

(43) 国際公開日
2008年2月14日 (14.02.2008)

PCT

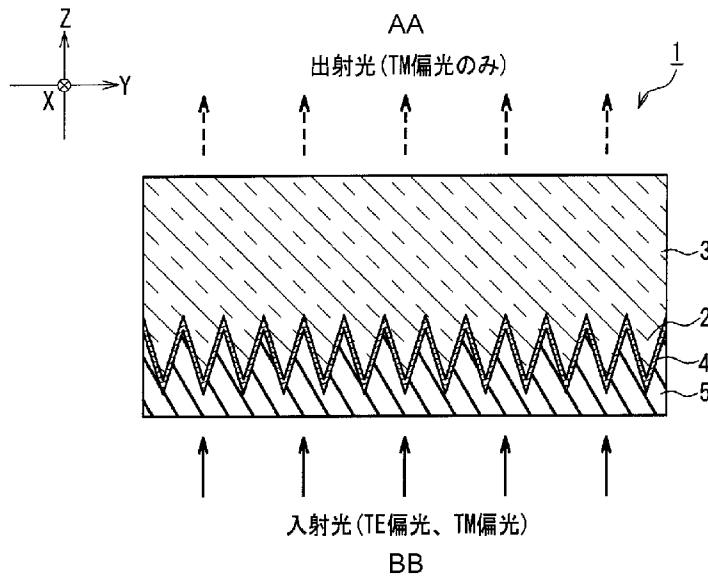
(10) 国際公開番号
WO 2008/018247 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 5/30 (2006.01) G02F 1/1335 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/062782
- (22) 国際出願日: 2007年6月26日 (26.06.2007)
- (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2006-217119 2006年8月9日 (09.08.2006) JP
特願2007-031543 2007年2月13日 (13.02.2007) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本板硝子株式会社 (NIPPON SHEET GLASS COMPANY, LIMITED) [JP/JP]; 〒1086321 東京都港区三田三丁目5番27号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 橋高重雄 (KIT-TAKA, Shigeo). 中澤達洋 (NAKAZAWA, Tatsuhiko). 田中智 (TANAKA, Satoshi). 池内一智 (IKEUCHI, Kazutomo). 常友啓司 (TSUNETOMO, Keiji).
- (74) 代理人: 特許業務法人池内・佐藤アンドパートナーズ (IKEUCHI SATO & PARTNER PATENT ATTORNEYS); 〒5306026 大阪府大阪市北区天満橋1丁目8番30号 OAPタワー26階 Osaka (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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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,

[続葉有]

(54) Title: TRANSMISSION TYPE POLARIZING ELEMENT, AND COMPLEX POLARIZING PLATE USING THE ELEMENT

(54) 発明の名称: 透過型偏光素子及びそれを用いた複合偏光板



AA... OUTGOING LIGHT
(ONLY TM POLARIZATION)

BB... INCIDENT LIGHT
(TE POLARIZATION, TM POLARIZATION)

(57) Abstract: Provided is a transmission type polarizing element (1), which is constituted to comprise a dielectric substrate (3) having such a structure on the surface of its one side that a plurality of ridges (2) of an angular section are arranged in parallel, a thin film (4) made of an optically absorptive substance and formed on the surface of the angularly sectional ridges (2), and a first dielectric substance layer (5) for covering such a surface of the thin film (4) made of the optically absorptive substance as is located on the opposite side of the dielectric substrate (3). This transmission type polarizing element (1) transmits such a TM polarizing component of the light normally incident on the dielectric substrate (3) that the vibration direction of a magnetic field is identical to the longitudinal direction of the ridges (2), but absorbs a TM polarizing component having the same vibration direction of the magnetic field as the longitudinal direction of the ridges (2). By the convenient constitution, therefore, it is possible to provide the transmission type polarizing element, which can be used as the polarizing plate having little return light but an excellent durability.

(57) 要約: 複数の山型断面のリッジ2が平行に並ぶ構造をその片側の表面に有する誘電体基板3と、複数の山型断面のリッジ2の表面に形成された光吸収性物質からなる薄膜4と、光吸収性物質からなる薄膜4における、誘電体基板3と反対側の表面を被覆する第1の誘電体物質層5と、により透過型偏光素子1を構成する。この透過型偏光素子1は、誘電体基板3に垂直に入射する光のうち、磁場の振動方向がリッジ2の長さ方向と同じであるTM

[続葉有]



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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(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,

添付公開書類:
— 国際調査報告書

偏光成分を透過させ、電場の振動方向がリッジ2の長さ方向と同じであるTE偏光成分を吸収する。これにより、戻り光が少なく、しかも、耐久性に優れた、偏光板として用いることのできる透過型偏光素子を、簡便な構成によって提供することができる。

明 細 書

透過型偏光素子及びそれを用いた複合偏光板

技術分野

- [0001] 本発明は、略平行な光の一偏光成分を透過させ、それとは異なる偏光成分を吸収し、偏光板として用いることのできる透過型偏光素子、及び当該透過型偏光素子を用いた複合偏光板に関する。

背景技術

- [0002] 入射する光のうち特定の偏光成分のみを透過させる偏光板は、液晶ディスプレイパネル、光ディスク記録再生装置の読み取り用及び書き込み用のヘッド部分、光通信などに広く用いられている。
- [0003] 図50は、液晶プロジェクタの光学系を示す模式図である。図50に示すように、光源13から出射された光は、赤、緑、青の波長成分に分けられた後、別個の液晶ディスプレイパネル14、15、16の照明光となる。そして、各液晶ディスプレイパネル14、15、16の映像は、ダイクロイックプリズム17によって重ね合わされた後、投影レンズ18によってスクリーンなどに投影される。ここで、各液晶ディスプレイパネル14、15、16の前後には、入射する光のうち一方の偏光成分のみを透過させるための入射側偏光板19及び出射側偏光板20が配置されている。
- [0004] 液晶ディスプレイパネル用の偏光板には、両偏光成分の透過率の比率(消光比)が大きいこと、透過する偏光成分の透過率が高いことのほかに、出射側偏光板の反射による戻り光が少ないことが要求される。なぜならば、図50に示す出射側偏光板20の反射による戻り光が液晶ディスプレイパネルに再入射すると、それが迷光となって映像のコントラストを低下させてしまうからである。出射側偏光板20の反射による戻り光を低減するためには、例えば、非透過偏光成分のエネルギーを吸収する構造が必要である。
- [0005] 吸収型の偏光板としては、他方の偏光成分を吸収する方向性有機膜、極めて薄い金属膜を一定間隔で並べた積層型偏光器(例えば、「第3・光の鉛筆」鶴田匡夫著 株式会社新技術コミュニケーションズ 285頁、図23. 7(1993年)参照)、あるいは、

方向の揃った微小な針状の金属をランダムに含むガラス層(商品名:ポーラコア、米国コーニング社)、誘電体からなるフォトニック結晶体の中に細長い金属部分を何層も重ねて配置したもの(例えば、特開平11-237507号公報参照)などが知られている。

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0006] しかし、方向性有機膜は、安価であるために液晶ディスプレイパネルに広く用いられているが、光の照射によって劣化しやすいという問題点があり、特に緑色光及び青色光の場合に著しい。また、無機材料を用いた偏光板は耐久性に優れているが、積層型偏光器は、非常に薄い層を多数重ねて成膜する必要があるためにコスト高となり、また、大面積のものを生産しにくいという問題点もある。また、ポーラコアや、誘電体からなるフォトニック結晶体の中に細長い金属部分を何層も重ねて配置したものは、作製に手間がかかると共に、高価であるという問題点がある。

[0007] 本発明は、戻り光が少なく、偏光板として用いることのできる透過型偏光素子を、簡便な構成によって提供することを目的とする。

[0008] また、本発明は、大きな消光比を確保すべく、当該透過型偏光素子を用いた複合偏光板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

[0009] 前記目的を達成するため、本発明に係る透過型偏光素子の構成は、複数の山型断面のリッジが平行に並ぶ構造をその片側の表面に有する誘電体基板と、前記複数の山型断面のリッジの上に設けられた光吸収性物質からなる薄膜とを備え、前記誘電体基板に垂直に入射する光のうち、磁場の振動方向が前記リッジの長さ方向と同じであるTM偏光成分を透過させ、電場の振動方向が前記リッジの長さ方向と同じであるTE偏光成分を吸収することを特徴とする。

[0010] また、前記本発明の透過型偏光素子の構成においては、前記光吸収性物質からなる薄膜における、前記誘電体基板と反対側の表面が、第1誘電体物質層によって被覆されているのが好ましい。

[0011] また、この場合には、前記第1誘電体物質層における、前記誘電体基板と反対側の

表面が、平面であるのが好ましい。

[0012] また、この場合には、前記第1誘電体物質層における、前記誘電体基板と反対側の表面が、前記山型断面に追従した形状であるのが好ましい。

[0013] また、この場合には、前記光吸収性物質からなる薄膜における、前記誘電体基板と反対側の表面を被覆する前記第1誘電体物質層が、前記山型断面に追従した形状の誘電体多層膜であるのが好ましい。

[0014] また、前記本発明の透過型偏光素子の構成においては、前記複数の山型断面のリッジは、それぞれが同じ断面形状を有し、かつ、一定の周期で平行に並んでいるのが好ましい。

[0015] また、前記本発明の透過型偏光素子の構成においては、前記光吸収性物質からなる薄膜が、第2誘電体物質層を挟んで複数層配置されているのが好ましい。

[0016] また、前記本発明の透過型偏光素子の構成においては、前記光吸収性物質からなる薄膜と前記誘電体基板との間に、前記山型断面に追従した形状の誘電体多層膜が設けられているのが好ましい。

[0017] また、本発明に係る複合偏光板の構成は、光の入射側に配置される第1透過型偏光素子と、光の出射側に配置される第2透過型偏光素子とを備えた複合偏光板であって、前記第1及び第2透過型偏光素子のうち、前記第1透過型偏光素子のみが前記本発明の透過型偏光素子からなることを特徴とする。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、戻り光の少ない簡便な構成の偏光板を、無機材料によって構成することができる。これにより、有機材料で構成される偏光板に比べて、耐久性に優れる特徴を有する。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]図1は、本発明の第1実施形態における、透過型偏光素子を示す断面図である。

[図2]図2は、本発明の第2実施形態における、透過型偏光素子を示す断面図である。

[図3]図3は、本発明の第3実施形態における、透過型偏光素子を示す断面図である。

。

[図4]図4は、本発明の第4実施形態における、複合偏光板を示す断面図である。

[図5]図5は、本発明の第5実施形態における、透過型偏光素子を示す断面図である

。

[図6]図6は、本発明の第6実施形態における、透過型偏光素子を示す断面図である

。

[図7]図7は、本発明の第7実施形態における、透過型偏光素子を示す断面図である

。

[図8]図8(a)、(b)は、本発明の実施の形態における、透過型偏光素子の他の例を示す断面図である。

[図9]図9は、本発明の実施の形態における、透過型偏光素子のさらに他の例を示す断面図である。

[図10]図10は、本発明の設計例1～5における、透過型偏光素子を示す断面図である。

[図11]図11(a)、(b)は、本発明の設計例1における、空気側への反射率と誘電体基板側への透過率を、TE偏光及びTM偏光について、それぞれ示したグラフである。

[図12]図12(a)、(b)は、本発明の設計例2における、空気側への反射率と誘電体基板側への透過率を、TE偏光及びTM偏光について、それぞれ示したグラフである。

[図13]図13(a)、(b)は、本発明の設計例3における、空気側への反射率と誘電体基板側への透過率を、TE偏光及びTM偏光について、それぞれ示したグラフである。

[図14]図14(a)、(b)は、本発明の設計例4における、空気側への反射率と誘電体基板側への透過率を、TE偏光及びTM偏光について、それぞれ示したグラフである。

[図15]図15(a)、(b)は、本発明の設計例5における、空気側への反射率と誘電体基板側への透過率を、TE偏光及びTM偏光について、それぞれ示したグラフである。

[図16]図16は、本発明の参考例1、2における、透過型偏光素子を示す断面図である。

[図17]図17(a)、(b)は、本発明の参考例1における、空気側への反射率と誘電体基板側への透過率を、TE偏光及びTM偏光について、それぞれ示したグラフである。

[図18]図18(a)、(b)は、本発明の参考例2における、空気側への反射率と誘電体基板側への透過率を、TE偏光及びTM偏光について、それぞれ示したグラフである。

[図19]図19は、本発明の設計例6における、透過型偏光素子を示す断面図である。

[図20]図20(a)、(b)は、本発明の設計例6における、空気側への反射率と誘電体基板側への透過率を、TE偏光及びTM偏光について、それぞれ示したグラフである。

[図21]図21(a)、(b)は、本発明の設計例7における、透過率、反射率、吸収率を、TM偏光及びTE偏光について、それぞれ示したグラフである。

[図22]図22(a)、(b)は、本発明の参考例3における、透過率、反射率、吸収率を、TM偏光及びTE偏光について、それぞれ示したグラフである。

[図23]図23(a)、(b)は、本発明の設計例8における、透過率、反射率、吸収率を、TM偏光及びTE偏光について、それぞれ示したグラフである。

[図24]図24(a)、(b)は、本発明の設計例9における、透過率、反射率、吸収率を、TM偏光及びTE偏光について、それぞれ示したグラフである。

[図25]図25は、本発明の実施例1における、透過型偏光素子を示す断面図である。

[図26]図26は、本発明の実施例1における、透過率、反射率を、TM偏光及びTE偏光について示したグラフである。

[図27]図27は、本発明の実施例2における、透過型偏光素子を示す断面図である。

[図28]図28は、本発明の実施例2における、透過型偏光素子の電子顕微鏡写真である。

[図29]図29は、本発明の実施例2における、透過率、反射率を、TM偏光及びTE偏光について示したグラフである。

[図30]図30は、本発明の実施例3における、透過型偏光素子の電子顕微鏡写真である。

[図31]図31は、本発明の実施例3における、透過率、反射率を、TM偏光及びTE偏光について示したグラフである。

[図32]図32は、本発明の実施例4における、透過率、反射率を、TM偏光及びTE偏光について示したグラフである。

[図33]図33は、本発明の設計例10における、金属Nbからなる金属膜の屈折率($n +$

ki)を示したグラフである。

[図34]図34は、本発明の設計例10における、 Nb_2O_5 膜(H層)の屈折率 n を示したグラフである。

[図35]図35は、本発明の設計例10における、 SiO_2 膜(L層)の屈折率 n を示したグラフである。

[図36]図36(a)は、本発明の設計例10における、透過率、反射率を、TM偏光及びTE偏光について、それぞれ示したグラフ(入射角 θ が 0° の場合)であり、図36(b)は、反射率について一部を拡大して示したグラフである。

[図37]図37(a)は、本発明の設計例10における、透過率、反射率を、TM偏光及びTE偏光について、それぞれ示したグラフ(入射角 θ が 10° の場合)であり、図37(b)は、反射率について一部を拡大して示したグラフである。

[図38]図38(a)は、本発明の設計例11における、透過率、反射率を、TM偏光及びTE偏光について、それぞれ示したグラフ(入射角 θ が 0° の場合)であり、図38(b)は、反射率について一部を拡大して示したグラフである。

[図39]図39(a)は、本発明の設計例11における、透過率、反射率を、TM偏光及びTE偏光について、それぞれ示したグラフ(入射角 θ が 10° の場合)であり、図39(b)は、反射率について一部を拡大して示したグラフである。

[図40]図40(a)は、本発明の設計例12における、透過率、反射率を、TM偏光及びTE偏光について、それぞれ示したグラフ(入射角 θ が 0° の場合)であり、図40(b)は、反射率について一部を拡大して示したグラフである。

[図41]図41(a)は、本発明の設計例12における、透過率、反射率を、TM偏光及びTE偏光について、それぞれ示したグラフ(入射角 θ が 10° の場合)であり、図41(b)は、反射率について一部を拡大して示したグラフである。

[図42]図42(a)は、本発明の設計例13における、透過率、反射率を、TM偏光及びTE偏光について、それぞれ示したグラフ(入射角 θ が 0° の場合)であり、図42(b)は、反射率について一部を拡大して示したグラフである。

[図43]図43(a)は、本発明の設計例13における、透過率、反射率を、TM偏光及びTE偏光について、それぞれ示したグラフ(入射角 θ が 10° の場合)であり、図43(b)

)は、反射率について一部を拡大して示したグラフである。

[図44]図44(a)は、本発明の設計例14における、透過率、反射率を、TM偏光及びTE偏光について、それぞれ示したグラフ(入射角 θ が 0° の場合)であり、図44(b)は、反射率について一部を拡大して示したグラフである。

[図45]図45(a)は、本発明の設計例14における、透過率、反射率を、TM偏光及びTE偏光について、それぞれ示したグラフ(入射角 θ が 10° の場合)であり、図45(b)は、反射率について一部を拡大して示したグラフである。

[図46]図46(a)は、本発明の設計例15における、透過率、反射率を、TM偏光及びTE偏光について、それぞれ示したグラフ(入射角 θ が 0° の場合)であり、図46(b)は、反射率について一部を拡大して示したグラフである。

[図47]図47(a)は、本発明の設計例15における、透過率、反射率を、TM偏光及びTE偏光について、それぞれ示したグラフ(入射角 θ が 10° の場合)であり、図47(b)は、反射率について一部を拡大して示したグラフである。

[図48]図48は、本発明の実施例5における、透過率、反射率を、TM偏光及びTE偏光について、それぞれ示したグラフである。

[図49]図49は、積層型偏光器を示す模式図である。

[図50]図50は、液晶プロジェクタの光学系を示す模式図である。

発明を実施するための最良の形態

[0020] 以下、実施形態を用いて本発明をさらに具体的に説明する。

[0021] [第1実施形態]

本発明の原理を理解するために、まず、前述した積層型偏光器について説明する。図49は、積層型偏光器を示す模式図である。図49に示すように、積層型偏光器は、厚さ数nmの金属膜11と厚さ数百nmの誘電体層12とが交互に積層された構造となっている。積層型偏光器において、金属膜11の広がり方向に光を入射させると、そのTE偏光成分は、電場の振動方向が金属膜11の広がり方向と一致しているため、金属膜11内の自由電子を振動させる。その結果、金属膜11内に電流が流れ、光エネルギーは熱となって金属膜11に吸収される。これに対して、TM偏光成分は、電場の振動方向が金属膜11の厚さ方向であるため、金属膜11内の自由電子を振動させ

にくく、光エネルギーはほとんど金属膜11に吸収されない。したがって、この積層型偏光器は、TM偏光成分のみを透過させることができる。

[0022] 次に、本発明の透過型偏光素子について説明する。図1は、本発明の第1実施形態における、透過型偏光素子を示す断面図である。

[0023] 図1に示すように、本実施形態の透過型偏光素子1は、複数の山型断面のリッジ2が平行に並ぶ構造をその片側の表面に有する誘電体基板3と、複数の山型断面のリッジ2の表面に形成された光吸収性物質からなる薄膜4と、光吸収性物質からなる薄膜4における、誘電体基板3と反対側の表面を被覆する第1誘電体物質層5と、により構成されている。

[0024] ここで、複数の山型断面のリッジ2は、それぞれが断面三角形の同じ形状を有し、かつ、一定の周期で平行に並んでいる。また、光吸収性物質からなる薄膜4としては、金属膜が用いられている。また、第1誘電体物質層5における、誘電体基板3と反対側の表面は、平面となっている。

[0025] また、本実施形態の透過型偏光素子1においては、有害な回折光が発生しないように、山型断面部分の大きさや構造周期を、使用する光の波長よりも十分に小さくしている。

[0026] 透過型偏光素子1に第1誘電体物質層5側から垂直に入射する光について考えると、そのTE偏光成分は、電場の振動方向がリッジ2の長さ方向(X軸方向)と平行であるため、光吸収性物質からなる薄膜4である金属膜内の自由電子を振動させやすい。その結果、金属膜内を電流が流れ、光エネルギーは熱となって金属膜に吸収される。これに対して、TM偏光成分は、電場の振動方向がリッジ2の長さ方向と垂直なY軸方向である(すなわち、TM偏光成分は、磁場の振動方向がリッジ2の長さ方向と同じである)。そして、この場合、電場の振動方向は金属膜の厚み方向に近いので、金属膜内での自由電子の振動は起こりにくく、光エネルギーはほとんど金属膜に吸収されない。したがって、本実施形態の透過型偏光素子1は、TM偏光成分のみを透過させる偏光板として用いることができる。

[0027] 本実施形態の透過型偏光素子1の場合、TM偏光成分の電場の振動方向は、金属膜の広がり方向に対して完全には垂直となっていないので、金属膜内での自由電

子の振動は、図49の積層型偏光器の場合よりも起こりやすく、TM偏光成分に関する光エネルギーの吸収は、図49の積層型偏光器の場合よりも多くなる。また、本実施形態の透過型偏光素子1の場合には、金属膜に切れ目が無いため、光量の損失も大きくなる。

[0028] 一方、図49の積層型偏光器は、非常に薄い層を多数重ねて成膜する必要があるためにコスト高となり、また、大面積のものを生産しにくいという問題点もある。これに対し、本実施形態の透過型偏光素子1の構成によれば、

(1) 誘電体基板3に対する断面三角形の溝の加工(断面三角形のリッジ2の形成)

、

(2) 光吸収性物質からなる薄膜4(金属膜)の形成、

(3) 第1誘電体物質層5の積層、

という比較的単純な一連の工程によって大面積のものを安価に生産することができる。また、本実施形態の透過型偏光素子1の構成によれば、後述する設計例にも示されているように、TM偏光成分の光量損失を実用的な範囲内に収めることができる。

[0029] 本実施形態の透過型偏光素子1においては、誘電体基板3の山型断面部分の底辺(周期)をB、高さをHとして、アスペクト比を H/B と定義した場合(図10参照)、アスペクト比は大きいほど好ましい。光吸収性物質からなる薄膜4(金属膜)の材料が同じであれば、アスペクト比を大きくするほど、図49の積層型偏光器の構成に近くなり、TM偏光成分の透過率及び消光比を大きくすることができるからである。

[0030] 本実施形態の誘電体基板3の材料は、使用する光の波長域に対して透明な物質であればよく、熔融石英、光学ガラス、板ガラス、結晶化ガラス、単結晶シリコンなどの半導体など、耐熱性の良好な無機材料であるのが好ましい。また、耐熱性がそれほど要求されない用途であれば、誘電体基板3の材料として、アクリルやポリカーボネートなどのプラスチック材料を用いることもできる。

[0031] 誘電体基板3の表面における、複数の山型断面のリッジ2は、

(a) 誘電体基板3の表面に平行な溝状のマスクパターンを形成して、エッチングする、

(b) 誘電体基板3の表面に樹脂層を塗布して、型押しする(いわゆる、ナノインプリ

ンティング)、

(c) 誘電体基板3の表面にゾルゲルガラス層を形成して型押しした後、それを硬化させる、

(d) 誘電体基板3の表面に対して直接型押しする、
といった方法により形成することができる。なお、誘電体基板部分と山型断面部分の材料は、異なっても差し支えない。

[0032] 光吸収性物質からなる薄膜4の材料としては、チタン、スズ、クロム、金、銀、アルミニウム、銅、白金、タングステン、モリブデン、ニッケル、ニオブといったものの単体や合金を用いることができる。なお、光吸収性物質からなる薄膜4の材料は、金属に限定されるものではなく、シリコン、ゲルマニウムなどの半導体や化合物半導体、グラファイトなどであってもよい。そして、これらの材料は、スパッタリング法、真空蒸着法、化学めっき法、液相成長法、気相成長法といった方法により、薄膜として形成される。

[0033] 光吸収性物質からなる薄膜4が空気に直接接していると、界面での反射率が大きくなって、戻り光の割合が大きくなってしまう。また、光吸収性物質からなる薄膜4の材料として金属を用いた場合には、その表面に付着した汚れが取れにくいという問題もある。そこで、光吸収性物質からなる薄膜4における、誘電体基板3と反対側の表面は、空気との接触を避けるために、前述のように第1誘電体物質層5によって被覆されているのが好ましい。なお、第1誘電体物質層5は、本発明に必須のものではなく、戻り光や汚れの問題が無視できる用途であれば、省略することができる。

[0034] 光吸収性物質からなる薄膜4における、誘電体基板3と反対側の表面を、第1誘電体物質層5によって被覆する方法としては、

(e) CVD (Chemical Vapor Deposition) 法により、石英を主体とするガラス層を堆積させる、

(f) ゾルゲルガラスを塗布して硬化させる、

(g) 硬化性樹脂材料を塗布し、紫外線照射あるいは加熱によって硬化させる、

(h) ガラス材料を、スパッタリングによって膜付けする、
を例示できる。

[0035] なお、本実施形態においては、第1誘電体物質層5における、誘電体基板3と反対

側の表面が、平面である場合を例に挙げて説明したが、必ずしもかかる構成に限定されるものではない。第1誘電体物質層5における、誘電体基板3と反対側の表面は、例えば、山型断面に追随した形状であってもよい(図3の“5a”参照)。

[0036] [第2実施形態]

図2は、本発明の第2実施形態における、透過型偏光素子を示す断面図である。

[0037] 図2に示すように、第1誘電体物質層5における、誘電体基板3と反対側の表面には、単層あるいは多層の第1反射防止層6が設けられている。また、誘電体基板3における、第1誘電体物質層5と反対側の表面には、単層あるいは多層の第2反射防止層7が設けられている。その他の構成は、前述した第1実施形態の透過型偏光素子1と同様であるため、図1に示す部材と同一の部材には同一の参照符号を付し、それらの説明は省略する。

[0038] 第1及び第2反射防止層6、7の材料としては、 Ta_2O_5 (屈折率2.1)、 TiO_2 (屈折率2.2~2.5)、 Nb_2O_5 (屈折率2.35)、 MgF_2 (屈折率1.38)、 SiO_2 (屈折率1.45)、 Y_2O_3 (屈折率1.8)、 MgO (屈折率1.7)、 Al_2O_3 (屈折率1.63)などを用いることができる。そして、これらの材料は、真空蒸着法、スパッタリング法、CVD法などの方法を用いて成膜することができる。

[0039] 本実施形態の構成によれば、前述した第1実施形態の透過型偏光素子1を挟む形で第1及び第2反射防止層6、7を設けるようにしたことにより、戻り光のさらなる低減を図ることが可能となる。なお、第1及び第2反射防止層6、7は、本発明に必須のものではなく、戻り光の問題が無視できる用途であれば、省略することができる。

[0040] [第3実施形態]

図3は、本発明の第3実施形態における、透過型偏光素子を示す断面図である。

[0041] 本実施形態の透過型偏光素子においては、光吸収性物質からなる薄膜が、第2誘電体物質層を挟んで複数層配置されている。以下、図3を参照しながら、本実施形態の透過型偏光素子について、さらに詳細に説明する。

[0042] 図3に示すように、本実施形態の透過型偏光素子1aにおいては、光吸収性物質からなる薄膜としての第1及び第2金属膜4a、4bが、第2誘電体物質層8を挟んで誘電体基板3側から順に配置されている。また、第2金属膜4bにおける、誘電体基板3と

反対側の表面は、第1誘電体物質層5aによって被覆されている。全体の消光比は、おおよそ各金属膜4a、4bの消光比の積となるので、本実施形態の構成によれば、大きな消光比を得ることができる。

[0043] 本実施形態の透過型偏光素子1aは、複数の山型断面のリッジ2が平行に並ぶ構造をその片側の表面に有する誘電体基板3上に、金属の成膜と誘電体物質の成膜とを交互に行うことにより、作製することができる。なお、図3においては、第2金属膜4bを被覆する第1誘電体物質層5aにおける、誘電体基板3と反対側の表面が、山型断面に追従した形状となっている。

[0044] 図3において、第1金属膜4a(Y軸方向の厚さW1)と第2金属膜4b(Y軸方向の厚さW2)は、それぞれ入射光を反射し、反射率は第1及び第2金属膜4a、4bの膜厚を厚くするほど大きくなる。ところが、それぞれの金属膜4a、4bの反射率と、両金属膜4a、4b間のZ軸方向(光の入射方向)の間隔Sとを調整すれば、両反射光の振幅を同程度にすることができると共に、両反射光の位相を半周期ずらすことができ、これにより、両反射光を干渉によって打ち消して、全体の反射率を小さくすることができる。

[0045] 本実施形態のように、光吸収性物質からなる薄膜(例えば、金属膜)を、複数層配置することにより、消光比を大きくすることができると共に、反射光のコントロールが可能となって、設計の自由度が大きくなる。

[0046] なお、本実施形態においては、光吸収性物質からなる薄膜として金属膜4a、4bを用いているが、光吸収性物質からなる薄膜の材料としては、金属のほかに、前述した第1実施形態で例示した材料を用いることもできる。

[0047] [第4実施形態]

図4は、本発明の第4実施形態における、複合偏光板を示す断面図である。

[0048] 本発明による透過型偏光素子の消光比が不足する場合には、当該透過型偏光素子を複数枚重ねて用いることもできるが、本発明によらない他の透過型偏光素子と組み合わせた構成(複合偏光板)とすることによっても、消光比の不足を補うことができる。以下、図4を参照しながら、本実施形態の複合偏光板についてさらに詳細に説明する。

[0049] 図4に示すように、本実施形態の複合偏光板は、光の入射側に配置される第1透過

型偏光素子1bと、光の出射側に配置される第2透過型偏光素子9とを備えた構成である。第1及び第2透過型偏光素子1b、9のうち第1透過型偏光素子1bのみが本発明による透過型偏光素子である。すなわち、第1透過型偏光素子1bは、前述した第1実施形態の透過型偏光素子1(図1参照)において、第1誘電体物質層5における、誘電体基板3と反対側の表面に、単層あるいは多層の第1反射防止層6が設けられた構成となっている。

[0050] 第2透過型偏光素子9としては、例えば、一般的なワイヤーグリッド式の偏光板などを用いることができる。

[0051] 本実施形態の複合偏光板において、光の入射側に配置される本発明による第1透過型偏光素子1bは、TM偏光成分を透過させ、TE偏光成分を吸収する。これに対し、光の出射側に配置される本発明によらない第2透過型偏光素子9は、TM偏光成分を透過させ、TE偏光成分を反射する。

[0052] 図4に示す複合偏光板の第1透過型偏光素子1bは、消光比の小さいものであり、ここでは、第1透過型偏光素子1bの消光比が20に設定されている。しかし、第2透過型偏光素子9(例えば、消光比を30とする)を、第1透過型偏光素子1bに重ねることにより、全体の消光比として $20 \times 30 = 600$ という大きな値が得られる。ワイヤーグリッド式の偏光板などの、第2透過型偏光素子9におけるTM偏光成分の透過率は高く、消光比の小さいものであれば90%以上の透過率が得られる。したがって、複合偏光板全体としてのTM偏光成分の透過率を高いレベルに保つことができる。なお、第1透過型偏光素子1bを透過したTE偏光成分は、その大部分が第2透過型偏光素子9によって反射されるが、再び第1透過型偏光素子1bによる吸収を受けるので、戻り光はほとんどない。

[0053] 後述する設計例で示すように、本発明による透過型偏光素子において、好ましい特性である、

(i) TM偏光成分の透過率が高いこと、

(j) TE偏光成分の透過率が低いこと(すなわち、消光比が大きいこと)、

(k) 反射率が低いこと、

を同時に満足させるためには、「アスペクト比を大きくする」、「光吸収性物質からなる

薄膜(例えば、金属膜)の層数を多くする」といった手段が有効であるものの、作製はより困難となる。これに対し、

(l) TM偏光成分の透過率が高いこと、

(m) TE偏光成分の透過率が幾分高いこと(すなわち、消光比が小さいこと)、

(n) 反射率が低いこと、

という特性を同時に満足する本発明による透過型偏光素子は、「アスペクト比が小さい」あるいは「光吸収性物質からなる薄膜(例えば、金属膜)の層数が少ない」といった条件下で比較的容易に作製することができる。したがって、図4の複合偏光板は、2枚の透過型偏光素子1b、9を要するものの、作製の難易度を考慮すると非常に実用的である。

[0054] なお、図4の複合偏光板においては、第2透過型偏光素子9として安価な吸収型の方向性有機膜を用いることもできるが、有機膜は、TE偏光成分のエネルギーを吸収することによって劣化しやすい。しかし、TE偏光成分は、第1透過型偏光素子1bによって大部分が除去されるので、図4の複合偏光板において有機膜の劣化が問題となることはない。

[0055] 図4の複合偏光板においては、第1透過型偏光素子1bとして、本発明による透過型偏光素子以外の吸収型のものを用いることもできる。例えば、第1透過型偏光素子1bとして、前述した「積層型偏光器」、「方向の揃った微小な針状の金属をランダムに含むガラス層」、「誘電体からなるフォトニック結晶体の中に細長い金属部分を何層も重ねて配置したもの」などを用いることができる。

[0056] なお、図4の複合偏光板においては、同じ誘電体基板3の両面に、第1透過型偏光素子1bと第2透過型偏光素子9とが設けられているが、それぞれ別の基板に設けたものを組み合わせてもよい。

[0057] [第5実施形態]

図5は、本発明の第5実施形態における、透過型偏光素子を示す断面図である。

[0058] 本実施形態の透過型偏光素子においては、光吸収性物質からなる薄膜と誘電体基板との間に、リッジの山型断面に追随した形状の誘電体多層膜が設けられている。以下、図5を参照しながら、本実施形態の透過型偏光素子について、さらに詳しく

説明する。

[0059] 図5に示すように、本実施形態の透過型偏光素子1bにおいては、光吸収性物質からなる薄膜としての金属膜4cと誘電体基板3との間に、リッジ2の山型断面に追従した形状の誘電体多層膜10が設けられている。また、金属膜4cにおける、誘電体多層膜10との反対側の表面は、反射防止と金属膜4cの表面保護のために、第1誘電体物質層5bによって被覆されている。

[0060] 本実施形態の透過型偏光素子1bは、複数の山型断面のリッジ2が平行に並ぶ構造をその片側の表面に有する誘電体基板3上に、高屈折率層(H層)と低屈折率層(L層)を交互に積層することによって誘電体多層膜10を形成し、誘電体多層膜10上に、金属膜4cと第1誘電体物質層5bを順次形成することにより、作製することができる。なお、誘電体多層膜10は、例えば、フォトニック結晶の製造方法として知られる「オートクローニング」技術によって形成することができる(例えば、特許第3486334号公報参照)。

[0061] このように、本実施形態の透過型偏光素子1bにおいては、誘電体多層膜10が山型断面に追従した形状となっている。そして、この場合、複数の山型のリッジ2はY軸方向に周期的に配置されている(山型構造はY軸方向のみに存在する)ので、誘電体多層膜10は偏光特性を有する。したがって、誘電体多層膜10に、
TM偏光はほぼ100%透過させる、
TE偏光は部分的に反射し、残りは透過させる、
といったような特性を持たせることが可能となる。このような特性を誘電体多層膜10に持たせれば、入射光のTM偏光成分は、金属膜4cによってある程度吸収されてから誘電体多層膜10を透過するのに対し、入射光のTE偏光成分は、金属膜4cによって大きく吸収されてから誘電体多層膜10によって反射され、再び金属膜4cによって吸収される。TE偏光成分のみ2回の吸収があるので、消光比をより高めることができる。図5の構造は、前述した第4実施形態における「2枚組み透過型偏光素子」を一体化したものと考えることができる。

[0062] [第6実施形態]

図6は、本発明の第6実施形態における、透過型偏光素子を示す断面図である。

[0063] 本実施形態の透過型偏光素子においては、光吸収性物質からなる薄膜における、誘電体基板と反対側の表面を被覆する第1誘電体物質層が、リッジの山型断面に追従した形状の誘電体多層膜からなっている。以下、図6を参照しながら、本実施形態の透過型偏光素子について、さらに詳しく説明する。

[0064] 図6に示すように、本実施形態の透過型偏光素子1cにおいては、光吸収性物質からなる薄膜としての金属膜4dにおける、誘電体基板3と反対側の表面を被覆する第1誘電体物質層が、リッジ2の山型断面に追従した形状の誘電体多層膜5cからなっている。なお、図6中、 θ は入射光の入射角である(図7においても、同様である)。

[0065] 本実施形態の透過型偏光素子1cは、複数の山型断面のリッジ2が平行に並ぶ構造をその片側の表面に有する誘電体基板3上に、金属膜4dを形成し、金属膜4d上に、低屈折率層(L層)と高屈折率層(H層)を交互に積層することによって、誘電体多層膜5cを形成することにより、作製することができる。なお、誘電体多層膜5cも、前述した第5実施形態の誘電体多層膜10と同様に、例えば、フォトニック結晶の製造方法として知られる「オートクローニング」技術によって形成することができる。

[0066] 図6の構造は、前述した第5実施形態における透過型偏光素子1b(図5)と入射光の方向を逆向きにした構成であり、金属膜4dは誘電体基板3側に設けられている。

[0067] [第7実施形態]

図7は、本発明の第7実施形態における、透過型偏光素子を示す断面図である。

[0068] 本実施形態の透過型偏光素子は、前述した第5実施形態の構成と、前述した第6実施形態の構成とを組み合わせ、金属膜の両側を誘電体多層膜としたものである。以下、図7を参照しながら、本実施形態の透過型偏光素子について、さらに詳しく説明する。

[0069] 図7に示すように、本実施形態の透過型偏光素子1dにおいては、光吸収性物質からなる薄膜として金属膜4eと誘電体基板3との間に、リッジ2の山型断面に追従した形状の誘電体多層膜10aが設けられている。また、金属膜4eにおける、誘電体基板3(あるいは誘電体基板10a)と反対側の表面を被覆する第1誘電体物質層が、リッジ2の山型断面に追従した形状の誘電体多層膜5dからなっている。

[0070] 本実施形態の透過型偏光素子1dは、複数の山型断面のリッジ2が平行に並ぶ構

造をその片側の表面に有する誘電体基板3上に、高屈折率層(H層)と低屈折率層(L層)を交互に積層することによって誘電体多層膜10aを形成し、誘電体多層膜10a上に、金属膜4eを形成し、金属膜4e上に、低屈折率層(L層)と高屈折率層(H層)を交互に積層することによって、誘電体多層膜5dを形成することにより、作製することができる。

[0071] 本実施形態の構成によれば、TE偏光成分が、金属膜4eを挟む両誘電体多層膜10a、5dによって何回も反射されるので、金属膜4eによる吸収量をさらに大きくして消光比を高めることができる。

[0072] なお、前述した第1～第3や第5～第7実施形態においては、入射側と出射側を入れ替えて用いることも可能である。

[0073] また、前述した第5～第7実施形態においては、金属膜が単層である場合を例に挙げて説明しているが、前述した第3実施形態と同様に、金属膜を複数として、反射防止などに役立てることもできる。

[0074] また、前述した各実施形態においては、山型断面のリッジ2が断面三角形状である場合を例に挙げて説明しているが、山型断面のリッジ2は断面三角形状のものに限定されるものではない。Z軸方向の奥行きが確保されていれば、例えば、図8(a)、(b)に示すような形状であっても差し支えない。

[0075] また、前述した各実施形態においては、光吸収性物質からなる薄膜(例えば、金属膜)が山型断面のリッジ2(あるいは誘電体多層膜10、10a)の全面に形成されている場合を例に挙げて説明しているが、図9に示すように、光吸収性物質からなる薄膜4は山型断面の頂点部分で途切れていても構わない。この構成によれば、TM偏光成分の透過率を高める効果が得られる。

[0076] また、複数の山型断面のリッジ2間の、底辺B、高さH、形状に多少のばらつきがあっても、本発明による透過型偏光素子の光学的特性は十分に発揮される。

[0077] [設計例]

以上説明した透過型偏光素子の設計例を、以下に示す。

[0078] 図10に示す透過型偏光素子の空気側(第1反射防止層6側)から平面波(TE偏光及びTM偏光)を垂直に入射させ、透過率、反射率、吸収率を計算した。TE偏光は

、電場の振動方向がX軸方向(リッジの長さ方向)であり、TM偏光は、磁場の振動方向がX軸方向である。透過型偏光素子の、複数の山型断面のリッジは、Y軸方向に周期的に配置され、その構造周期は底辺の大きさBに等しい。なお、透過率、反射率、吸収率の計算には、アメリカ合衆国 RSoft Design Group, Inc. 製のRCWA(Rigorous Coupled Wave Analysis)法による計算ソフト“DiffractMOD”を使用した。

[0079] (設計例1)

設計例1は、図10に示す透過型偏光素子について、以下のように設定した。

[0080] (A)誘電体基板3の屈折率:1.45

(B)誘電体基板3の山型断面部分の底辺: $B=180\text{nm}$ (Y軸方向の構造周期に等しい)

(C)誘電体基板3の山型断面部分の高さ: $H=360\text{nm}$ (アスペクト比は2.0)

(D)誘電体基板3の山型断面部分の屈折率:1.45

(E)光吸収性物質からなる薄膜4のY軸方向の厚さ: $W=10\text{nm}$

(F)光吸収性物質からなる薄膜4の複素屈折率: $n=2.91+4.07i$ (光の周波数によらず一定値とする)

(G)第1誘電体物質層5の屈折率:1.45

(H)山型断面部分の頂点を基準とした第1誘電体物質層5のZ軸方向の厚さ: $T=28\text{nm}$

(I)第1反射防止層6の構造

(基板側)

第1層:屈折率 1.62 物理的厚さ 60nm

第2層:屈折率 2.10 物理的厚さ 69nm

第3層:屈折率 1.38 物理的厚さ 77nm

(空気側)

光吸収性物質からなる薄膜4のY軸方向の厚さWは、TE偏光成分の透過率が使用する光の波長域で概略0.2%以下となるように設定した。また、光吸収性物質からなる薄膜4の複素屈折率nは、波長 $0.47\mu\text{m}$ におけるCr(クロム)の値に近いものとした。

[0081] 設計例1の透過型偏光素子に、空気側から真空中の波長が $0.42\mu\text{m}\sim 0.52\mu\text{m}$ の光を垂直に入射させた場合の、TE偏光及びTM偏光における、空気側への反射率と誘電体基板3側への透過率を、それぞれ図11(a)、図11(b)に示す。以下に示す設計例や参照例においても、同様の波長の光を用いて、TE偏光及びTM偏光における、反射率と透過率を、それぞれ図示する。

[0082] 反射と透過以外の入射エネルギーは、光吸収性物質からなる薄膜4に吸収される。ここで、透過率は、誘電体基板3から外部へ光線が出て行かない状態でのエネルギーから計算したものである。これは、外部(例えば、空気層)への出射時に生じるフレネル反射の影響を無くするためである。

[0083] 図11(a)に示すように、TE偏光の場合、反射率と透過率は極めて小さく、ほとんどの入射エネルギーは、光吸収性物質からなる薄膜4に吸収されている。これに対して、図11(b)に示すように、TM偏光の場合には、透過率が46～53%と大きく、設計例1の透過型偏光素子は、偏光板として作用していることが分かる。

[0084] 例えば、波長 $0.47\mu\text{m}$ においては、
TE偏光:反射率4.0%、透過率0.2% (残りは吸収)、
TM偏光:反射率1.5%、透過率 50% (残りは吸収)、
であることから、透過光の偏光消光比は250である。

[0085] (設計例2)

設計例2は、設計例1よりもアスペクト比を大きくした例である。光吸収性物質からなる薄膜4のY軸方向の厚さWは、TE偏光成分の透過率が使用する光の波長域で概略0.2%以下となるように設定した。以下に記す項目以外の項目は、設計例1の場合と同一である。

[0086] (C) 誘電体基板3の山型断面部分の高さ: $H=720\text{nm}$ (アスペクト比は4.0)

(E) 光吸収性物質からなる薄膜4のY軸方向の厚さ: $W=4.5\text{nm}$

(H) 山型断面部分の頂点を基準とした第1誘電体物質層5のZ軸方向の厚さ: $T=6\text{nm}$

(I) 第1反射防止層6の構造

(基板側)

第1層:屈折率 1.62 物理的厚さ 69nm

第2層:屈折率 2.10 物理的厚さ 79nm

第3層:屈折率 1.38 物理的厚さ 75nm

(空気側)

設計例2の透過型偏光素子の、TE偏光及びTM偏光における反射率と透過率を、それぞれ図12(a)、図12(b)に示す。

[0087] 例えば、波長 $0.47\mu\text{m}$ においては、

TE偏光:反射率0.23%、透過率0.10% (残りは吸収)、

TM偏光:反射率0.6%、透過率79% (残りは吸収)、

であることから、透過光の偏光消光比は790である。

[0088] このように、設計例2は、設計例1の場合よりもアスペクト比が大きいので、特性が向上している。

[0089] (設計例3)

設計例3は、設計例1の光吸収性物質からなる薄膜4を、より吸収の少ない(屈折率の虚数成分である消衰係数の小さい)材料に代えた例である。すなわち、設計例3における、光吸収性物質からなる薄膜4の複素屈折率は、波長 $0.47\mu\text{m}$ におけるSn(スズ)の値に近いものとした。また、光吸収性物質からなる薄膜4のY軸方向の厚さWは、TE偏光成分の透過率が使用する光の波長域で概略0.2%以下となるように設定した。以下に記す項目以外の項目は、設計例1の場合と同一である。

[0090] (E) 光吸収性物質からなる薄膜4のY軸方向の厚さ: $W=12\text{nm}$

(F) 光吸収性物質からなる薄膜4の複素屈折率: $n=2.83+2.80i$ (光の周波数によらず一定値とする)

(H) 山型断面部分の頂点を基準とした第1誘電体物質層5のZ軸方向の厚さ: $T=18\text{nm}$

(I) 第1反射防止層6の構造

(基板側)

第1層:屈折率 1.62 物理的厚さ 69nm

第2層:屈折率 2.10 物理的厚さ 79nm

第3層:屈折率 1.38 物理的厚さ 82nm

(空気側)

設計例3の透過型偏光素子の、TE偏光及びTM偏光における反射率と透過率を、それぞれ図13(a)、図13(b)に示す。

[0091] 例えば、波長 $0.47\mu\text{m}$ においては、

TE偏光:反射率1.75%、透過率0.24% (残りは吸収)、

TM偏光:反射率1.2%、透過率51% (残りは吸収)、

であることから、透過光の偏光消光比は213である。

[0092] (設計例4)

設計例4は、設計例1の光吸収性物質からなる薄膜4のY軸方向の厚さWを薄くして、TE偏光成分の透過率が使用する光の波長域で概略4%以下となるように設定した例である。以下に記す項目以外の項目は、設計例1の場合と同一である。

[0093] (E) 光吸収性物質からなる薄膜4のY軸方向の厚さ: $W = 4.4\text{nm}$

(H) 山型断面部分の頂点を基準とした第1誘電体物質層5のZ軸方向の厚さ: $T = 47\text{nm}$

(I) 第1反射防止層6の構造

(基板側)

第1層:屈折率 1.62 物理的厚さ 75nm

第2層:屈折率 2.10 物理的厚さ 125nm

第3層:屈折率 1.38 物理的厚さ 83nm

(空気側)

設計例4の透過型偏光素子の、TE偏光及びTM偏光における反射率と透過率を、それぞれ図14(a)、図14(b)に示す。

[0094] 例えば、波長 $0.47\mu\text{m}$ においては、

TE偏光:反射率0.6%、透過率3.3% (残りは吸収)、

TM偏光:反射率0.45%、透過率76% (残りは吸収)、

であることから、透過光の偏光消光比は23である。

[0095] 設計例4は、設計例1の光吸収性物質からなる薄膜4のY軸方向の厚さWを薄くし

て、TM偏光成分の透過率を大きくしたものであるが、その代償として、TE偏光成分の透過率も増大し、消光比が小さくなっている。しかし、図4に示す構成とすることにより、消光比の不足を補うことができる。

[0096] (設計例5)

設計例5は、設計例1の第1誘電体物質層5と第1反射防止層6とを無くし、光吸収性物質からなる薄膜4の表面を直接空気層と接触させた例である。光吸収性物質からなる薄膜4のY軸方向の厚さWは、TE偏光成分の透過率が使用する光の波長域で概略0.2%以下となるように設定した。以下に記す項目以外の項目は、設計例1の場合と同一である。

[0097] (E) 光吸収性物質からなる薄膜4のY軸方向の厚さ: $W = 7.7 \text{ nm}$

第1誘電体物質層5: 無し

第1反射防止層6: 無し

設計例5の透過型偏光素子の、TE偏光及びTM偏光における反射率と透過率を、それぞれ図15(a)、図15(b)に示す。

[0098] 例えば、波長 $0.47 \mu\text{m}$ においては、

TE偏光: 反射率21%、透過率0.14% (残りは吸収)、

TM偏光: 反射率0.12%、透過率45% (残りは吸収)、

であることから、透過光の偏光消光比は329である。

[0099] 設計例5では、光吸収性物質からなる薄膜4の表面が直接空気層と接触しているの
で、TE偏光成分の反射率が大きくなっている。したがって、設計例5の透過型偏光
素子は、反射光が多くても差し支えない用途であれば、用いることができる。

[0100] (参考例1)

図16に示す矩形断面のリッジ2aを有する透過型偏光素子の空気側(第1反射防止層6側)から平面波(TE偏光及びTM偏光)を垂直入射させ、透過率、反射率、吸収率を計算した。矩形断面部分はY軸方向に周期的に配置され、その構造周期はPである。矩形断面部分の底辺の大きさと高さをそれぞれB、Hとする。

[0101] 図16に示す透過型偏光素子について、以下のように設定した。

[0102] (A) 誘電体基板3の屈折率: 1.45

- (B) 誘電体基板3の矩形断面部分の底辺: $B = 90\text{nm}$
- (B1) 誘電体基板3の矩形断面部分のY軸方向の構造周期: $P = 180\text{nm}$
- (C) 誘電体基板3の矩形断面部分の高さ: $H = 360\text{nm}$ (アスペクト比は4.0)
- (D) 誘電体基板3の矩形断面部分の屈折率: 1.45
- (E) 光吸収性物質からなる薄膜10の厚さ: $W = 6.5\text{nm}$
- (F) 光吸収性物質からなる薄膜10の複素屈折率: $n = 2.91 + 4.07i$ (光の周波数によらず一定値とする)
- (G) 第1誘電体物質層5の屈折率: 1.45
- (H) 矩形断面部分の先端を基準とした第1誘電体物質層5のZ軸方向の厚さ: $T = 6\text{nm}$
- (I) 第1反射防止層6の構造
(基板側)
- 第1層: 屈折率 1.62 物理的厚さ 117nm
- 第2層: 屈折率 2.10 物理的厚さ 57nm
- 第3層: 屈折率 1.38 物理的厚さ 79nm
- (空気側)

光吸収性物質からなる薄膜10の厚さ W は、TE偏光成分の透過率が使用する光の波長域で概略0.2%以下となるように設定した。

[0103] 参考例1の透過型偏光素子の、TE偏光及びTM偏光における反射率と透過率を、それぞれ図17(a)、図17(b)に示す。反射と透過以外の入射エネルギーは、光吸収性物質からなる薄膜10に吸収される。

[0104] 例えば、波長 $0.47\mu\text{m}$ においては、
TE偏光: 反射率2.8%、透過率0.13% (残りは吸収)、
TM偏光: 反射率0.12%、透過率33% (残りは吸収)、
であることから、透過光の偏光消光比は254である。

[0105] 参考例1の透過型偏光素子を、高さ H が同じ設計例1と比べてみると、TM偏光成分の透過率が非常に低くなっている。したがって、参考例1のような矩形断面のリッジ2aを有する透過型偏光素子は、偏光板としての使用には適していない。

[0106] (参考例2)

参考例2は、参考例1よりもアスペクト比を小さくした例である。光吸収性物質からなる薄膜10の厚さWは、TE偏光成分の透過率が使用する光の波長域で概略0.2%以下となるように設定した。以下に記す項目以外の項目は、参考例1と同一である。

[0107] (C)誘電体基板3の矩形断面部分の高さ:H=90nm(アスペクト比は1.0)

(E)光吸収性物質からなる薄膜10の厚さ:W=28nm

(H)矩形断面部分の先端を基準とした第1誘電体物質層5のZ軸方向の厚さ:T=14nm

(I)第1反射防止層6の構造

(基板側)

第1層:屈折率 1.62 物理的厚さ 127nm

第2層:屈折率 2.10 物理的厚さ 37nm

第3層:屈折率 1.38 物理的厚さ 42nm

(空気側)

参考例2の透過型偏光素子の、TE偏光及びTM偏光における反射率と透過率を、それぞれ図18(a)、図18(b)に示す。反射と透過以外の入射エネルギーは、光吸収性物質からなる薄膜10に吸収される。

[0108] 例えば、波長0.47 μm においては、

TE偏光:反射率18%、透過率0.13% (残りは吸収)、

TM偏光:反射率13%、透過率2.1% (残りは吸収)、

であることから、透過光の偏光消光比は16である。

[0109] 参考例2の透過型偏光素子は、参考例1の場合よりもさらにTM偏光成分の透過率が低下している。したがって、参考例2の透過型偏光素子は、偏光板としての使用に全く適していない。

[0110] (設計例6)

図19に示す透過型偏光素子1a(前述した第3実施形態(図3)参照)について、以下のように設定した。

[0111] (A)誘電体基板3の屈折率:1.45

(B) 誘電体基板3の山型断面部分の底辺: $B=180\text{nm}$ (Y軸方向の構造周期に等しい)

(C) 誘電体基板3の山型断面部分の高さ: $H=128\text{nm}$ (アスペクト比は0.711)

(E1) 第1金属膜4aのY軸方向の厚さ: $W1=4.0\text{nm}$

(E2) 第2金属膜4bのY軸方向の厚さ: $W2=3.0\text{nm}$

(J) 第1及び第2金属膜4a、4b間のZ軸方向の間隔: $S=100\text{nm}$

(K) 第2誘電体物質層8の屈折率:1.45

(F) 第1及び第2金属膜4a、4bの複素屈折率: $n=2.91+4.07i$ (光の周波数によらず一定値とする)

(G) 第1誘電体物質層5aの屈折率:1.45

(H) 第2金属膜4bの頂点を基準とした第1誘電体物質層5aのZ軸方向の厚さ: $T=95\text{nm}$

ここで、パラメーター $W1$ 、 $W2$ 、 S 、 T は、反射光が少なくなるように設定した。

[0112] 設計例6の透過型偏光素子1aの、TE偏光及びTM偏光における反射率と透過率を、それぞれ図20(a)、図20(b)に示す。ただし、用いた光は、波長が $0.34\mu\text{m}\sim 0.52\mu\text{m}$ である。反射と透過以外の入射エネルギーは、第1及び第2金属膜4a、4bに吸収される。

[0113] 例えば、波長 $0.42\mu\text{m}$ においては、

TE偏光:反射率0.17%、透過率9.2% (残りは吸収)、

TM偏光:反射率0.51%、透過率43% (残りは吸収)、

であることから、透過光の偏光消光比は4.7である。設計例6の透過型偏光素子1aは、単独で偏光板として用いるには消光比が小さいので、図4に示すように、他の透過型偏光素子と組み合わせる必要がある。なお、反射率は、前述した第3実施形態で説明したように、非常に低い値に抑えられている。

[0114] (設計例7)

図5に示す透過型偏光素子について、波長域 $0.44\mu\text{m}\sim 0.50\mu\text{m}$ (青色)において消光比が大きくなるよう、以下のように最適化設計を行った。なお、本設計例において、H層の数は1層である。

- [0115] (A)誘電体基板3の屈折率:1.45
- (B)誘電体基板3の山型断面部分の底辺: $B=288.0\text{nm}$ (Y軸方向の構造周期に等しい)
- (C')誘電体基板3の山型断面部分のアスペクト比:0.50
- (α)高屈折率層(H層)の屈折率:2.10
- (β)低屈折率層(L層)の屈折率:1.45
- (E)金属膜(光吸収性物質からなる薄膜)4cのY軸方向の厚さ: $W=3\text{nm}$
- (F)金属膜(光吸収性物質からなる薄膜)4cの複素屈折率:Ge薄膜の波長 510nm における実測値、 $n=4.721$ 、 $k=2.189$ を用いた)
- (G)第1誘電体物質層5bの屈折率:1.45
- (I')誘電体各層のZ軸方向の物理的厚さ
- (基板側)
- H層: 208.2nm
- L層: 153.4nm
- (金属膜層)
- L層: 92.8nm
- (空気側)
- なお、Ge薄膜における複素屈折率を表1に示す。

[0116] [表1]

波長(nm)	n	k	波長(nm)	n	k
300	2.621	3.266	650	5.018	1.499
310	2.815	3.323	660	5.034	1.456
320	3.003	3.330	670	5.050	1.415
330	3.190	3.322	680	5.065	1.375
340	3.356	3.277	690	5.079	1.337
350	3.513	3.231	700	5.092	1.299
360	3.649	3.162	710	5.104	1.259
370	3.774	3.097	720	5.114	1.218
380	3.882	3.025	730	5.123	1.175
390	3.977	2.948	740	5.131	1.131
400	4.066	2.885	750	5.137	1.087
410	4.144	2.815	760	5.142	1.044
420	4.217	2.747	770	5.145	1.002
430	4.288	2.690	780	5.146	0.961
440	4.354	2.627	790	5.146	0.923
450	4.416	2.561	800	5.145	0.887
460	4.477	2.501	810	5.142	0.852
470	4.535	2.444	820	5.138	0.819
480	4.587	2.377	830	5.133	0.787
490	4.635	2.310	840	5.127	0.758
500	4.680	2.247	850	5.121	0.731
510	4.721	2.189	860	5.114	0.704
520	4.756	2.127	870	5.105	0.675
530	4.787	2.062	880	5.095	0.647
540	4.815	2.001	890	5.085	0.617
550	4.840	1.947	900	5.074	0.588
560	4.862	1.898	910	5.062	0.558
570	4.882	1.847	920	5.050	0.528
580	4.901	1.796	930	5.037	0.498
590	4.918	1.746	940	5.024	0.473
600	4.935	1.701	950	5.010	0.450
610	4.952	1.659	960	4.997	0.428
620	4.969	1.622	970	4.984	0.407
630	4.986	1.583	980	4.971	0.388
640	5.002	1.542	990	4.958	0.369
			1000	4.945	0.352

[0117] 表1中、nは屈折率、kは消衰係数である。

[0118] 設計例7の透過型偏光素子に、空気側から真空中の波長が $0.40\mu\text{m}$ ～ $0.54\mu\text{m}$ の光を垂直に入射した場合の、透過率、反射率、吸収率を、TM偏光及びTE偏光についてそれぞれ図21(a)、図21(b)に示す。後述する参考例3と比較すると、TM偏光の透過率は、 $0.45\mu\text{m}$ ～ $0.51\mu\text{m}$ の波長域でほとんど変わらないが、TE偏光の透過率は、波長 $0.45\mu\text{m}$ 付近で極小となり、参考例3よりもはるかに小さくなっており、消光比が向上していることが分かる。これは、誘電体基板3側に誘電体多層膜10による反射層を設けたことによる効果である。

[0119] (参考例3)

参考例3は、設計例7と比較するために、H層、L層(誘電体多層膜)をなくし、波長域 $0.44\mu\text{m}$ ～ $0.50\mu\text{m}$ (青色)において消光比が大きくなるよう、以下のように最

適化設計を行った。以下に記す項目以外の項目は、設計例7と同一である。

[0120] (B)誘電体基板3の山型断面部分の底辺： $B=288.4\text{nm}$ (Y軸方向の構造周期に等しい)

(I')誘電体各層のZ軸方向の物理的厚さ

(基板側)

(金属膜層)

L層： 113.5nm

(空気側)

参考例3の透過型偏光素子に、空気側から真空中の波長が $0.40\mu\text{m}\sim 0.54\mu\text{m}$ の光を垂直に入射した場合の、透過率、反射率、吸収率を、TM偏光及びTE偏光について、それぞれ図22(a)、図22(b)に示す。本参考例においては、誘電体多層膜による反射層が設けられていないので、設計例7、設計例8に見られるようなTE偏光の透過率の極小は現われない。

[0121] (設計例8)

図5に示す透過型偏光素子について、波長域 $0.43\mu\text{m}\sim 0.50\mu\text{m}$ (青色)において消光比が大きくなるよう、以下のように最適化設計を行った。なお、以下に記す項目以外の項目は、設計例7と同一である。また、設計例7においては、H層の数が1層であるが、本設計例においては、H層の数を2層とした。

[0122] (B)誘電体基板3の山型断面部分の底辺： $B=295.4\text{nm}$ (Y軸方向の構造周期に等しい)

(I')誘電体各層のZ軸方向の物理的厚さ

(基板側)

H層： 189.6nm

L層： 122.0nm

H層： 188.7nm

L層： 193.0nm

(金属膜層)

L層： 91.4nm

(空気側)

設計例8の透過型偏光素子に、空気側から真空中の波長が $0.38\mu\text{m}\sim 0.55\mu\text{m}$ の光を垂直に入射した場合の、透過率、反射率、吸収率を、TM偏光及びTE偏光について、それぞれ図23(a)、図23(b)に示す。本設計例においては、誘電体多層膜10のH層の数を2層としたので、波長域 $0.43\mu\text{m}\sim 0.48\mu\text{m}$ におけるTE偏光の透過率は、設計例7の場合よりもさらに小さくなっている。

[0123] (設計例9)

図7に示す透過型偏光素子について、以下のように設定した。金属膜(光吸収性物質からなる薄膜)4eはL層に挟まれ、H層の数は、基板側が2層、空気側(入射側)が1層である。また、以下に記す項目以外の項目は、設計例7と同じである。

[0124] (B)誘電体基板3の山型断面部分の底辺: $B=292.0\text{nm}$ (Y軸方向の構造周期に等しい)

(I')誘電体各層のZ軸方向の物理的厚さ

(基板側)

H層: 171.9nm

L層: 233.3nm

H層: 26.0nm

L層: 188.7nm

(金属膜層)

L層: 17.1nm

H層: 104.0nm

L層: 94.5nm

(空気側)

設計例9の透過型偏光素子に、空気側から真空中の波長が $0.38\mu\text{m}\sim 0.54\mu\text{m}$ の光を垂直に入射した場合の、透過率、反射率、吸収率を、TM偏光及びTE偏光について、それぞれ図24(a)、図24(b)に示す。設計例8と比較すると、TE偏光の透過率がさらに小さくなっており、消光比が向上していくことが分かる。

[0125] (実施例1)

図25に示すような、複数の断面三角形状のリッジが平行に並ぶ構造をその片側の表面に有する誘電体基板と、複数の断面三角形状のリッジの表面に形成された1層の光吸収性物質からなる薄膜(金属膜)とからなる透過型偏光素子を作製して、その特性を評価した。光吸収性物質からなる薄膜(金属膜)の材料としては、Crを用いた。以下、その詳細について説明する。

[0126] まず、石英基板上に、リソグラフィ技術を用いて、周期200nmのラインアンドスペースのCrマスクをパターニングした。次に、フッ素系ガスを用いたドライエッチングにより、石英基板をエッチング加工した。この場合、エッチング条件のガス流量やRFパワー等を最適化することにより、周期的に配列された複数の断面三角形状のリッジ(山型構造)を形成した。次に、石英基板の山型構造の表面に、RFスパッタ装置を用いて、光吸収性物質からなる薄膜(金属膜)としてのCr膜を形成した。

[0127] そして、透過スペクトル及び反射スペクトルを、分光光度計を用いて測定し、本透過型偏光素子の偏光特性を評価した(以下の実施例も同様である)。

[0128] 図26に、測定したスペクトルを示し、表2に、代表波長における特性値を示す。なお、図26においては、実線がTM偏光の透過率と反射率を示し、破線がTE偏光の透過率と反射率を示している(図29、図31、図32についても同様である)。

[0129] [表2]

波長	TM偏光		TE偏光		消光比 (dB)
	透過率(%)	反射率(%)	透過率(%)	反射率(%)	
420nm	72.7	4.8	34.9	9.5	3.2
530nm	78.9	4.7	37.2	10.5	3.3
580nm	80.7	4.4	37.8	10.9	3.3

[0130] 図26、表2から、TM偏光の透過率に対してTE偏光の透過率が低く、偏光素子として機能していることが分かる。また、400nmから600nmの波長域にわたって消光比約3dBのフラットな特性を示している。

[0131] (実施例2)

図27に示すような、複数の断面三角形状のリッジが平行に並ぶ構造をその片側の表面に有する誘電体基板と、複数の断面三角形状のリッジの表面に形成された1層の光吸収性物質からなる薄膜(金属膜)と、光吸収性物質からなる薄膜(金属膜)の

表面を被覆する1層の第1誘電体物質層とからなる透過型偏光素子を作製して、その特性を評価した。光吸収性物質からなる薄膜(金属膜)の材料としては、Geを用い、第1誘電体物質層の材料としては、 SiO_2 を用いた。以下、その詳細について説明する。

[0132] まず、実施例1と同様の手法を用いて、石英基板上に山型構造(複数の断面三角形形状のリッジ)を形成した。次に、石英基板の山型構造の表面に、RFスパッタ装置を用いて、光吸収性物質からなる薄膜(金属膜)としてのGe膜を形成した。続いて、Ge膜の上に、 SiO_2 膜を、同様のRFスパッタ装置を用いて形成した。

[0133] そして、作製した透過型偏光素子の断面を、走査型電子顕微鏡(SEM(Scanning Electron Microscope))にて観察した。図28に、作製した透過型偏光素子の断面写真を示す。図28から、周期的に配列された複数の断面三角形形状のリッジの表面に、厚さ数nm～20nm程度のGe膜と、厚さ50nm～130nmの SiO_2 膜が形成されていることが分かる。

[0134] 図29に、測定したスペクトルを示し、表3に、代表波長における特性値を示す。

[0135] [表3]

波長	TM偏光		TE偏光		消光比 (dB)
	透過率(%)	反射率(%)	透過率(%)	反射率(%)	
420nm	80.4	0.63	38.0	8.0	3.3
530nm	88.2	0.59	49.9	0.4	2.5
580nm	90.3	0.55	58.6	0.27	1.9

[0136] 図29、表3から、実施例1と比較して反射率が非常に小さくなっている。これは、光吸収性物質からなる薄膜(Ge膜)上に形成された第1誘電体物質層(SiO_2 膜)による反射防止効果によるものである。

[0137] (実施例3)

実施例2と同様に、複数の断面三角形形状のリッジが平行に並ぶ構造をその片側の表面に有する誘電体基板と、複数の断面三角形形状のリッジの表面に形成された1層の光吸収性物質からなる薄膜(金属膜)と、光吸収性物質からなる薄膜(金属膜)の表面を被覆する1層の第1誘電体物質層とからなる透過型偏光素子を作製した。光吸収性物質からなる薄膜(金属膜)の材料としては、Geを用い、第1誘電体物質層の

材料としては、 SiO_2 を用いた。以下、その詳細について説明する。

[0138] まず、実施例1と同様の手法を用いて、石英基板上に山型構造(複数の断面三角形形状のリッジ)を形成した。次に、石英基板の山型構造の表面に、RFスパッタ装置を用いて、光吸収性物質からなる薄膜(金属膜)としてのGe膜を形成した。続いて、Ge膜の上に、 SiO_2 膜を、化学気相堆積(CVD)装置を用いて形成した。

[0139] そして、作製した透過型偏光素子の断面を、走査型電子顕微鏡(SEM)にて観察した。図30に、作製した透過型偏光素子の断面写真を示す。図30から、周期的に配列された複数の断面三角形形状のリッジの表面に、厚さ数nm～20nm程度のGe膜と、厚さ50nmの SiO_2 膜が形成されていることが分かる。CVD法は、設計例11に示したような物理的成膜法(スパッタ、蒸着、イオンプレート等)に比較して、ステップカバレッジがより良好で、均一な被覆層を得ることができるという長所を有し、より好ましい成膜手法である。

[0140] 図31に、測定したスペクトルを示し、表4に、代表波長における特性値(加熱処理前)を示す。

[0141] [表4]

	波長	TM偏光		TE偏光		消光比 (dB)
		透過率(%)	反射率(%)	透過率(%)	反射率(%)	
加熱処理前	420nm	67.6	4.0	18.4	7.9	5.7
	530nm	81.8	3.7	30.3	3.0	4.3
	580nm	83.9	5.6	40.7	4.2	3.1
加熱処理後	420nm	67.9	4.0	18.4	7.9	5.7
	530nm	82.0	3.8	30.6	2.9	4.3
	580nm	84.1	5.7	41.1	4.3	3.1

[0142] 図31、表4に示すように、本実施例の透過型偏光素子は消光比が高くなっている。これは、光吸収性物質からなる薄膜(Ge膜)が比較的厚くなっているからである。

[0143] さらに、本実施例のような無機材料のみからなる透過型偏光素子は、従来の有機フィルム偏光素子と比較して耐熱性の高いという利点を有している。そこで、本実施例の透過型偏光素子の加熱処理を行い、加熱処理前後での特性の変化を評価した。具体的には、200℃の乾燥オーブン中において、本実施例の透過型偏光素子を35時間加熱処理した後、透過スペクトル及び反射スペクトルを測定した。表4に、加熱処理後の代表波長における特性値を併記する。表4に示すように、加熱処理前後で

の特性値は変化しておらず、非常に耐熱性が高いことが分かる。したがって、本実施例の透過型偏光素子は、高出力のランプやレーザーに曝される、プロジェクタや光メモリヘッド等に好適に用いることができる。

[0144] (実施例4)

実施例2と同様に、複数の断面三角形形状のリッジが平行に並ぶ構造をその片側の表面に有する誘電体基板と、複数の断面三角形形状のリッジの表面に形成された1層の光吸収性物質からなる薄膜(金属膜)と、光吸収性物質からなる薄膜(金属膜)の表面を被覆する1層の第1誘電体物質層とからなる透過型偏光素子を作製した。光吸収性物質からなる薄膜(金属膜)の材料としては、Siを用い、第1誘電体物質層の材料としては、 SiO_2 を用いた。以下、その詳細について説明する。

[0145] まず、実施例1と同様の手法を用いて、石英基板上に山型構造(複数の断面三角形形状のリッジ)を形成した。次に、石英基板の山型構造の表面に、RFスパッタ装置を用いて、光吸収性物質からなる薄膜(金属膜)としてのSi膜を形成した。続いて、Si膜の上に、 SiO_2 膜を、化学気相堆積(CVD)装置を用いて形成した。

[0146] 図32に、測定したスペクトルを示し、表5に、代表波長における特性値(加熱処理前)を示す。

[0147] [表5]

波長	TM偏光		TE偏光		消光比 (dB)
	透過率(%)	反射率(%)	透過率(%)	反射率(%)	
420nm	47.1	4.0	0.5	7.9	20.1
530nm	85.0	3.7	21.0	3.0	6.1
580nm	95.0	5.6	44.3	4.2	3.3

[0148] 図32、表5に示すように、本実施例の透過型偏光素子は、消光比が高く、特に青色の帯域においては、20dBの良好な消光比が得られている。これは、光吸収性物質からなる薄膜(Si膜)が比較的厚くなっているからである。

[0149] (設計例10)

設計例10は、金属膜の両側に多層膜部分を有する構成の透過型偏光素子(図7参照)について、波長域 $0.43\mu\text{m}\sim 0.51\mu\text{m}$ (青色)における消光比が大きくなるよう、最適化設計を行った。本設計例において、H層の数は、金属膜の基板側が1層

、空気側（入射側）が1層である。表6に、詳細な設計値を示す。

[0150] [表6]

	設計例10	設計例11	設計例12	設計例13	設計例14	設計例15
基板の屈折率	L層と同じ	L層と同じ	L層と同じ	1.450	L層と同じ	1.620
周期 B	292nm	292nm	292nm	292nm	292nm	285.6nm
アスペクト比	0.50	0.70	0.50	0.50	1.00	0.50
H層の屈折率	(図34)	(図34)	(図34)	(図34)	(図34)	(図34)
L層の屈折率	(図35)	(図35)	(図35)	1.620	(図35)	1.620
金属膜の屈折率	(図33)に記載	(図33)に記載	(表1)に記載	(表1)に記載	(表1)に記載	(表1)に記載
各層のZ軸方向の厚さ(単位 nm)	(基板)	(基板)	(基板)	(基板)	(基板)	(基板)
	H層 106.2	H層 102.6	金属膜 3.1	金属膜 3.1	金属膜 6.0	金属膜 1.5
	L層 198.5	L層 174.7	L層 40.9	L層 42.5	L層 16.5	L層 47.7
	金属膜 7.0	金属膜 4.2	H層 29.1	H層 29.1	H層 60.0	金属膜 1.5
	H層 113.9	H層 89.9	L層 120.1	L層 117.5	L層 137.6	L層 58.7
	L層 90.4	L層 88.0	(空気)	(空気)	(空気)	金属膜 1.5
	(空気)	(空気)				L層 30.4
						金属膜 1.5
						L層 0
						H層 86.1
						L層 75.6
						(空気)

[0151] 図33に示す金属膜の屈折率($n+ki$)は、金属Nbの以下の文献に示された値であり、図34と図35に示す屈折率 n は、それぞれ SiO_2 膜(H層)と Nb_2O_5 膜(L層)の実測データを基にしたものである。

[0152] 文献: "Handbook of Optical Constants of Solids II", E. D. Palik, Academic Press (1991), pp396-408.

設計例10の透過型偏光素子に、空気側から真空中の波長が $0.4\mu\text{m}\sim 0.6\mu\text{m}$ の光を入射した場合の、透過率、反射率を、TM偏光及びTE偏光について、図36、図37に示す。図36は、入射角 θ が 0° の場合を示しており、図37は、入射角 θ が 10° の場合を示している。ここで、入射角 θ とは、入射光がZ軸となす角度を意味している(図7参照)。なお、反射率については、各図の(b)に一部を拡大したグラフを併記している(これらのグラフに関しては、以下の設計例11~14についても同様である)。

[0153] (設計例11)

設計例11は、設計例10よりもアスペクト比を大きくした例である。

[0154] 図7に示す構成の透過型偏光素子について、波長域 $0.43\mu\text{m}\sim 0.51\mu\text{m}$ (青色)における消光比が大きくなるよう、最適化設計を行った。本設計例において、H層の数は、金属膜の基板側が1層、空気側(入射側)が1層であり、入射光は空気側から入射する。前述の表6に、詳細な設計値を示す。

[0155] 設計例11の透過型偏光素子に、空気側から真空中の波長が $0.4\mu\text{m}\sim 0.6\mu\text{m}$ の光を入射した場合の、透過率、反射率を、TM偏光及びTE偏光について、図38、図39に示す。

[0156] (設計例12)

設計例12は、特に反射率を小さくすることに重点を置いた設計例である。

[0157] 金属膜の空気側に多層膜部分を有する構成の透過型偏光素子(図6参照)について、波長域 $0.42\mu\text{m}\sim 0.52\mu\text{m}$ (青色)における反射率が小さくなるよう、最適化設計を行った。本設計例において、H層の数は、空気側に1層のみであり、入射光は空気側から入射する。前述の表6に、詳細な設計値を示す。

[0158] 設計例12の透過型偏光素子に、空気側から真空中の波長が $0.4\mu\text{m}\sim 0.6\mu\text{m}$ の光を入射した場合の、透過率、反射率を、TM偏光及びTE偏光について、図40、図41に示す。

[0159] (設計例13)

設計例13は、設計例12と同様に、反射率を小さくすることに重点を置いた設計例であり、L層の屈折率は波長によらず1.62に設定した。

[0160] 図6に示す構成の透過型偏光素子について、波長域 $0.42\mu\text{m}\sim 0.52\mu\text{m}$ (青色)における反射率が小さくなるよう、最適化設計を行った。本設計例において、H層の数は、空気側に1層のみであり、入射光は空気側から入射する。前述の表6に、詳細な設計値を示す。

[0161] 設計例13の透過型偏光素子に、空気側から真空中の波長が $0.4\mu\text{m}\sim 0.6\mu\text{m}$ の光を入射した場合の、透過率、反射率を、TM偏光及びTE偏光について、図42、図43に示す。

[0162] (設計例14)

設計例14は、アスペクト比 $A=1.0$ として、反射率を小さくすることに重点を置いた

設計例である。

[0163] 図6に示す構成の透過型偏光素子について、波長域 $0.42\mu\text{m}\sim 0.52\mu\text{m}$ (青色)における反射率が小さくなるよう、最適化設計を行った。本設計例において、H層の数は、空気側に1層のみであり、入射光は空気側から入射する。前述の表6に、詳細な設計値を示す。

[0164] 設計例14の透過型偏光素子に、空気側から真空中の波長が $0.4\mu\text{m}\sim 0.6\mu\text{m}$ の光を入射した場合の、透過率、反射率を、TM偏光及びTE偏光について、図44、図45に示す。

[0165] (設計例15)

設計例15は、アスペクト比 $A=0.5$ とし、金属膜を多層化して消光比を向上させた設計例であり、L層の屈折率は波長によらず1.62に設定した。

[0166] 図6に示す構成の透過型偏光素子の金属膜を4層に分割して、波長域 $0.42\mu\text{m}\sim 0.52\mu\text{m}$ (青色)における反射率が小さくなるよう、最適化設計を行った。金属膜は厚さ1.5nmのものを4層とし、金属膜の間はL層とした。H層の数は空気側に1層のみであり、入射光は空気側から入射する。前述の表6に、詳細な設計値を示す。

[0167] 設計例15の透過型偏光素子に、空気側から真空中の波長が $0.4\mu\text{m}\sim 0.6\mu\text{m}$ の光を入射した場合の、透過率、反射率を、TM偏光及びTE偏光について、図46、図47に示す。

[0168] (実施例5)

実施例5においては、前述した設計例12に基づいて、三角構造の金属膜及び誘電体多層膜からなる透過型偏光素子を作製して、その特性を評価した。

[0169] 以下、製作工程について説明する。

(1)まず、石英基板(50mm×50mm、厚さ1.5mm)上に、電子線用レジストをスピンコート法によって塗布した。次に、ホットプレートによってベーキングし、導電剤を塗布して導電化処理した後、電子線描画装置によってパターンを描画した。そして、この石英基板を、現像液及びリンス液に順次浸漬させることにより、線状部分と空白部分とからなるレジストの周期パターンを形成した。パターン領域は10mm×10mmで、パターンの周期は292nmである。このレジストパターンは、後のドライエッチングの

マスク(レジストマスク)として用いられる。次に、フッ素系ガスを用いた反応性ドライエッチングによって、この石英基板を加工し、深さ130nm、周期292nmの矩形断面形状を有する凹凸構造を形成した。

[0170] 次に、この石英基板を酸素プラズマに曝すことにより、残存するレジストマスクを除去した。さらに、適切な条件で反応性ドライエッチングすることにより、凹凸構造を、周期292nm、深さ140nmの、断面三角形状となるように整形した。

(2) 金属Geをターゲットとする対向型RFスパッタ装置により、石英基板の断面三角形状の表面にGe膜を形成した。この場合、Ge膜の厚さが、石英基板の表面と垂直な方向に3.1nmとなるように、スパッタリング時間を調整した。

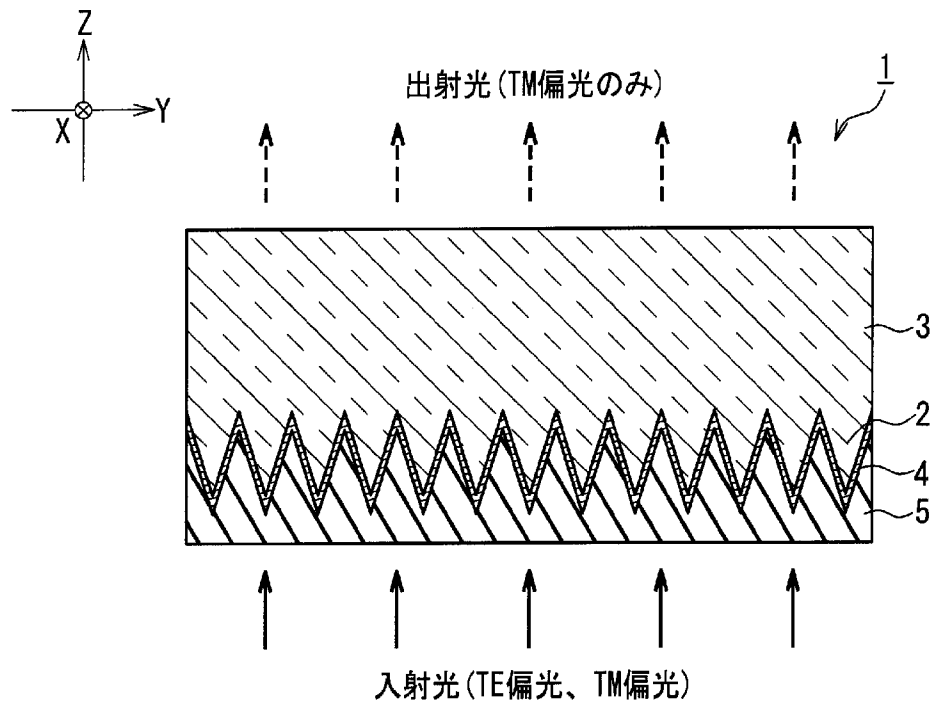
(3) オートクローニング装置により、このGe膜の上に、 SiO_2 膜(H層)、 Nb_2O_3 膜(L層)、 SiO_2 膜(H層)の各膜を、順次形成した。この場合、各層の厚さが、設計例13に記載された数値となるように(前述の表6参照)、スパッタリング時間を調整した。なお、オートクローニング装置の一例が、上述の特許第3486334号公報に開示されている。

[0171] この透過型偏光素子の空気側表面から、入射角 $\theta = 5^\circ$ で光を入射させ、透過スペクトル及び反射スペクトルを、分光光度計を用いて測定し、本透過型偏光素子の偏光特性を評価した。図48に、測定したスペクトルを示す。図48において、実線がTM偏光の透過率と反射率を示し、破線がTE偏光の透過率と反射率を示している。図48から、TM偏光の透過率に対してTE偏光の透過率が低く、偏光素子として機能していることが分かる。

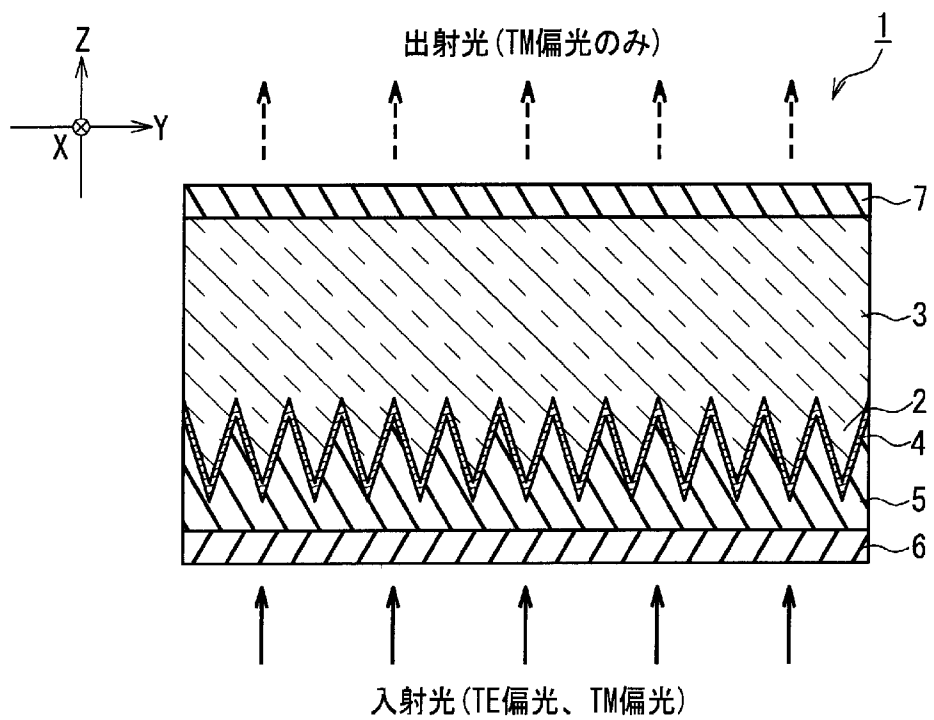
請求の範囲

- [1] 複数の山型断面のリッジが平行に並ぶ構造をその片側の表面に有する誘電体基板と、
前記複数の山型断面のリッジの上に設けられた光吸収性物質からなる薄膜とを備え、
前記誘電体基板に垂直に入射する光のうち、磁場の振動方向が前記リッジの長さ方向と同じであるTM偏光成分を透過させ、電場の振動方向が前記リッジの長さ方向と同じであるTE偏光成分を吸収する透過型偏光素子。
- [2] 前記光吸収性物質からなる薄膜における、前記誘電体基板と反対側の表面が、第1誘電体物質層によって被覆されている請求項1に記載の透過型偏光素子。
- [3] 前記第1誘電体物質層における、前記誘電体基板と反対側の表面が、平面である請求項2に記載の透過型偏光素子。
- [4] 前記第1誘電体物質層における、前記誘電体基板と反対側の表面が、前記山型断面に追従した形状である請求項2に記載の透過型偏光素子。
- [5] 前記複数の山型断面のリッジは、それぞれが同じ断面形状を有し、かつ、一定の周期で平行に並んでいる請求項1に記載の透過型偏光素子。
- [6] 前記光吸収性物質からなる薄膜が、第2誘電体物質層を挟んで複数層配置されている請求項1に記載の透過型偏光素子。
- [7] 前記光吸収性物質からなる薄膜と前記誘電体基板との間に、前記山型断面に追従した形状の誘電体多層膜が設けられた請求項1に記載の透過型偏光素子。
- [8] 前記光吸収性物質からなる薄膜における、前記誘電体基板と反対側の表面を被覆する前記第1誘電体物質層が、前記山型断面に追従した形状の誘電体多層膜である請求項2に記載の透過型偏光素子。
- [9] 光の入射側に配置される第1透過型偏光素子と、光の出射側に配置される第2透過型偏光素子とを備えた複合偏光板であって、
前記第1及び第2透過型偏光素子のうち、前記第1透過型偏光素子のみが請求項1～8のいずれか1項に記載の透過型偏光素子からなることを特徴とする複合偏光板。

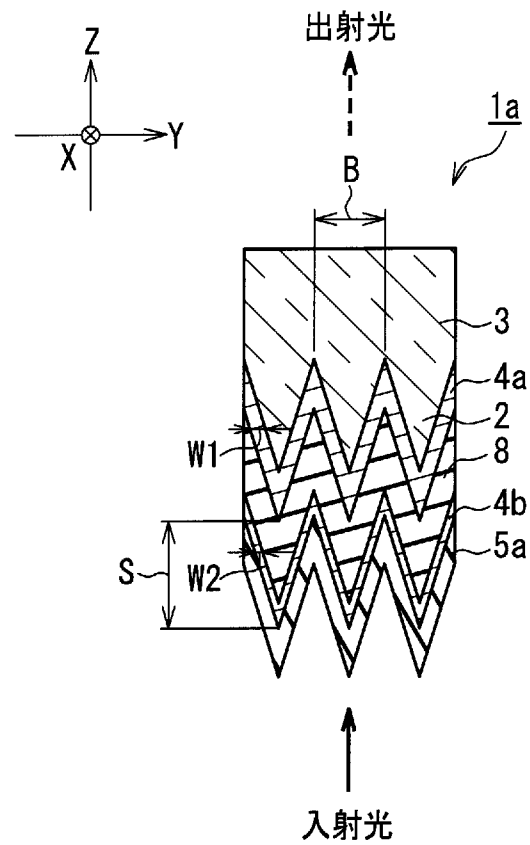
[図1]



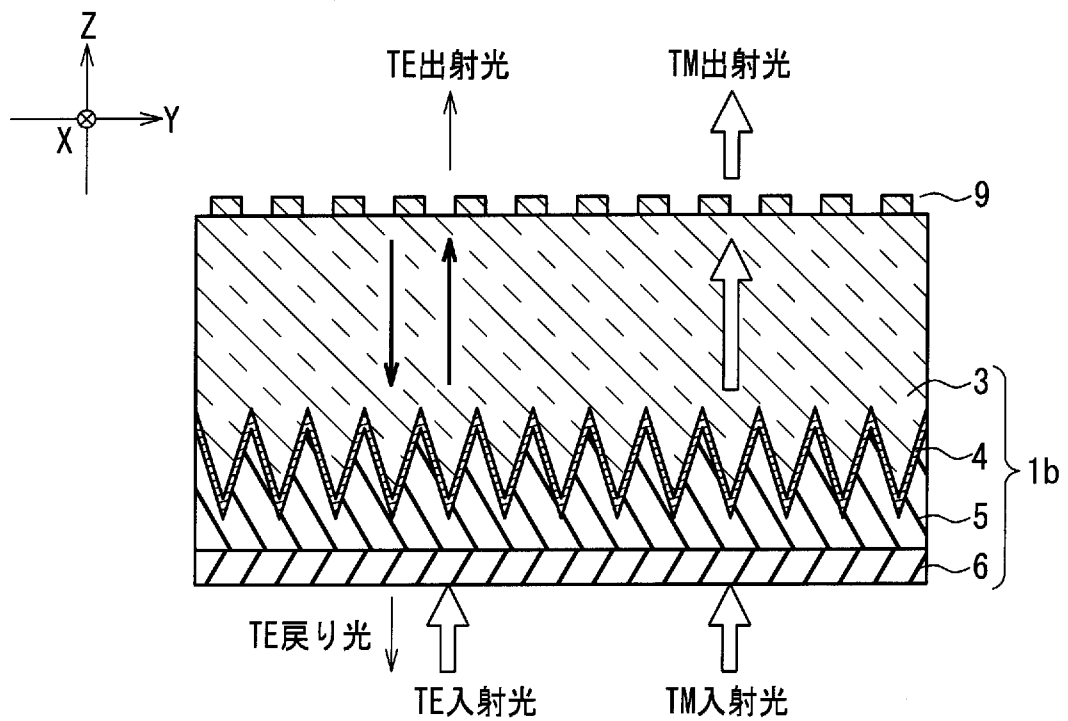
[図2]



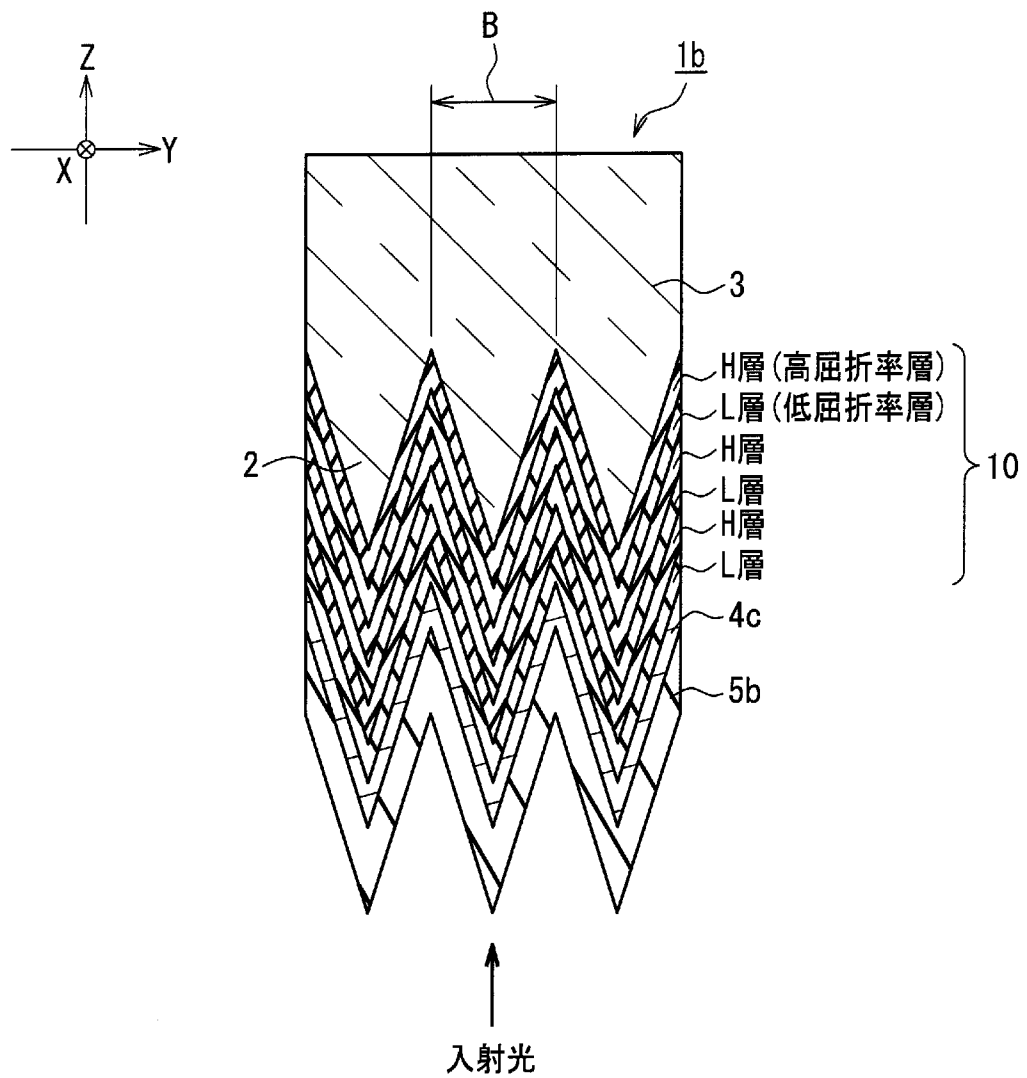
[図3]



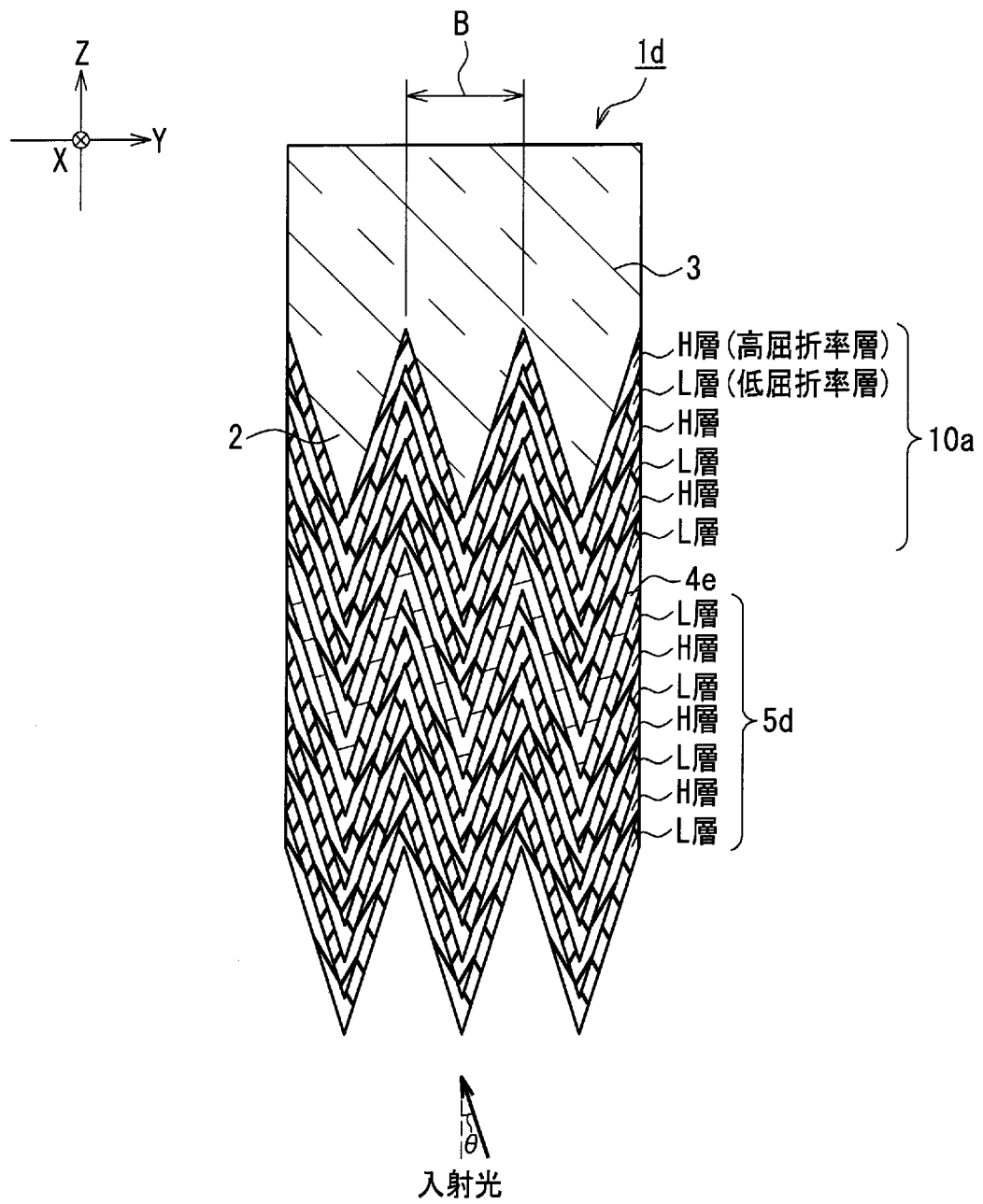
[図4]



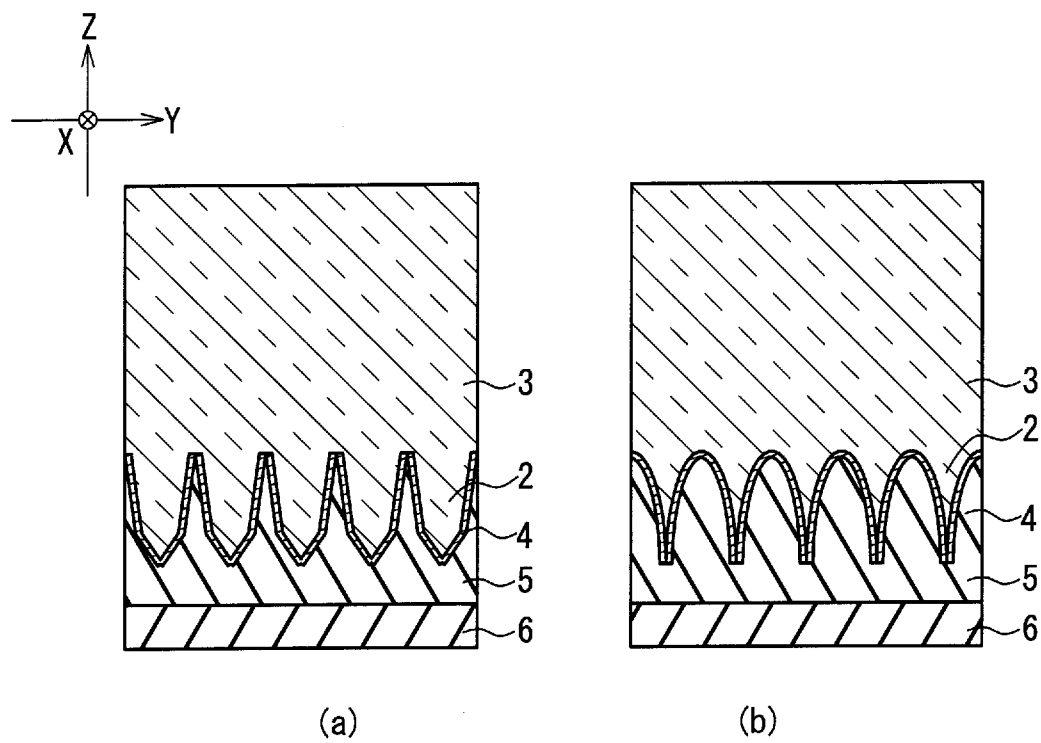
[図5]



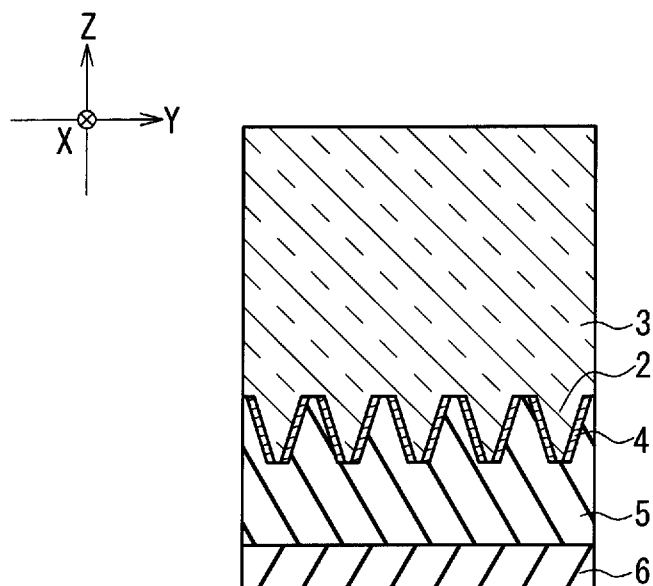
[図7]



[図8]

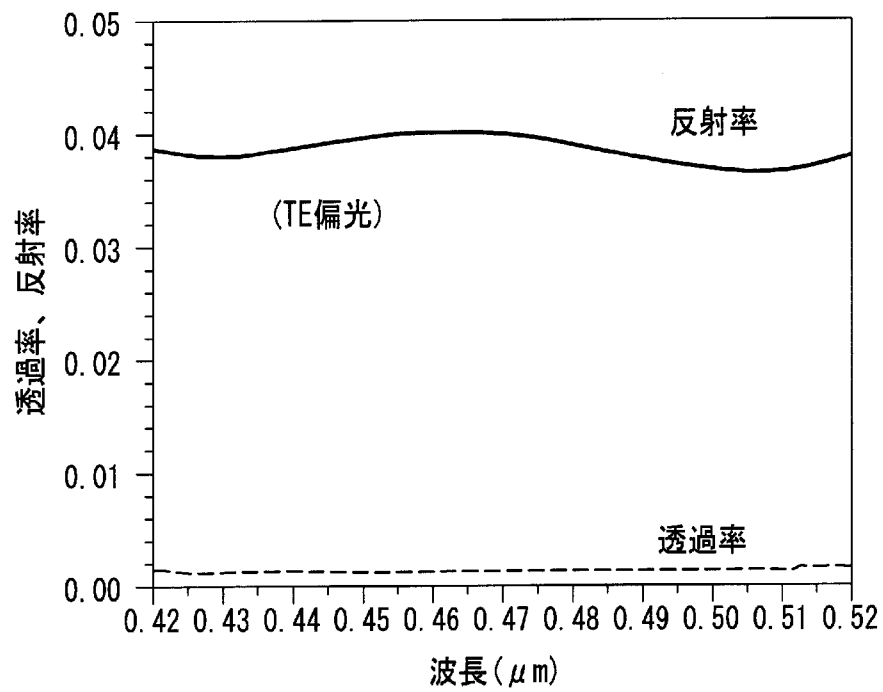


[図9]

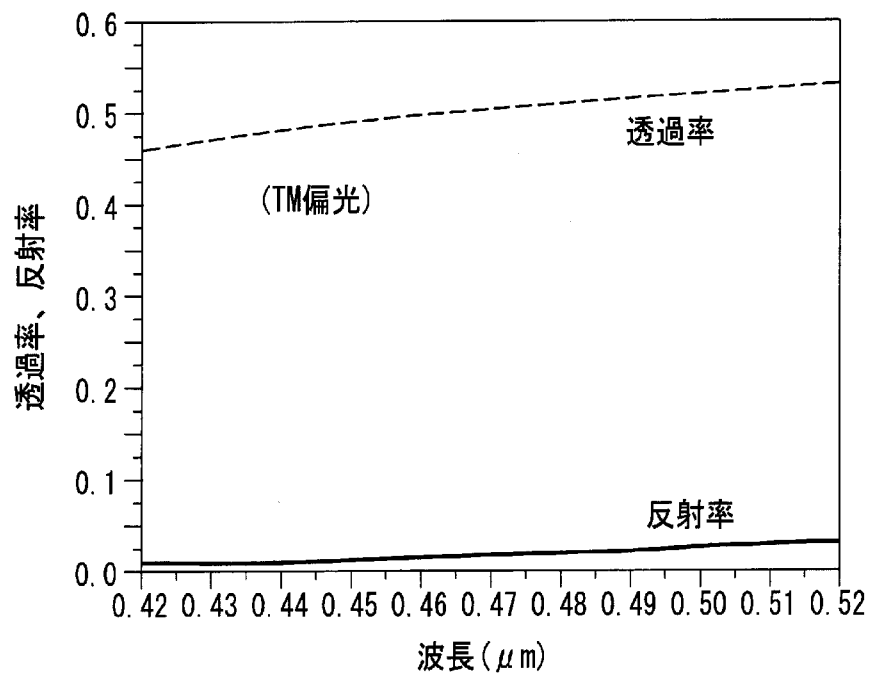


[図11]

(a)

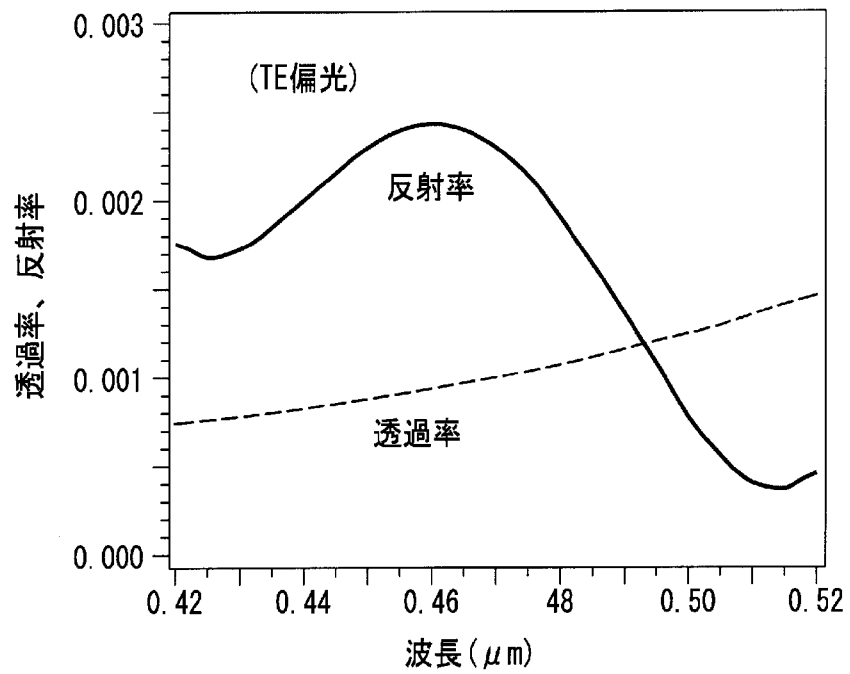


(b)

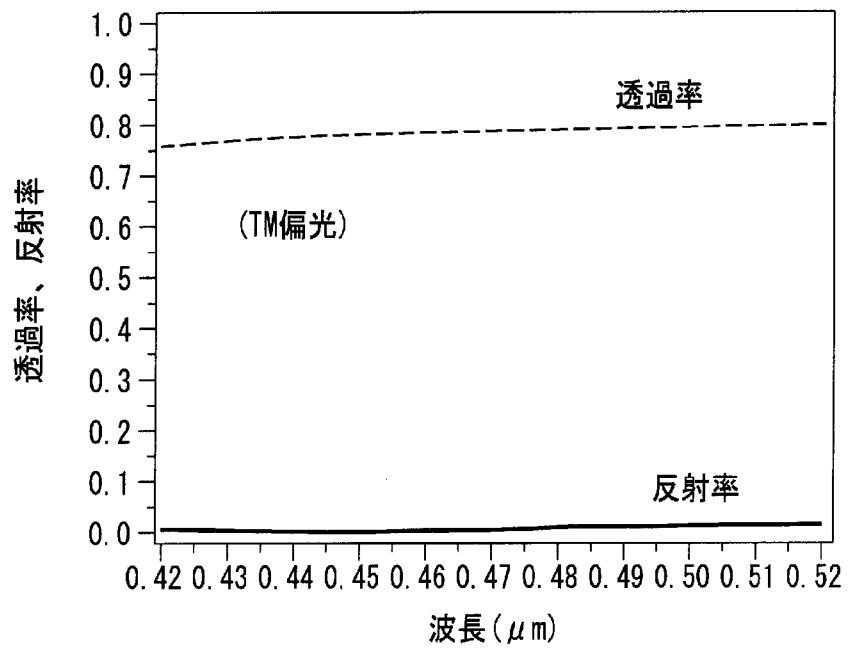


[図12]

(a)

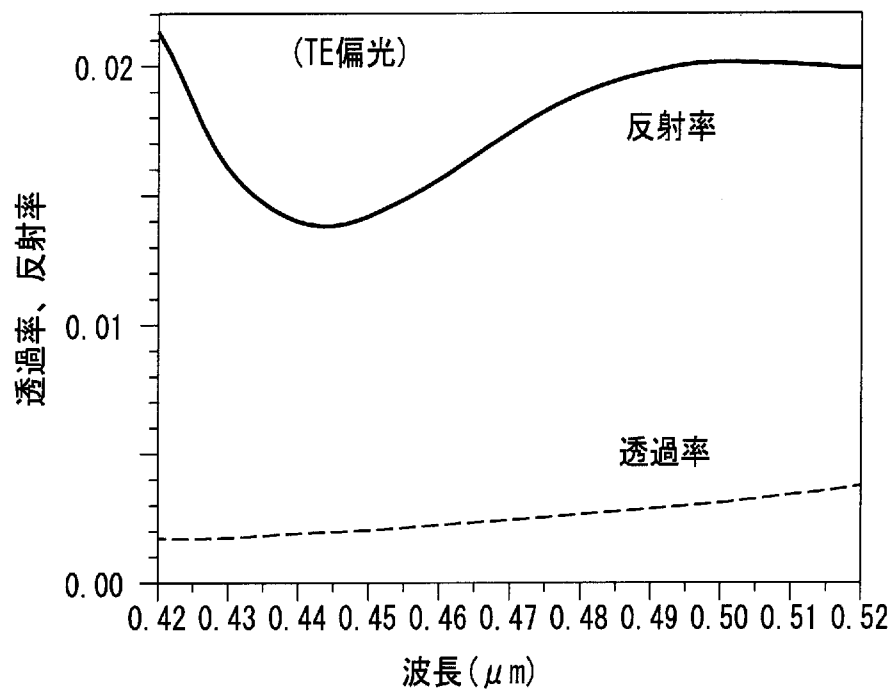


(b)

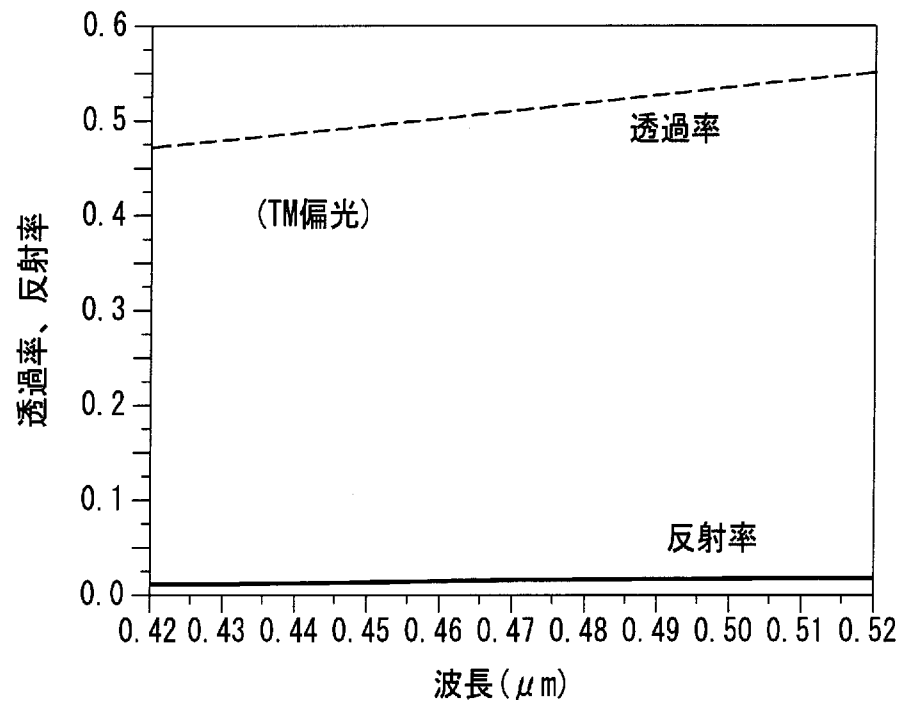


[図13]

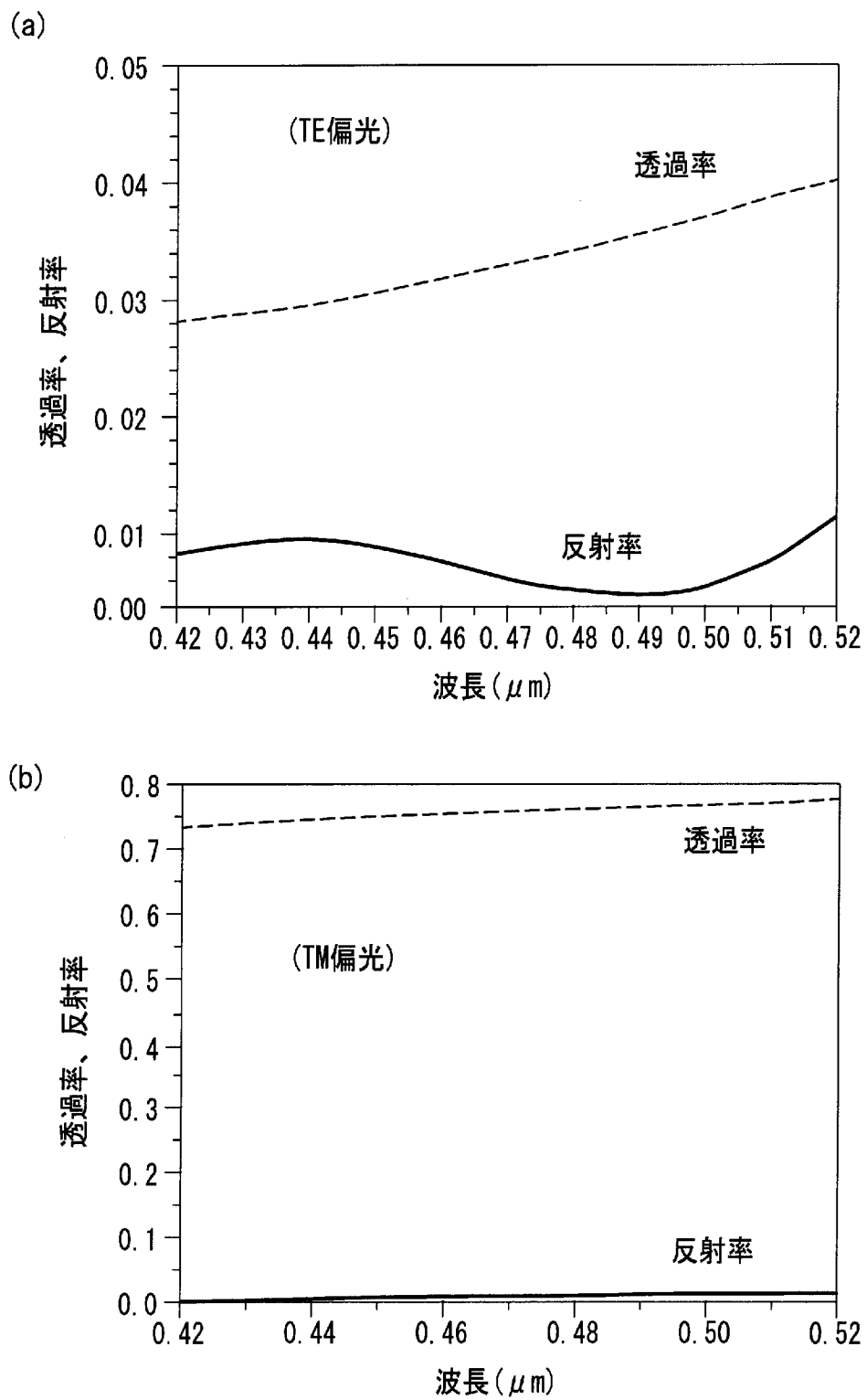
(a)



(b)

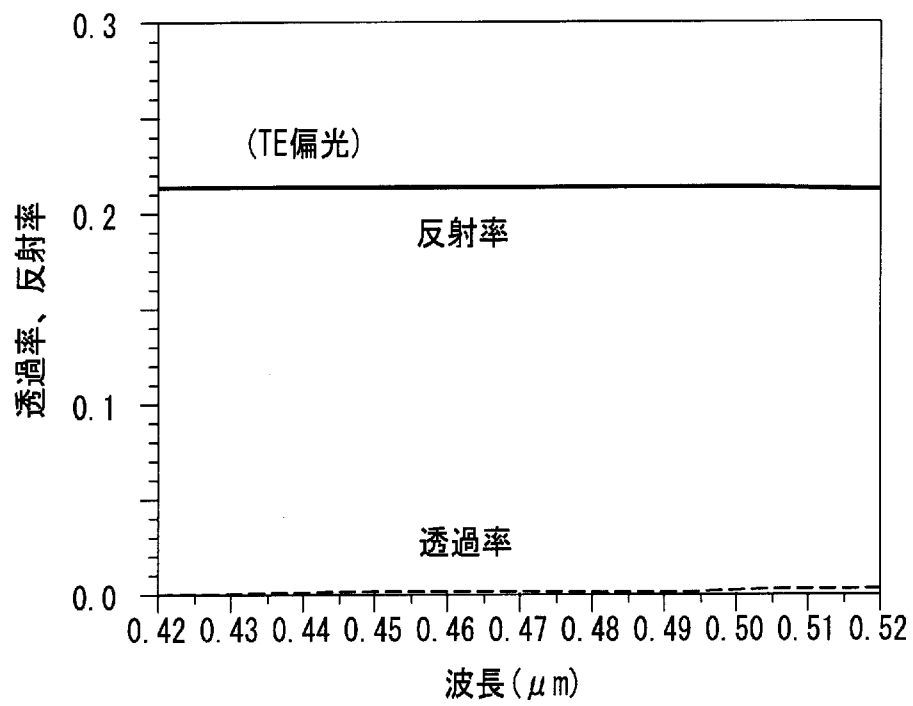


[図14]

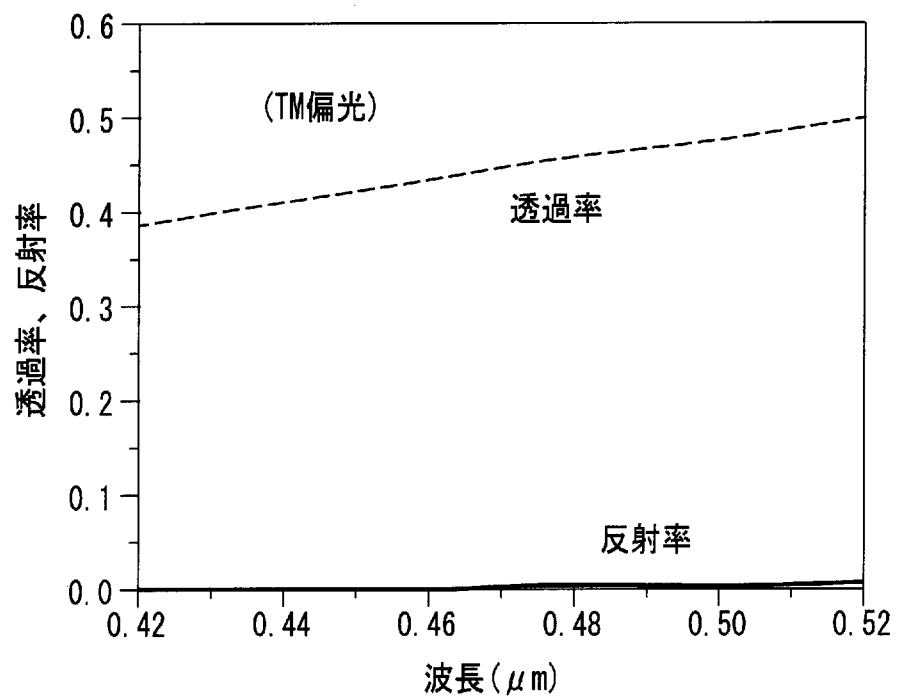


[図15]

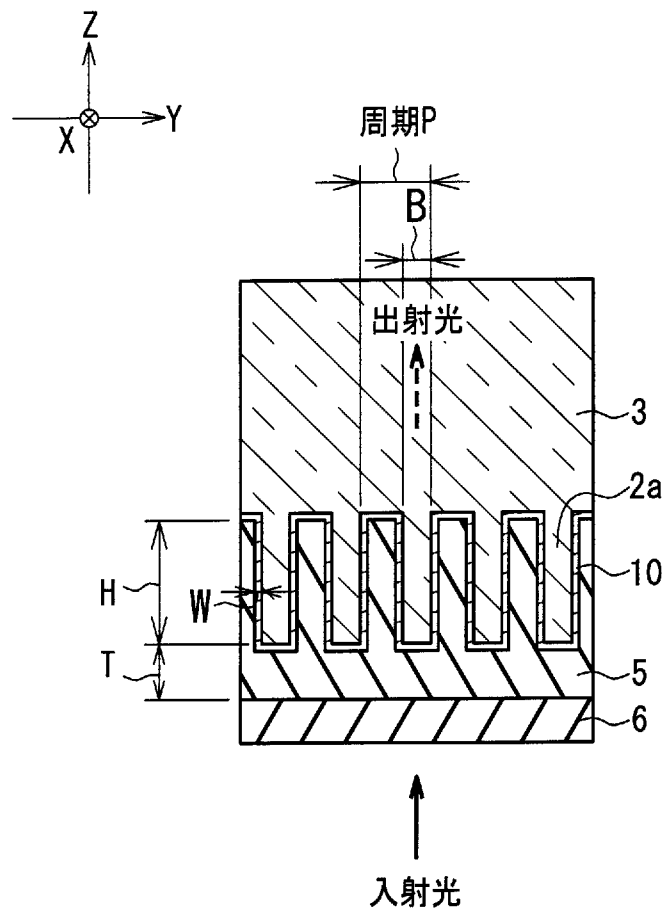
(a)



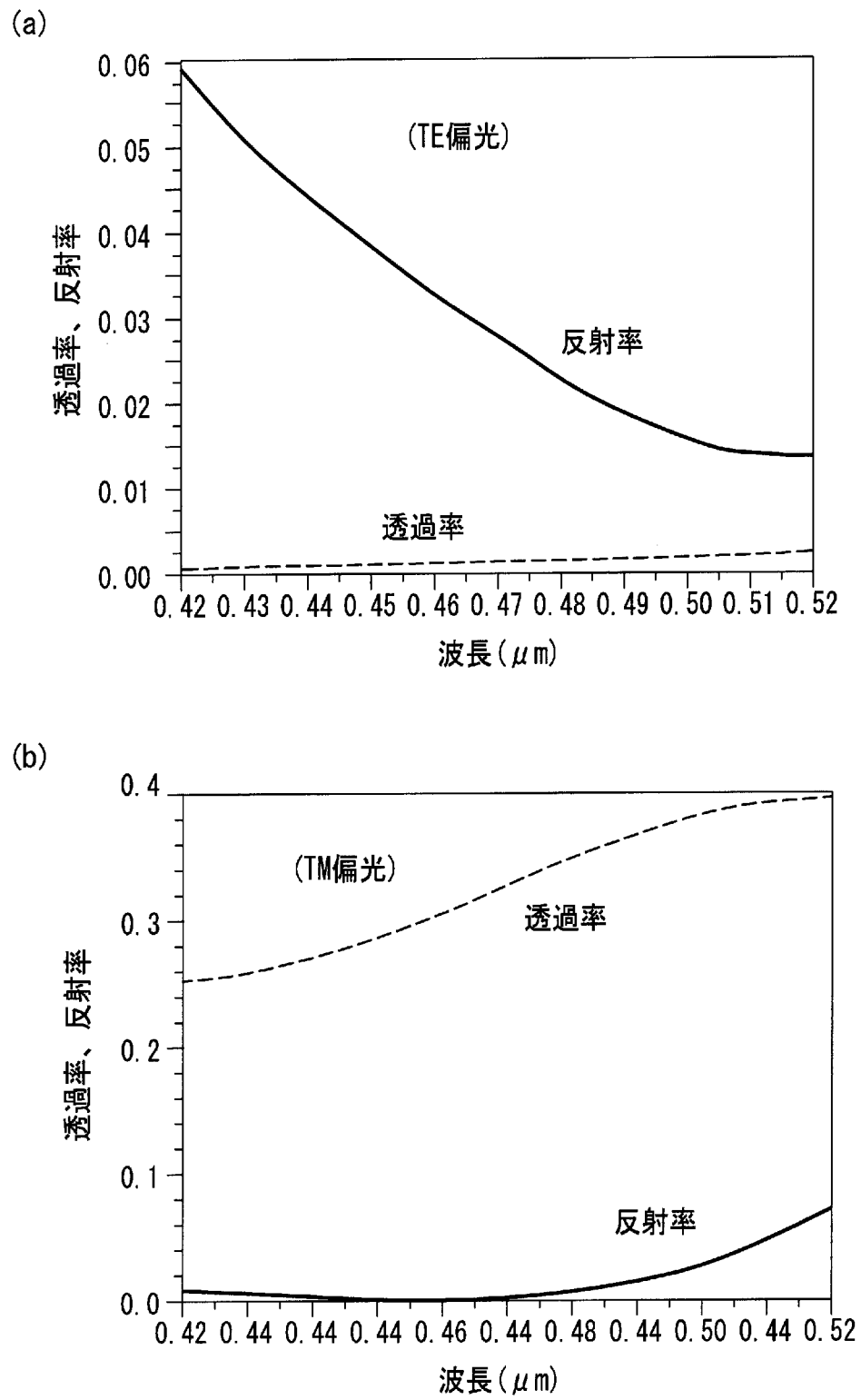
(b)



[図16]

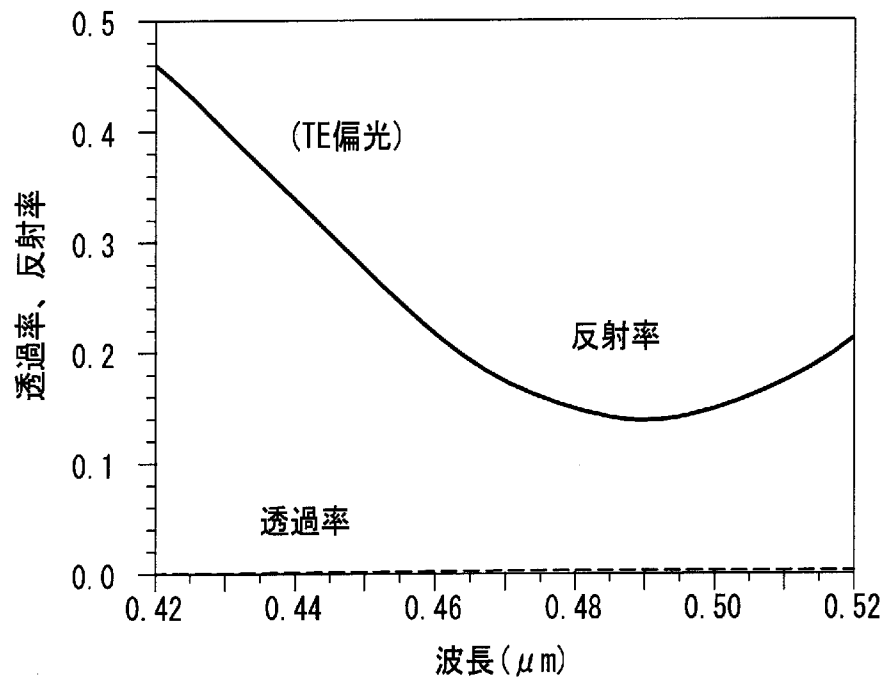


[図17]

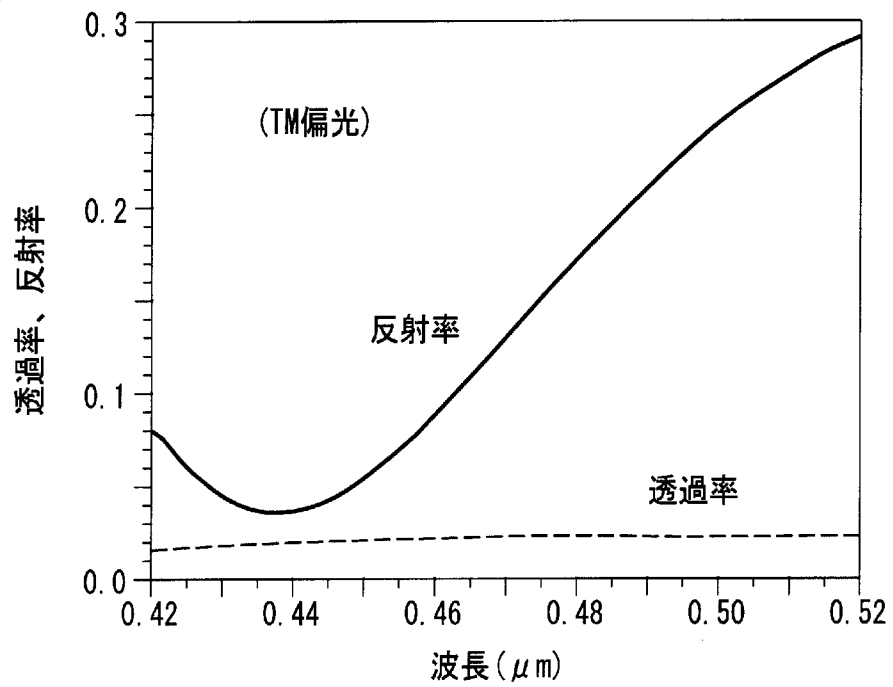


[図18]

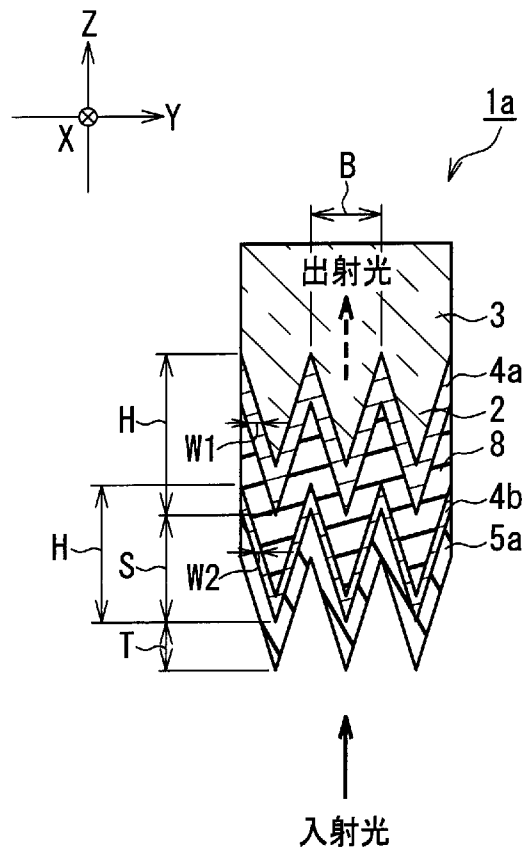
(a)



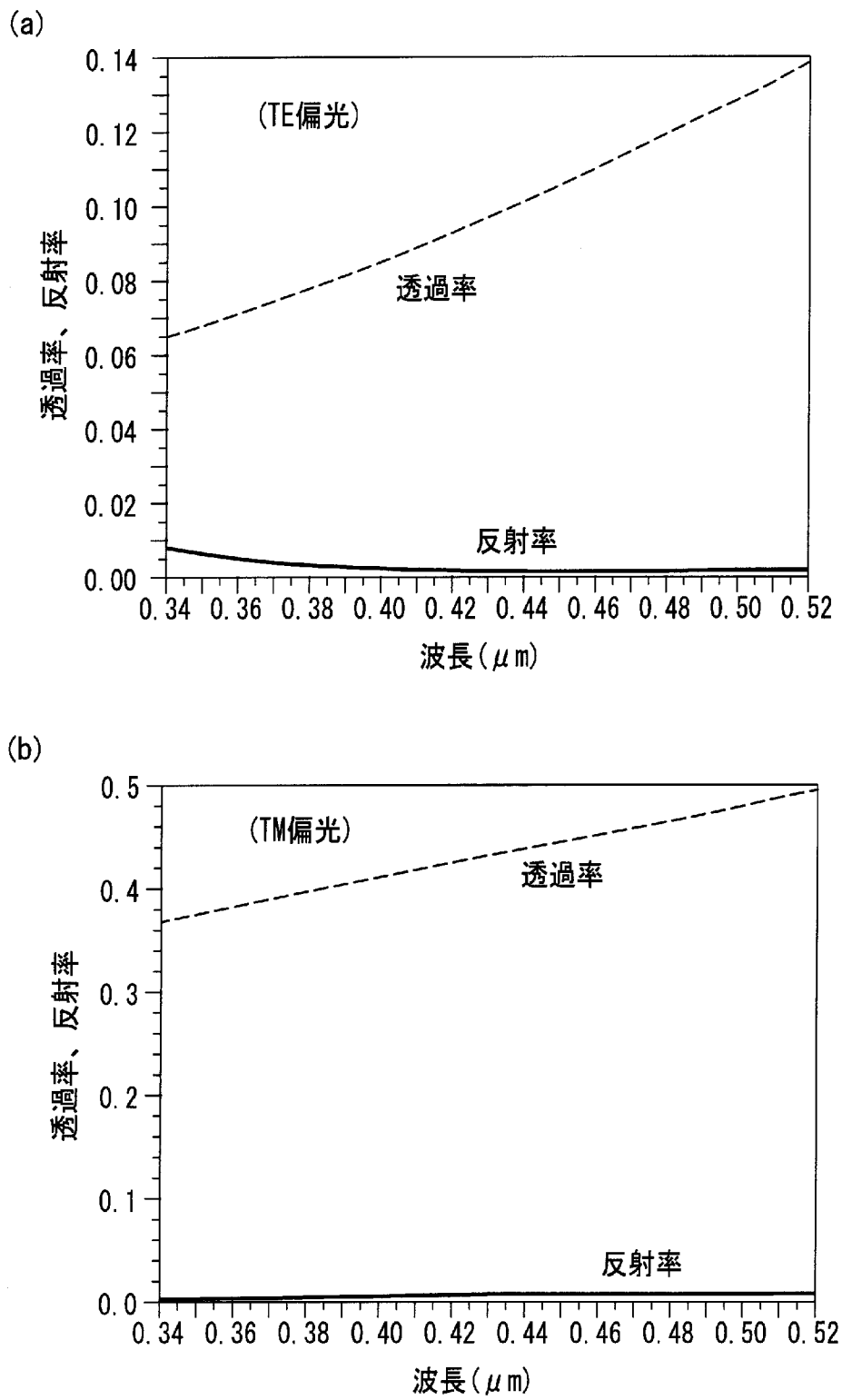
(b)



[図19]

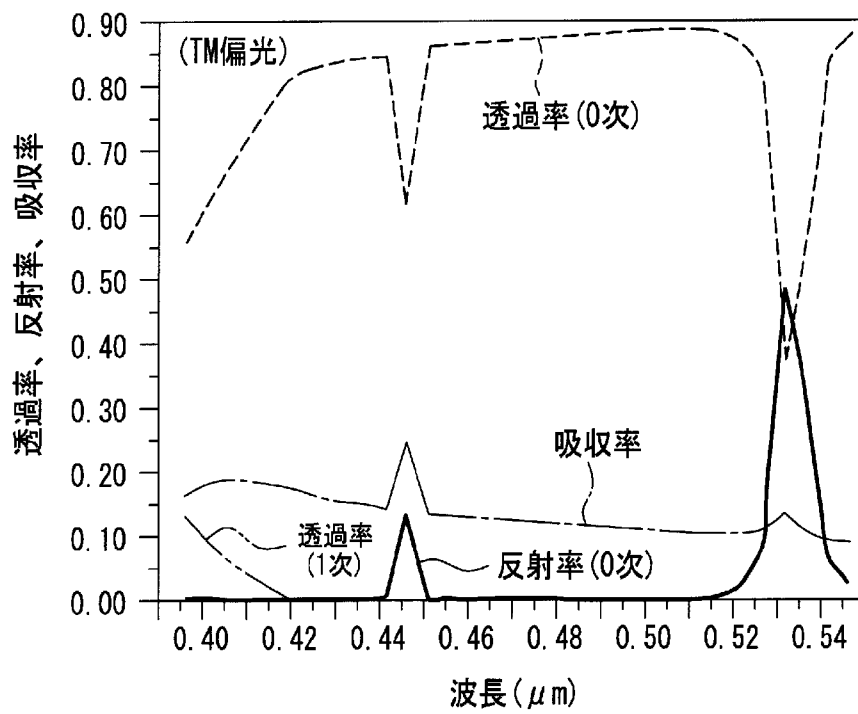


[図20]

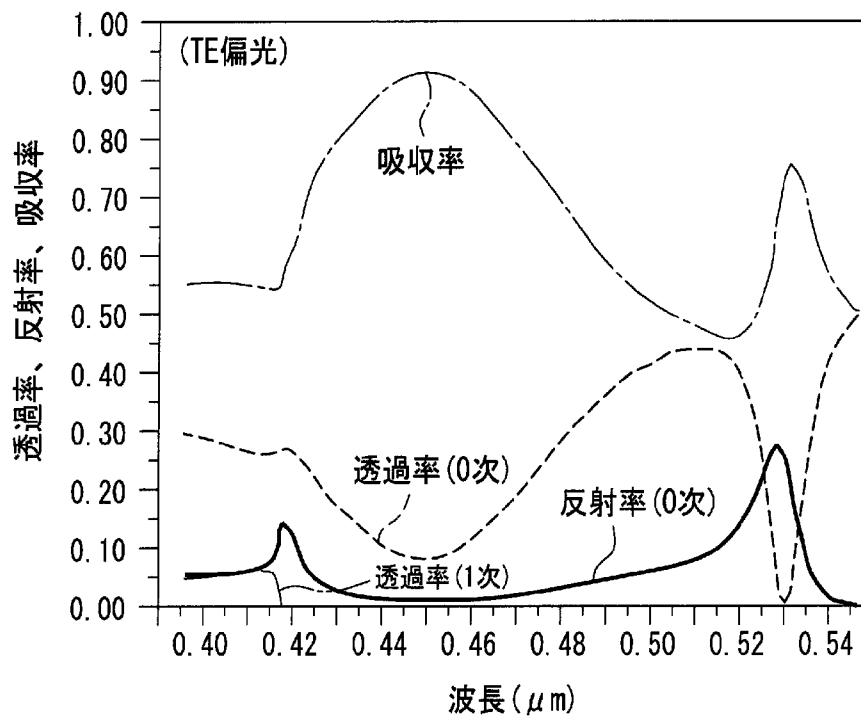


[図21]

(a)

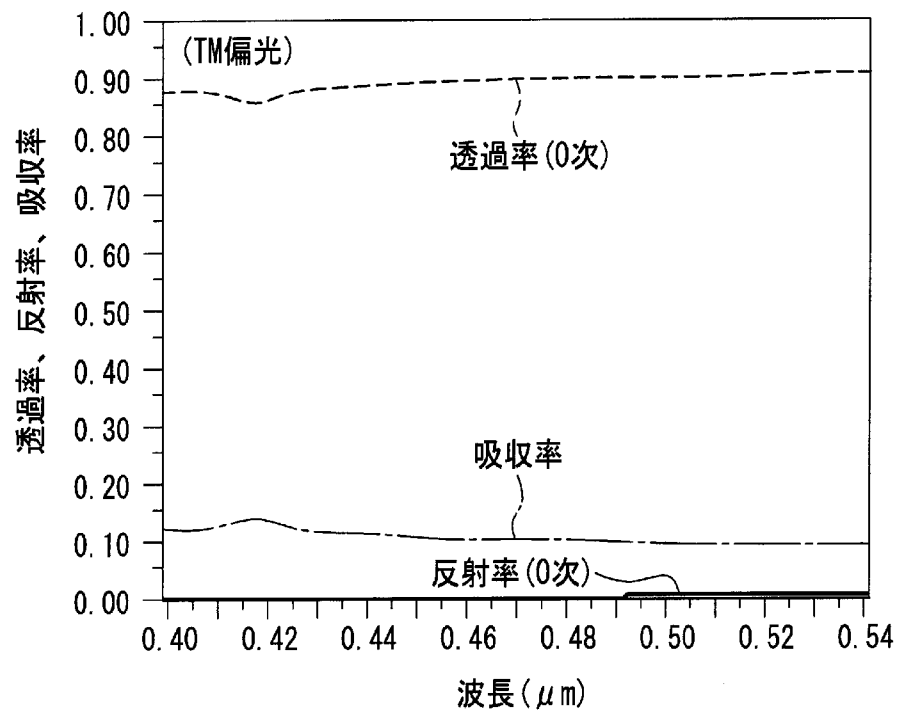


(b)

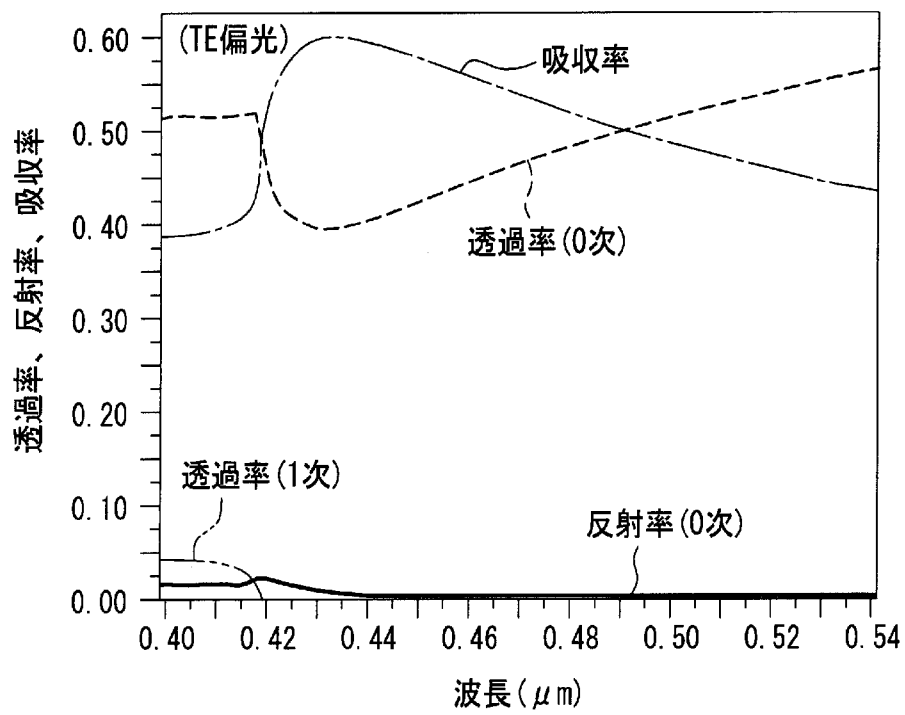


[図22]

(a)

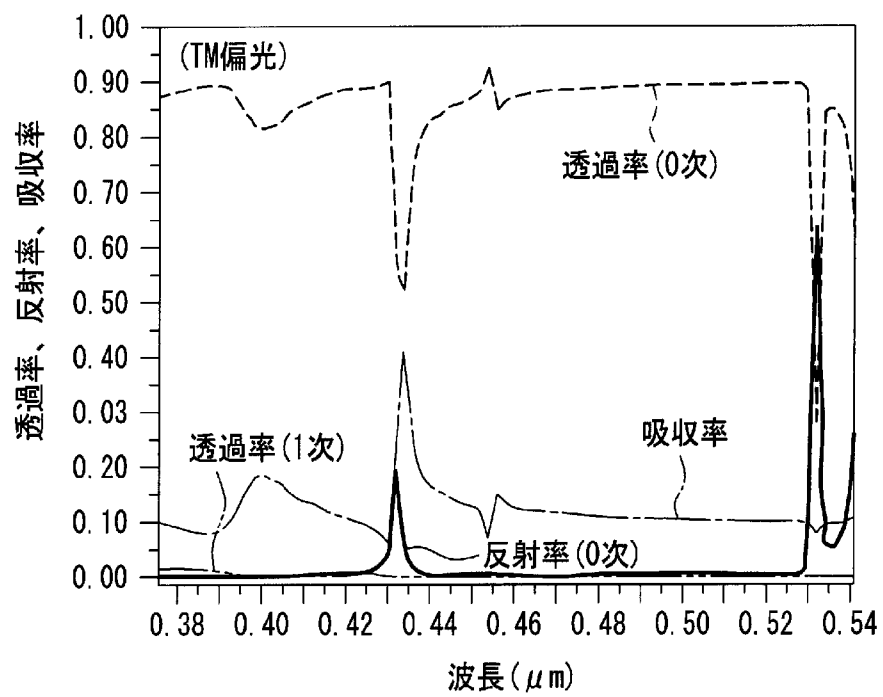


(b)

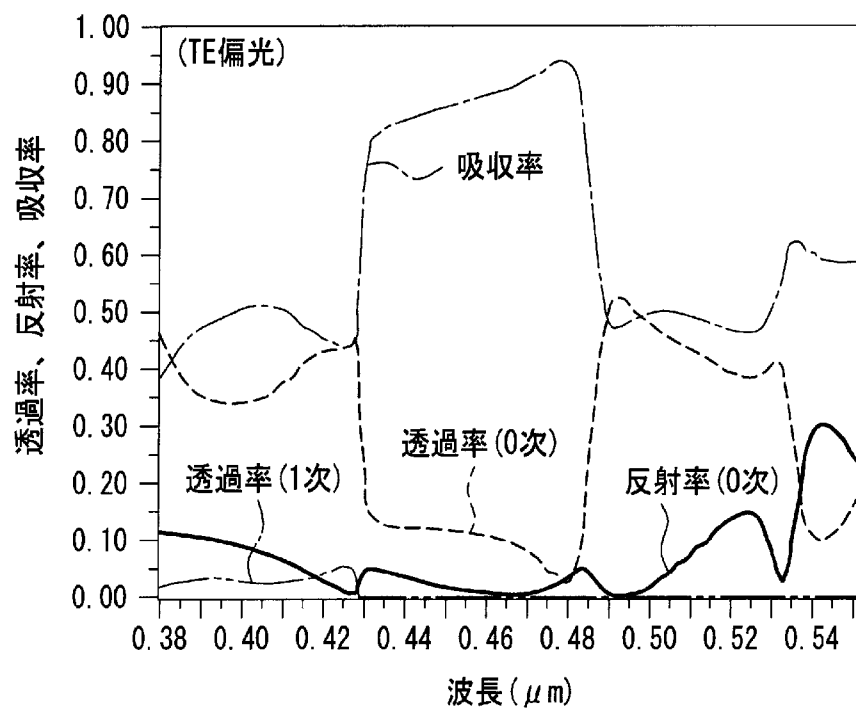


[図23]

(a)

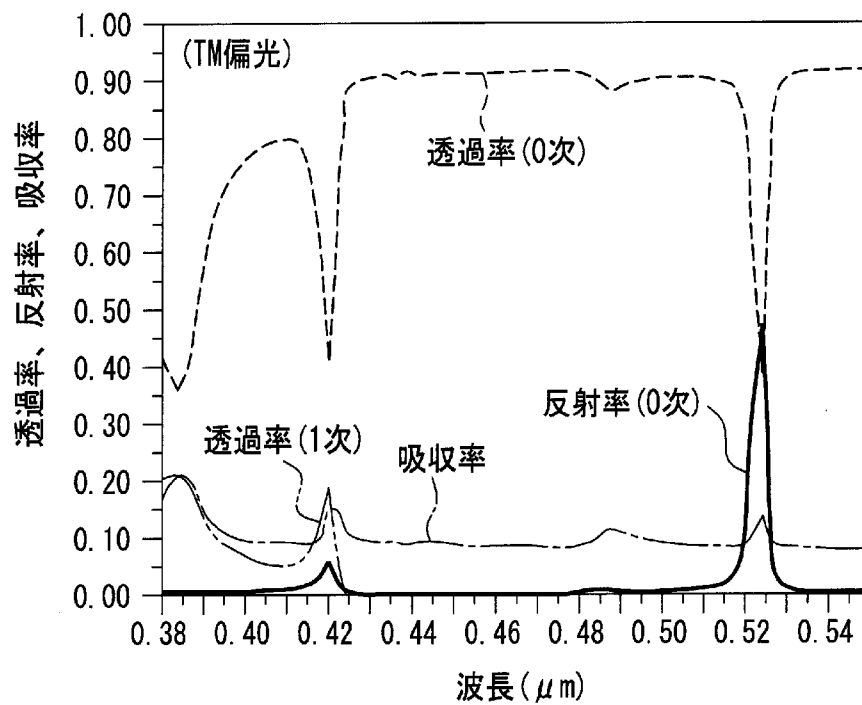


(b)

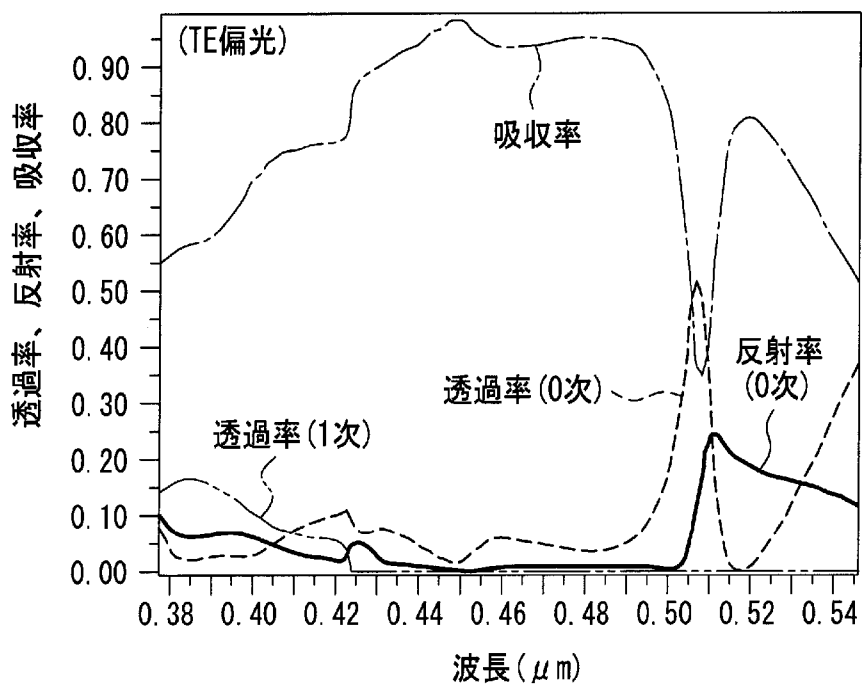


[図24]

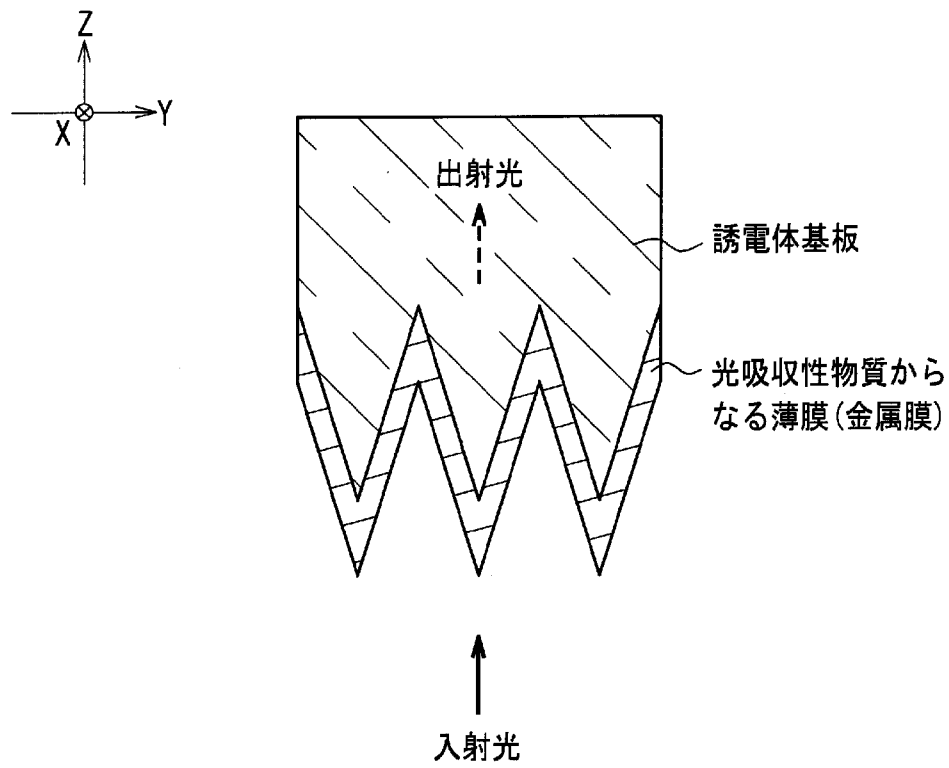
(a)



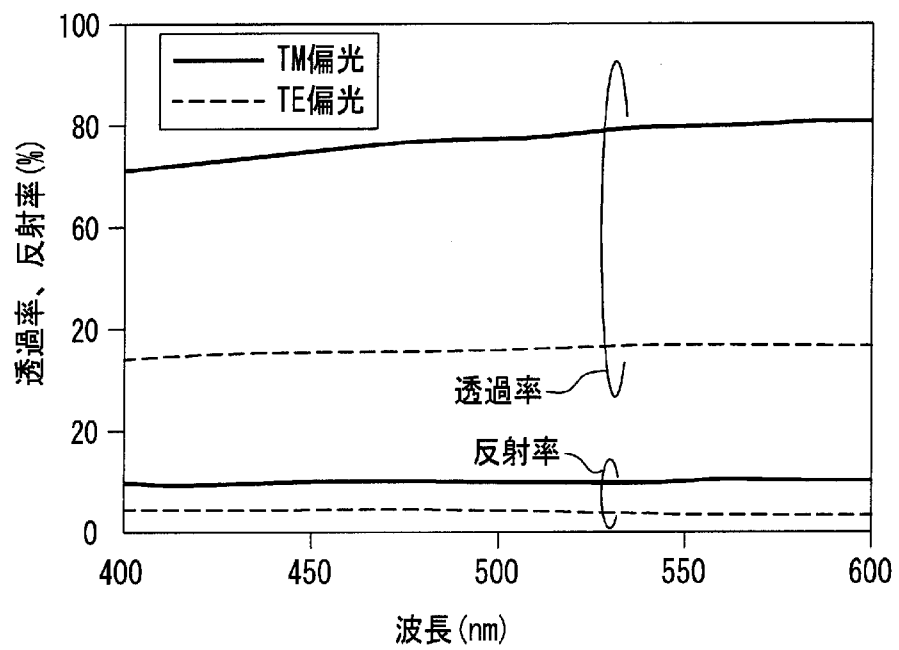
(b)



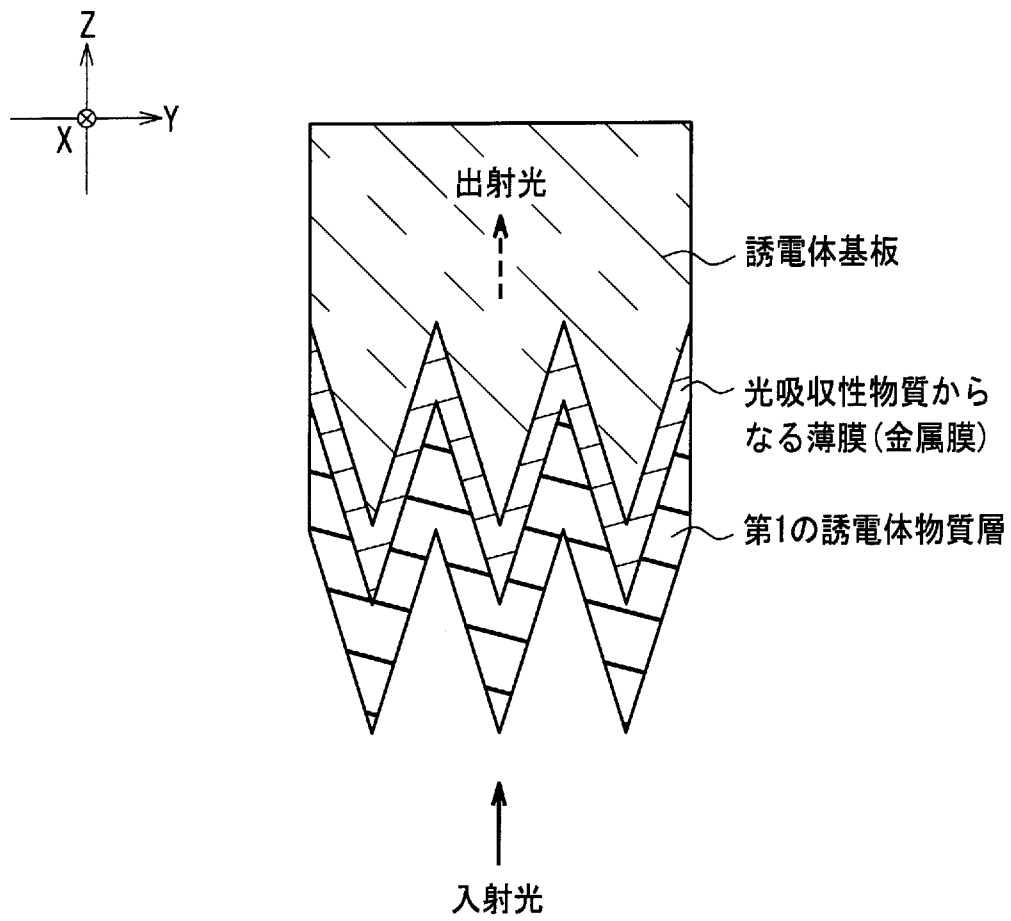
[図25]



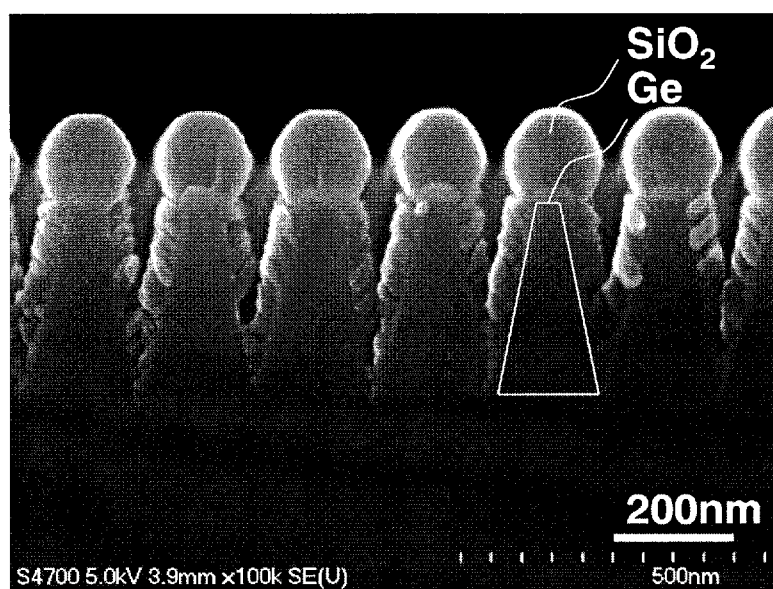
[図26]



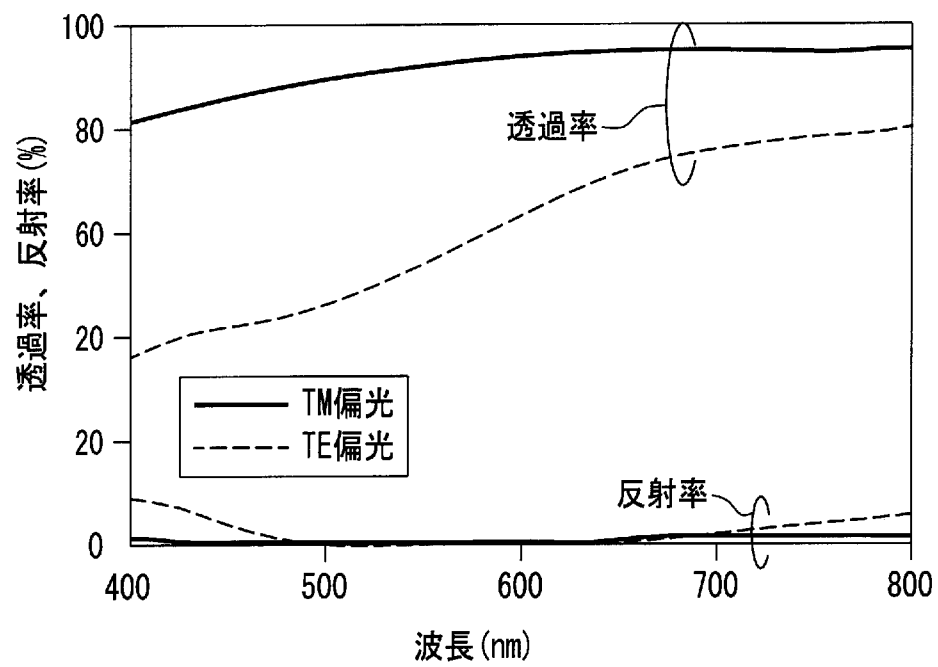
[図27]



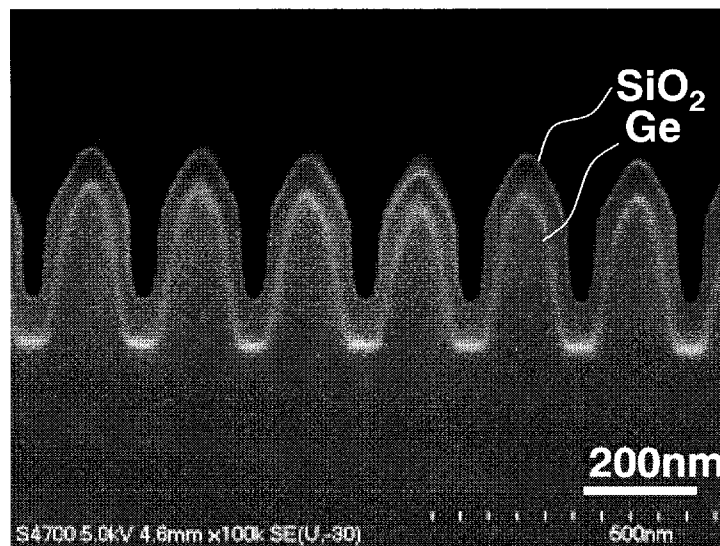
[図28]



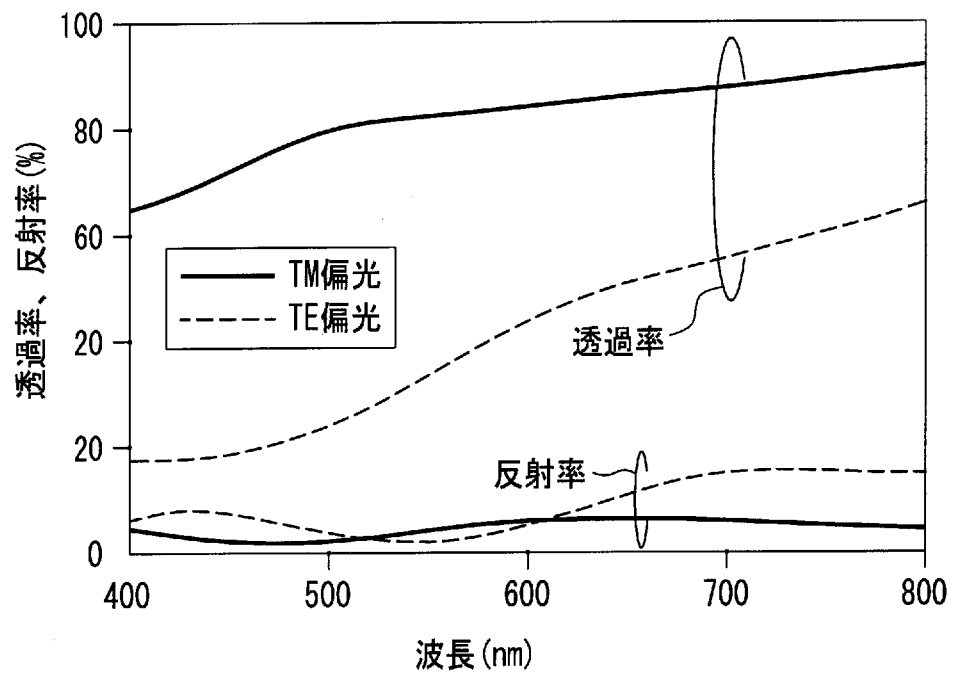
[図29]



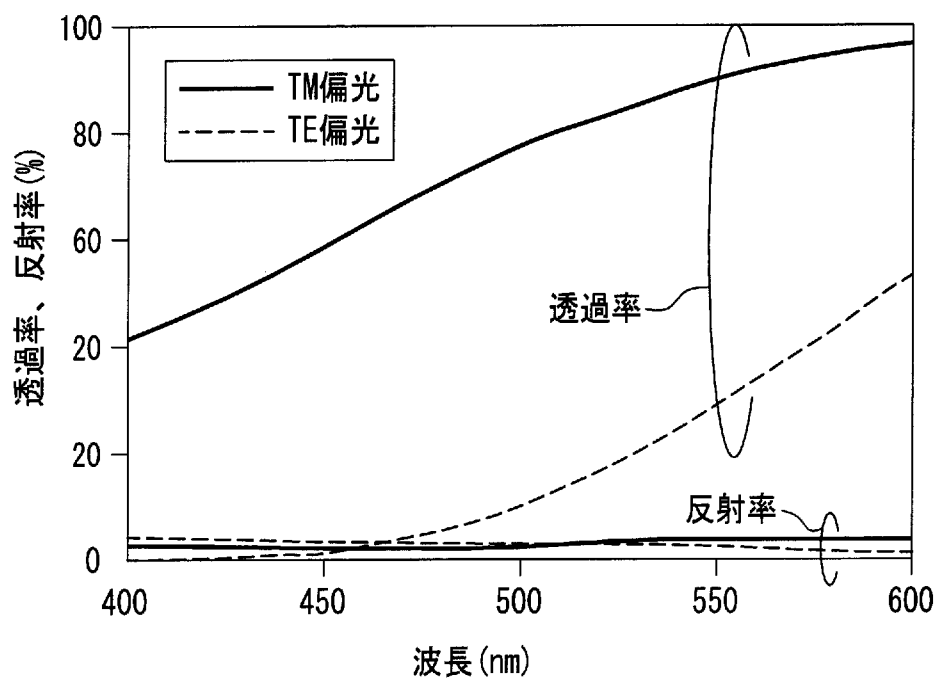
[図30]



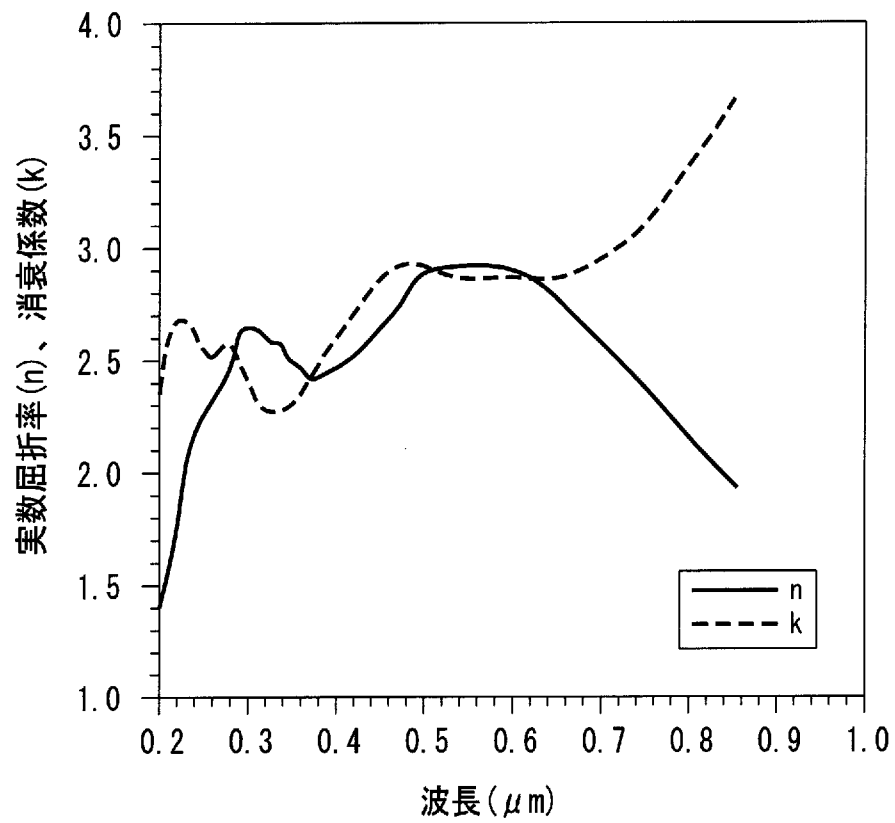
[図31]



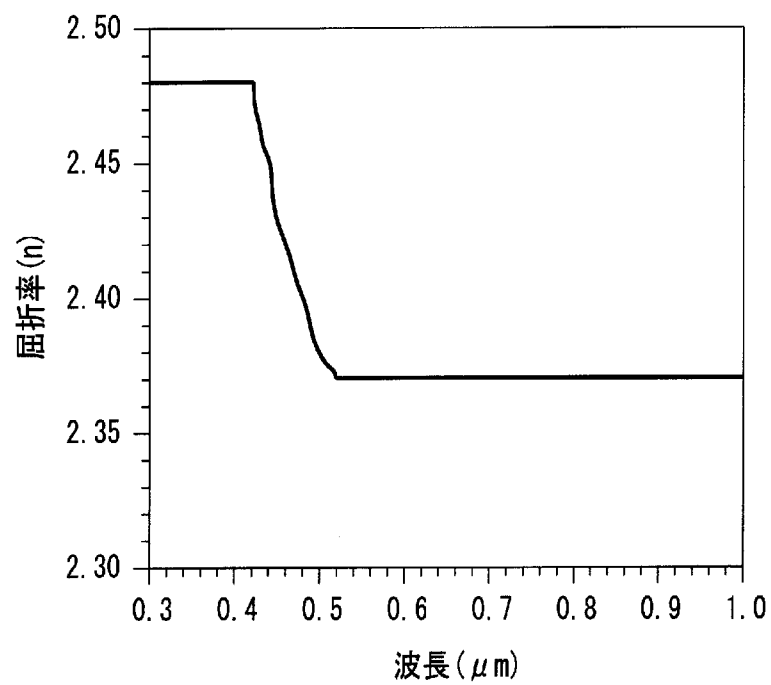
[図32]



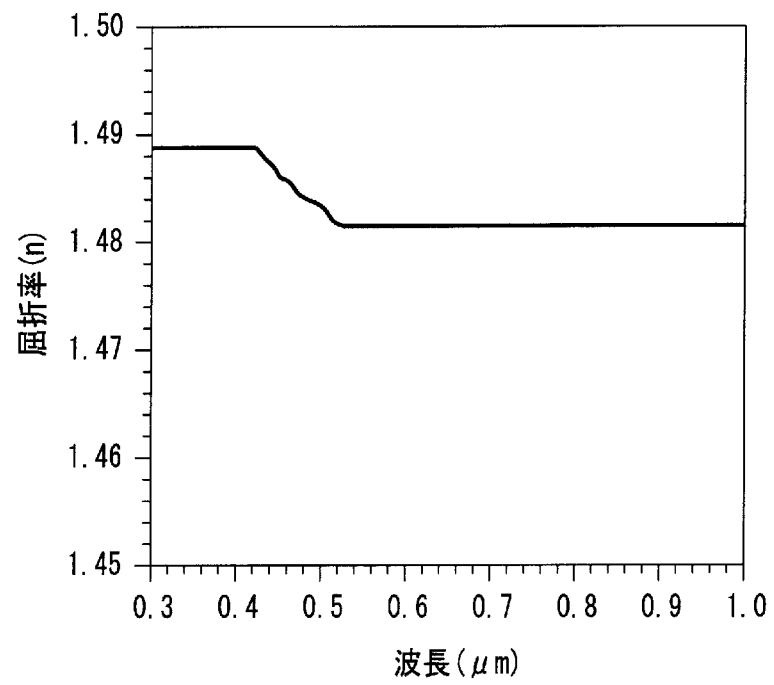
[図33]



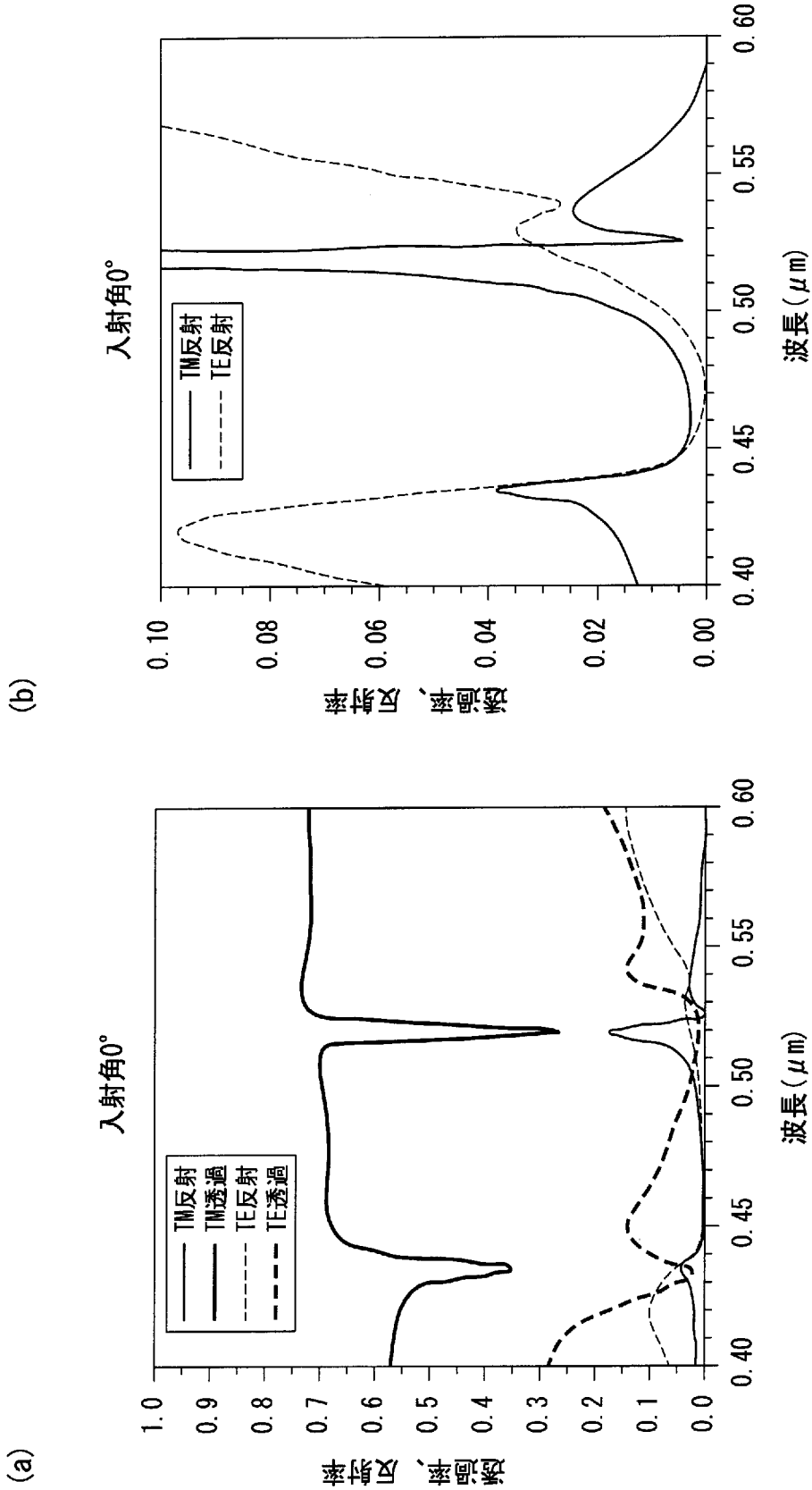
[図34]



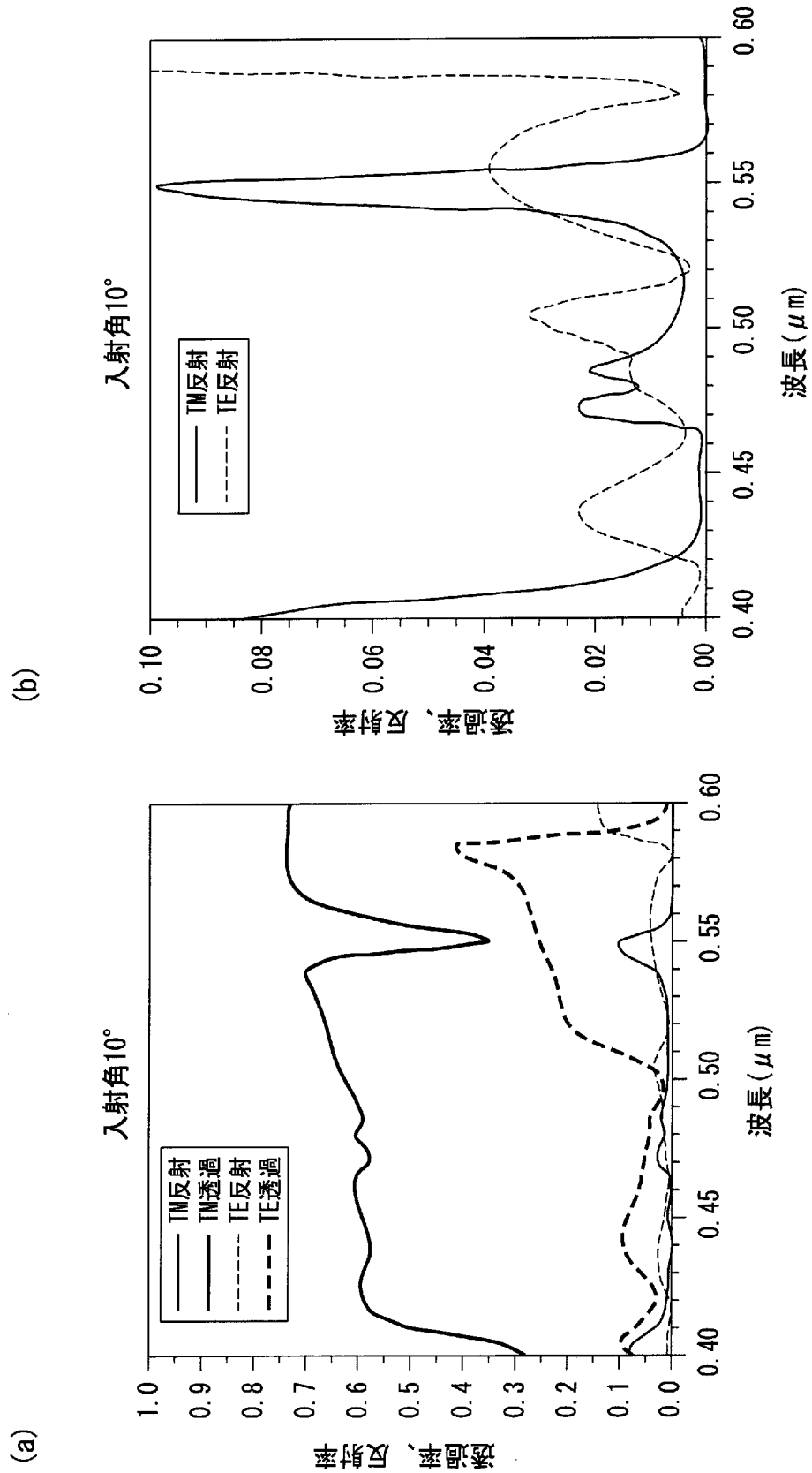
[図35]



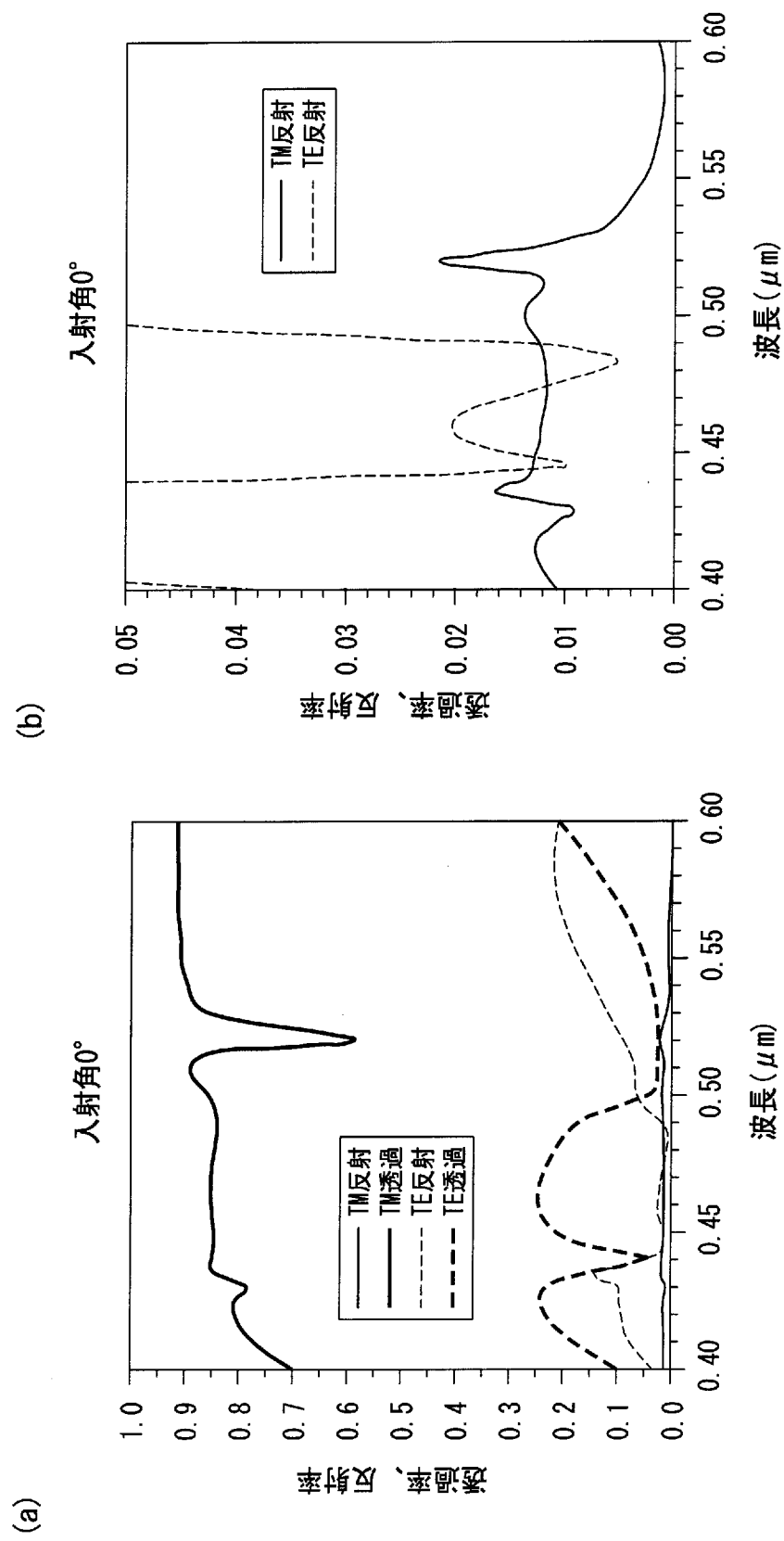
[図36]



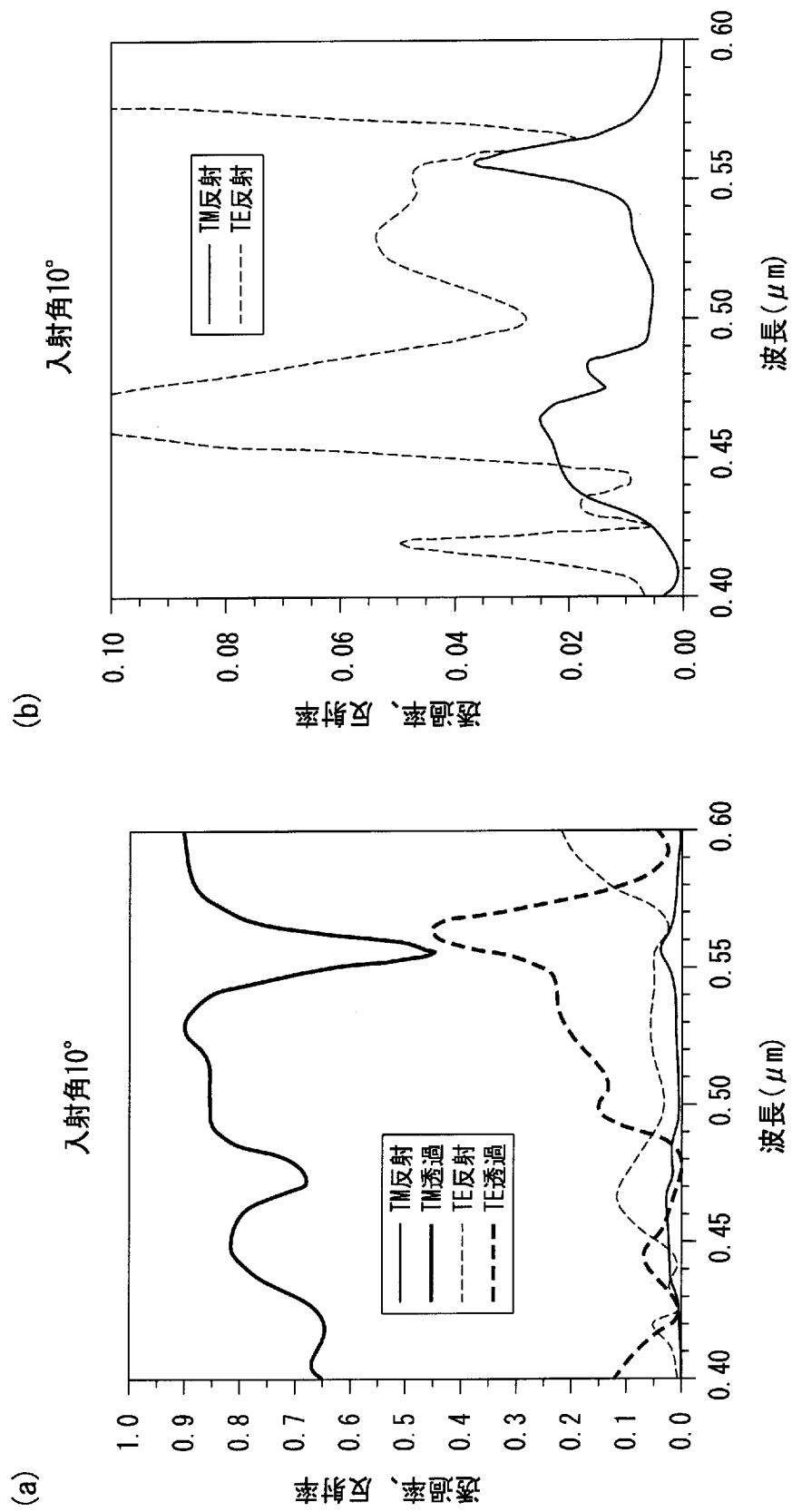
[図37]



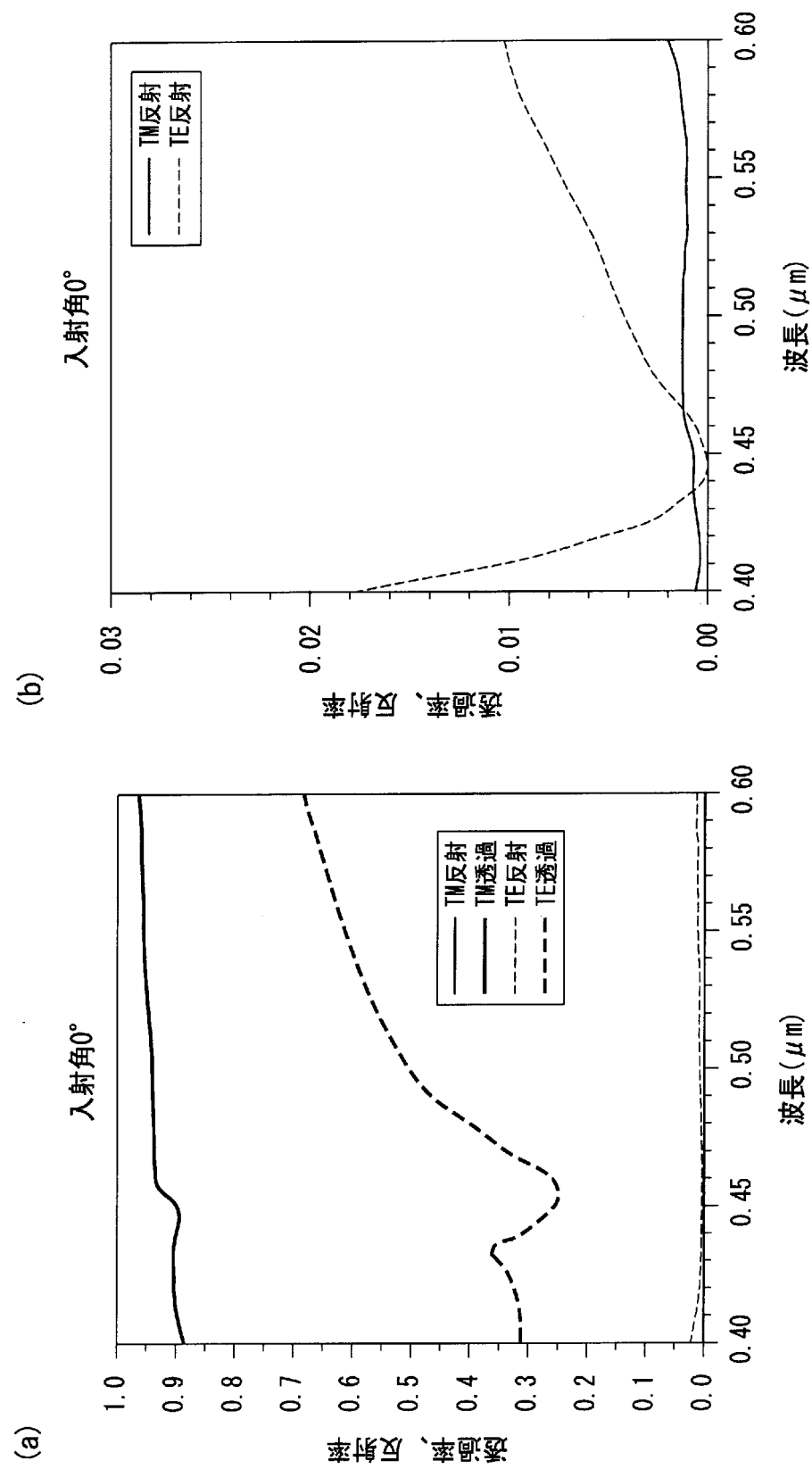
[図38]



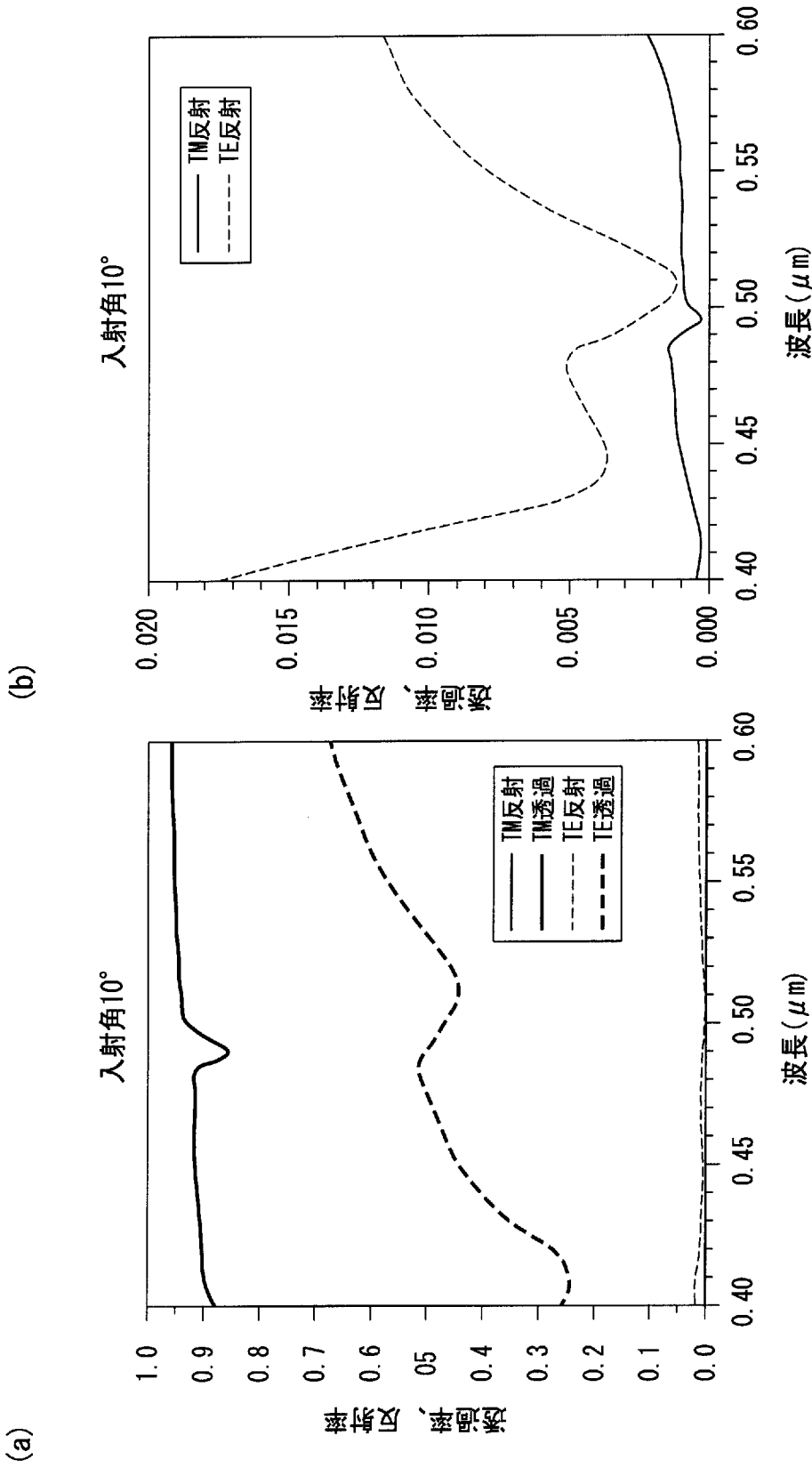
[図39]



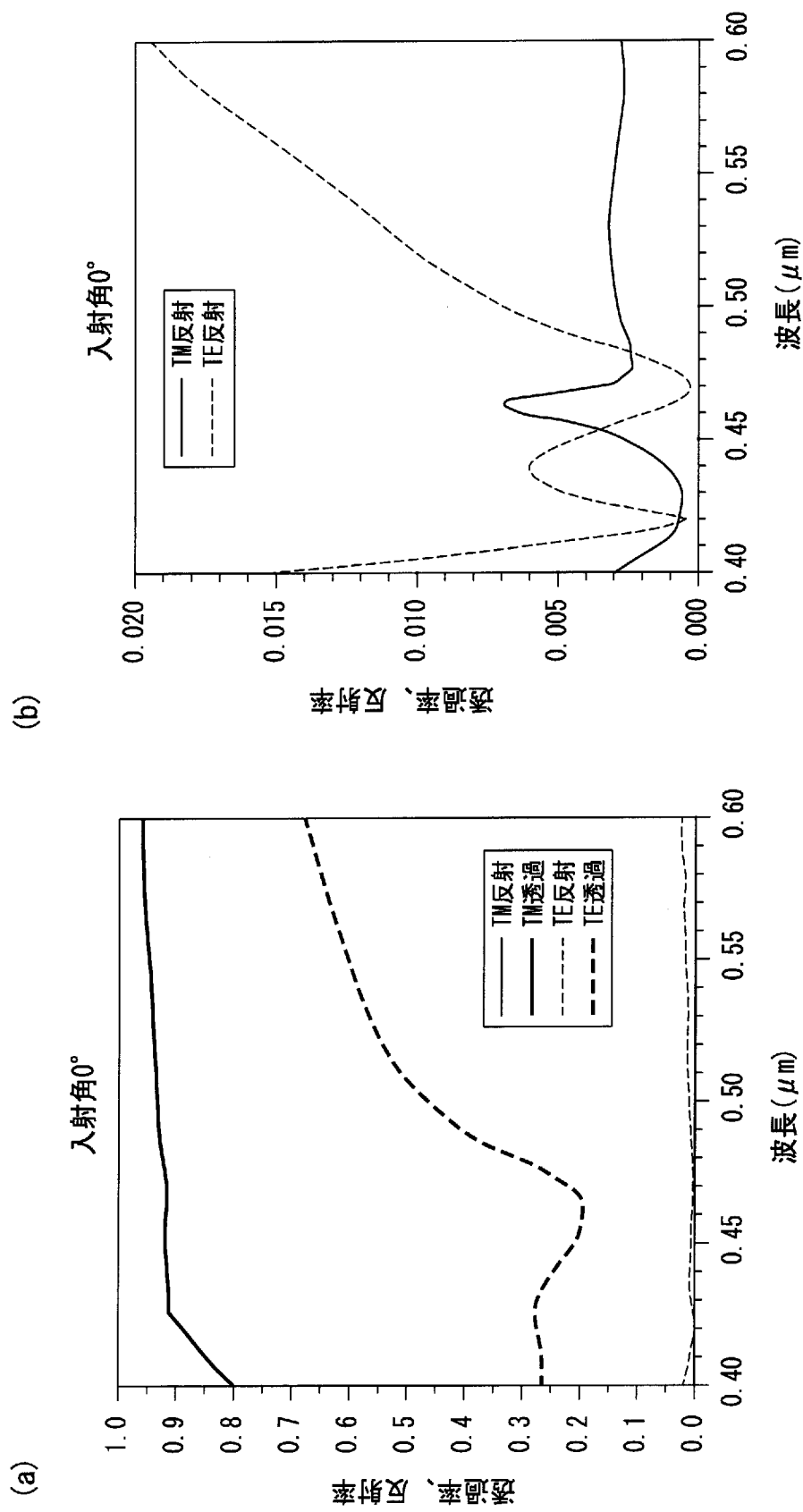
[図40]



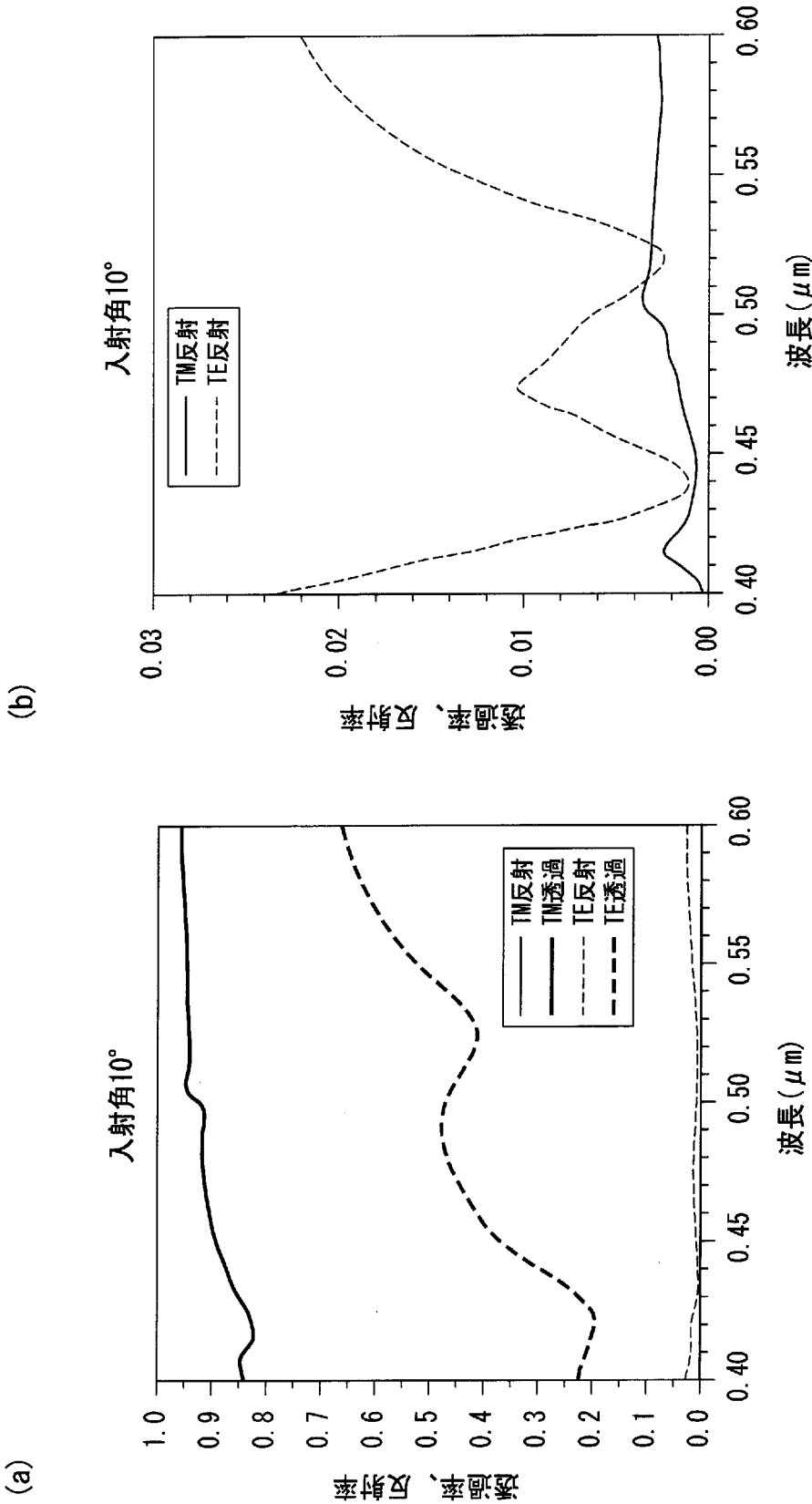
[図41]



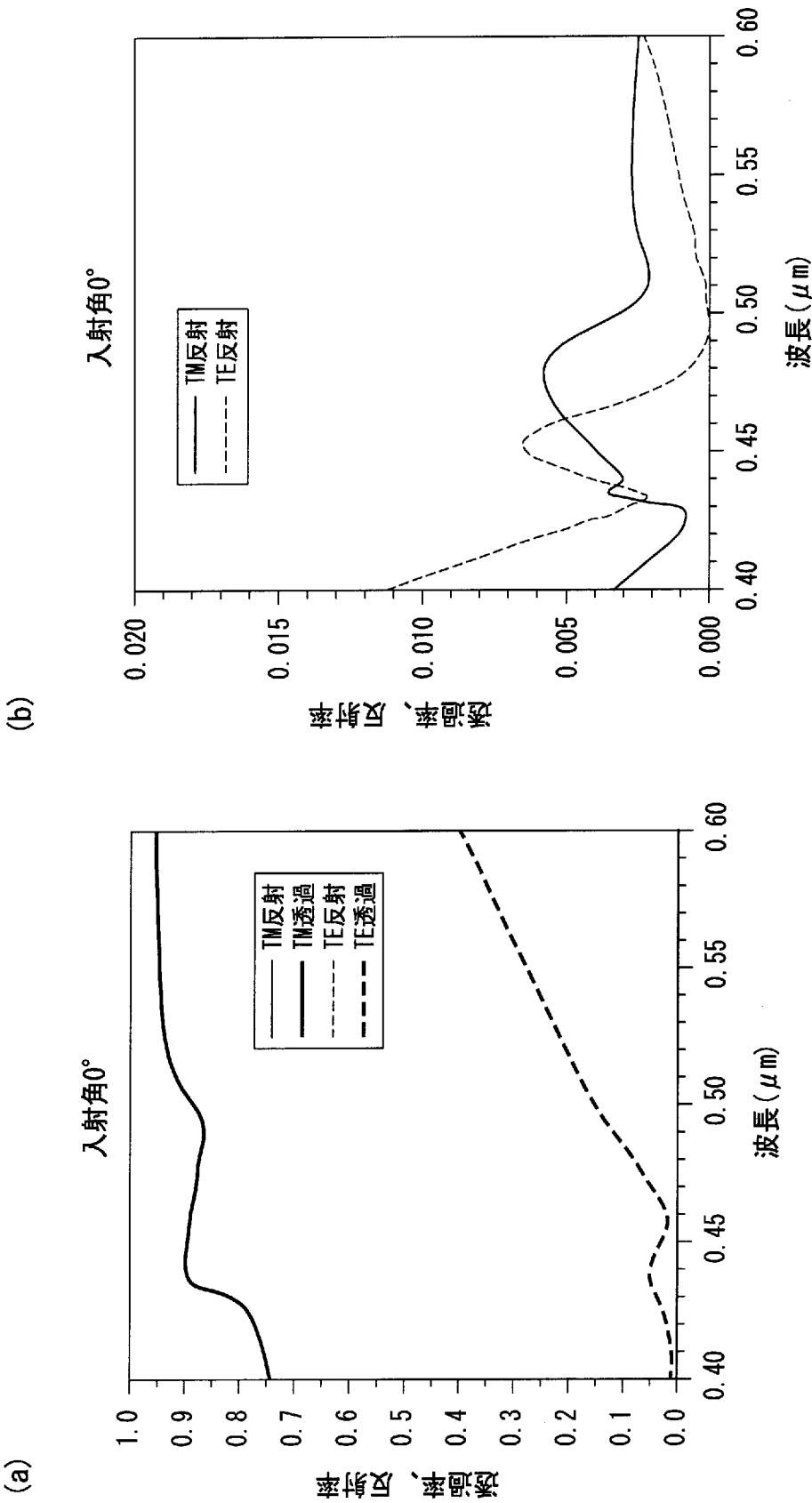
[図42]



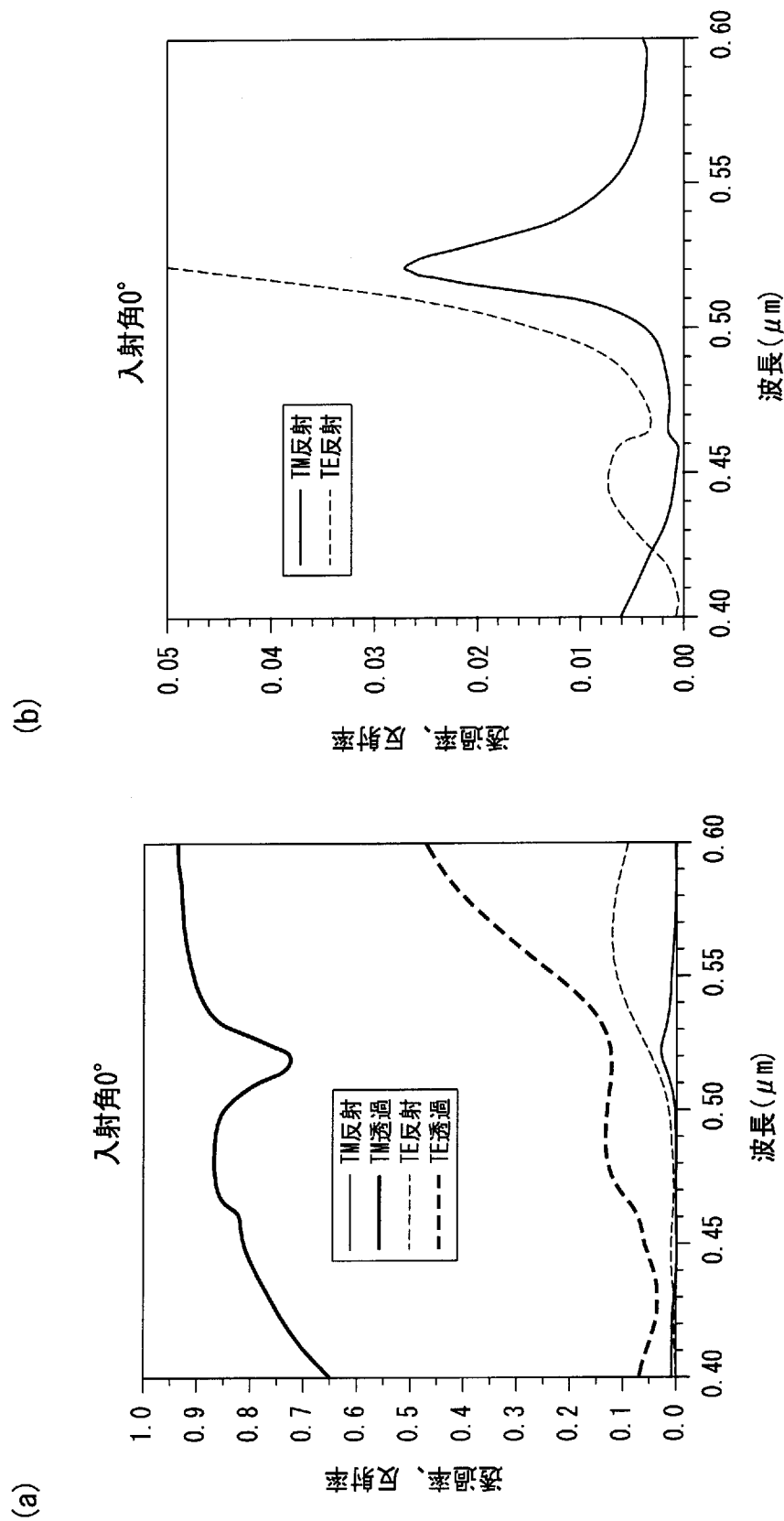
[図43]



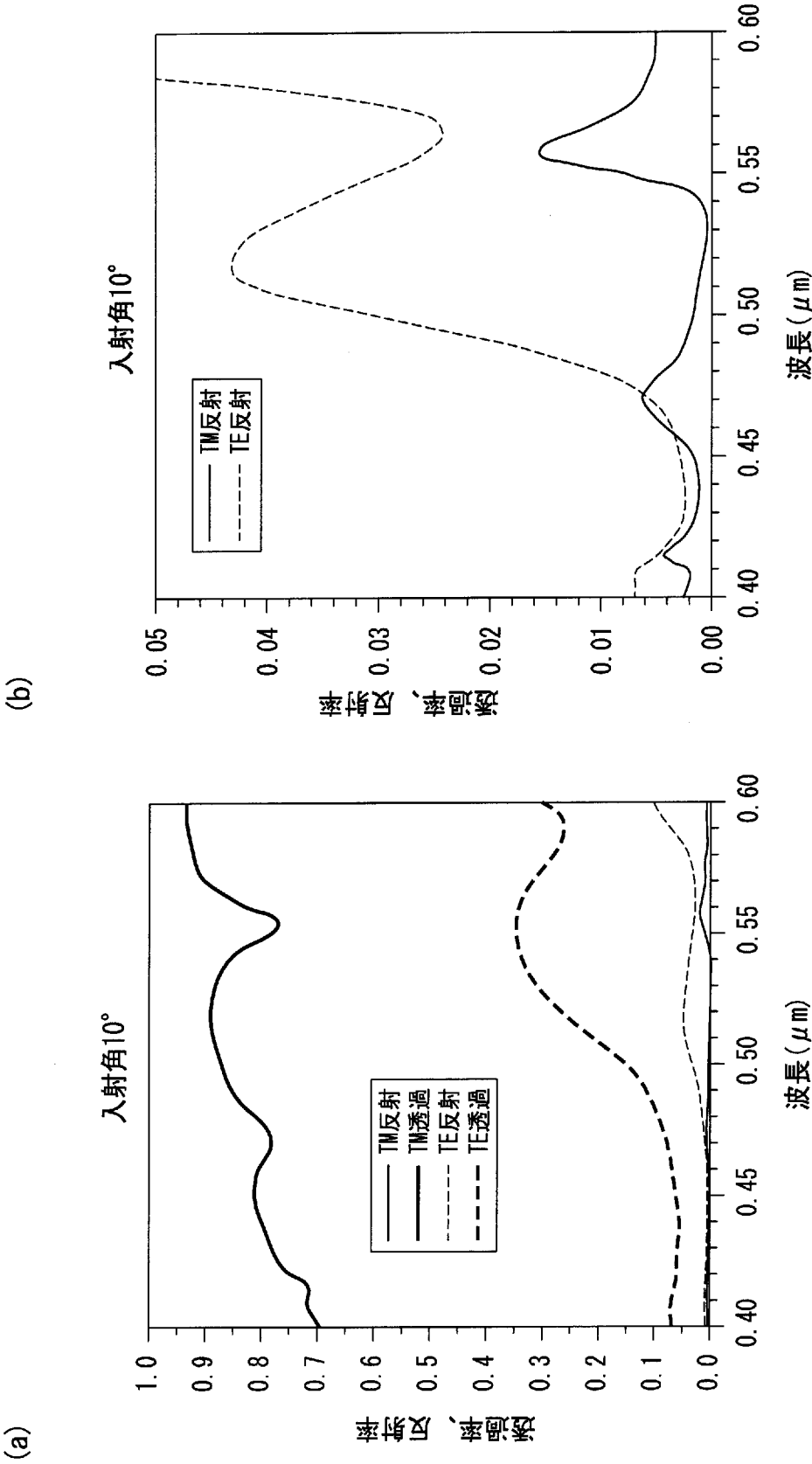
[図44]



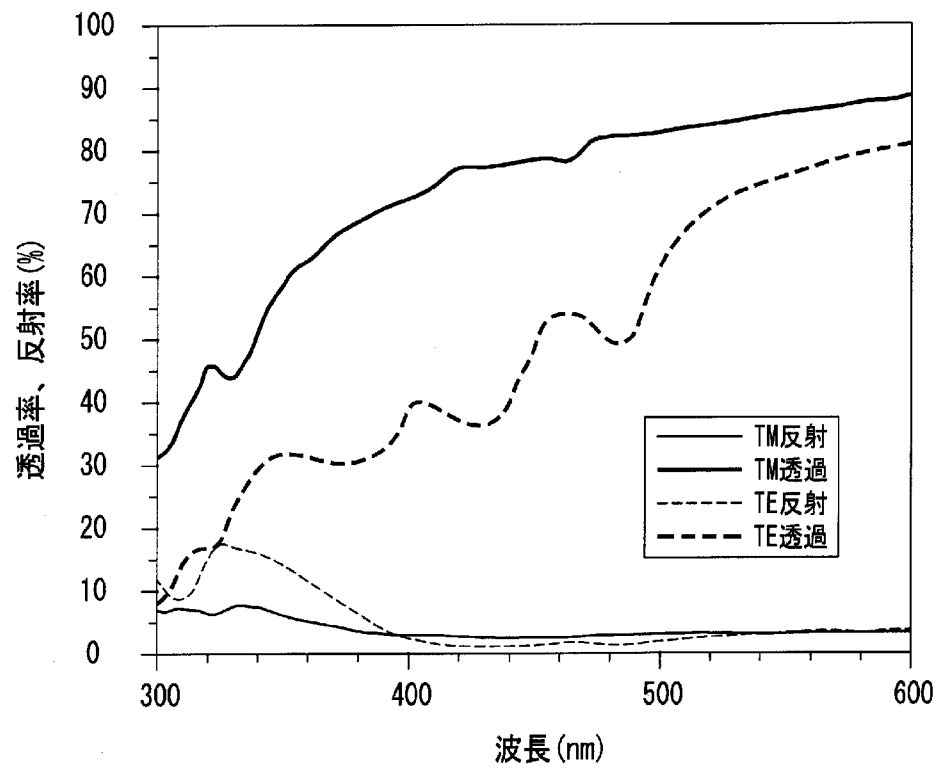
[図46]



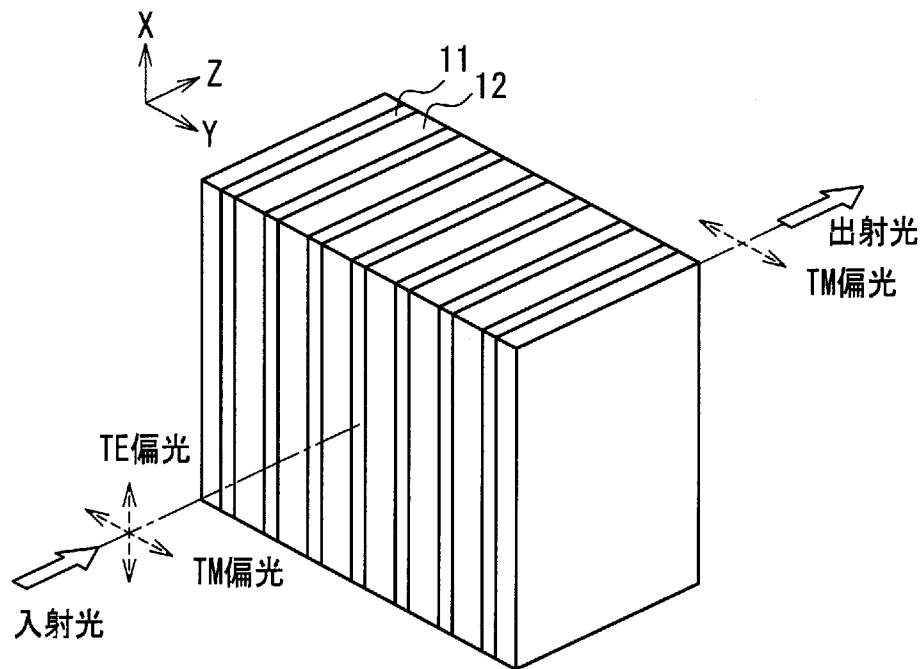
[図47]



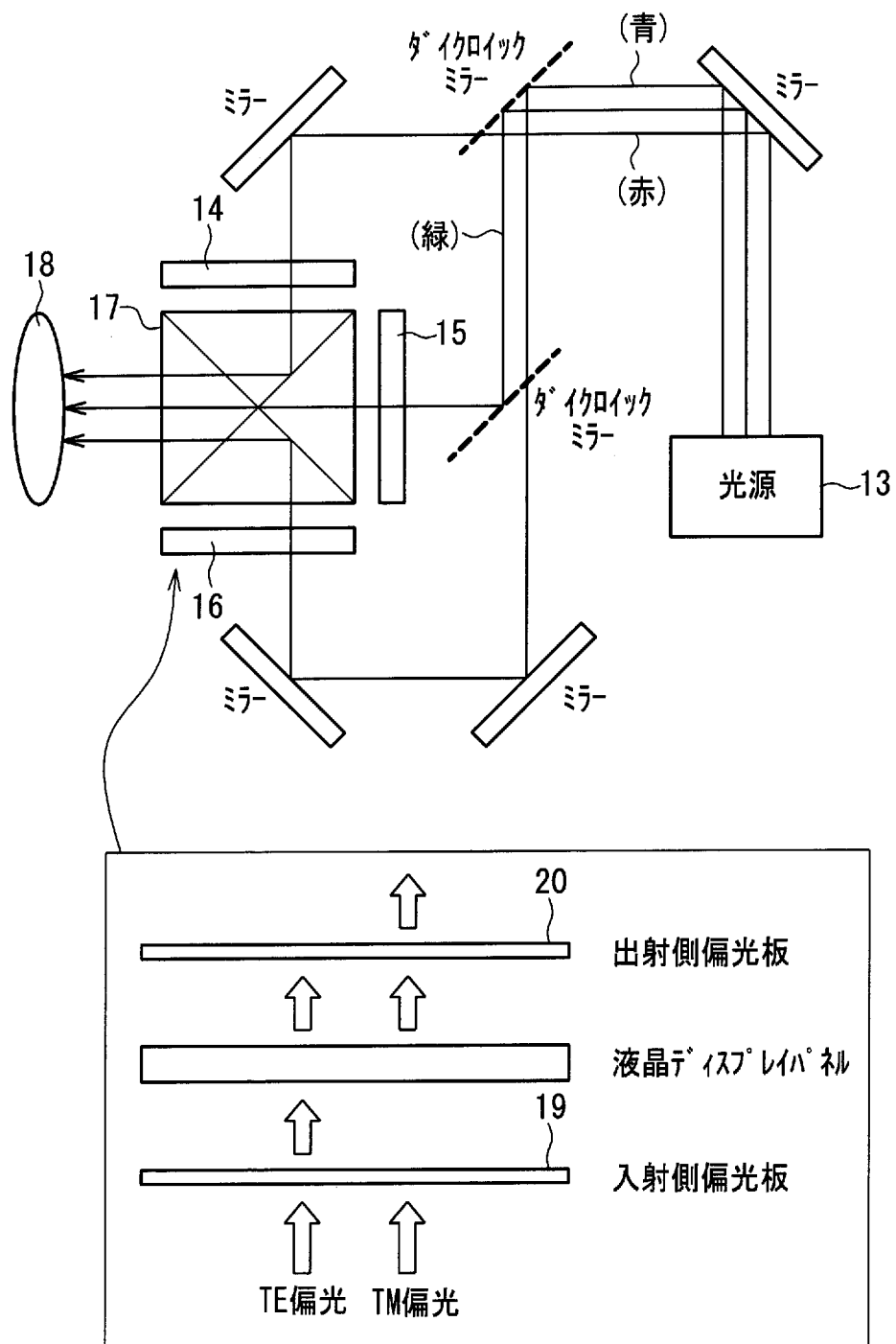
[図48]



[図49]



[図50]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/062782

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B5/30(2006.01) i, G02F1/1335(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)

G02B5/30, G02F1/1335

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	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

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 A	JP 2006-171151 A (Dainippon Printing Co., Ltd.), 29 June, 2006 (29.06.06), Claims 1 to 6; Par. Nos. [0015] to [0033]; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1, 5, 9 2-4 6-8
Y	JP 6-82613 A (Seiko Epson Corp.), 25 March, 1994 (25.03.94), Par. Nos. [0035] to [0114]; Figs. 2, 6, 8 & US 5825022 A & EP 608432 A1 & WO 94/001794 A1 & DE 69329945 T	2-4
A	JP 10-282337 A (Sumitomo Bakelite Co., Ltd.), 23 October, 1998 (23.10.98), Full text; all drawings (Family: none)	1-9

☐ 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
25 September, 2007 (25.09.07)

Date of mailing of the international search report
02 October, 2007 (02.10.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G02B5/30(2006.01)i, G02F1/1335(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（I P C）） Int.Cl. G02B5/30, G02F1/1335			
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 1971-2007年 日本国実用新案登録公報 1996-2007年 日本国登録実用新案公報 1994-2007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 請求の範囲の番号	
X Y A	JP 2006-171151 A（大日本印刷株式会社）2006.06.29, 請求項1-6, 段落0015-0033, 図1-4（フェミリーなし）	1, 5, 9 2-4 6-8	
Y	JP 6-82613 A（セイコーエプソン株式会社）1994.03.25, 段落0035-0114, 図2, 6, 8 & US5825022 A & EP608432 A1 & WO94/001794 A1 & DE69329945 T	2-4	
☒ 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 25.09.2007		国際調査報告の発送日 02.10.2007	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 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） 荒巻 慎哉 電話番号 03-3581-1101 内線 3271	20 8703

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 請求の範囲の番号
A	JP 10-282337 A (住友ベークライト株式会社) 1998. 10.23, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9