射されたレーザ光の強度の割合である。

図２３に示すように、波長０．６６０μｍ、０．７８５μｍにおける反射率は１%以下となっている。したがって、回折部材１２１Ａの誘電体多層膜は、反射防止性能を兼ね備えている。また、回折部材１２１ＡのＤｕｔｙは０．８００であり、回折部材１２１Ａの表面における凸部１２１Ｅの占める割合を多くすることができる。これにより、回折部材１２１Ａに入射するレーザ光の反射を効果的に抑制することができる。そのため、回折部材１２１Ａに反射防止膜を施す必要がない。なお、反射防止膜を別途回折部材１２１Ａの表面に成膜して、さらに反射防止性能を高めても良い。

[0096] 図２４に、波長０．６６０μｍ、０．７８５μｍのレーザ光が回折部材１２１Ｂにより回折された場合の回折光の強度を示す。図２４のグラフにおいて、横軸に回折次数を示し、縦軸に回折光の強度を示す。また、図２４のグラフにおいて、ハッチングで示す棒グラフは、波長０．６６０μｍのレーザ光の回折光の強度を示す。また、図２４のグラフにおいて、白抜きで示す棒グラフは、波長０．７８５μｍのレーザ光の回折光の強度を示す。

また、回折光の強度は、有限差分時間領域法（ＦＤＴＤ法）による厳密計算で求めた。図２４では、入射光の強度を１００％としたときの各回折次数の回折光の強度を示している。

[0097] 図２４に示すように、波長０．７８５μｍのレーザ光の分光比（±１次回折光の強度／０次回折光の強度）は、１／１５．４であり、０．０５～０．１の範囲となっている。また、波長０．６６０μｍのレーザ光の０次回折光の強度は、９６．５％であった。したがって、実施例２にかかる回折部材１２１Ｂは、回折すべき波長０．７８５μｍのレーザ光を好適な分光比で回折することができる。また、実施例２にかかる回折部材１２１Ｂは、回折すべきでない波長０．６６０μｍのレーザ光を実質的に回折することなく透過することができる。

そして、図１１に示すように、実施例２にかかる回折部材１２１Ａ、１２１Ｂを貼り合わせることにより、波長０．６６０μｍ、０．７８５μｍのレーザ光を好適な回折効率でそれぞれ独立に回折させることができるグレーティング素子１２１を得ることができる。

[0098] 以上に説明した本実施形態にかかるグレーティング素子１２、光ピックアップ光学系１及びグレーティング素子１２の設計方法によれば、回折部材の凸部１２Ｇ、１２Ｉを、誘電体多層膜により形成することにより、グレーティング素子１２を構成する複数の回折部材１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃが所定の回折効率で回折させるレーザ光の波長をそれぞれ異ならせることができる。これにより、当該グレーティング素子１２は、波長の異なる３つのレーザ光を好適に回折することができる。そのため、波長の異なる３つのレーザ光をメインスポット及びサブスポットに好適に分光することができる。

[0099] また、本発明にかかるグレーティング素子１２０、１２１は、２つの回折部材１２０Ａ、１２０Ｂ、１２１Ａ、１２１Ｂが透明基板１２０Ｃ、１２０Ｄ、１２１Ｃ、１２１Ｄに垂直な方向に積層されてなる。

これにより、当該グレーティング素子１２０、１２１は、波長の異なる２つのレーザ光を好適に回折することができる。

[0100] また、凸部１２Ｇ、１２Ｉ、１２０Ｅ、１２１Ｅが誘電体多層膜により形成されている回折部材１２Ａ、１２Ｂ、１２０Ａ、１２１Ａにおいて、所定の回折効率で回折させるレーザ光に付加する位相シフト量をϕ_D、実質的に回折させないレーザ光に付加する位相シフト量をϕ_{ND}としたとき、以下の（３）式及び（４）式を満たす。

$$0.10 < |\phi_D| \leqq 0.25 \quad \cdots\cdots (3)$$

$$0.00 \leqq |\phi_{ND}| \leqq 0.10 \quad \cdots\cdots (4)$$

（３）式及び（４）式を満たすことにより、所定の回折効率で回折させるレーザ光の分光比（１次回折光の強度／０次回折光の強度）を０．０５～０．１程度とすることができる。当該分光比の値が０．０５より小さくなると、サブスポットの強度が小さくなるため、良好なトラッキング信号を得ることができない。また、当該分光比の値が０．１より大きくなると、メインスポットの強度が小さくなってしまうため、再生信号レベルの低下を招いてしまう。

具体的には、グレーティング素子によりレーザ光に付加する位相シフト量ϕが大きくなると、０次回折光の強度が低下してしまい、分光比がＤｕｔｙ（回折部材の格子構造のピッチに対する凸部の幅の比率）の変化にしたがって大きく変化してしまう。そのため、所望の分光比を得ようとすると、０次回折光の強度が低下してしまい、再生信号レベルの低下を招いてしまう。一方、当該位相シフト量ϕが小さくなると、０次回折光の強度は大きくなるが、分光比がＤｕｔｙを変化させても変化しにくくなり、いずれのＤｕｔｙにおいても所望の分光比を得るのが難しくなる。

そのため、（３）式及び（４）式を満たすことにより、良好なトラッキング信号を得るとともに再生信号レベルの低下を防ぐことができる。

[0101] さらに、また、誘電体多層膜は、高屈折率材料から形成される誘電膜と、低屈折率材料から形成される誘電膜と、が積層されていることが好ましい。また、凸部１２０Ｅ、１２１Ｅが誘電体多層膜により形成されている回折部材１２０Ａ、１２１Ａにおいて、所定の回折効率で回折させるレーザ光の波

長をλ_D、実質的に回折させないレーザ光の波長をλ_{ND}、高屈折率材料の波長λ_{ND}における屈折率をn_{HND}、低屈折率材料の波長λ_{ND}における屈折率をn_{LND}、誘電体多層膜に隣接する空間の媒質の屈折率をn_{0ND}、高屈折率材料から形成される誘電膜の膜厚の総和をd_H、低屈折率材料から形成される誘電膜の膜厚の総和をd_Lとしたとき、以下の（５）式及び（６）式を満たすことが好ましい。

$$\frac{0.5\lambda_{ND}}{(n_{HND}-n_{0ND})} \leqq d_H < \frac{\lambda_{ND}}{(n_{HND}-n_{0ND})} \quad \cdots(5)$$

$$d_L \leqq \frac{\lambda_{ND}-(n_{HND}-n_{0ND})\times d_H}{(n_{LND}-n_{0ND})} \quad \cdots\cdots(6)$$

（５）式及び（６）式を満たすように、凸部１２０Ｅ、１２１Ｅの高さを決定することにより、厳密計算によって算出した０次回折光の光利用効率を向上させることができる。

[0102] また、誘電体多層膜は、高屈折率材料から形成される誘電膜と、低屈折率材料から形成される誘電膜と、が交互に積層されてなることが好ましい。

このように構成することにより、誘電体多層膜に入射するレーザ光の反射を抑制することができる。これにより、光源への戻り光を低減できる。そのため、戻り光がレーザ共振器内で干渉し、レーザ出力に変動を引き起こすことを防止することができる。したがって、レーザ雑音を抑制することができる。

また、レーザ光の反射を抑制することができるので、レーザ光を高効率で透過することができる。換言すれば、光利用効率を向上させることができる。

[0103] さらに、誘電体多層膜に入射したレーザ光が当該誘電体多層膜により反射される割合である反射率が４％以下であることが好ましい。

これにより、十分にレーザ雑音を抑制することができる。また、光利用効率を向上させることができる。

[0104] また、凸部１２Ｇ、１２Ｉ、１２０Ｅ、１２１Ｅが誘電体多層膜により形成されている回折部材１２Ａ、１２Ｂ、１２０Ａ、１２１Ａにおいて、当該回折部材１２Ａ、１２Ｂ、１２０Ａ、１２１Ａの格子構造のピッチをＰ、凸部１２Ｇ、１２Ｉ、１２０Ｅ、１２１Ｅの幅をＷとしたとき、以下の（７）式を満たすことが好ましい。

０．５＜Ｗ／Ｐ＜１．０　・・・・・・（７）

これにより、反射防止機能を有する凸部１２Ｇ、１２Ｉ、１２０Ｅ、１２１Ｅの幅を、反射防止機能を有しない凹部１２Ｈ、１２Ｊ、１２０Ｆ、１２１Ｆの幅より大きくすることができる。そのため、グレーティング素子１２、１２０、１２１の表面における凸部１２Ｇ、１２Ｉ、１２０Ｅ、１２１Ｅの占める割合を多くすることができる。これにより、グレーティング素子１２、１２０、１２１に入射するレーザ光の反射を効果的に抑制することができる。

[0105] さらに、また、複数の回折部材１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃ、１２０Ａ、１２０Ｂ、１２１Ａ、１２１Ｂは、互いに接着材料により接着されていることが好ましい。

これにより、グレーティング素子１２、１２０、１２１内における回折部材１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃ、１２０Ａ、１２０Ｂ、１２１Ａ、１２１Ｂの位置ずれを防止できる。さらに、接着材料として所望の屈折率を有する接着材料を用いることにより、グレーティング素子１２、１２０、１２１の回折効率及び０次回折光利用効率を好適な値にすることができる。

産業上の利用可能性

[0106] 波長の異なる３つ以上のレーザ光をメインスポット及びサブスポットに好適に分光することができる。

符号の説明

[0107] １　光ピックアップ光学系

１１　レーザユニット（光源）

１１１　ＣＤ用レーザ光源

１１２　ＤＶＤ用レーザ光源

１１３　ＢＤ用レーザ光源

１２、１２０、１２１　グレーティング素子（光学素子）

１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃ、１２０Ａ、１２０Ｂ、１２１Ａ、１２１Ｂ　回折部材

１２Ｄ、１２Ｅ、１２Ｆ、１２０Ｃ、１２０Ｄ、１２１Ｃ、１２１Ｄ　透明基板

１２Ｇ、１２Ｉ、１２Ｋ、１２０Ｅ、１２０Ｇ、１２１Ｅ、１２１Ｇ　凸部

１２Ｈ、１２Ｊ、１２Ｌ、１２０Ｆ、１２０Ｈ、１２１Ｆ、１２１Ｈ　凹部

１７　ＣＤ

１８　ＤＶＤ

１９　ＢＤ

請求の範囲

[請求項1] 透明基板の一方の表面に凸部と凹部とが周期的に配置されてなる回折部材を複数備え、

複数の前記回折部材は、前記透明基板に略垂直な方向に積層されており、

複数の前記回折部材のうち、少なくとも１つの前記回折部材の前記凸部は、誘電体多層膜により形成され、

前記誘電体多層膜は、前記透明基板上に２種類以上の誘電膜が前記略垂直な方向に積層されてなり、

複数の前記回折部材が所定の回折効率で回折させるレーザ光の波長はそれぞれ異なるグレーティング素子。

[請求項2] ３つの前記回折部材が前記略垂直な方向に積層されてなる請求項１に記載のグレーティング素子。

[請求項3] ２つの前記回折部材が前記略垂直な方向に積層されてなる請求項１に記載のグレーティング素子。

[請求項4] 前記凸部が前記誘電体多層膜により形成されている前記回折部材において、前記所定の回折効率で回折させるレーザ光に付加する位相シフト量をϕ_D、実質的に回折させないレーザ光に付加する位相シフト量をϕ_{ND}としたとき、以下の（３）式及び（４）式を満たす請求項１又は２に記載のグレーティング素子。

$$0.10 < |\phi_D| \leqq 0.25 \quad \cdots\cdots (3)$$

$$0.00 \leqq |\phi_{ND}| \leqq 0.10 \quad \cdots\cdots (4)$$

[請求項5] 前記凸部が前記誘電体多層膜により形成されている前記回折部材において、前記所定の回折効率で回折させるレーザ光に付加する位相シフト量をϕ_D、実質的に回折させないレーザ光に付加する位相シフト量をϕ_{ND}としたとき、以下の（３）式及び（４）式を満たす請求項３に記載のグレーティング素子。

$$0.10 < |\phi_D| \leqq 0.25 \quad \cdots\cdots (3)$$

$0.00 \leqq |\phi_{ND}| \leqq 0.10$ ・・・・・・（4）

[請求項6] 前記誘電体多層膜は、高屈折率材料から形成される前記誘電膜と、低屈折率材料から形成される前記誘電膜と、が積層されてなり、

前記凸部が前記誘電体多層膜により形成されている前記回折部材において、前記所定の回折効率で回折させるレーザ光の波長をλ_D、実質的に回折させないレーザ光の波長をλ_{ND}、前記高屈折率材料の波長λ_{ND}における屈折率をn_{HND}、前記低屈折率材料の波長λ_{ND}における屈折率をn_{LND}、前記誘電体多層膜に隣接する空間の媒質の屈折率をn_{0ND}、前記高屈折率材料から形成される前記誘電膜の膜厚の総和をd_H、前記低屈折率材料から形成される前記誘電膜の膜厚の総和をd_Lとしたとき、以下の（5）式及び（6）式を満たす請求項３又は５に記載のグレーティング素子。

$$\frac{0.5\lambda_{ND}}{(n_{HND}-n_{0ND})} \leqq d_H < \frac{\lambda_{ND}}{(n_{HND}-n_{0ND})} \quad \cdots(5)$$

$$d_L \leqq \frac{\lambda_{ND}-(n_{HND}-n_{0ND})\times d_H}{(n_{LND}-n_{0ND})} \quad \cdots\cdots(6)$$

[請求項7] 前記誘電体多層膜は、高屈折率材料から形成される前記誘電膜と、低屈折率材料から形成される前記誘電膜と、が交互に積層されてなる請求項１乃至６の何れか一項に記載のグレーティング素子。

[請求項8] 前記誘電体多層膜に入射したレーザ光が当該誘電体多層膜により反射される割合である反射率が４％以下である請求項１乃至７の何れか

一項に記載のグレーティング素子。

[請求項9] 前記凸部が前記誘電体多層膜により形成されている前記回折部材において、当該回折部材の格子構造のピッチをＰ、前記凸部の幅をＷとしたとき、以下の（７）式を満たす請求項１乃至８の何れか一項に記載のグレーティング素子。

０．５＜Ｗ／Ｐ＜１．０ ・・・・・・（７）

[請求項10] 複数の前記回折部材は、互いに接着材料により接着されている請求項１乃至９の何れか一項に記載のグレーティング素子。

[請求項11] 波長の異なる複数のレーザ光を出射する複数のレーザ光源を備えるレーザユニットを光源として備え、

前記レーザユニットから出射されたレーザ光の光路上に、請求項１乃至１０の何れか一項に記載のグレーティング素子が配置されている光ピックアップ光学系。

[請求項12] 透明基板の一方の表面に凸部と凹部とが周期的に配置されてなる回折部材を複数備えるグレーティング素子の設計方法であって、

複数の前記回折部材を、前記透明基板に略垂直な方向に積層し、

複数の前記回折部材のうち、少なくとも１つの前記回折部材の前記凸部を、誘電体多層膜により形成し、

前記誘電体多層膜を、前記透明基板上に２種類以上の誘電膜を前記略垂直な方向に積層することにより形成し、

複数の前記回折部材が所定の回折効率で回折させるレーザ光の波長はそれぞれ異なるグレーティング素子の設計方法。

[請求項13] ３つの前記回折部材を前記略垂直な方向に積層する請求項１２に記載のグレーティング素子の設計方法。

[請求項14] ２つの前記回折部材を前記略垂直な方向に積層する請求項１２に記載のグレーティング素子の設計方法。

[請求項15] 前記凸部が前記誘電体多層膜により形成されている前記回折部材において、前記所定の回折効率で回折させるレーザ光に付加する位相シ

フト量をϕ_D、実質的に回折させないレーザ光に付加する位相シフト量をϕ_{ND}としたとき、以下の（３）式及び（４）式を満たす請求項１２又は１３に記載のグレーティング素子の設計方法。

$0.10 < |\phi_D| \leqq 0.25$ ・・・・・・（３）

$0.00 \leqq |\phi_{ND}| \leqq 0.10$ ・・・・・・（４）

[請求項16] 前記凸部が前記誘電体多層膜により形成されている前記回折部材において、前記所定の回折効率で回折させるレーザ光に付加する位相シフト量をϕ_D、実質的に回折させないレーザ光に付加する位相シフト量をϕ_{ND}としたとき、以下の（３）式及び（４）式を満たす請求項１４に記載のグレーティング素子の設計方法。

$0.10 < |\phi_D| \leqq 0.25$ ・・・・・・（３）

$0.00 \leqq |\phi_{ND}| \leqq 0.10$ ・・・・・・（４）

[請求項17] 前記誘電体多層膜を、高屈折率材料から形成される前記誘電膜と、低屈折率材料から形成される前記誘電膜と、を積層することにより形成し、

前記凸部が前記誘電体多層膜により形成されている前記回折部材において、前記所定の回折効率で回折させるレーザ光の波長をλ_D、実質的に回折させないレーザ光の波長をλ_{ND}、前記高屈折率材料の波長λ_{ND}における屈折率をn_{HND}、前記低屈折率材料の波長λ_{ND}における屈折率をn_{LND}、前記誘電体多層膜に隣接する空間の媒質の屈折率をn_{0ND}、前記高屈折率材料から形成される前記誘電膜の膜厚の総和をd_H、前記低屈折率材料から形成される前記誘電膜の膜厚の総和をd_Lとしたとき、以下の（５）式及び（６）式を満たす請求項１４又は１６に記載のグレーティング素子の設計方法。

$$\frac{0.5\lambda_{ND}}{(n_{HND}-n_{0ND})} \leqq d_H < \frac{\lambda_{ND}}{(n_{HND}-n_{0ND})} \quad \cdots(5)$$

$$d_L \leqq \frac{\lambda_{ND} - (n_{HND} - n_{0ND}) \times d_H}{(n_{LND} - n_{0ND})} \quad \cdots\cdots(6)$$

[請求項18] 前記誘電体多層膜を、高屈折率材料から形成される前記誘電膜と、低屈折率材料から形成される前記誘電膜と、を交互に積層することにより形成する請求項１２乃至１７の何れか一項に記載のグレーティング素子の設計方法。

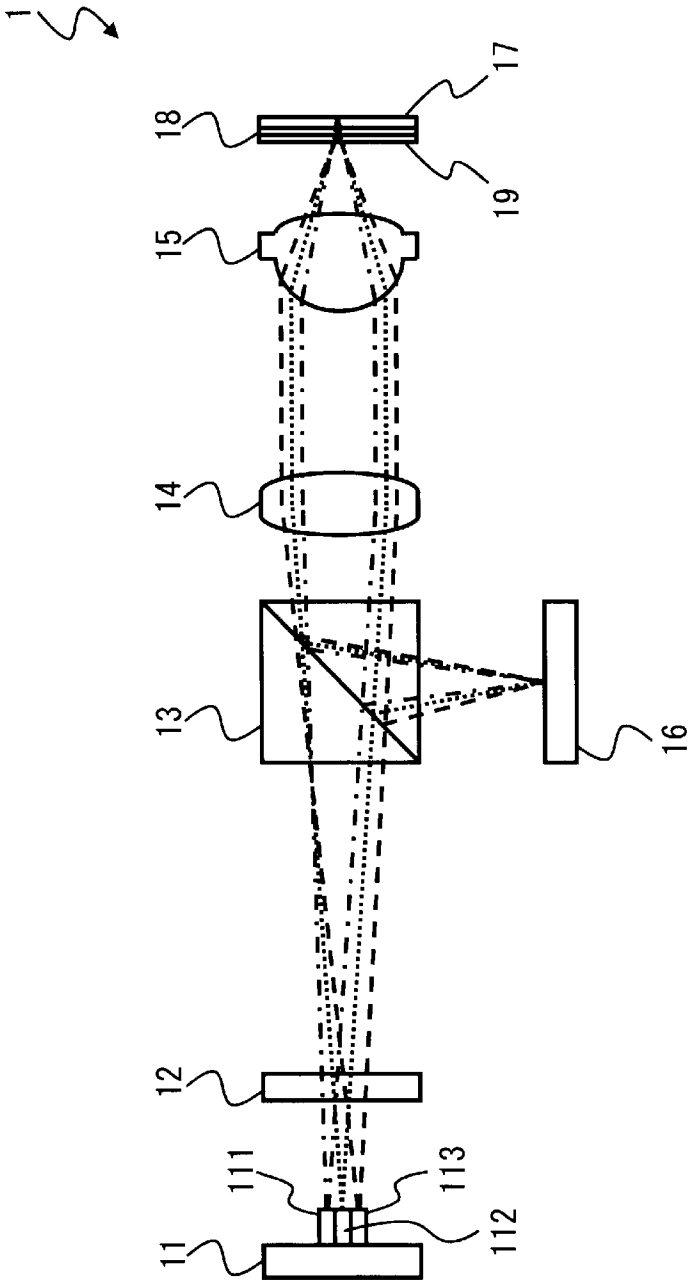
[請求項19] 前記誘電体多層膜に入射したレーザ光が当該誘電体多層膜により反射される割合である反射率が４％以下である請求項１２乃至１８の何れか一項に記載のグレーティング素子の設計方法。

[請求項20] 前記凸部が前記誘電体多層膜により形成されている前記回折部材において、当該回折部材の格子構造のピッチをＰ、前記凸部の幅をＷとしたとき、以下の（７）式を満たす請求項１２乃至１９の何れか一項に記載のグレーティング素子の設計方法。

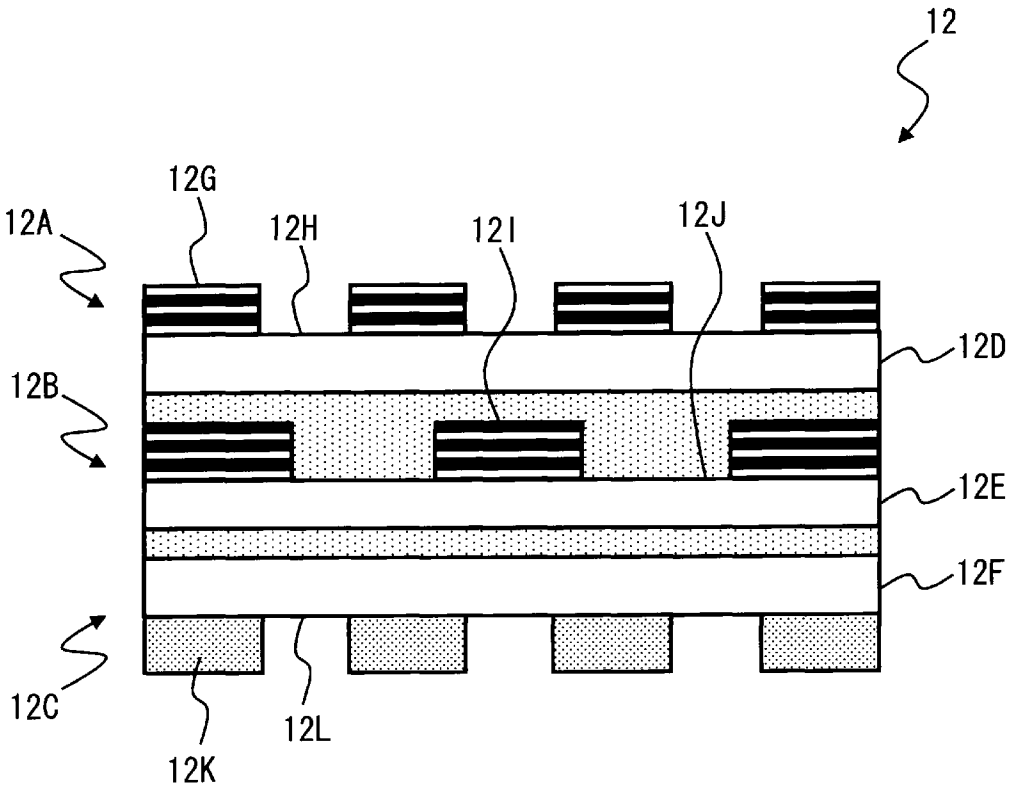
０．５＜Ｗ／Ｐ＜１．０ ・・・・・・（７）

[請求項21] 複数の前記回折部材を、互いに接着材料により接着する請求項１２乃至２０の何れか一項に記載のグレーティング素子の設計方法。

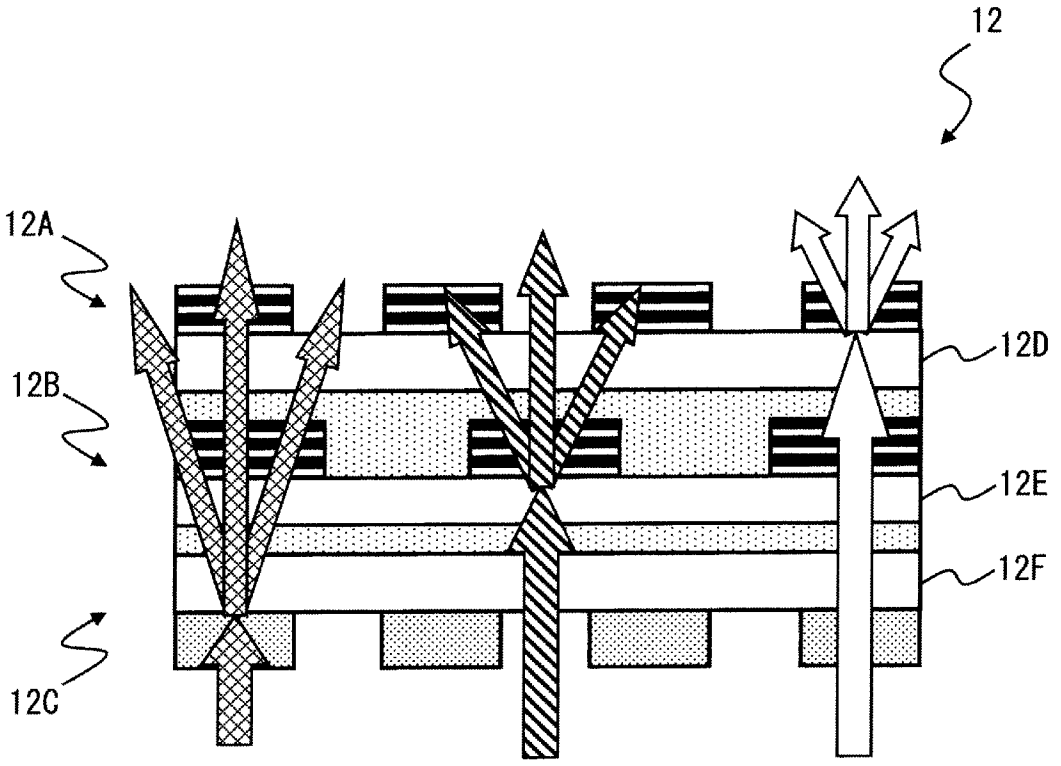
[図1]



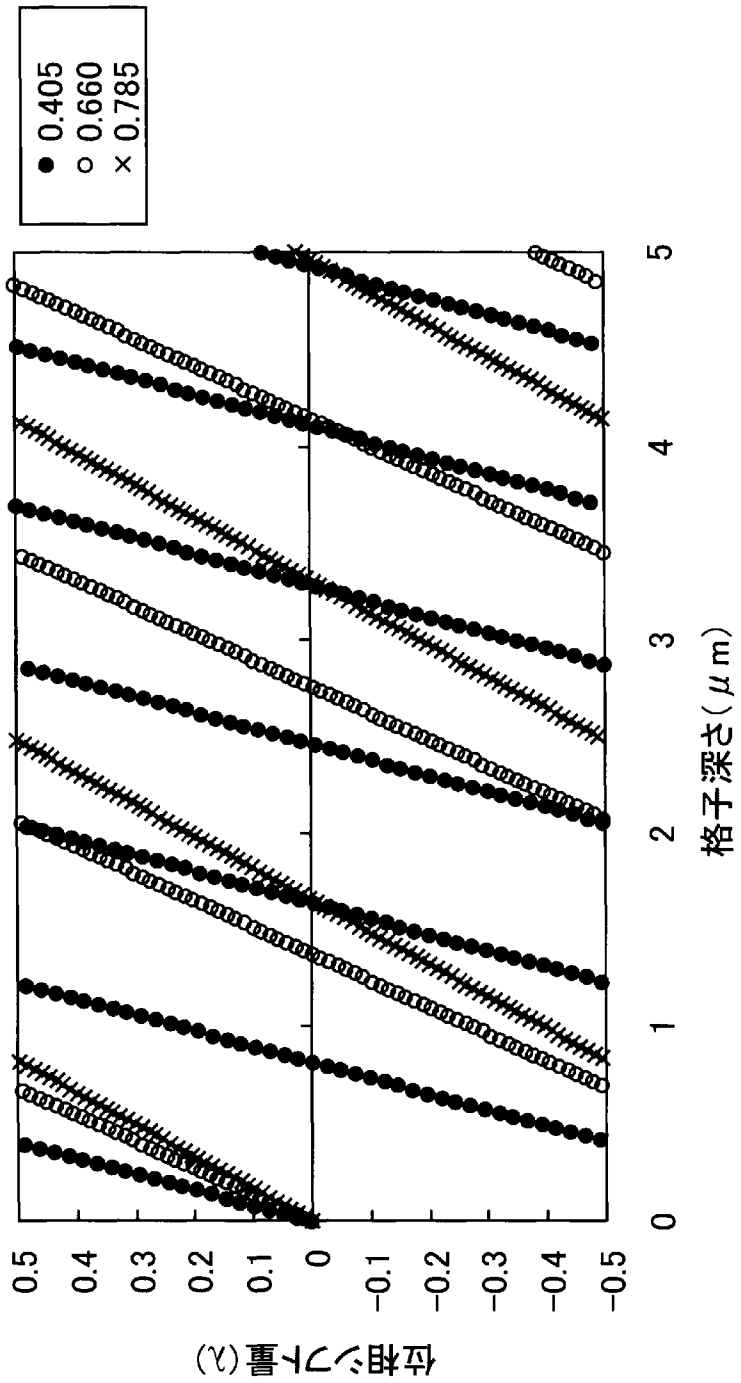
[図2]


12
12G
12A
12H
12I
12J
12D
12B
12E
12F
12C
12L
12K

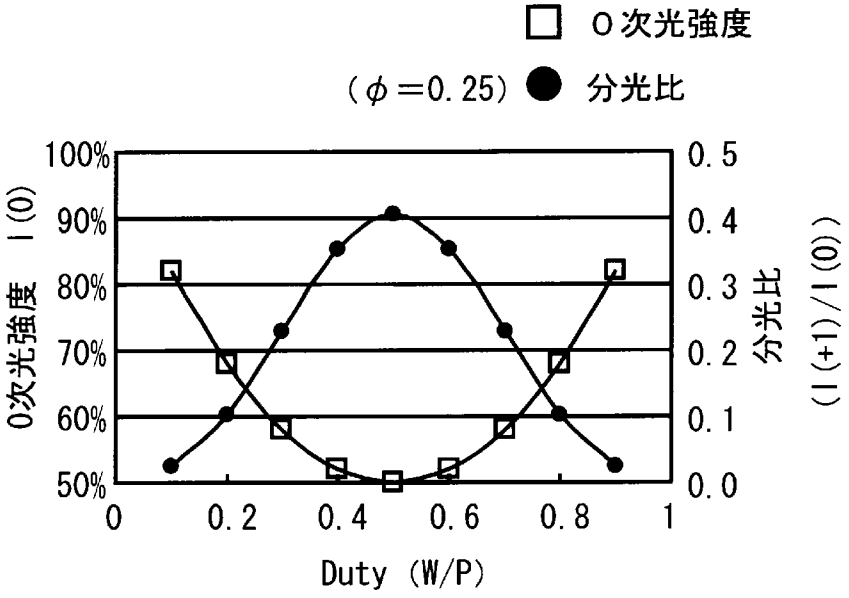
[図3]


12
12A
12D
12B
12E
12F
12C

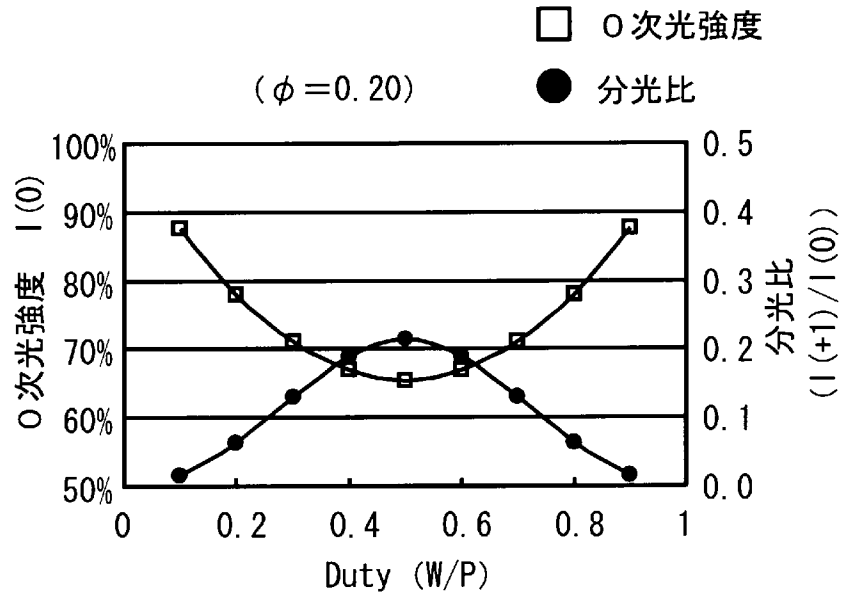
[図4]


● 0.405
○ 0.660
× 0.785
位相シフト量(λ)
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
−0.1
−0.2
−0.3
−0.4
−0.5
格子深さ(μm)
0
1
2
3
4
5

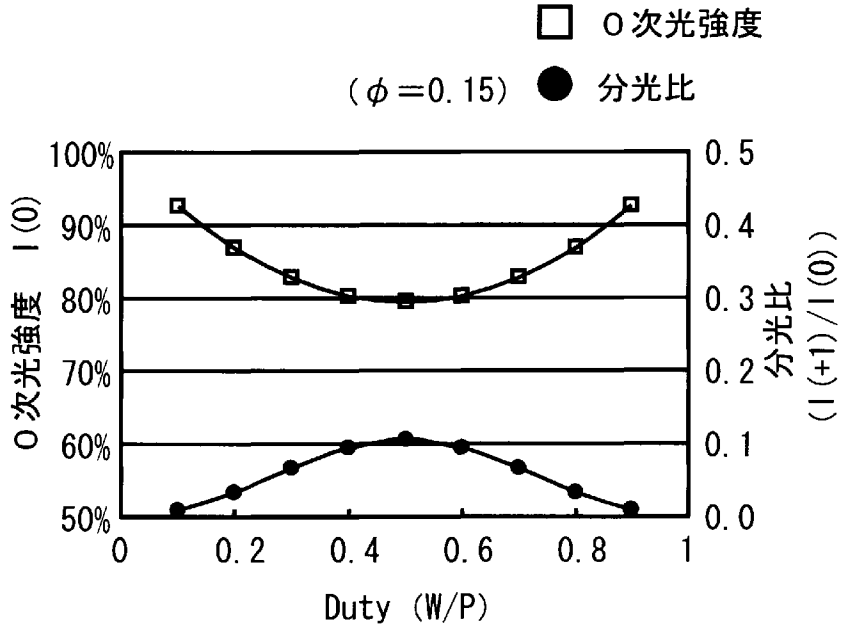
[図5]


0次光強度
(φ=0.25)
分光比
100%
90%
80%
70%
60%
50%
0次光強度 I(0)
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
分光比 (I(+1)/I(0))
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
Duty (W/P)

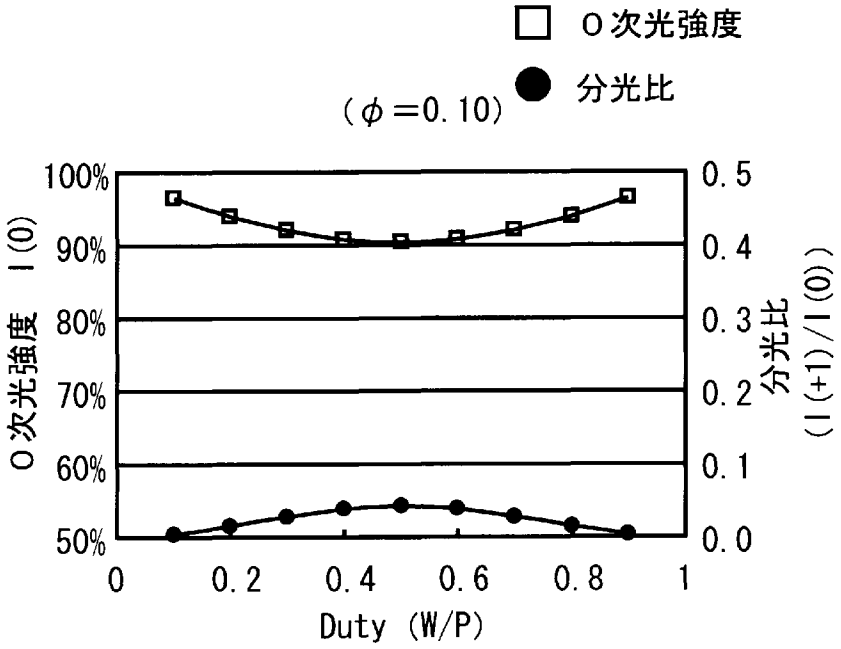
[図6]


0次光強度
(φ=0.20)
分光比
100%
90%
80%
70%
60%
50%
0次光強度 I(0)
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
分光比 (I(+1)/I(0))
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
Duty (W/P)

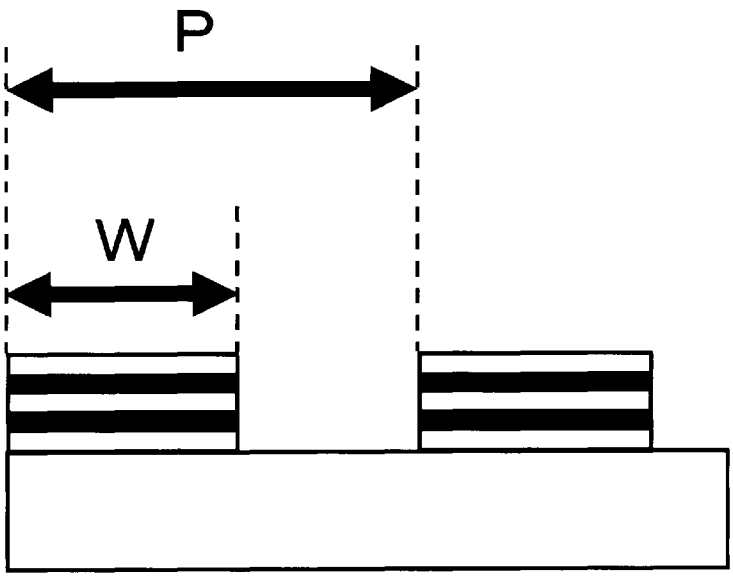
[図7]


0次光強度
(φ=0.15)
分光比
100%
90%
80%
70%
60%
50%
0次光強度 I(0)
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
分光比 (I(+1)/I(0))
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
Duty (W/P)

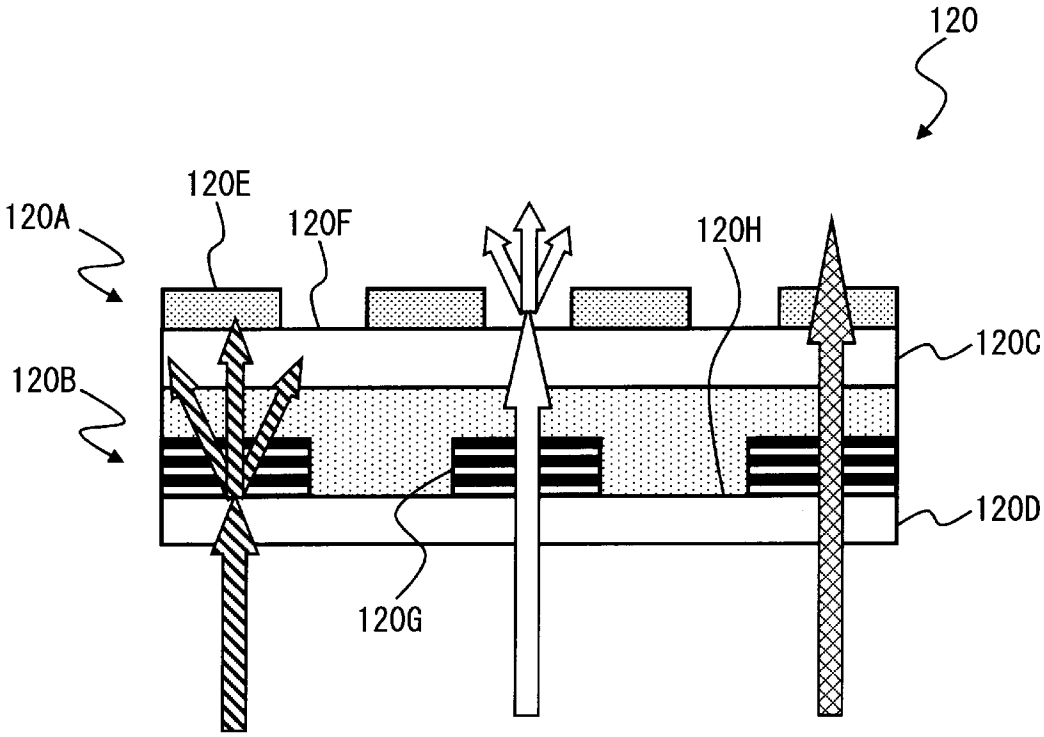
[図8]


0次光強度
分光比
(φ=0.10)
100%
90%
80%
70%
60%
50%
0次光強度 I(0)
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
分光比 (I(+1)/I(0))
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
Duty (W/P)

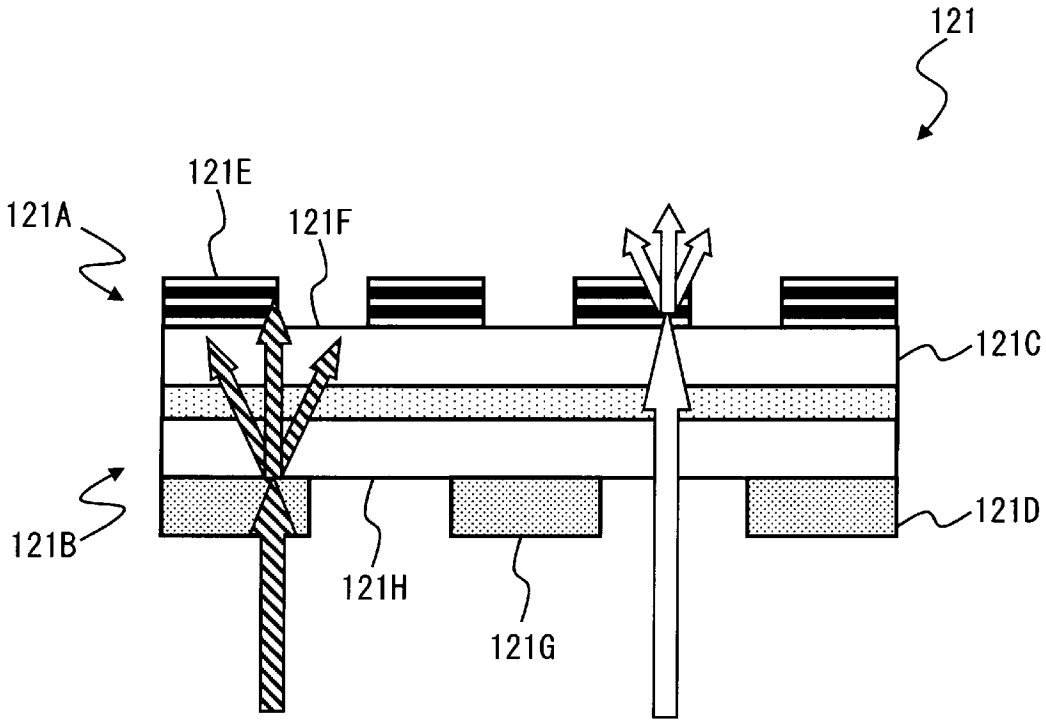
[図9]



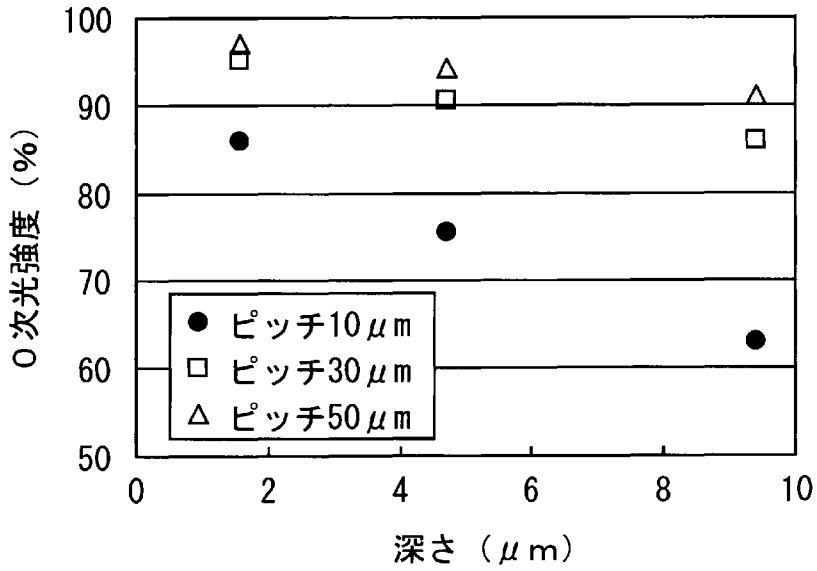
[図10]



[図11]


121
121E
121A
121F
121C
121B
121D
121H
121G

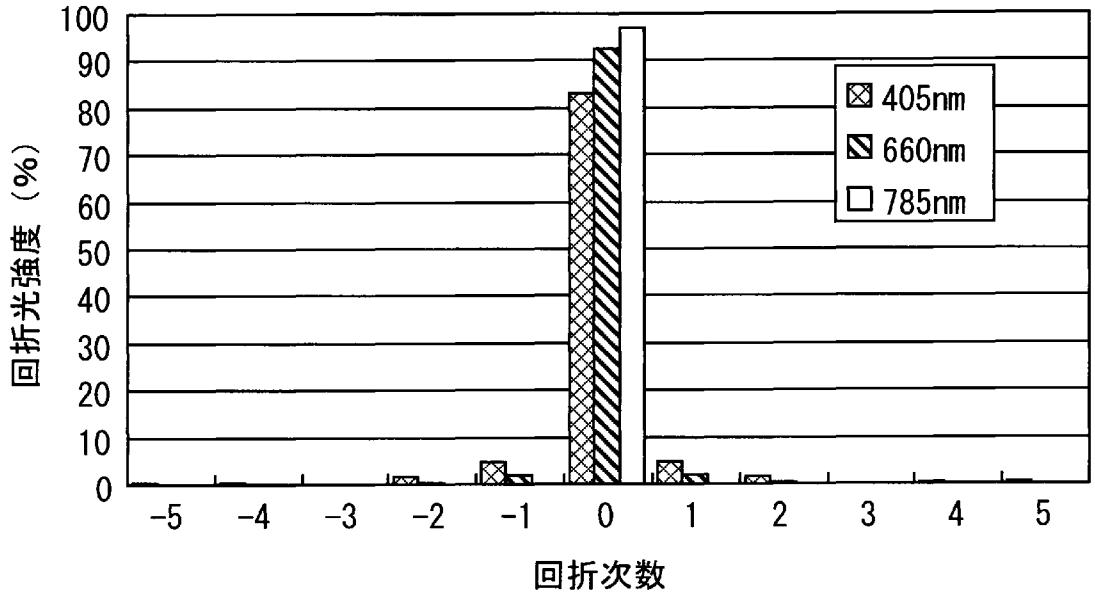
[図12]


100
90
80
70
60
50
0
2
4
6
8
10
0次光強度（%）
深さ（μm）
ピッチ10μm
ピッチ30μm
ピッチ50μm

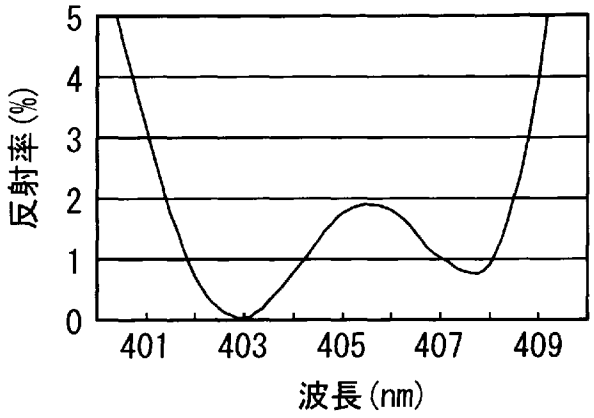
[図13]

層No.	材質	屈折率			膜厚 (μm)
		405nm	660nm	785nm	
-	空気	1.000	1.000	1.000	—
16	SiO2	1.492	1.477	1.475	0.023
15	Ta2O5	2.223	2.108	2.093	0.189
14	SiO2	1.492	1.477	1.475	0.040
13	Ta2O5	2.223	2.108	2.093	0.747
12	SiO2	1.492	1.477	1.475	0.024
11	Ta2O5	2.223	2.108	2.093	0.738
10	SiO2	1.492	1.477	1.475	0.043
9	Ta2O5	2.223	2.108	2.093	0.395
8	SiO2	1.492	1.477	1.475	0.004
7	Ta2O5	2.223	2.108	2.093	0.316
6	SiO2	1.492	1.477	1.475	0.015
5	Ta2O5	2.223	2.108	2.093	0.290
4	SiO2	1.492	1.477	1.475	0.036
3	Ta2O5	2.223	2.108	2.093	0.412
2	SiO2	1.492	1.477	1.475	0.005
1	Ta2O5	2.223	2.108	2.093	0.396
基板	ガラス	1.530	1.514	1.511	—

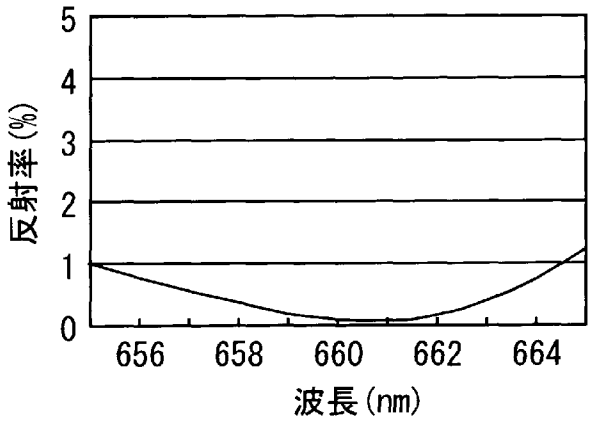
[図14]



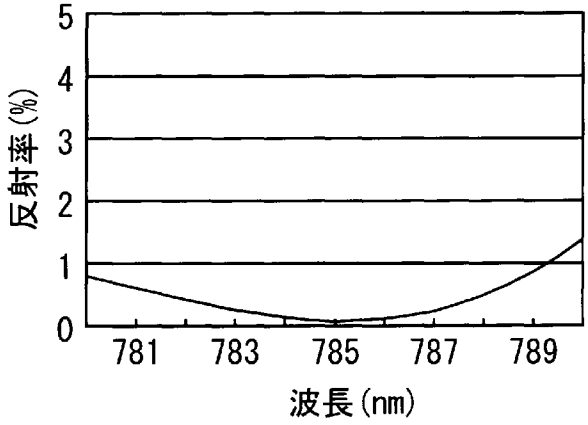
[図15A]


5
4
3
2
1
0
反射率(%)
401
403
405
407
409
波長(nm)

[図15B]


5
4
3
2
1
0
反射率(%)
656
658
660
662
664
波長(nm)

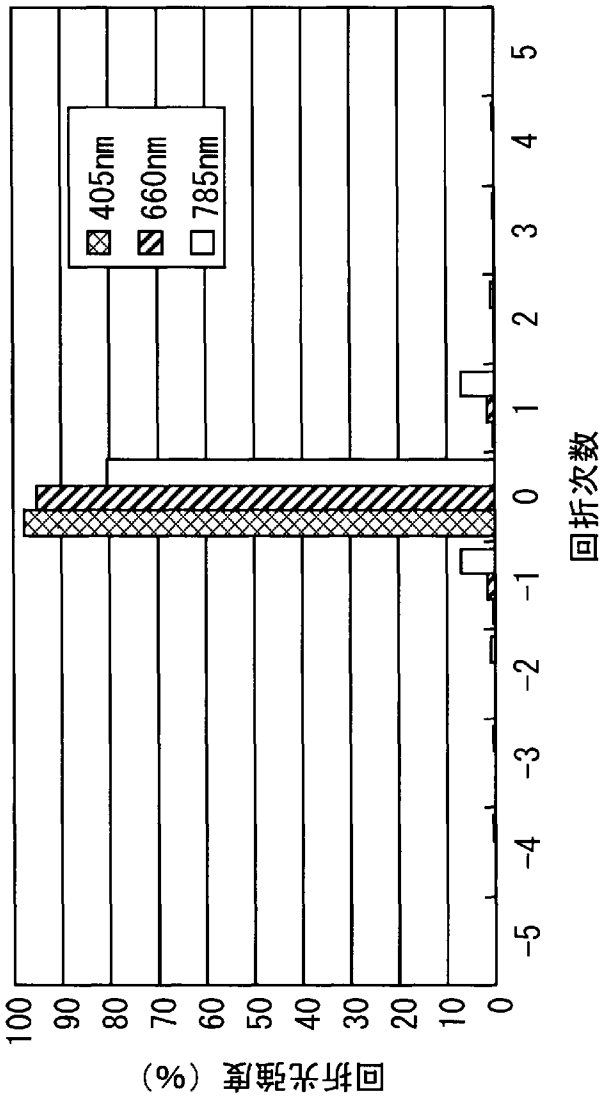
[図15C]



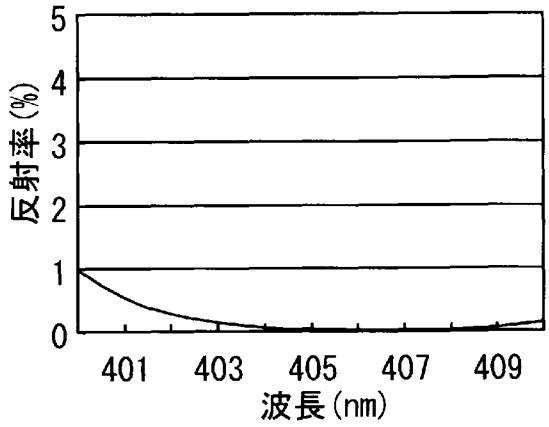
[図16]

層No.	材質	屈折率			膜厚(μm)
		405nm	660nm	785nm	
—	接着剤	1.400	1.385	1.382	—
12	SiO2	1.492	1.477	1.475	0.060
11	Ta2O5	2.223	2.108	2.093	0.086
10	SiO2	1.492	1.477	1.475	0.008
9	Ta2O5	2.223	2.108	2.093	0.197
8	SiO2	1.492	1.477	1.475	0.098
7	Ta2O5	2.223	2.108	2.093	0.178
6	SiO2	1.492	1.477	1.475	0.078
5	Ta2O5	2.223	2.108	2.093	0.164
4	SiO2	1.492	1.477	1.475	0.147
3	Ta2O5	2.223	2.108	2.093	0.149
2	SiO2	1.492	1.477	1.475	0.009
1	Ta2O5	2.223	2.108	2.093	0.126
基板	ガラス	1.530	1.514	1.511	—

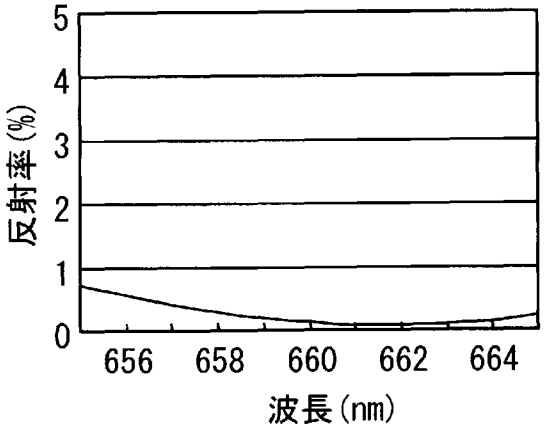
[図17]


405nm
660nm
785nm
回折次数
回折光強度（%）
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-5
-4
-3
-2
-1
0
1
2
3
4
5

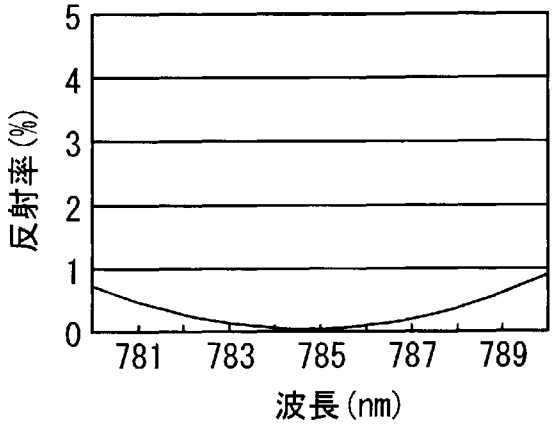
[図18A]


5
4
3
2
1
0
反射率(%)
401
403
405
407
409
波長(nm)

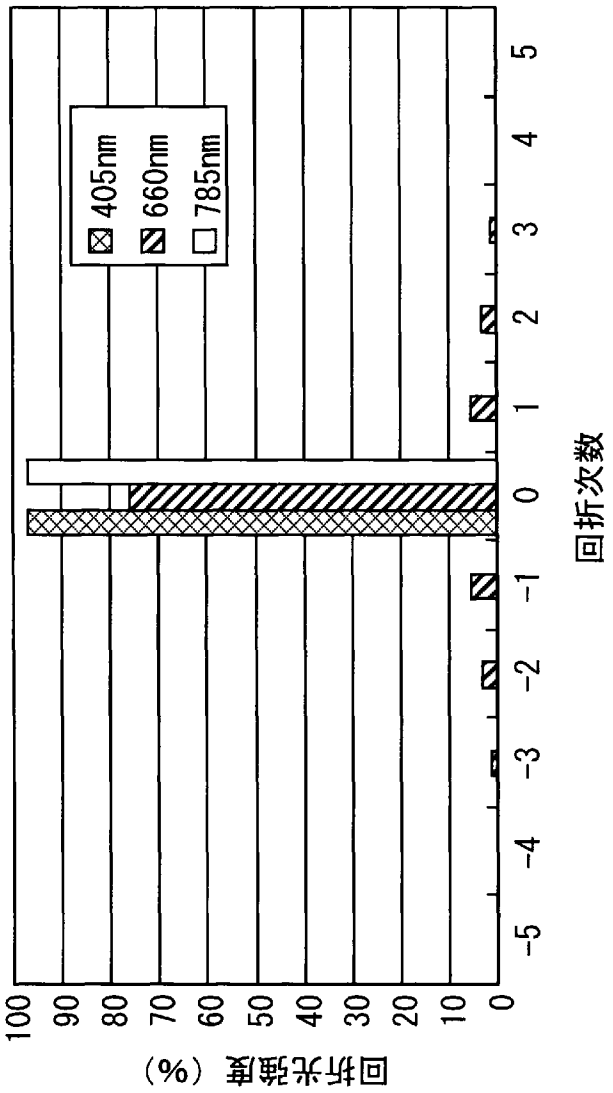
[図18B]


5
4
3
2
1
0
反射率(%)
656
658
660
662
664
波長(nm)

[図18C]



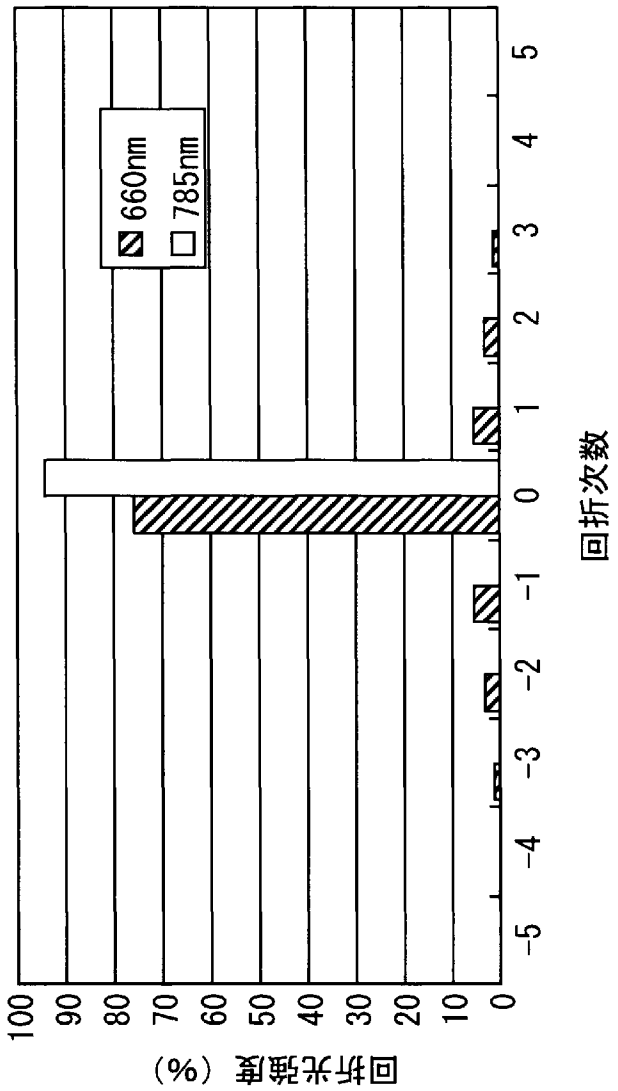
[図19]


405nm
660nm
785nm
回折光強度（%）
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-5
-4
-3
-2
-1
0
1
2
3
4
5
回折次数

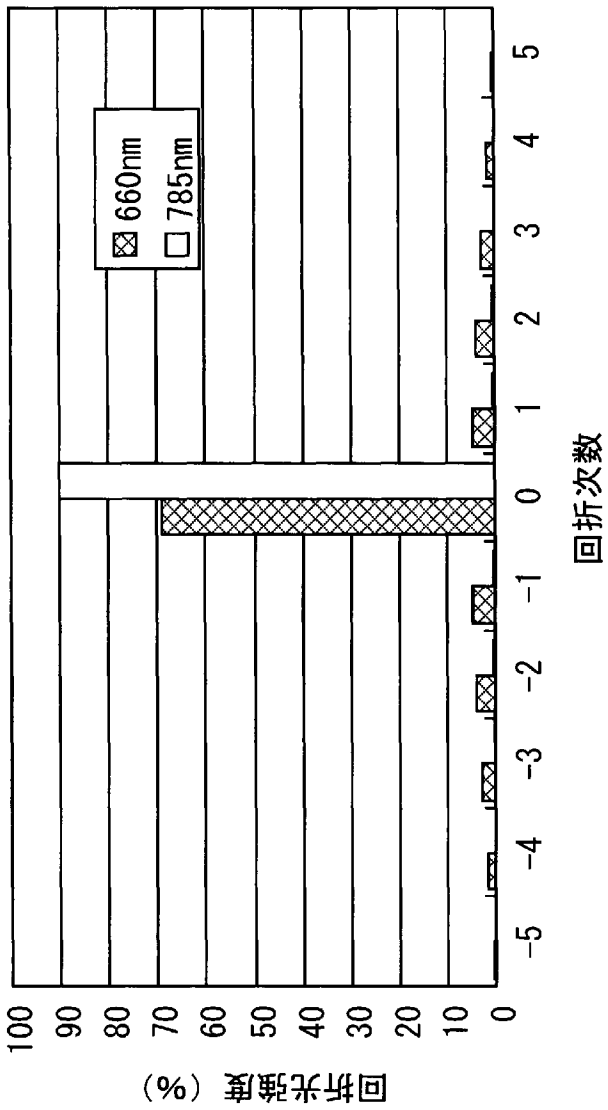
[図20]

層数	材質	屈折率		膜厚
		660nm	785nm	(μm)
—	空気	1	1	—
7	Ta2O5	2.108	2.093	0.196
6	SiO2	1.477	1.475	0.066
5	Ta2O5	2.108	2.093	0.249
4	SiO2	1.477	1.475	0.013
3	Ta2O5	2.108	2.093	0.139
2	SiO2	1.477	1.475	0.041
1	Ta2O5	2.108	2.093	0.056
基板	ガラス	1.514	1.511	—

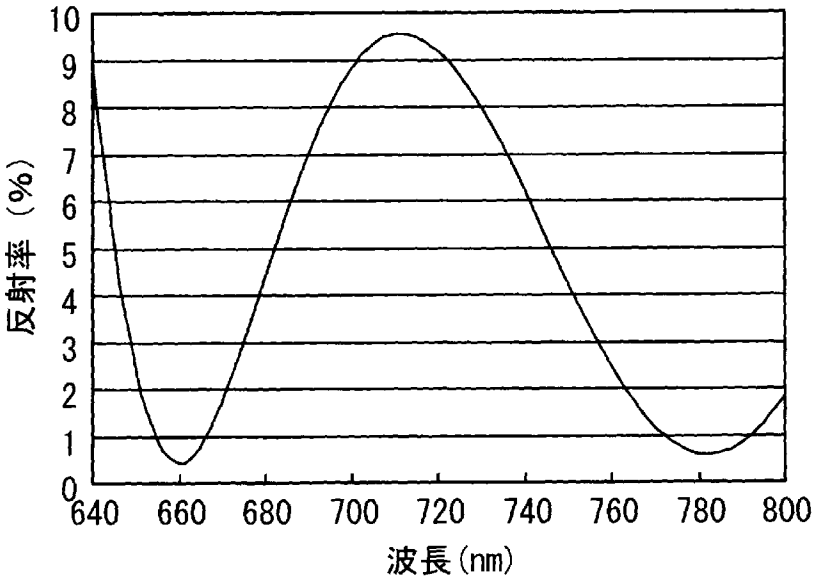
[図21]


660nm
785nm
回折光強度（%）
回折次数
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-5
-4
-3
-2
-1
0
1
2
3
4
5

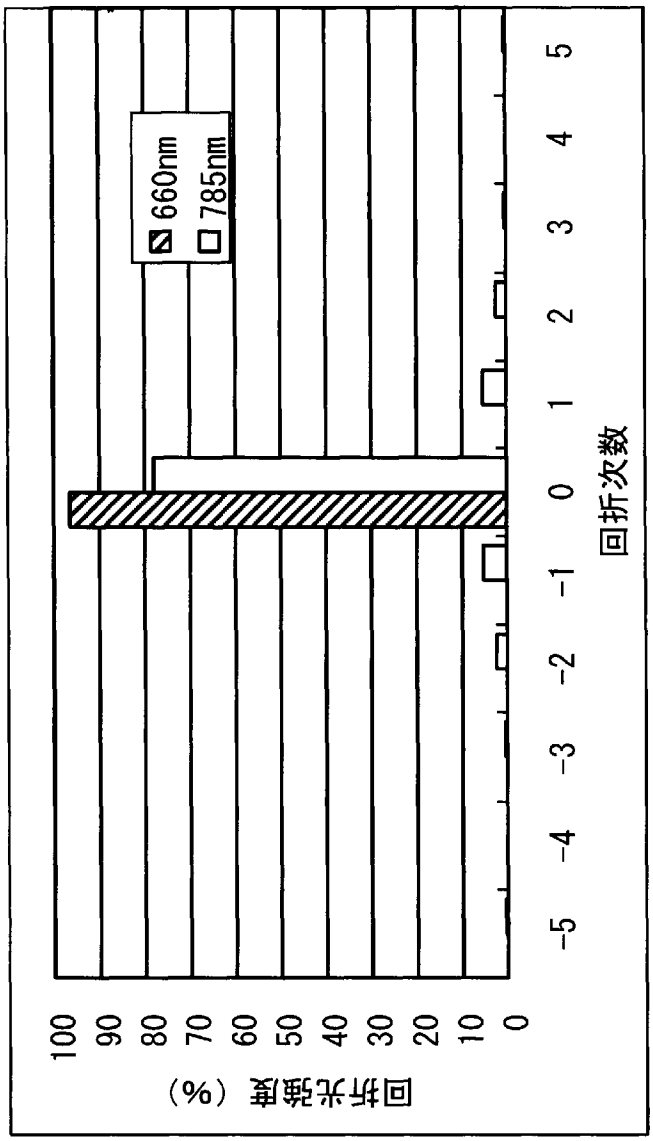
[図22]


660nm
785nm
回折光強度（%）
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-5
-4
-3
-2
-1
0
1
2
3
4
5
回折次数

[図23]



[図24]


660nm
785nm
回折光強度（%）
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-5
-4
-3
-2
-1
0
1
2
3
4
5
回折次数

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/005734

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G11B7/135(2006.01)i, *G02B5/18*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G11B7/135, G02B5/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2006-73042 A (Asahi Glass Co., Ltd.), 16 March 2006 (16.03.2006), paragraphs [0007] to [0011], [0017], [0021], [0023] to [0028]; fig. 2 to 4, 8 to 9 (Family: none)	1-7,9-18, 20-21 8,19
Y	JP 2008-216882 A (Nitto Optical Co., Ltd.), 18 September 2008 (18.09.2008), paragraphs [0002], [0006] to [0008], [0011], [0020] to [0027], [0037] to [0040], [0056] to [0057]; fig. 4, 14, 18, 20 (Family: none)	8,19

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
16 November, 2009 (16.11.09)	24 November, 2009 (24.11.09)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/005734

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-217954 A (Epson Toyocom Corp.), 18 September 2008 (18.09.2008), paragraphs [0018] to [0019], [0046] to [0047]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-21

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００９／００５７３４

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G11B7/135(2006.01)i, G02B5/18(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G11B7/135, G02B5/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２００９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００９年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 2006-73042 A（旭硝子株式会社）2006.03.16, 段落【0007】-【0011】、【0017】、【0021】、【0023】-【0028】、図2-4、8-9（ファミリーなし）	1-7,9-18, 20-21
Y		8,19
Y	JP 2008-216882 A（日東光器株式会社）2008.09.18, 段落【0002】、【0006】-【0008】、【0011】、【0020】-【0027】、【0037】-【0040】【0056】-【0057】、図4、14、18、20（ファミリーなし）	8,19

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 １６．１１．２００９	国際調査報告の発送日 ２４．１１．２００９
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　５Ｄ　９８４７ 鈴木　肇 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５５１

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2008-217954 A (エプソントヨコム株式会社) 2008.09.18, 段落【0018】-【0019】、【0046】-【0047】、図 1-2 (ファミリーなし)	1-21