

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-192280

(P2008-192280A)

(43) 公開日 平成20年8月21日(2008.8.21)

(51) Int.Cl.

G 11 B 7/135 (2006.01)
G 02 B 5/28 (2006.01)
C 23 C 14/08 (2006.01)

F 1

G 11 B 7/135
G 02 B 5/28
C 23 C 14/08

A
N

テーマコード(参考)

2 H 04 8
4 K 02 9
5 D 78 9

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2007-335937 (P2007-335937)
(22) 出願日 平成19年12月27日 (2007.12.27)
(31) 優先権主張番号 特願2007-2035 (P2007-2035)
(32) 優先日 平成19年1月10日 (2007.1.10)
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000003104
エプソントヨコム株式会社
東京都日野市日野421-8
(74) 代理人 100095728
弁理士 上柳 雅善
(74) 代理人 100107261
弁理士 須澤 修
(74) 代理人 100127661
弁理士 宮坂 一彦
(72) 発明者 濱戸口 一穂
東京都日野市日野421-8 エプソント
ヨコム株式会社内
F ターム(参考) 2H048 GA04 GA12 GA22 GA36 GA51
GA60 GA61

最終頁に続く

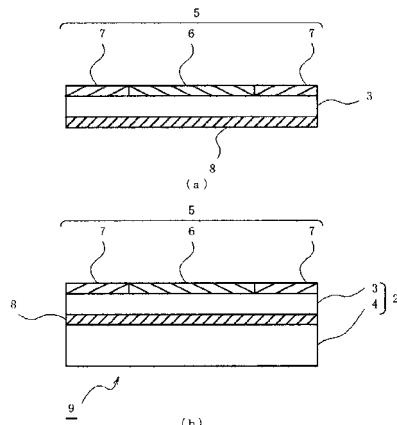
(54) 【発明の名称】開口フィルタ及び波長板機能付開口フィルタ

(57) 【要約】

【課題】波長板を構成する圧電基板に開口フィルタを成膜しても反りが生じないようにすることを目的とする。

【解決手段】波長板を形成する第1の水晶基板3の一方の表面上には、位相調整膜6と波長選択膜7とからなる開口フィルタ5が成膜されている。また、第1の水晶基板3の他方の面には、第1の水晶基板3の一方の面に成膜された開口フィルタ5により生ずる圧縮応力を打ち消すために所定の材質の矯正用光学薄膜8を成膜するようにした。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

透明基板の一方の主面上に互いに波長の異なる複数の光線のうち、全ての波長の光線を透過する第一の領域と所定の波長の光線の透過を阻止する第二の領域とを有した開口フィルタであって、前記第一の領域は低屈折率材料と高屈折率材料とを交互に複数積層してなる第一の光学多層薄膜からなり、前記第二の領域は低屈折率材料と高屈折率材料とを交互に複数積層してなる第二の光学多層薄膜からなり、前記透明基板の他方の主面上に所定の膜厚を有する単層の光学薄膜を形成したことを特徴とする開口フィルタ。

【請求項 2】

前記第一の光学多層薄膜及び前記第二の光学多層薄膜の少なくとも一方の光学多層薄膜の何れかの層に中間屈折率材料からなる薄膜を形成したことを特徴とする請求項 1 に記載の開口フィルタ。 10

【請求項 3】

複屈折性を有する第 1 の透明基板の一方の主面上に互いに波長の異なる複数の光線のうち、全ての波長の光線を透過する第一の領域と所定の波長の光線の透過を阻止する第二の領域とからなる開口フィルタを形成し、前記第一の領域は低屈折率材料と高屈折率材料とを交互に複数積層してなる第一の光学多層薄膜からなり、前記第二の領域は低屈折率材料と高屈折率材料とを交互に複数積層してなる第二の光学多層薄膜からなり、

前記第 1 の透明基板の他方の主面上に所定の膜厚を有する単層の光学薄膜を形成し、

前記第 1 の透明基板の前記単層の光学薄膜が形成された面側に複屈折性を有する第 2 の透明基板を積層したことを特徴とする波長板機能付開口フィルタ。 20

【請求項 4】

前記単層の光学薄膜の膜厚は、前記第 1 の透明基板に形成した開口フィルタにより生ずる応力に応じて決定されることを特徴とする請求項 3 に記載の波長板機能付開口フィルタ。 。

【請求項 5】

前記第一の光学多層薄膜及び前記第二の光学多層薄膜の少なくとも一方の光学多層薄膜の何れかの層に中間屈折率材料からなる薄膜を形成したことを特徴とする請求項 3 または請求項 4 に記載の波長板機能付開口フィルタ。

【請求項 6】

前記複数の光線の波長が夫々 780 nm 帯、660 nm 帯、及び 405 nm 帯であることを特徴とする請求項 3 ~ 5 のいずれか一項に記載の波長板機能付開口フィルタ。 30

【請求項 7】

前記低屈折率材料は、 SiO_2 、或いは MgF_2 であり、前記高屈折率材料は、 Ta_2O_5 、 TiO_2 、或いは Nb_2O_5 であることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の開口フィルタ。

【請求項 8】

前記低屈折率材料は、 SiO_2 、或いは MgF_2 であり、前記高屈折率材料は、 Ta_2O_5 、 TiO_2 、或いは Nb_2O_5 であることを特徴とする請求項 3 ~ 6 のいずれか一項に記載の波長板機能付開口フィルタ。 40

【請求項 9】

前記中間屈折率材料は、 Al_2O_3 であることを特徴とする請求項 3 ~ 6 、8 のいずれか一項に記載の波長板機能付開口フィルタ。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は波長板機能付開口フィルタに関し、特に複屈折性を有する透明基板を 2 枚積層した構造の波長板の一方の透明基板の表面上に開口フィルタを形成することにより一体化した波長板機能付開口フィルタに関するものである。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【0002】

C D や D V D 等の光記録媒体（以下、光ディスクと称す）に対して情報の記録や再生を行う際は、光ピックアップが使用される。そして、一つの光ピックアップで C D や D V D 等に対応するために、互いに波長の異なる複数の光源から出射される複数の波長の光線を一つの対物レンズで光ディスクのピット上に集光できるように絞り機能を有する波長選択フィルタ（以下、開口フィルタと称す）が用いられる。

【0003】

特許文献 1、特許文献 2 には、波長 780 nm 帯の C D、波長 660 nm 帯の D V D、波長 405 nm の青紫色レーザを用いた Blu-ray Disc や H D D V D 等の次世代光ディスク（以下、B D と称す）の複数のフォーマットの光ディスクを記録再生することができる光ピックアップに使用される開口フィルタが開示されている。10

【0004】

また、光ピックアップには、半導体レーザ光源から出射された直線偏光の光線を円偏光に変換するために 1/4 波長板が使用される。1/4 波長板は、2 波長以上のレーザ光に對して使用する場合、広帯域で位相差が 90° となる広帯域 1/4 波長板が必要となり、2 枚の例えは複屈折性を有する材料からなる透明基板を夫々の光学軸が所定の角度で交差するように積層してなる積層波長板が多く用いられている。

【0005】

尚、1/4 波長板として用いる複屈折性材料としては、延伸により複屈折性を持たせたポリカーボネートフィルムや有機系高分子フィルム、複屈折性を有する有機材料をガラス基板上に配向させたもの、ガラス基板上に異方性蒸着などの成膜方法で複屈折性を持たせて形成した TiO₂ などの無機材料等があり、更に水晶、LiNbO₃ 等の複屈折性を有する無機材料がある。20

【0006】

特許文献 3、特許文献 4、特許文献 5 には、所定の波長において位相差 180° となる第 1 の波長板と位相差 90° となる第 2 の波長板とを積層して構成される広帯域 1/4 波長板が開示されている。更に、特許文献 6 には、所定の波長において位相差が 4 次モードで 255° となる第 1 の波長板と位相差が 2 次モードで 130° となる第 2 の波長板とを積層して構成された複数の波長で 1/4 波長板として機能する積層波長板、或いは所定の波長において位相差が 5 次モードで 180° となる第 1 の波長板と位相差が 2 次モードで 270° となる第 2 の波長板とを積層して構成することにより、複数の波長で 1/4 波長板として機能する積層波長板が開示されている。30

【0007】

一方、従来、光ピックアップを小型化するため、複数の機能を有する複合型の光学デバイスが実用化されており、前記開口フィルタと波長板の機能を有する波長板機能付開口フィルタもその一つである。

【0008】

図 8 は、従来の波長板機能付開口フィルタの外観構造を示す図である。図 8 (a) は、上面図を示し、図 8 (b) は側面図を示す。波長板機能付開口フィルタ 101 は、1/4 波長板 102 を構成する第 1 の水晶基板 103 と第 2 の水晶基板 104 と、多層薄膜からなる開口フィルタ 105 とにより構成する。図 8 (a) に示した上面図は、開口フィルタの構造を示しており、第 1 の水晶基板 103 の表面上の A 領域に位相調整膜 106 が形成され、B 領域に波長選択膜 107 が形成されている。位相調整膜 106 と波長選択膜 107 とは異なる薄膜構成を有しており、夫々、低屈折率材料 (SiO₂ など) と高屈折率材料 (Ta₂O₅ など) とを交互に複数層成膜することにより形成されている。40

【0009】

一方、図 8 (b) に示す 1/4 波長板 102 は、例えば、特許文献 5 に開示されているように所定の波長において位相差 90° となる厚さ t₁ = 0.2 mm の第 1 の水晶基板 103 と、所定の波長において位相差 180° となる厚さ t₂ = 0.4 mm の第 2 の水晶基板 104 とを積層して構成され、広帯域 1/4 波長板として機能する。50

【0010】

3波長対応の光ピックアップに使用されている夫々のレーザ光の波長 101, 102, 103においては、波長 101がHDDVDに対応した405nm帯であり、波長 102がDVDに対応した660nm帯であり、波長 103がCDに対応した780nm帯である。

【0011】

夫々の光源から波長 101, 102, 103のレーザ光が出射されると、開口フィルタ105のA領域は、波長 101と波長 102と波長 103の光線と共に透過し、開口フィルタ105のB領域は、波長 101と波長 102の光線のみを透過して波長 103の光線は反射する。従って、光源より出射されたレーザ光は、波長 103のレーザ光が所定の範囲に絞り込まれる。
10

【0012】

【特許文献1】特開2003-67972号公報

【特許文献2】特開2006-228306号公報

【特許文献3】特開平10-68816号公報

【特許文献4】特開2001-101700号公報

【特許文献5】特開2005-158121号公報

【特許文献6】WO特許第2003/091768号公報

【特許文献7】特許第3034668号公報

【特許文献8】特開平7-209516号公報

【特許文献9】特開2005-43755号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

しかしながら、従来の波長板機能付開口フィルタは、以下のような問題があった。

波長板機能付開口フィルタを製造する際は、先ず、1/4波長板を構成する第1の水晶基板と、第2の水晶基板とを製造し、その後、第1の水晶基板の一方の表面上に、開口フィルタとなる多層の光学薄膜を成膜する。多層膜からなる光学薄膜は、イオンアシスト法やイオンプレーティング法やスパッタリング法等を用いて、前述したように、低屈折率材料(SiO₂など)と高屈折率材料(Ta₂O₅など)とを交互に複数層蒸着することにより成膜されているが、成膜した光学薄膜の膜の密度が高いために圧縮応力が発生して第1の水晶基板に反りが生ずる。
30

【0014】

図9は、第1の水晶基板103に圧縮応力が加わり反りが生じた様子を示す図である。図9に示す如く、1/4波長板102を構成する第1の水晶基板103の一方の表面上に、位相調整膜106と波長選択膜107を成膜すると、第1の水晶基板103に圧縮応力が加わり、第1の水晶基板103の板厚が0.2mmと薄いために反りが生ずる。従って、次工程において第1の水晶基板103に第2の水晶基板104を貼り合わせる際に困難が伴うと共に、第1の水晶基板103と第2の水晶基板104の貼り合わせ面の形状が不一致のため、波長板機能付開口フィルタの面精度が著しく悪化し、光学特性に悪影響を与えるという問題点があった。
40

【0015】

これに対して、文献7には、光学薄膜の内部応力による基板の変形を抑制するために、基板の裏面に基板と略等しい屈折率を有する多層膜を、基板表面に形成した光学薄膜の物理膜厚と略等しい厚さとなるように形成することが開示されている。更に、文献8には、光学フィルタを構成する40層以上からなる光学多層膜を基板の両主面に振り分けて、両主面に形成する多層膜の層数の差を20~30層以内とすることにより基板の反りを改善することが開示されている。更に、文献9には、基板の一方の面に通常の真空蒸着により成膜した光学多層膜に生じた応力(SiO₂による強い圧縮応力と、TiO₂の弱い引張り応力との合計により基板に圧縮応力が発生している)による基板の反りを抑制するために
50

、基板の他方の面にイオンアシスト法による SiO_2 の単層膜を矯正膜として形成することにより、前記多層膜による圧縮応力と前記矯正膜による圧縮応力とにより基板に加わる応力を緩和することが開示されている。

【0016】

しかしながら、文献7では、基板の裏面に光学特性上マッチングを取る膜を多層にわたって形成しているので製造コストが高くなってしまうという問題があった。文献8と文献9では、厳密な応力バランスの観点からは不十分であり、405nm帯(BD)～780nm帯(CD)の広帯域で厳格な光学的特性が要求される、例えば波面収差の抑圧等においては仕様を満足することができないという問題があった。即ち、位相調整膜と波長選択膜とから構成される開口フィルタのように基板の表面上に互いに膜厚の異なる複数のパターンが構成された場合、基板に対して位相調整膜により生じる応力と波長選択膜により生じる応力を解析した上で、最適な矯正膜を設計しなければならないという新たな問題に直面したのである。

【0017】

そこで、本発明は上述したような問題を解決するためになされたものであって、無機材料基板に開口フィルタを成膜しても反りを生じることなく、405nm帯(BD)～780nm帯(CD)の広帯域で光学的特性上の厳格な仕様を満足する開口フィルタ及び波長板機能付開口フィルタを実現することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0018】

本発明に係る開口フィルタは、透明基板の一方の主面上に互いに波長の異なる複数の光線のうち、全ての波長の光線を透過する第一の領域と所定の波長の光線の透過を阻止する第二の領域とを有した開口フィルタであって、前記第一の領域は低屈折率材料と高屈折率材料とを交互に複数積層してなる第一の光学多層薄膜からなり、前記第二の領域は低屈折率材料と高屈折率材料とを交互に複数積層してなる第二の光学多層薄膜からなり、前記透明基板の他方の主面上に所定の膜厚を有する単層の光学薄膜を形成したことを特徴としている。

【0019】

これによれば、開口フィルタは、透明基板の一方の面上に開口フィルタを成膜した際に発生する応力を、基板の他方の面上に成膜した単層の光学薄膜の応力により打ち消すことができる。従って、基板が反ることを防止し、開口フィルタの波面収差等の光学特性を改善する上で大きな効果を発揮する。

【0020】

本発明に係る開口フィルタは、前記第一の光学多層薄膜及び前記第二の光学多層薄膜の少なくとも一方の光学多層薄膜の何れかの層に中間屈折率材料からなる薄膜を形成したことを特徴としている。

【0021】

これによれば、開口フィルタは、開口フィルタの薄膜材料として中間屈折率材料を成膜した場合においても本発明を適用することができ、多くの種類の開口フィルタに汎用的に対応可能である。

【0022】

本発明に係る波長板機能付開口フィルタは、複屈折性を有する第1の透明基板の一方の主面上に互いに波長の異なる複数の光線のうち、全ての波長の光線を透過する第一の領域と所定の波長の光線の透過を阻止する第二の領域とからなる開口フィルタを形成し、前記第一の領域は低屈折率材料と高屈折率材料とを交互に複数積層してなる第一の光学多層薄膜からなり、前記第二の領域は低屈折率材料と高屈折率材料とを交互に複数積層してなる第二の光学多層薄膜からなり、前記第1の透明基板の他方の主面上に所定の膜厚を有する単層の光学薄膜を形成し、前記第1の透明基板の前記単層の光学薄膜が形成された面側に複屈折性を有する第2の透明基板を積層したことを特徴としている。

【0023】

10

20

30

40

50

これによれば、波長板機能付開口フィルタは、第1の透明基板の一方の表面上に開口フィルタを成膜した際に発生する応力を、第1の基板の他方の表面上に成膜した単層の光学薄膜により打ち消すことができる。従って、第1の基板が反ることを防止し、第1の基板に第2の基板を貼り付ける作業が、容易に精度よく行うことができるところから、波長板機能付開口フィルタの波面収差等の光学特性とコストを改善する上で大きな効果を發揮する。

【0024】

本発明に係る波長板機能付開口フィルタは、前記単層の光学薄膜の膜厚は、前記第1の透明基板に形成した開口フィルタにより生ずる応力に応じて決定されることを特徴としている。

10

【0025】

これによれば、矯正用光学薄膜は、薄膜材料として、例えば、成膜した際の圧縮応力の発生が大きい SiO_2 を用いており、必要な圧縮応力に応じて光学薄膜の膜厚を適宜に設定することにより、容易に単層の矯正用光学薄膜を形成することが可能である。また、透明基板として、白板ガラスなどを使用すると、矯正用光学薄膜の材料として使用した SiO_2 と屈折率が近似しているので、透明基板に矯正用光透明基板として、複屈折性を有する水晶等を透明基板に矯正用光学薄膜を成膜しても波長板機能付開口フィルタの波面収差等の光学特性に影響を与えることはない。

【0026】

本発明に係る波長板機能付開口フィルタは、前記第一の光学多層薄膜及び前記第二の光学多層薄膜の少なくとも一方の光学多層薄膜の何れかの層に中間屈折率材料からなる薄膜を形成したことを特徴としている。

20

【0027】

これによれば、波長板機能付開口フィルタは、開口フィルタの薄膜材料として中間屈折率材料を成膜した場合においても本発明を適用することができ、多くの種類の開口フィルタに汎用的に対応可能である。

【0028】

本発明に係る波長板機能付開口フィルタは、前記複数の光線の波長が夫々780nm帯、660nm帯、及び405nm帯であることを特徴としている。

30

これによれば、開口フィルタは、3波長のうち何れかの所定の波長の光線を所定の範囲に絞りこむことができる。

【0029】

本発明に係る開口フィルタは、前記低屈折率材料は、 SiO_2 、或いは MgF_2 であり、前記高屈折率材料は、 Ta_2O_5 、 TiO_2 、或いは Nb_2O_5 であることを特徴としている。

。

【0030】

これによれば、開口フィルタは、薄膜材料として汎用的に使用されている光学材料を使用しているので、容易に低コストな開口フィルタを実現することが可能である。

【0031】

本発明に係る波長板機能付開口フィルタは、前記低屈折率材料は、 SiO_2 、或いは MgF_2 であり、前記高屈折率材料は、 Ta_2O_5 、 TiO_2 、或いは Nb_2O_5 であることを特徴としている。

40

【0032】

これによれば、開口フィルタは、薄膜材料として汎用的に使用されている光学材料を使用しているので、容易に低コストな波長板機能付開口フィルタを実現することが可能である。

【0033】

本発明に係る波長板機能付開口フィルタは、前記中間屈折率材料は、 Al_2O_3 であることを特徴としている。

【0034】

50

これによれば、開口フィルタは、薄膜材料として汎用的に使用されている光学材料を使用しているので、容易に低コストな波長板機能付開口フィルタを実現することが可能である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0035】

以下、図示した実施形態に基づいて本発明を詳細に説明する。

本発明においては、無機材料からなる基板の表面上に光学多層膜から構成される開口フィルタを形成しても反りが生じないように、基板の他方の表面上に、基板の反りを打ち消すよう所定の膜厚の矯正用光学薄膜を成膜した。前述したように、イオンアシスト法、イオンプレーティング法やスパッタリング法を用いて、基板の表面上に各種の誘電体材料を成膜すると、一般的に圧縮応力が発生して基板が反ることが知られているが、基板の反り量は、光学薄膜の厚さに比例し、基板の厚さの二乗に反比例する。

10

【0036】

従って、基板の他方の表面上に成膜する矯正用光学薄膜の材料と膜厚を適宜選択することにより最適な矯正用の圧縮応力を得ることができ、基板の反りを打ち消すことが可能となる。また、矯正用光学薄膜は、開口フィルタの光学特性や、基板が複屈折性を有した無機材料からなる波長板である場合に当該波長板の光学特性に悪影響を与えることのない単層の光学薄膜としている。

20

【0037】

図1は、本発明に係る波長板機能付開口フィルタの外観構造を示す図であり、図1(a)は、第1の水晶基板の一方の表面上に開口フィルタを成膜した後、他方の表面上に所定の膜厚の矯正用光学薄膜を成膜した状態を示す。また、図1(b)は、さらに、第1の水晶基板の他方の表面上に成膜した矯正用光学薄膜の面に第2の水晶基板を貼り付けて、波長板機能付開口フィルタを完成させた状態を示す。

30

【0038】

図1(a)において、広帯域1/4波長板2を構成する複屈折性を備えている第1の水晶基板3の一方の表面上には、位相調整膜6と波長選択膜7とからなる開口フィルタ5が成膜されている。位相調整膜6は、波長1, 2, 3のレーザ光を共に透過する光学多層薄膜であり、波長選択膜7は、波長1及び波長2のレーザ光のみを透過して波長3のレーザ光は反射する光学多層薄膜である。従って、光源より出射されたレーザ光は、波長板機能付開口フィルタ9の入射面に入射すると、波長3のレーザ光のみが所定の範囲に絞り込まれて、波長板機能付開口フィルタ9の出射面から出射される。

30

【0039】

また、第1の水晶基板3の他方の面には、第1の水晶基板3の一方の面上に開口フィルタ5を成膜したことにより発生する圧縮応力を打ち消すために、所定の誘電体材料からなる矯正用光学薄膜8が成膜されている。従って、第1の水晶基板3には反りが生じない。この矯正用光学薄膜8の種類、必要な膜厚などについては後述する。図1(b)において、矯正用光学薄膜8が成膜された第1の水晶基板3の面上に、複屈折性を備えている第2の水晶基板4が貼り付けられ、波長板機能付開口フィルタ9が完成される。つまり、本実施形態の波長板機能付開口フィルタ9は、広帯域1/4波長板を構成する第1の水晶基板3及び第2の水晶基板4と、第1の水晶基板3の一方の面上に成膜される開口フィルタ5と、第1の水晶基板3の他方の面上に成膜される所定膜厚の矯正用光学薄膜8と、を備え、矯正用光学薄膜8の面上に第2の水晶基板4を積層するようにしている。

40

【0040】

次に、本発明の原理を詳しく説明するため、水晶基板に開口フィルタを成膜した際に生ずる圧縮応力の詳細と、それを打ち消すために必要な矯正用光学薄膜の仕様について説明する。

【0041】

先ず、水晶基板に開口フィルタを成膜した際に発生する圧縮応力の詳細について、開口フィルタの製造工程を例として説明する。

50

図2は、開口フィルタを水晶基板の一方の表面上に成膜する際の工程を示す図である。図2の工程図を説明すると、所定の形状に加工された複屈折性を備えている水晶基板10の一方の表面上にフォトレジスト11を塗布した後(ステップS1)、所定のマスクを介して露光し、現像することにより所望のパターンのフォトレジスト膜12を得る(ステップS2)。次に、所望のパターンのフォトレジスト膜12が形成された水晶基板10の表面上の全域に、入射する全ての波長の光線を透過する位相調整膜13を成膜する(ステップS3)。位相調整膜13は、誘電体多層膜であり、低屈折率材料と高屈折率材料の薄膜を交互に積層したものである。例えば、低屈折率材料としては、 SiO_2 が、高屈折率材料としては、 Ta_2O_5 が使用される。そして、水晶基板10に形成されているフォトレジスト膜12を剥離すると、水晶基板10には、所望のパターンの位相調整膜14が形成される(ステップS4)。

10

【0042】

次に、位相調整膜14が形成された水晶基板10の表面上の全域に、フォトレジスト11を塗布した後(ステップS5)、所定のマスクを介して露光し、現像することにより所望のパターンのフォトレジスト膜15を得る(ステップS6)。次に、所望のパターンのフォトレジスト膜15が形成された水晶基板10の表面上の全域に、入射する所定の波長の光線のみを透過する波長選択膜16を成膜する(ステップS7)。波長選択膜16は、誘電体多層膜であり、低屈折率材料と高屈折率材料の薄膜を交互に積層したものである。例えば、低屈折率材料としては、 SiO_2 が、高屈折率材料としては、 Ta_2O_5 が使用される。次に、水晶基板10に形成されているフォトレジスト膜15を剥離すると、水晶基板10には、所望のパターンの波長選択膜17が形成され、開口フィルタが完成する(ステップS8)。

20

【0043】

次に、上述したような開口フィルタの製造工程においては、位相調整膜や波長選択膜を形成するために、水晶基板にフォトレジストを塗布して所定のパターンのフォトレジスト膜を形成している。一般的に、このようなフォトレジスト膜を形成する工程を有する場合、前記ステップS3やステップS7において、誘電体多層膜からなる位相調整膜14や波長選択膜17を成膜する際は、フォトレジストの形状や厚みの破壊を防止するため、低温成膜(蒸着温度：150以下)を行うことが必要である。また、開口フィルタにおいては、その光学薄膜の屈折率をn、光学薄膜の厚み(物理膜厚)をdとすると、光学薄膜の光路長(光学膜厚) $n \times d$ が位相調整膜14と波長選択膜17において等しくすることが必要である。そこで、開口フィルタを形成する工程においては、光学薄膜を成膜する際に低温成膜であることと、光学薄膜は、屈折率の変動が少ないことが必要になる。

30

【0044】

また、光学薄膜の屈折率nについては、一般的な使用環境である周囲温度-40~+85、高温高湿60~90%において、その変動が所定値以内となるような性能が求められている。従って、上述したような条件より、水晶基板に開口フィルタを成膜する手法としては、真空蒸着装置内にイオンガンを設置したイオンアシスト法や、真空中にプラズマを発生させるイオンプレーティング法やスパッタリング法などのイオン化蒸着法が採用される。これらの方針を用いて成膜することによって光学薄膜の密度が高くなると共に、成膜後の光学薄膜の有する光学特性の変化も少なく安定した光学薄膜が得られる。また、このような蒸着方法によると、光学薄膜を成膜した際に、ほとんどの蒸着物質が圧縮応力を発生するという性質を持っている。また、光学薄膜を形成する低屈折率材料として最も使用される SiO_2 は、特に圧縮応力が強いという特性を有しており、水晶基板に成膜した際に問題となる。

40

【0045】

次に、低屈折率材料として最も使用される SiO_2 と、高屈折率材料として最も使用される Ta_2O_5 について、水晶基板に成膜した際に、具体的にどの程度の圧縮応力が発生するかを計算により求める。

テスト基板として、基板の板厚bが0.47mmのBK7(硼珪酸ガラス)を使用した

50

。測定した薄膜の長さ（測定長） $L = 60\text{ mm}$ に対するテスト基板の反り量を求めるとき、薄膜の膜厚 $d = 0.450\text{ }\mu\text{m}$ の SiO_2 膜の場合のテスト基板の反り量は $16.208\text{ }\mu\text{m}$ 、薄膜の膜厚 $d = 0.750\text{ }\mu\text{m}$ の Ta_2O_5 膜の場合のテスト基板の反り量は $7.296\text{ }\mu\text{m}$ であった。

【0046】

次に、薄膜が基板に蒸着されたときの基板に働く圧縮応力は、下式(1)により求めることができる。

$$= E_s \times b^2 \times / [\{ 3 \times (1 - V_s) \} \times d \times L^2] \dots \dots (1)$$

但し、 E_s = テスト基板のヤング率 (BK7の $E_s = 8.0 \times 10^{10}\text{ (N/m}^2\text{)}$)

V_s = テスト基板のポアソン比 (BK7の $V_s = 0.205$)

10

b = テスト基板の厚み (0.47 mm)

d = 薄膜の厚み

L = 測定長 (薄膜の長さ) (60 mm)

= テスト基板の反り量

とする。

【0047】

従って、式(1)に上記の値を代入すると、

$$= E_s \times b^2 \times / [\{ 3 \times (1 - V_s) \} \times d \times L^2] = 8.0 \times 10^{10} \times (0.47 \times 10^{-3})^2 / [\{ 3 \times (1 - 0.205) \} \times (60 \times 10^{-3})^2] \times (/ d) = 20.58 \times 10^6 \times (/ d) (\text{Pa})$$

20

よって、圧縮応力を、下式(2)のように表すことができる。

$$= 20.58 \times / d (\text{MPa}) \dots \dots (2)$$

【0048】

そこで、式(2)において、

SiO_2 膜の場合、

膜厚 $d = 0.450\text{ }\mu\text{m} = 0.450 \times 10^{-6}\text{ (mm)}$

テスト基板の反り量 = $16.208\text{ }\mu\text{m} = 16.208 \times 10^{-6}\text{ (mm)}$

を代入し、

Ta_2O_5 膜の場合、

膜厚 $d = 0.750\text{ }\mu\text{m} = 0.750 \times 10^{-6}\text{ (mm)}$

30

テスト基板の反り量 = $7.296\text{ }\mu\text{m} = 7.296 \times 10^{-6}\text{ (mm)}$

を代入すると、各薄膜の単位面積当たりの圧縮応力は、下記の通りとなる。

【0049】

SiO_2 膜の圧縮応力 (SiO_2)

$$\begin{aligned} (\text{SiO}_2) &= 20.58 \times (/ d) \\ &= 20.58 \times 16.208 \times 10^{-6} / 0.450 \times 10^{-6} \\ &= 741.2458 (\text{MPa}) \\ &= 741.2 (\text{MPa}) \end{aligned}$$

Ta_2O_5 膜の圧縮応力 (Ta_2O_5)

$$\begin{aligned} (\text{Ta}_2\text{O}_5) &= 20.58 \times (/ d) \\ &= 20.58 \times 7.296 \times 10^{-6} / 0.750 \times 10^{-6} \\ &= 200.2022 (\text{MPa}) \\ &= 200.2 (\text{MPa}) \end{aligned}$$

40

従って、薄膜材料としては、 SiO_2 の圧縮応力が大きいことが分かる。

【0050】

次に、開口フィルタの具体的な光学薄膜の構成例を示し、位相調整膜と波長選択膜のそれぞれに発生する圧縮応力と、そのときに水晶基板の反りを打ち消すために必要な矯正用光学薄膜の膜厚を求める。

図3は、開口フィルタの構造例を示す図であり、図4は、開口フィルタの具体的な光学多層薄膜の数値データ例を示す図であって、図4は位相調整膜20の膜構成を示し、図5

50

は波長選択膜 21 の膜構成を示す。図3に示すように、開口フィルタ18は、複屈折性を備えている水晶基板19の一方の表面上に積層して成膜され、位相調整膜20と、波長選択膜21とにより構成する。また、位相調整膜20は、低屈折率材料であるSiO₂と高屈折率材料であるTa₂O₅とを交互に16層積層した構造であり、波長選択膜21は、低屈折率材料であるSiO₂膜と高屈折率材料であるTa₂O₅膜とを交互に19層積層した構造である。

【0051】

また、位相調整膜20と波長選択膜21を構成するそれぞれの層の薄膜の膜厚は、図4及び図5に示す通りである。従って、位相調整膜20を構成するSiO₂膜のトータルの膜厚は、1265.66nmであり、Ta₂O₅膜のトータルの膜厚は、880.07nmである。10

一方、波長選択膜21を構成するSiO₂膜のトータルの膜厚は、1368.77nmであり、Ta₂O₅膜のトータルの膜厚は、811.02nmである。

尚、位相調整膜20の物理膜厚と波長選択膜21の物理膜厚とを比較すると膜厚に差が見られるが、光学膜厚に換算すると、位相調整膜20の光学膜厚(3760.70μm)と波長選択膜21の光学膜厚(3760.61μm)とはほぼ同等であるので光学特性上影響はない。

【0052】

次に、上述したような薄膜構成からなる開口フィルタの場合に必要となる矯正用光学薄膜の膜厚を求める。なお、矯正用光学薄膜の薄膜材料は、SiO₂とする。20

先ず、位相調整膜20と波長選択膜21のそれぞれに生ずる圧縮応力を算出する。

位相調整膜の圧縮応力は、SiO₂膜とTa₂O₅膜のそれぞれのトータルの膜厚に単位面積当たりの圧縮応力を乗算することにより、下式のとおり求められる。

$$\text{SiO}_2\text{膜の圧縮応力} = 1265.56 \times 741.2 \quad (\text{単位面積当たりの圧縮応力}) = 938033.07 \text{ (MPa)}$$

$$\text{Ta}_2\text{O}_5\text{膜の圧縮応力} = 880.07 \times 200.2 \quad (\text{単位面積当たりの圧縮応力}) = 176190.01 \text{ (MPa)}$$

従って、位相調整膜全体の圧縮応力1は、

$$\text{圧縮応力 } 1 = 938033.07 + 176190.01 = 1114223.08 \text{ (MPa)} \quad 30$$

となる。

【0053】

一方、波長選択膜の圧縮応力は、SiO₂膜とTa₂O₅膜のそれぞれのトータルの膜厚に単位面積当たりの圧縮応力を乗算することにより、下式のとおり求められる。

$$\text{SiO}_2\text{膜の圧縮応力} = 1368.77 \times 741.2 \quad (\text{単位面積当たりの圧縮応力}) = 1014532.32 \text{ (MPa)}$$

$$\text{Ta}_2\text{O}_5\text{膜の圧縮応力} = 811.02 \times 200.2 \quad (\text{単位面積当たりの圧縮応力}) = 162366.20 \text{ (MPa)}$$

従って、波長選択膜の圧縮応力2は、

$$\text{圧縮応力 } 2 = 1014532.32 + 162366.20 = 1176898.52 \text{ (MPa)} \quad 40$$

となる。

以上の計算結果により、水晶基板には、位相調整膜20の領域に1の圧縮応力が、また、波長選択膜21の領域に2の圧縮応力が加わることとなる。

【0054】

次に、水晶基板全体に加わる圧縮応力の値を求める。

ここで、図3において、位相調整膜20の領域に生じる圧縮応力1と波長選択膜21の領域に生じる圧縮応力2とにより生じる水晶基板19の圧縮応力について図7を用いて検討するにあたり、図7に示すように、波長板機能付開口フィルタ1の外形寸法を縦をL1、横をL2とし、開口部としてのA領域の直径をL3と定義する。50

【0055】

波長板機能付開口フィルタ1の外形寸法 $L_1 = L_2 = 3.50$ (mm)とすると、A領域の直径 L_3 は、およそ 2.50 (mm)~ 2.79 (mm)である。

まず、波長板機能付開口フィルタ1において、 $L_1 = L_2 = 3.50$ (mm)及び $L_3 = 2.50$ (mm)の場合を考えると、A領域の面積 S_{a1} とB領域の面積 S_{b1} は以下の通りとなる。

$$S_{a1} = (2.50/2)^2 \times = 4.90873 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$S_{b1} = 3.50^2 - (2.50/2)^2 \times = 7.34127 \text{ (mm}^2\text{)}$$

よって、 S_{a1} と S_{b1} の面積比を求める

$$S_{a1} : S_{b1} = 4.90873 : 7.34127 = 2.00 : 2.99$$

となり、全体の面積を1とすると、

$$S_{a1} : S_{b1} = 0.4 : 0.6$$

となる。

従って、位相調整膜20と波長選択膜21の面積比が $0.4 : 0.6$ であるので、水晶基板全体に加わる圧縮応力 t は、下式により求めることができる。

$$\begin{aligned} t &= 0.4 \times 1 + 0.6 \times 2 \\ &= 0.4 \times 1114223.08 + 0.6 \times 1176898.52 \\ &= 1151828.344 \text{ MPa} \end{aligned}$$

【0056】

ここで、図1において、第1の水晶基板3に成膜する矯正用光学薄膜8の膜厚 s は、前記圧縮応力 t に対応する膜厚とすればよいので、矯正用光学薄膜8の薄膜材料を SiO_2 とすると、 SiO_2 膜の単位面積当たりの圧縮応力は 741.2 (MPa)であるから、矯正用光学薄膜8として必要な膜厚 s は下式の通り求めることができる。

$$\begin{aligned} s &= t / 741.2 \\ &= 1151828.344 / 741.2 \\ &= 1554.00 \text{ (nm)} \end{aligned}$$

【0057】

次に、波長板機能付開口フィルタ1において、 $L_1 = L_2 = 3.50$ (mm)及び $L_3 = 2.79$ (mm)の場合を考えると、A領域の面積 S_{a1} とB領域の面積 S_{b1} は以下の通りとなる。

$$S_{a1} = (2.79/2)^2 \times = 6.11361 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$S_{b1} = 3.50^2 - (2.79/2)^2 \times = 6.136639 \text{ (mm}^2\text{)}$$

よって、 S_{a1} と S_{b1} の面積比を求める

$S_{a1} : S_{b1} = 6.11361 : 6.136639 = 1.00 : 1.00$ となり、全体の面積を1とすると、

$$S_{a1} : S_{b1} = 0.5 : 0.5$$

となる。

従って、位相調整膜20と波長選択膜21の面積比が $0.5 : 0.5$ であるので、水晶基板全体に加わる圧縮応力 t は、下式により求めることができる。

$$\begin{aligned} t &= 0.5 \times 1 + 0.5 \times 2 \\ &= 0.5 \times 1114223.08 + 0.5 \times 1176898.52 \\ &= 1145560.800 \text{ MPa} \end{aligned}$$

【0058】

同様に、図1において、第1の水晶基板3に成膜する矯正用光学薄膜8の膜厚 s は、前記圧縮応力 t に対応する膜厚とすればよいので、矯正用光学薄膜8の薄膜材料を SiO_2 とすると、 SiO_2 膜の単位面積当たりの圧縮応力は 741.2 (MPa)であるから、矯正用光学薄膜8として必要な膜厚 s は下式の通り求めることができる。

$$\begin{aligned} s &= t / 741.2 \\ &= 1145560.800 / 741.2 \\ &= 1545.54 \text{ (nm)} \end{aligned}$$

10

20

30

40

50

従って、図3、図4及び図5に示した開口フィルタの例においては、水晶基板19の他方の面に、 SiO_2 を薄膜材料として、前述の計算結果から1545.54~1554.00(nm)の範囲における中心値に膜厚を設定すると、

$$\begin{aligned}s &= (1554.00 + 1545.54) / 2 \\&= 1549.77 (\text{nm})\end{aligned}$$

となり、1549.77(nm)の膜厚の矯正用光学薄膜を成膜することにより、水晶基板の反りを生じることなく、405nm帯(BD)~780nm帯(CD)の広帯域で光学的特性上の波面収差の規格等の厳格な仕様を満足することができた。従って、矯正用光学薄膜の膜厚を1550.0±5.0(nm)に設定すれば良いことが分る。

ゆえに、以上のことから、矯正用光学薄膜の膜厚を設計する場合、以下の条件式(3)~(5)を満足するようにすれば良い。

$$S_a + S_b = 1 \quad \dots \quad (3)$$

$$t = S_a \times 1 + S_b \times 2 \quad \dots \quad (4)$$

$$s = t / s \quad \dots \quad (5)$$

尚、 S_a はA領域(位相調整膜)の面積、 S_b はB領域(波長選択膜)の面積 S_b 、1はA領域により生じる応力、2はB領域により生じる応力、 t は基板全体に加わる応力、 s は矯正用光学薄膜の応力、 s は矯正用光学薄膜の膜厚である。

【0059】

以上、2枚の水晶基板を積層した波長板の一方の表面に開口フィルタを成膜した実施形態について説明したが、本発明は、波長板の構成として水晶基板を使用したものに限らず、樹脂フィルムを使用した波長板に適応することも可能である。

例えば、図6は樹脂波長板と開口フィルタとの組み合せた波長板機能付開口フィルタ23の構造図である。波長板機能付開口フィルタ23は、一方に開口フィルタ5が形成された白板ガラス24の他方の面に SiO_2 からなる矯正用光学薄膜8を形成し、矯正用光学薄膜8上にフィルム製波長板25を積層し、更に白板ガラス22を積層して構成される。

【0060】

また、本実施形態において、開口フィルタの積層薄膜の構成が、低屈折率薄膜材料として SiO_2 と高屈折率薄膜材料として Ta_2O_5 とを交互に積層した場合について説明したが、これに限らず低屈折率材料として MgF_2 、高屈折率材料として TiO_2 や Nb_2O_5 等を用いてもよいことは言うまでもない。更に、低屈折率薄膜材料と高屈折率薄膜材料からなる光学多層膜のうちいくつかの層を例えば、 Al_2O_3 のような中間屈折率材料に置き換えてなる開口フィルタに適応させることも可能である。但し、 Al_2O_3 は前述の圧縮応力よりも引張り応力の方が強いので、水晶基板に Al_2O_3 を形成しときに引張り応力により水晶基板の Al_2O_3 形成面側に反りが生じた場合、水晶基板の光学多層膜が形成されていない側の面に矯正用光学薄膜として Al_2O_3 を形成すればよい。尚、 Al_2O_3 の屈折率は、水晶、BK7(硼珪酸ガラス)、B270(白板ガラス)等の屈折率に近い値なので素子の光学特性への影響はほとんどない。

【図面の簡単な説明】

【0061】

【図1】本発明に係る波長板機能付開口フィルタの外観構造を示す図。

【図2】本発明に係る開口フィルタを水晶基板の一方の面に成膜する際の工程を示す図。

【図3】本発明に係る開口フィルタの構造例を示す図。

【図4】本発明に係る開口フィルタの光学薄膜を仕様を示す図であり、位相調整膜の光学薄膜の構成を示す図。

【図5】本発明に係る開口フィルタの光学薄膜を仕様を示す図であり、波長選択膜の光学薄膜の構成を示す図。

【図6】本発明に係る樹脂波長板と開口フィルタとの組み合せた波長板機能付開口フィルタの構造図。

【図7】本発明に係る開口フィルタの寸法を示す図。

【図8】従来の波長板機能付開口フィルタの外観構造を示す図。

10

20

30

40

50

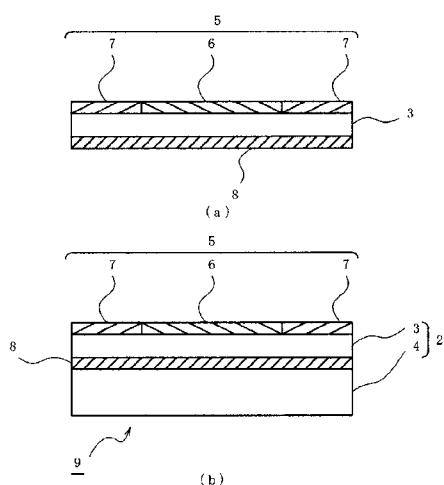
【図9】水晶基板に圧縮応力が加わり反りが生じた様子を示す図。

【符号の説明】

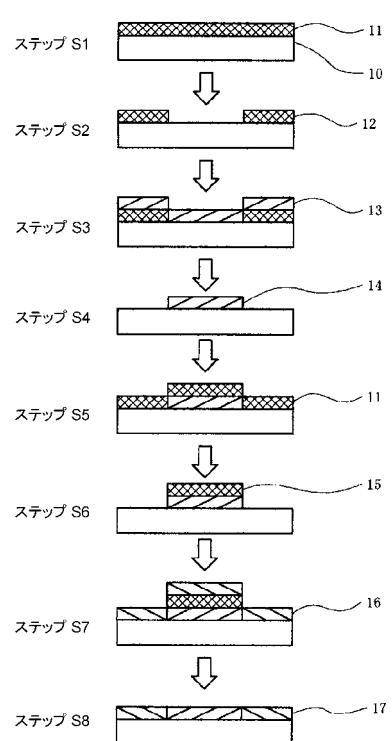
【0062】

1, 9, 23...波長板機能付開口フィルタ、2...広帯域1/4波長板、3...第1の水晶基板、4...第2の水晶基板、5, 18...開口フィルタ、6, 13, 14, 20...位相調整膜、7, 16, 17, 21...波長選択膜、8...矯正用光学薄膜、10, 19...水晶基板、11...フォトレジスト、12, 15...フォトレジスト膜、22, 24...白板ガラス、25...フィルム製波長板。

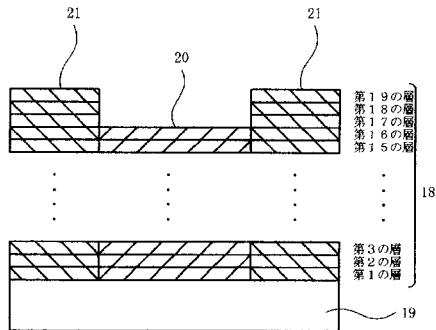
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

A領域:位相調整膜20

設計波長 $\lambda_0=660\text{nm}$

層	蒸着材料	屈折率n	物理膜厚d(nm)	光学膜厚nd
1	SiO ₂	1. 4573	85. 80	125. 03
2	Ta ₂ O ₅	2. 1774	112. 11	244. 10
3	SiO ₂	1. 4573	166. 90	243. 22
4	Ta ₂ O ₅	2. 1774	109. 76	238. 99
5	SiO ₂	1. 4573	170. 75	248. 83
6	Ta ₂ O ₅	2. 1774	110. 88	241. 43
7	SiO ₂	1. 4573	167. 91	244. 69
8	Ta ₂ O ₅	2. 1774	112. 79	245. 58
9	SiO ₂	1. 4573	158. 19	230. 53
10	Ta ₂ O ₅	2. 1774	103. 70	225. 79
11	SiO ₂	1. 4573	156. 18	227. 60
12	Ta ₂ O ₅	2. 1774	117. 61	256. 08
13	SiO ₂	1. 4573	170. 25	248. 10
14	Ta ₂ O ₅	2. 1774	112. 45	244. 84
15	SiO ₂	1. 4573	189. 69	276. 43
16	Ta ₂ O ₅	2. 1774	100. 78	219. 43
SiO ₂ のトータル膜厚		1265. 66	1844. 44	
Ta ₂ O ₅ のトータル膜厚		880. 07	1916. 26	
トータルの層膜厚		2145. 73	3760. 70	

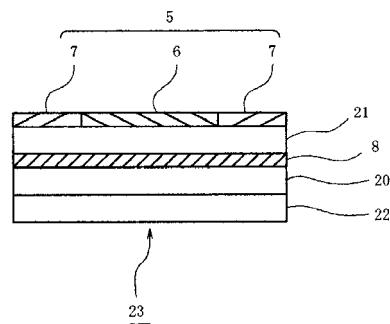
【図5】

B領域:波長選択膜21

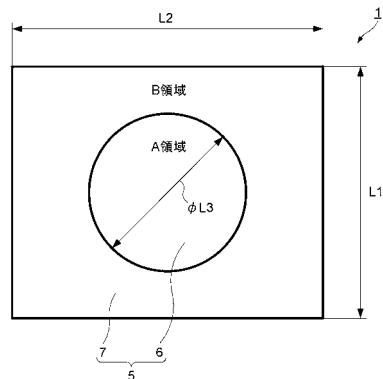
設計波長 $\lambda_0=660\text{nm}$

層	蒸着材料	屈折率n	物理膜厚d(nm)	光学膜厚nd
1	SiO ₂	1. 4573	61. 70	89. 91
2	Ta ₂ O ₅	2. 1774	80. 43	175. 12
3	SiO ₂	1. 4573	152. 08	221. 62
4	Ta ₂ O ₅	2. 1774	101. 48	220. 96
5	SiO ₂	1. 4573	141. 74	206. 55
6	Ta ₂ O ₅	2. 1774	81. 35	177. 14
7	SiO ₂	1. 4573	134. 43	195. 90
8	Ta ₂ O ₅	2. 1774	89. 66	195. 22
9	SiO ₂	1. 4573	144. 22	210. 17
10	Ta ₂ O ₅	2. 1774	90. 40	196. 83
11	SiO ₂	1. 4573	145. 32	211. 77
12	Ta ₂ O ₅	2. 1774	93. 54	203. 67
13	SiO ₂	1. 4573	127. 67	186. 05
14	Ta ₂ O ₅	2. 1774	83. 94	182. 77
15	SiO ₂	1. 4573	146. 43	213. 39
16	Ta ₂ O ₅	2. 1774	94. 46	205. 67
17	SiO ₂	1. 4573	166. 83	243. 12
18	Ta ₂ O ₅	2. 1774	95. 76	208. 50
19	SiO ₂	1. 4573	148. 36	216. 20
SiO ₂ のトータル膜厚		1368. 77	1994. 70	
Ta ₂ O ₅ のトータル膜厚		811. 02	1765. 91	
トータルの層膜厚		2179. 79	3760. 61	

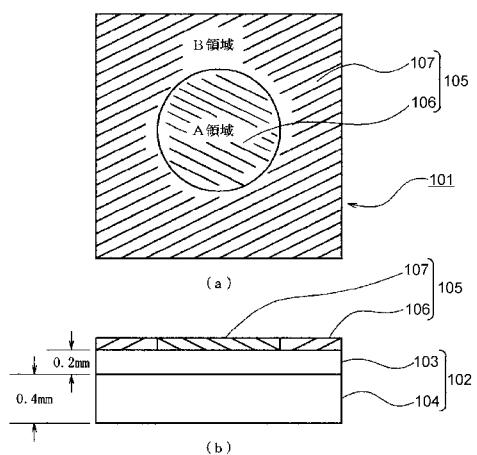
【図6】



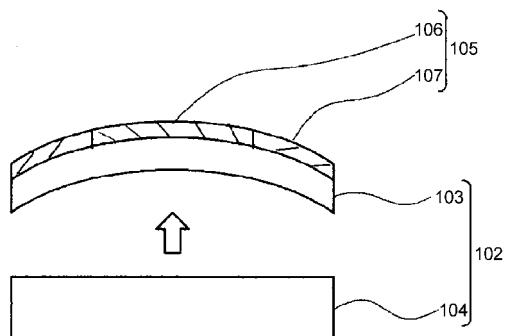
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

F ターム(参考) 4K029 AA08 AA24 BA42 BA43 BA44 BA46 BA48 BB02 BB04 BC07
CA03 CA05 CA09
5D789 AA36 AA40 AA41 EC37 FA08 JA32 JA58 JA64 JB02