

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4444693号
(P4444693)

(45) 発行日 平成22年3月31日(2010.3.31)

(24) 登録日 平成22年1月22日(2010.1.22)

(51) Int.Cl.

F I

G O 2 B 5/30 (2006.01)

G O 2 B 5/30

請求項の数 2 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2004-53252 (P2004-53252)
 (22) 出願日 平成16年2月27日(2004.2.27)
 (65) 公開番号 特開2005-242083 (P2005-242083A)
 (43) 公開日 平成17年9月8日(2005.9.8)
 審査請求日 平成19年2月22日(2007.2.22)

特許法第30条第1項適用 第64回応用物理学学会学術
 講演会の講演予稿集第885頁に発表

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100075948
 弁理士 日比谷 征彦
 (72) 発明者 伊佐野 太輔
 東京都大田区下丸子三丁目30番2号 キ
 ヤノン株式会社内

審査官 大橋 憲

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学波長板の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

少なくとも1つの誘電体媒質を基板上にアモルファス状態で成膜し、前記誘電体媒質をエッチングして可視光の波長よりも短い周期構造を有する凹凸状格子パターンを製造し、前記エッチングした前記誘電体媒質を熱処理により結晶化させて膜の屈折率を大きくし、前記熱処理における熱処理温度を変えることにより、前記凹凸状格子パターンの位相差の大きさを制御することを特徴とする光学波長板の製造方法。

【請求項2】

少なくとも1つの誘電体媒質を基板上にアモルファス状態で成膜し、前記誘電体媒質をエッチングして可視光の波長よりも短い周期構造を有する凹凸状格子パターンを製造し、前記エッチングした前記誘電体媒質を熱処理により結晶化させて膜の屈折率を大きくし、前記誘電体媒質をエッチングして製造した前記凹凸状格子パターンの位相差の均一性が悪いとき、前記位相差に適した温度で熱処理し前記位相差を揃えることを特徴とする光学波長板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、誘電体媒質を用いた光学波長板の製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

光学波長板は従来から水晶の結晶板を研磨して、常光と異常光の位相差が、 $1/4$ 波長板では $(N + 1/4)$ 波長(N は整数)、 $1/2$ 波長板では $(N + 1/2)$ 波長、全波長板では N 波長になるような厚さに調整して製造されている。

【0003】

このような結晶研磨による方法以外に、誘電体の構造複屈折を利用した格子を用いた方法も提案されている。この格子を用いた波長板の提案と実験は非特許文献1に記載されている。

【0004】

【非特許文献1】Applied Physics Letter誌第42巻第6号(1983年3月15日発行)第492～第494頁D. C. Flanders著

10

【0005】

格子を用いた光学波長板は、波長がピッチ d に比べて十分に小さい領域では、格子の溝に平行な方向の屈折率 n_a と、格子の溝に直行する方向の屈折率 n_b とが異なることを利用しており、前述の非特許文献1によると、格子が矩形の場合に屈折率 n_a と n_b は次式で与えられる。

$$n_a = \{n_1^2 + n_2^2(1 - q)\}^{1/2} \cdots (1)$$

$$n_b = \{(1/n_1)^2 q + (1/n_2)^2(1 - q)\}^{-1/2} \cdots (2)$$

【0006】

ここで、 n_1 は第1の媒質の屈折率、 n_2 は第2の媒質の屈折率、 q は格子の1周期中に第1の媒質の占める割合であって、 $1 - q \geq 0$ である。そして、複屈折の大きさ n は次式で与えられる。

20

$$n = |n_a - n_b| \cdots (3)$$

【0007】

また、複屈折の大きさ n を有する格子に入射した光が受ける位相差は、格子の溝深さを D とすると次式で与えられる。

$$[\text{rad}] = (2\pi D / \lambda) n \cdots (4)$$

【0008】

この(4)式から、大きな位相差を得るには、溝の深さ D を大きくするか又は複屈折の大きさ n を大きくすればよいことが分かる。この関係は格子形状が矩形だけでなく、正弦波状、三角波状等の場合でも成立する。

30

【0009】

上述の原理を基に、具体的に格子による波長板を製造するには、主に次の2つの方法が容易に考えられる。第1の方法は、干渉露光法によりフォトレジストに格子を形成し、その格子から金型を製造し、熱可塑性樹脂にホットプレス法や射出成形法で転写するか、或いは光硬化性樹脂に転写する方法である。

【0010】

第2の方法は、誘電体基板上に第1の方法と同様にフォトレジスト格子を形成し、フォトレジストをマスクとして誘電体基板をイオンエッチング法、又は反応性イオンエッチング法によりエッチングし、表面に格子を得る方法である。

【発明の開示】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

前述の第1の方法でこのような格子を製造する場合には、媒質と電鍍金型との実質的な接触表面積が著しく増大するために、金型面から剥離するときの引張り剪断力が大きくなる。このために、剥離時に硬化した媒質が基板から剥がれ、金型面に残留してしまい、格子の転写が困難になるという問題点がある。

【0012】

また第2の方法では、エッチングに要する時間が数時間にも及び、エッチングに耐え得るフォトレジストマスクの厚さが大きくなってしまい、フォトレジストマスクの形成が困難である。

50

【 0 0 1 3 】

また、フォトレジストに形成した格子をエッチング耐性の強い物質、例えばクロム（Cr）に転写し、その物質をマスクとしてエッチングする場合においても、格子溝深さの増加に伴い、一度エッチングされた誘電体の基板表面への再付着や、溝底部への活性種、イオン、中性粒子の到達粒子数の減少などにより、エッチングの進行が阻止され、所望の形状をした格子の形成が困難である。このような問題は格子の形状によらずに生じ、また基板サイズが大きい場合には、エッチングでの面内の均一性が悪くなり、製造歩留まりは良くない。

【 0 0 1 4 】

これらの問題に対して、屈折率が十分に大きい誘電体媒質で格子を被覆することにより、溝の深さを小さくすることが特許文献1において開示されている。しかし、この方法も溝幅が狭いために、溝の底部まで誘電体媒質を成膜することが困難である。

【 0 0 1 5 】

【特許文献1】特公平7 - 9 9 4 0 2号公報

【 0 0 1 6 】

図13は従来の膜管理がされていない一般的な成膜状態での製造例であり、石英ウエハ上に二酸化チタン（ TiO_2 ）のアモルファス及び結晶化膜が混在した状態で成膜したSEM（電子顕微鏡）による断面像である。上部の柱状構造の部分が結晶領域で、下部がアモルファス領域である。

【 0 0 1 7 】

図14はこの誘電体媒質をエッチングして形成した格子のSEMによる断面像を示し、結晶領域とアモルファス領域とではエッチング速度が異なり、アモルファス領域の方が速いことが一般的に知られているが、下部の領域のサイドエッチが特に進み、格子が細くなっていることから、この領域がアモルファス状態であることを示している。

【 0 0 1 8 】

アモルファス誘電体媒質中に結晶粒子が混在している場合に、図15に示すように結晶粒子の部分はエッチング速度が遅いため、結晶粒子の部分がエッチングされずに残る。また、この結晶粒子がマスクになり、結晶粒子の下もエッチングされないため、格子による光学波長板がうまく製造できない。

【 0 0 1 9 】

格子に入射する光が受ける位相差は、(4)式のように格子の溝深さDと複屈折の大きさnに比例する。そこで、誘電体基板上に基板誘電体よりも十分に大きい誘電体媒質を成膜し、格子形状を形成することで溝深さDを小さくすることができる。しかし、誘電体媒質膜が結晶化、或いは結晶化した粒子が存在する場合に、エッチング速度が結晶の格子方向によって異なる、或いはアモルファスと結晶領域でエッチング速度が異なるため、均一なエッチングが困難である。

【 0 0 2 0 】

本発明の目的は、上述の問題点を解消し、誘電体基板上にアモルファス状態の誘電体媒質を成膜することで、均一なエッチングを可能とする位相格子型の光学波長板の製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 2 1 】

上記目的を達成するための本発明に係る光学波長板の製造方法は、少なくとも1つの誘電体媒質を基板上にアモルファス状態で成膜し、前記誘電体媒質をエッチングして可視光の波長よりも短い周期構造を有する凹凸状格子パターンを製造し、前記エッチングした前記誘電体媒質を熱処理により結晶化させて膜の屈折率を大きくし、前記熱処理における熱処理温度を変えることにより、前記凹凸状格子パターンの位相差の大きさを制御することを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

本発明に係る光学波長板の製造方法は、少なくとも1つの誘電体媒質を基板上にアモル

10

20

30

40

50

ファス状態で成膜し、前記誘電体媒質をエッチングして可視光の波長よりも短い周期構造を有する凹凸状格子パターンを製造し、前記エッチングした前記誘電体媒質を熱処理により結晶化させて膜の屈折率を大きくし、前記誘電体媒質をエッチングして製造した前記凹凸状格子パターンの位相差の均一性が悪いとき、前記位相差に適した温度で熱処理し前記位相差を揃えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0023】

本発明に係る光学波長板の製造方法によれば、誘電体媒質をアモルファス状態に管理して成膜したものをを用いて、エッチング加工を施すことで、格子内のエッチングむらがない均一な略矩形格子形状の製品を歩留まり良く、安価で量産できる。

10

【0024】

また、熱処理を行うことにより、凹凸状格子パターンの位相差を大きくすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

本発明を図1～図12に図示の実施例に基づいて詳細に説明する。

【実施例1】

【0026】

図1は屈折率 n_1 を有する誘電体基板1上に、屈折率 n_1 よりも大きい屈折率 n_2 を有するアモルファス状の誘電体媒質2を被覆し、この誘電体媒質2にエッチングにより矩形格子3を形成した断面図である。そして、熱処理により誘電体媒質2の屈折率 n_2 が大きくなれば、構造複屈折の大きさ n が大きくなるので、式(4)に従って、矩形格子3の溝深さDを大きくせずに、複屈折の大きさ n を大きくすることで、位相差を大きくしている。

20

【0027】

図2は実施例1のプロセスフローチャート図である。石英ウエハから成る誘電体基板1上にアモルファス状態の二酸化チタン(TiO_2)から成る誘電体媒質2を成膜し、その上層にクロム、フォトレジストを順次に成膜する。フォトリソプロセスによりフォトレジストをパターンニングした後にクロム膜をエッチングし、それをマスクとして誘電体媒質2をエッチングし、可視光を波長よりも短い例えば260nmの周期構造を有する矩形格子3を形成する。

30

【0028】

なお、誘電体媒質2である二酸化チタンに、ニオブ(Nb)又は(及び)珪素(Si)を加えて媒質2の屈折率 n_2 を調整することもできる。

【0029】

図3は矩形格子3のSEMによる断面像である。誘電体基板1上に誘電体媒質2及び矩形格子3が形成されており、矩形格子3の凹凸状格子パターンによる光学波長板が理想的に製造されている。

【実施例2】

【0030】

図4は実施例2のプロセスフローチャート図であり、実施例1の方法で作製した光学波長板を基に、更に700、800で熱処理を1時間行い、誘電体媒質2中の微結晶を形成することにより、誘電体媒質2の屈折率を大きくして位相差特性を拡大処理する。

40

【0031】

図5は上記の熱処理後に位相差を測定し、各波長に対する位相差をプロットしたものである。700、800で熱処理することにより、位相差は実施例1で作製した熱処理なしの場合の光学波長板の位相差よりも大きくなり、また熱処理温度が高いほうが、アモルファスに対する微結晶の割合が大きくなって、より位相差が大きくなることを示している。

【0032】

50

このように、追加的な熱処理により誘電体媒質 2 の屈折率 n_2 を大きくし、空気等の周辺媒質との屈折率差を大きくすることで、複屈折の大きさ n が大きくなるため、位相差は実施例 1 で製造された光学波長板よりも大きくできることが実験的にも確かめられている。

【0033】

図 6 は同一条件で成膜した誘電体媒質 2 を用いた光学波長板を、実施例 2 の方法で熱処理を行い、このときの熱処理温度は 500、600、700、800 とし、熱処理前の位相差を規格化して 1 としたとき、熱処理後の位相差の比率を各熱処理温度でプロットしたものを示している。この図 6 から、熱処理温度が高いほど、熱処理後の位相差が大きくなっていることが分かる。

10

【0034】

このように、アモルファス誘電体媒質 2 の矩形格子 3 による凹凸状格子パターンに、追加的な熱処理を加えることで、誘電体媒質 2 の矩形格子 3 のエッチング加工の溝深さを小さくしても、所望の位相差が得られる。

【実施例 3】

【0035】

図 7 は実施例 3 のプロセスフローチャート図を示している。実施例 1 の方法で製造した光学波長板が所望の位相差よりも小さいとき、この実施例 3 の方法によれば、所望の位相差になるような温度で熱処理することによって、位相差の補正をすることができる。

20

【0036】

例えば、光学波長板の所望の位相差が 180° であるときに、実施例 1 の方法で製造した直後の光学波長板の位相差が 150° とすると、 30° の不足分を補正する必要がある。温度と位相補正の関係は実験等で明らかになっている場合に、この関係を用いて 30° の補正に相当する加熱処理を行えばよい。

【0037】

本実施例 3 では、700 での熱処理が 30° に相当することが実験で確かめられていれば、700 の熱処理を施して、アモルファス状態の誘電体媒質 2 を結晶化又は微結晶を多数発生させることで位相補正を行い、最終的に目的の 180° の位相差を有する光学波長板を製造することができる。

30

【実施例 4】

【0038】

図 8 は実施例 4 のプロセスフローチャート図である。通常の矩形格子 3 から成る光学波長板を製造する際には、誘電体基板 1 を一括的にエッチングして製造するが、エッチング装置の内部状態のむらにより誘電体基板 1 の面内の矩形格子 3 の溝の深さは均一とならず、そのために基板 1 面内での位相差も均一ではないことがある。

【0039】

そこで、実施例 1 で製造した光学波長板が、目的の位相差よりも小さく、ばらばらの位相差を有するときに、それぞれを切断分離した後に近接した位相差を持つ波長板を集める。集めた光学波長板を実施例 3 の方法で熱処理することにより位相差を補正する。

40

【0040】

この実施例 4 の方法によれば、誘電体基板 1 内での矩形格子 3 の深さの均一性が悪いときに、各光学波長板に合わせた温度で熱処理をするため、基板 1 内の全ての凹凸状格子パターンを所望の位相差に補正することができる。

【実施例 5】

【0041】

通常の矩形格子 3 から成る光学波長板を製造する際には、上述のように誘電体基板 1 の面内での位相差は均一ではない。しかし、基板 1 の中心部では矩形格子 3 の溝の深さが浅く、基板 1 の外側に同心円状に進むに従って深くなるか、或いは中心部が深く基板 1 の外

50

側に同心円状に進むに従って浅くなる傾向を持つことがある。これらの場合に、基板 1 の面内での位相差 も同心円状に変化する。

【 0 0 4 2 】

そこで、実施例 5 においては図 9 に示すように、位相差 が最大になる位置が基板 1 の外側にあるとき、熱処理装置 1 1 の熱源 1 2 を誘電体基板 1 の中心に位置するように設置し、同心円状に外側に向うに従って温度が低くなるような熱処理を行う。

【 0 0 4 3 】

また逆に、位相差 が最大になる位置が基板 1 の中心にあるときは、図 1 0 に示すように熱源 1 2 を円環状に基板 1 の外側に設置し、同心円の中心に進むに従って温度が低くなるような熱処理を行う。

10

【 0 0 4 4 】

この実施例 5 によれば、基板 1 内の矩形格子 3 の溝の深さが同心円状に変わるとき、それに合わせた熱分布を持った熱処理をすることで、基板 1 内の全ての凹凸状格子パターンを平均化された所望の位相差 に補正することができる。

【実施例 6】

【 0 0 4 5 】

図 1 1 は実施例 6 のプロセスフローチャート図を示し、図 1 2 はその模式的説明図を示している。この実施例 6 においては、誘電体基板 1 内の各光学波長板の位相差 に合わせた出力によりレーザー光 L を照射し、局所的に温度を上昇することで熱処理を行い、全面に渡り所望の位相差 に補正する。

20

【 0 0 4 6 】

なお、この実施例 6 において、局所的加熱手段としてレーザー光 L を用いたが、他の方法でもよいことは云うまでもない。また、加熱の制御にレーザー光 L の出力を調整するだけでなく、熱吸収体を組み合わせるなど、結果として加熱量が制御できる方法であればよいことは勿論である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 7 】

【図 1】実施例 1 の誘電体媒質に矩形格子を形成した光学波長板の模式的断面図である。

【図 2】実施例 1 のプロセスフローチャート図である。

【図 3】実施例 1 の S E M による断面像である。

30

【図 4】実施例 2 のプロセスフローチャート図である。

【図 5】実施例 2 の波長と位相差の関係のグラフ図である。

【図 6】実施例 2 の熱処理温度と位相差の比率関係のグラフ図である。

【図 7】実施例 3 のプロセスフローチャート図である。

【図 8】実施例 4 のプロセスフローチャート図である。

【図 9】実施例 5 の熱処理方法の説明図である。

【図 1 0】実施例 5 の熱処理方法の説明図である。

【図 1 1】実施例 6 のプロセスフローチャート図である。

【図 1 2】実施例 6 の熱処理方法の模式的説明図である。

【図 1 3】結晶とアモルファスが混在する S E M による断面像である。

40

【図 1 4】誘電体媒質に形成した格子の S E M による断面像である。

【図 1 5】アモルファス中に結晶粒子が存在したときのエッチング残りの S E M による断面像である。

【符号の説明】

【 0 0 4 8 】

1 誘電体基板

2 誘電体媒質

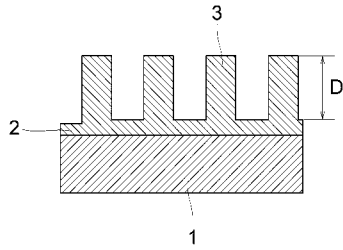
3 矩形格子

1 1 熱処理装置

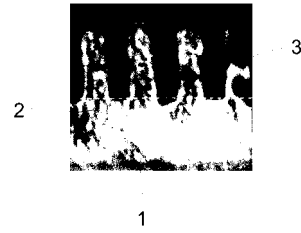
1 2 熱源

50

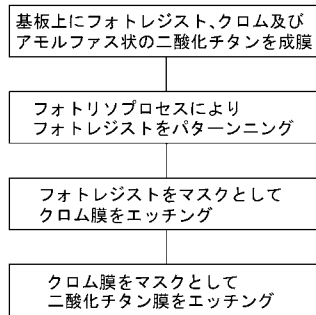
【図 1】



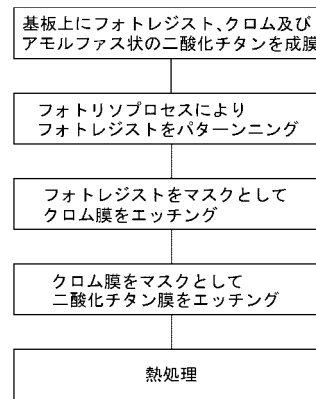
【図 3】



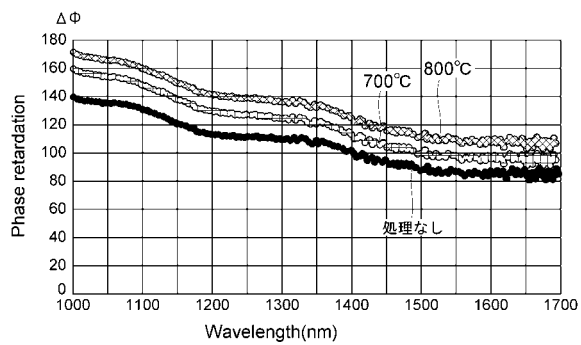
【図 2】



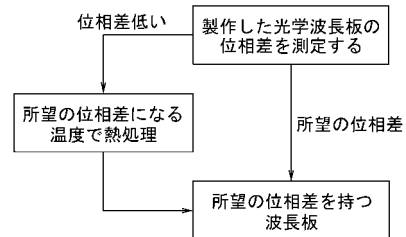
【図 4】



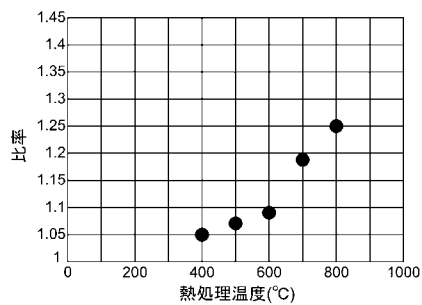
【図 5】



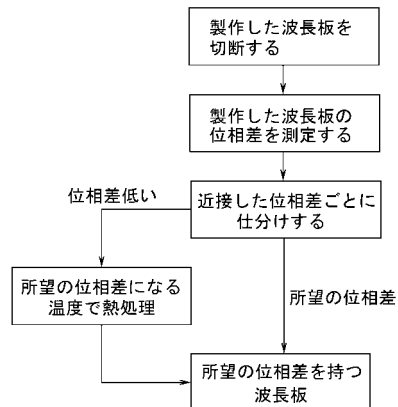
【図 7】



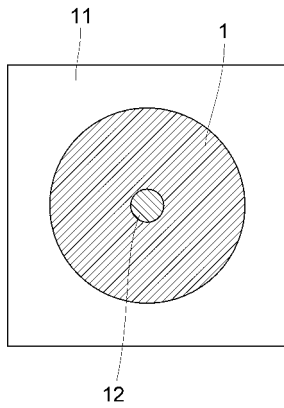
【図 6】



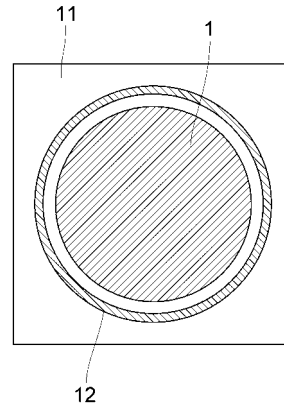
【図 8】



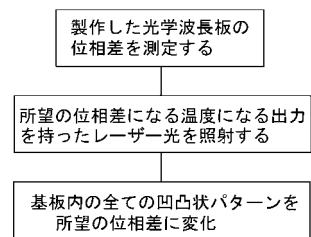
【図 9】



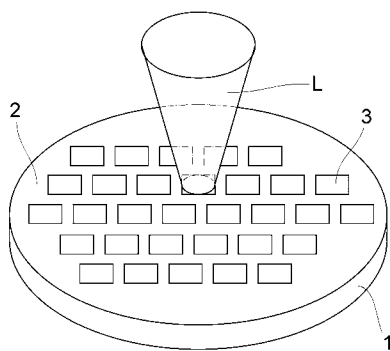
【図 10】



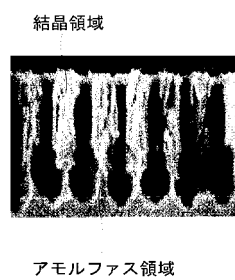
【図 11】



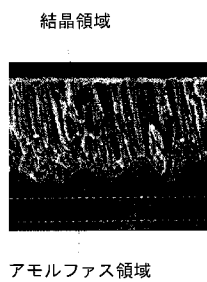
【図 12】



【図 14】



【図 13】



【図 15】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2003-207636(JP,A)
特開平09-061627(JP,A)
特開2001-116943(JP,A)
特開平09-325213(JP,A)
特開2000-241639(JP,A)
特開2000-180617(JP,A)
特開2001-201625(JP,A)
特開平11-326610(JP,A)
特開2002-148453(JP,A)
特開平11-326664(JP,A)
特開平10-284481(JP,A)
特開平11-305021(JP,A)
特開平07-005318(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 5/30