

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7101028号
(P7101028)

(45)発行日 令和4年7月14日(2022.7.14)

(24)登録日 令和4年7月6日(2022.7.6)

(51)国際特許分類

F I

G 0 2 B 5/30 (2006.01)

G 0 2 B 5/30

G 0 2 F 1/1335(2006.01)

G 0 2 F 1/1335 5 1 0

請求項の数 14 (全16頁)

(21)出願番号	特願2018-76824(P2018-76824)	(73)特許権者	000108410
(22)出願日	平成30年4月12日(2018.4.12)		デクセリアルズ株式会社
(62)分割の表示	特願2017-185286(P2017-185286)の分割		栃木県下野市下坪山 1 7 2 4
原出願日	平成29年9月26日(2017.9.26)	(74)代理人	100160794
(65)公開番号	特開2019-61218(P2019-61218A)		弁理士 星野 寛明
(43)公開日	平成31年4月18日(2019.4.18)	(72)発明者	武田 吐夢
審査請求日	令和2年8月4日(2020.8.4)		東京都品川区大崎一丁目 1 1 番 2 号 ゲ ートシティ大崎イーストタワー 8 階 デ クセリアルズ株式会社内
		審査官	沖村 美由

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 偏光素子及びその製造方法、並びに光学機器

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ワイヤグリッド構造を有する偏光素子であって、
透明基板と、

使用帯域の光の波長よりも短いピッチで前記透明基板上に配列され、所定方向に延在する
格子状凸部と、を備え、

前記格子状凸部が、台座と、第 1 吸収層と、第 1 誘電体層と、反射層と、第 2 誘電体層と
、第 2 吸収層と、が前記透明基板側からこの順で連続した構造を有するか、又は、台座と
、第 1 吸収層と、金属膜からなる拡散バリア層と、第 1 誘電体層と、反射層と、第 2 誘電
体層と、金属膜からなる拡散バリア層と、第 2 吸収層と、が前記透明基板側からこの順で
連続した構造を有し（但し、前記第 1 誘電体層及び前記第 2 誘電体層はいずれも、柱状の
束で構成されたバンドル構造層を除く。）、

前記台座が、前記所定方向から見たときに、前記透明基板側から前記第 1 吸収層側に向か
うに従い幅が狭まるように側面が傾斜した台形状を有し、

前記第 1 吸収層の膜厚と前記第 2 吸収層の膜厚とが略同一であり、且つ、前記第 1 誘電体
層の膜厚と前記第 2 誘電体層の膜厚とが略同一である偏光素子。

【請求項 2】

前記台座が、使用帯域の光の波長に対して透明な S i 酸化物で構成される請求項 1 に記載
の偏光素子。

【請求項 3】

前記第 1 吸収層と前記第 2 吸収層とが同一材料で構成される請求項 1 又は 2 に記載の偏光素子。

【請求項 4】

前記第 1 誘電体層と前記第 2 誘電体層とが同一材料で構成される請求項 1 から 3 のいずれかに記載の偏光素子。

【請求項 5】

前記透明基板が、使用帯域の光の波長に対して透明であり、且つ、ガラス、水晶、又はサファイアで構成される請求項 1 から 4 のいずれかに記載の偏光素子。

【請求項 6】

前記反射層が、アルミニウム又はアルミニウム合金で構成される請求項 1 から 5 のいずれかに記載の偏光素子。

10

【請求項 7】

前記第 1 誘電体層及び前記第 2 誘電体層が、S i 酸化物で構成される請求項 1 から 6 のいずれかに記載の偏光素子。

【請求項 8】

前記第 1 吸収層及び前記第 2 吸収層が、F e 又は T a を含むとともに、S i を含んで構成される請求項 1 から 7 のいずれかに記載の偏光素子。

【請求項 9】

前記偏光素子の前記格子状凸部側の表面が、誘電体からなる保護膜により覆われている請求項 1 から 8 のいずれかに記載の偏光素子。

20

【請求項 10】

前記偏光素子の前記格子状凸部側の表面が、有機系撥水膜により覆われている請求項 1 から 9 のいずれかに記載の偏光素子。

【請求項 11】

前記格子状凸部の先端に形成されたグリッド先端部が、前記所定方向から見たときに、先端側ほど幅が狭くなる方向に側面が傾斜した先細形状を有する請求項 1 から 10 のいずれかに記載の偏光素子。

【請求項 12】

前記反射層が、金属層と、前記所定方向から見たときに、前記金属層の側面を覆い、前記金属層を構成する金属の酸化物からなる酸化物層と、を有する請求項 1 から 11 のいずれかに記載の偏光素子。

30

【請求項 13】

ワイヤグリッド構造を有する偏光素子の製造方法であって、

透明基板上に、下地層と、第 1 吸収層と、第 1 誘電体層と、反射層と、第 2 誘電体層と、第 2 吸収層と、が前記透明基板側からこの順で連続した積層体、又は、下地層と、第 1 吸収層と、金属膜からなる拡散バリア層と、第 1 誘電体層と、反射層と、第 2 誘電体層と、金属膜からなる拡散バリア層と、第 2 吸収層と、が前記透明基板側からこの順で連続した積層体を形成する工程（但し、前記第 1 誘電体層及び前記第 2 誘電体層はいずれも、柱状の束で構成されたバンドル構造層を除く。）と、

前記積層体を選択的にエッチングすることにより、使用帯域の光の波長よりも短いピッチで前記透明基板上に配列され、所定方向に延在する格子状凸部を形成する工程と、を有し、前記格子状凸部が、前記透明基板と前記第 1 吸収層との間に台座を有し、

40

前記台座が、前記所定方向から見たときに、前記透明基板側から前記第 1 吸収層側に向かうに従い幅が狭まるように側面が傾斜した台形状を有し、

前記第 1 吸収層の膜厚と前記第 2 吸収層の膜厚とが略同一であり、且つ、前記第 1 誘電体層の膜厚と前記第 2 誘電体層の膜厚とが略同一である偏光素子の製造方法。

【請求項 14】

請求項 1 から 12 のいずれかに記載の偏光素子を備える光学機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、偏光素子及びその製造方法、並びに光学機器に関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

偏光素子は、一方向の偏光を吸収し、これと直交する方向の偏光を透過させる光学素子である。液晶表示装置では、その原理上、偏光素子が必要となる。特に、透過型液晶プロジェクタのような、光量の大きな光源を使用する液晶表示装置では、偏光素子は強い輻射線を受けるため、優れた耐熱性が必要になることに加え、数 cm 程度の大きさと、高い消光比とが要求される。これらの要求に応えるため、ワイヤグリッド型の無機偏光素子が提案されている。

10

【 0 0 0 3 】

ワイヤグリッド型の偏光素子は、一方向に延在する導体のワイヤ（反射層）を、使用帯域の光の波長よりも短いピッチ（数十 nm ～ 数百 nm）で透明基板上に多数並べて配置した構造を有する。この偏光素子に光が入射すると、ワイヤの延在方向に平行な偏光（TE 波（S 波））は透過することができず、ワイヤの延在方向に垂直な偏光（TM 波（P 波））はそのまま透過する。ワイヤグリッド型の偏光素子は、耐熱性に優れ、比較的大きな素子を作製でき、且つ、高い消光比を有するため、液晶プロジェクタ等の用途に適している。

【 0 0 0 4 】

これまで、ワイヤグリッド型の偏光素子としては、種々の構造の偏光素子が提案されている。

20

【 0 0 0 5 】

例えば、特許文献 1 には、基体と、使用帯域の光の波長よりも短いピッチで基体上に配列された格子状凸部と、を備え、格子状凸部が、基体側から順に、ワイヤグリッド層と、誘電体層と、吸収層と、誘電体層と、を有する偏光素子が開示されている。

また、特許文献 2 には、透明基板と、使用帯域の光の波長よりも短いピッチで透明基板上に配列された格子状凸部と、を備え、格子状凸部が、透明基板側から順に、反射層と、誘電体層と、吸収層と、を有する偏光素子が開示されている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 6 】

30

【 文献 】 特許第 5 1 8 4 6 2 4 号公報

特許第 5 9 6 0 3 1 9 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

ところで、ワイヤグリッド型の偏光素子を液晶プロジェクタに用いる場合、格子状凸部が形成されたグリッド面を液晶パネル側に向けて配置することが通常である。従って、液晶パネルの出射側に配置される偏光素子においては、格子状凸部が形成されたグリッド面側から光が入射されることになる。特許文献 1 及び 2 に記載された従来の偏光素子によれば、格子状凸部が形成されたグリッド面側から入射される光に対して、吸収軸反射率を低く抑えることが可能である。

40

【 0 0 0 8 】

しかし、液晶プロジェクタにおいては、出射側の偏光素子を透過した光が他の光学素子等で反射され、戻り光として偏光素子に入射されることがある。この場合、特許文献 1 及び 2 に記載された従来の偏光素子では、吸収軸反射率を低く抑えることができず、高い割合で反射される。このような戻り光の反射が繰り返されると、ゴースト等により画質が劣化する虞がある。

【 0 0 0 9 】

本発明は上記に鑑みてなされたものであり、その目的は、格子状凸部が形成されたグリッド面側からの入射光と基板面側からの入射光との両者に対して吸収軸反射率を低く抑える

50

ことが可能な偏光素子及びその製造方法、並びにその偏光素子を備える光学機器を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

上記目的を達成するため、本発明は、ワイヤグリッド構造を有する偏光素子であって、透明基板（例えば、後述の透明基板 1 0 ）と、使用帯域の光の波長よりも短いピッチで前記透明基板上に配列され、所定方向に延在する格子状凸部（例えば、後述の格子状凸部 1 1 ）と、を備え、前記格子状凸部が、前記透明基板側から順に、第 1 吸収層（例えば、後述の第 1 吸収層 1 3 ）と、第 1 誘電体層（例えば、後述の第 1 誘電体層 1 4 ）と、反射層（例えば、後述の反射層 1 5 ）と、第 2 誘電体層（例えば、後述の第 2 誘電体層 1 6 ）と、第 2 吸収層（例えば、後述の第 2 吸収層 1 7 ）と、を有する偏光素子（例えば、後述の偏光素子 1 ）を提供する。

10

【 0 0 1 1 】

前記格子状凸部が、前記透明基板と前記第 1 吸収層との間に台座（例えば、後述の台座 1 2 ）を有し、前記台座が、前記所定方向から見たときに台形状を有していてもよい。

【 0 0 1 2 】

前記台座が、使用帯域の光の波長に対して透明な S i 酸化物で構成されていてもよい。

【 0 0 1 3 】

前記第 1 吸収層と前記第 2 吸収層とが同一材料で構成されていてもよい。

【 0 0 1 4 】

前記第 1 誘電体層と前記第 2 誘電体層とが同一材料で構成されていてもよい。

20

【 0 0 1 5 】

前記第 1 吸収層の膜厚と前記第 2 吸収層の膜厚とが略同一であり、且つ、前記第 1 誘電体層の膜厚と前記第 2 誘電体層の膜厚とが略同一であってもよい。

【 0 0 1 6 】

前記透明基板が、使用帯域の光の波長に対して透明であり、且つ、ガラス、水晶、又はサファイアで構成されていてもよい。

【 0 0 1 7 】

前記反射層が、アルミニウム又はアルミニウム合金で構成されていてもよい。

【 0 0 1 8 】

前記第 1 誘電体層及び前記第 2 誘電体層が、S i 酸化物で構成されていてもよい。

30

【 0 0 1 9 】

前記第 1 吸収層及び前記第 2 吸収層が、F e 又は T a を含むとともに、S i を含んで構成されていてもよい。

【 0 0 2 0 】

前記偏光素子の前記格子状凸部側の表面が、誘電体からなる保護膜により覆われていてもよい。

【 0 0 2 1 】

前記偏光素子の前記格子状凸部側の表面が、有機系撥水膜により覆われていてもよい。

【 0 0 2 2 】

前記格子状凸部の先端に形成されたグリッド先端部（例えば、後述のグリッド先端部 1 9 ）が、前記所定方向から見たときに、先端側ほど幅が狭くなる方向に側面が傾斜した先細形状を有していてもよい。

40

【 0 0 2 3 】

前記反射層が、金属層（例えば、後述の金属層 1 5 1 ）と、前記所定方向から見たときに、前記金属層の側面を覆い、前記金属層を構成する金属の酸化物からなる酸化物層（例えば、後述の酸化物層 1 5 2 ）と、を有していてもよい。

【 0 0 2 4 】

前記反射層の幅が、前記第 1 誘電体層及び前記第 2 誘電体層の幅よりも小さくてもよい。

【 0 0 2 5 】

50

また、本発明は、ワイヤグリッド構造を有する偏光素子の製造方法であって、透明基板上に、第１吸収層と、第１誘電体層と、反射層と、第２誘電体層と、第２吸収層と、を前記透明基板側からこの順で有する積層体を形成する工程と、前記積層体を選択的にエッチングすることにより、使用帯域の光の波長よりも短いピッチで前記透明基板上に配列される格子状凸部を形成する工程と、を有する偏光素子の製造方法を提供する。

【００２６】

また、本発明は、前記偏光素子を備える光学機器を提供する。

【発明の効果】

【００２７】

本発明によれば、格子状凸部が形成されたグリッド面側からの入射光と基板面側からの入射光との両者に対して吸収軸反射率を低く抑えることが可能な偏光素子及びその製造方法、並びにその偏光素子を備える光学機器を提供することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【００２８】

【図１】本実施形態に係る光学素子の一例を示す断面模式図である。

【図２】本実施形態の変形例１に係る光学素子を示す断面模式図である。

【図３】本実施形態の変形例２に係る光学素子を示す断面模式図である。

【図４】本実施形態の変形例３に係る光学素子を示す断面模式図である。

【図５】第１吸収層及び第１誘電体層を有しない光学素子の一例を示す断面模式図である。

【図６】図１に示す構造の偏光素子及び図５に示す構造の偏光素子について、グリッド面側からの入射光に対する吸収軸反射率をシミュレーションにより検証した結果を示すグラフである。

20

【図７】図１に示す構造の偏光素子及び図５に示す構造の偏光素子について、基板面側からの入射光に対する吸収軸反射率をシミュレーションにより検証した結果を示すグラフである。

【図８】図１に示す構造の偏光素子を実際に作製し、透過軸透過率、吸収軸透過率、透過軸反射率、及び吸収軸反射率を検証した結果を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【００２９】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照して詳しく説明する。

30

【００３０】

〔偏光素子〕

本実施形態に係る偏光素子は、ワイヤグリッド構造を有する偏光素子であって、透明基板と、使用帯域の光の波長よりも短いピッチ（周期）で透明基板上に配列され、所定方向に延在する格子状凸部と、を備える。また、この格子状凸部が、透明基板側から順に、第１吸収層と、第１誘電体層と、反射層と、第２誘電体層と、第２吸収層と、を有する。

【００３１】

図１は、本実施形態に係る偏光素子１の一例を示す断面模式図である。図１に示すように、偏光素子１は、使用帯域の光に透明な透明基板１０と、透明基板１０の一方の面上に使用帯域の光の波長よりも短いピッチＰで配列された格子状凸部１１と、を備える。格子状凸部１１は、透明基板１０側から順に、必要に応じて形成された台座１２と、第１吸収層１３と、第１誘電体層１４と、反射層１５と、第２誘電体層１６と、第２吸収層１７と、を有する。即ち、図１に示す偏光素子１は、台座１２、第１吸収層１３、第１誘電体層１４、反射層１５、第２誘電体層１６、及び第２吸収層１７が透明基板１０側からこの順に積層されて形成された格子状凸部１１が、透明基板１０上に一次元格子状に配列されたワイヤグリッド構造を有する。

40

【００３２】

本明細書では、図１に示すように、格子状凸部１１の延在する方向（所定方向）をＹ軸方向と称する。また、Ｙ軸方向に直交し、透明基板１０の主面に沿って格子状凸部１１が配列する方向をＸ軸方向と称する。この場合、偏光素子１に入射する光は、好適には、透明

50

基板 10 の格子状凸部 11 が形成されている側（グリッド面側）において、X 軸方向及び Y 軸方向に直交する方向から入射する。

【0033】

偏光素子 1 は、透過、反射、干渉、及び光学異方性による偏光波の選択的光吸収の 4 つの作用を利用することで、Y 軸方向に平行な電界成分をもつ偏光（TE 波（S 波））を減衰させ、X 軸方向に平行な電界成分をもつ偏光（TM 波（P 波））を透過させる。従って、Y 軸方向が偏光素子 1 の吸収軸の方向であり、X 軸方向が偏光素子 1 の透過軸の方向である。

【0034】

偏光素子 1 の格子状凸部 11 が形成された側（グリッド面側）から入射した光は、第 2 吸収層 17 及び第 2 誘電体層 16 を通過する際に一部が吸収されて減衰する。第 2 吸収層 17 及び第 2 誘電体層 16 を透過した光のうち、TM 波（P 波）は高い透過率で反射層 15、第 1 誘電体層 14、及び第 1 吸収層 13 を透過する。一方、第 2 吸収層 17 及び第 2 誘電体層 16 を透過した光のうち、TE 波（S 波）は反射層 15 で反射される。反射層 15 で反射された TE 波は、第 2 誘電体層 16 及び第 2 吸収層 17 を通過する際に一部は吸収され、一部は反射して反射層 15 に戻る。また、反射層 15 で反射された TE 波は、第 2 誘電体層 16 及び第 2 吸収層 17 を通過する際に干渉して減衰する。

【0035】

一方、偏光素子 1 の透明基板 10 側（基板面側）から入射した光は、第 1 吸収層 13 及び第 1 誘電体層 14 を通過する際に一部が吸収されて減衰する。第 1 吸収層 13 及び第 1 誘電体層 14 を透過した光のうち、TM 波（P 波）は高い透過率で反射層 15、第 2 誘電体層 16、及び第 2 吸収層 17 を透過する。一方、第 1 吸収層 13 及び第 1 誘電体層 14 を透過した光のうち、TE 波（S 波）は反射層 15 で反射される。反射層 15 で反射された TE 波は、第 1 誘電体層 14 及び第 1 吸収層 13 を通過する際に一部は吸収され、一部は反射して反射層 15 に戻る。また、反射層 15 で反射された TE 波は、第 1 誘電体層 14 及び第 1 吸収層 13 を通過する際に干渉して減衰する。

【0036】

以上のように、本実施形態に係る偏光素子 1 によれば、格子状凸部が形成されたグリッド面側からの入射光と基板面側からの入射光との両者に対して吸収軸反射率を低く抑えることが可能である。

【0037】

透明基板 10 としては、使用帯域の光に対して透光性を示す基板であれば特に制限されず、目的に応じて適宜選択することができる。「使用帯域の光に対して透光性を示す」とは、使用帯域の光の透過率が 100%であることを意味するものではなく、偏光素子としての機能を保持可能な透光性を示せばよい。使用帯域の光としては、例えば、波長 380 nm ~ 810 nm 程度の可視光が挙げられる。

【0038】

透明基板 10 の主面形状は特に制限されず、目的に応じた形状（例えば、矩形形状）が適宜選択される。透明基板 10 の平均厚みは、例えば、0.3 mm ~ 1 mm が好ましい。

【0039】

透明基板 10 の構成材料としては、屈折率が 1.1 ~ 2.2 の材料が好ましく、ガラス、水晶、サファイア等が挙げられる。コスト及び透光率の観点からは、ガラス、特に石英ガラス（屈折率 1.46）又はソーダ石灰ガラス（屈折率 1.51）を用いることが好ましい。ガラス材料の成分組成は特に制限されず、例えば光学ガラスとして広く流通しているケイ酸塩ガラス等の安価なガラス材料を用いることができる。

【0040】

また、熱伝導性の観点からは、熱伝導性が高い水晶又はサファイアを用いることが好ましい。これにより、強い光に対して高い耐光性が得られ、発熱量の多いプロジェクタの光学エンジン用の偏光素子として好ましく用いられる。

【0041】

10

20

30

40

50

なお、水晶等の光学活性の結晶からなる透明基板を用いる場合には、結晶の光学軸に対して平行方向又は垂直方向に格子状凸部 11 を配置することが好ましい。これにより、優れた光学特性が得られる。ここで、光学軸とは、その方向に進む光の O (常光線) と E (異常光線) との屈折率の差が最小となる方向軸である。

【0042】

格子状凸部 11 は、使用帯域の光の波長よりも短いピッチ P で透明基板上に配列される。格子状凸部 11 のピッチ P は、使用帯域の光の波長よりも短ければ特に制限されない。作製の容易性及び安定性の観点から、格子状凸部 11 のピッチ P は、例えば、100 nm ~ 200 nm が好ましい。格子状凸部 11 のピッチ P は、走査型電子顕微鏡又は透過型電子顕微鏡で観察することにより測定することができる。例えば、走査型電子顕微鏡又は透過型電子顕微鏡を用いて、任意の 4 箇所についてピッチを測定し、その算術平均値を格子状凸部 11 のピッチとすることができる。以下、この測定方法を電子顕微鏡法と称する。

10

【0043】

格子状凸部 11 の幅 W は特に制限されないが、格子状凸部 11 間の凹部の幅よりも小さいことが好ましい。具体的に、格子状凸部 11 の幅 W は、例えば、35 nm ~ 45 nm が好ましい。格子状凸部 11 の幅 W は、格子状凸部 11 の高さの中心位置において、上述の電子顕微鏡法により測定可能である。

【0044】

台座 12 は、図 1 に示すように格子状凸部 11 の延在する方向 (所定方向) から見たとき、つまり所定方向に直交する断面視で、台形状を有する。より詳しくは、台座 12 は、所定方向から見たときに、透明基板 10 側から第 1 吸収層 13 側に向かうに従い幅が狭まるように側面が傾斜した等脚台形状を有する。

20

【0045】

台座 12 の膜厚は特に制限されず、例えば、10 nm ~ 100 nm が好ましい。なお、台座 12 の膜厚は、例えば上述の電子顕微鏡法により測定可能である。

【0046】

台座 12 は、吸収軸である Y 軸方向に帯状に延びた誘電体膜が透明基板 10 上に配列されてなるものである。台座 12 の構成材料としては、使用帯域の光に対して透明であり、透明基板 10 よりも屈折率の小さい材料が好ましく、中でも、SiO₂ 等の Si 酸化物が好ましい。

30

【0047】

台座 12 は、例えば、透明基板 10 上に形成された上記の誘電体からなる下地層 18 に対して、ドライエッチングによる等方性エッチングと異方性エッチングとのバランスを段階的に変化させることにより形成可能である。この場合、図 1 に示すように、台座 12 は透明基板 10 上に形成された下地層 18 上に配置される。台座 12 を台形状に形成することにより、屈折率が緩やかに変化するようなモスアイ構造と同等の効果が得られ、光の反射を防止でき、高い透過率特性が得られるものと考えられる。

【0048】

但し、上述したように、本実施形態において台座 12 は必須の構成ではなく、偏光素子 1 は台座 12 を有していなくてもよい。この場合、格子状凸部 11 は、下地層 18 上に直接配置することができる。

40

【0049】

第 1 吸収層 13 は、台座 12 上に形成され、吸収軸である Y 軸方向に帯状に延びて配列されたものである。第 1 吸収層 13 の構成材料としては、金属材料、半導体材料等の光学定数の消衰定数が零でない、光吸収作用を持つ物質の 1 種以上が挙げられ、適用される光の波長範囲によって適宜選択される。金属材料としては、Ta、Al、Ag、Cu、Au、Mo、Cr、Ti、W、Ni、Fe、Sn 等の元素単体又はこれらの 1 種以上の元素を含む合金が挙げられる。また、半導体材料としては、Si、Ge、Te、ZnO、シリサイド材料 (- FeSi₂、MgSi₂、NiSi₂、BaSi₂、CrSi₂、CoSi₂、TaSi 等) が挙げられる。これらの材料を用いることにより、偏光素子 1 は、適用

50

される可視光域に対して高い消光比が得られる。中でも、第1吸収層13は、Fe又はTaを含むとともに、Siを含んで構成されることが好ましい。

【0050】

第1吸収層13として半導体材料を用いる場合には、吸収作用に半導体のバンドギャップエネルギーが関与するため、バンドギャップエネルギーが使用帯域以下であることが必要である。例えば、可視光で使用する場合、波長400nm以上での吸収、即ち、バンドギャップとしては3.1eV以下の材料を使用する必要がある。

【0051】

第1吸収層13の膜厚は特に制限されず、例えば、10nm~100nmが好ましい。この第1吸収層13の膜厚は、例えば上述の電子顕微鏡法により測定可能である。

10

なお、第1吸収層13は、蒸着法、スパッタ法等により高密度の膜として形成可能である。また、第1吸収層13は、構成材料の異なる2層以上から構成されていてもよい。

【0052】

第1誘電体層14は、第1吸収層13上に形成され、吸収軸であるY軸方向に帯状に延びた誘電体膜が配列されてなるものである。第1誘電体層14は、基板面側から入射され第1吸収層13で反射した偏光に対して、第1吸収層13を透過して反射層15で反射した偏光の位相が半波長ずれる膜厚で形成される。具体的には、第1誘電体層14の膜厚は、偏光の位相を調整して干渉効果を高めることが可能な1nm~500nmの範囲で適宜設定される。この第1誘電体層14の膜厚は、例えば上述の電子顕微鏡法により測定可能である。

20

【0053】

第1誘電体層14を構成する材料としては、SiO₂等のSi酸化物、Al₂O₃、酸化ベリリウム、酸化ビスマス等の金属酸化物、MgF₂、氷晶石、ゲルマニウム、二酸化チタン、ケイ素、フッ化マグネシウム、窒化ボロン、酸化ボロン、酸化タンタル、炭素、又はこれらの組み合わせ等の一般的な材料が挙げられる。中でも、第1誘電体層14は、Si酸化物で構成されることが好ましい。

【0054】

第1誘電体層14の屈折率は、1.0より大きく、2.5以下であることが好ましい。反射層15の光学特性は、周囲の屈折率によっても影響を受けるため、第1誘電体層14の材料を選択することで、偏光素子1の特性を制御することができる。

30

また、第1誘電体層14の膜厚及び屈折率を適宜調整することにより、基板面側から入射され反射層15で反射したTE波について、第1吸収層13を透過する際に一部を反射して反射層15に戻すことができ、第1吸収層13を通過した光を干渉により減衰させることができる。このようにして、基板面側から入射した光のうち、TE波の選択的減衰を行うことにより、所望の偏光特性を得ることができる。

【0055】

反射層15は、第1誘電体層14上に形成され、吸収軸であるY軸方向に帯状に延びた金属膜が配列されてなるものである。この反射層15は、ワイヤグリッド型偏光子としての機能を有し、反射層15の長手方向に平行な方向に電界成分をもつ偏光波(TE波(S波))を減衰させ、反射層15の長手方向に直交する方向に電界成分をもつ偏光波(TM波(P波))を透過させる。

40

【0056】

反射層15の構成材料としては、使用帯域の光に対して反射性を有する材料であれば特に制限されず、例えば、Al、Ag、Cu、Mo、Cr、Ti、Ni、W、Fe、Si、Ge、Te等の元素単体又はこれらの1種以上の元素を含む合金が挙げられる。中でも、反射層15は、アルミニウム又はアルミニウム合金で構成されることが好ましい。なお、これらの金属材料以外にも、例えば着色等により表面の反射率が高く形成された金属以外の無機膜又は樹脂膜で反射層15を構成してもよい。

【0057】

反射層15の膜厚は、特に制限されず、例えば、100nm~300nmが好ましい。な

50

お、反射層 15 の膜厚は、例えば上述の電子顕微鏡法により測定可能である。

【0058】

第2誘電体層 16 は、反射層 15 上に形成され、吸収軸である Y 軸方向に帯状に延びた誘電体膜が配列されてなるものである。第2誘電体層 16 は、グリッド面側から入射され第2吸収層 17 で反射した偏光に対して、第2吸収層 17 を透過して反射層 15 で反射した偏光の位相が半波長ずれる膜厚で形成される。具体的には、第2誘電体層 16 の膜厚は、偏光の位相を調整して干渉効果を高めることが可能な $1\text{ nm} \sim 500\text{ nm}$ の範囲で適宜設定される。この第2誘電体層 16 の膜厚は、例えば上述の電子顕微鏡法により測定可能である。

【0059】

第2誘電体層 16 を構成する材料としては、第1誘電体層 14 と同様の材料が挙げられる。中でも、第2誘電体層 16 は、第1誘電体層 14 と同一材料で構成されることが好ましい。第1誘電体層 14 及び第2誘電体層 16 を同一材料で構成することで、製造時のエッチング条件等が同一となり、製造が容易になる。また、第1誘電体層 14 の性能と第2誘電体層 16 の性能とを合わせることが可能となる。

【0060】

第2誘電体層 16 の屈折率は、 1.0 より大きく、 2.5 以下であることが好ましい。反射層 15 の光学特性は、周囲の屈折率によっても影響を受けるため、第2誘電体層 14 の材料を選択することで、偏光素子 1 の特性を制御することができる。

また、第2誘電体層 16 の膜厚及び屈折率を適宜調整することにより、グリッド面側から入射され反射層 15 で反射した TE 波について、第2吸収層 17 を透過する際に一部を反射して反射層 15 に戻すことができ、第2吸収層 17 を通過した光を干渉により減衰させることができる。このようにして、グリッド面側から入射した光のうち、TE 波の選択的減衰を行うことにより、所望の偏光特性を得ることができる。

【0061】

第2吸収層 17 は、第2誘電体層 16 上に形成され、吸収軸である Y 軸方向に帯状に延びて配列されたものである。第2吸収層 17 の構成材料としては、第1吸収層 13 と同様の材料が挙げられる。中でも、第2吸収層 17 は、第1吸収層 13 と同一材料で構成されることが好ましい。第1吸収層 13 及び第2吸収層 17 を同一材料で構成することで、製造時のエッチング条件等が同一となり、製造が容易になる。また、第1吸収層 13 の性能と第2吸収層 17 の性能とを合わせることが可能となる。

【0062】

第2吸収層 17 の膜厚は、特に制限されず、例えば、 $10\text{ nm} \sim 100\text{ nm}$ が好ましい。この第2吸収層 17 の膜厚は、例えば上述の電子顕微鏡法により測定可能である。

なお、第2吸収層 17 は、蒸着法、スパッタ法等により、高密度の膜として形成可能である。また、第2吸収層 17 は、構成材料の異なる2層以上から構成されていてもよい。

【0063】

なお、本実施形態に係る偏光素子 1 においては、第1吸収層 13 の膜厚と第2吸収層 17 の膜厚とが略同一であり、且つ、第1誘電体層 14 の膜厚と第2誘電体層 16 の膜厚とが略同一であることが好ましい。具体的には、第1吸収層 13 の膜厚を $t_1\text{ (nm)}$ としたとき、第2吸収層 17 の膜厚は $0.90t_1\text{ (nm)} \sim 1.10t_1\text{ (nm)}$ であることが好ましく、 $0.95t_1\text{ (nm)} \sim 1.05t_1\text{ (nm)}$ であることがより好ましい。また、第1誘電体層 14 の膜厚を $t_2\text{ (nm)}$ としたとき、第2誘電体層 16 の膜厚は $0.90t_2\text{ (nm)} \sim 1.10t_2\text{ (nm)}$ であることが好ましく、 $0.95t_2\text{ (nm)} \sim 1.05t_2\text{ (nm)}$ であることがより好ましい。このように膜厚を合わせることにより、グリッド面側からの入射光と基板面側からの入射光とについて、吸収軸反射率の最小点における波長を合わせることが可能となる。

【0064】

以上の構成を備える本実施形態に係る偏光素子 1 は、第1吸収層 13 と第1誘電体層 14 との間、及び第2誘電体層 16 と第2吸収層 17 との間に、それぞれ拡散バリア層を有し

10

20

30

40

50

ていてもよい。即ちこの場合には、格子状凸部 11 は、透明基板 10 側から順に、台座 12 と、第 1 吸収層 13 と、拡散バリア層と、第 1 誘電体層 14 と、反射層 15 と、第 2 誘電体層 16 と、拡散バリア層と、第 2 吸収層 17 と、を有する。拡散バリア層を有することにより、第 1 吸収層 13 及び第 2 吸収層 17 における光の拡散が防止される。この拡散バリア層は、Ta、W、Nb、Ti 等の金属膜で構成される。

【0065】

また、本実施形態に係る偏光素子 1 は、光学特性の変化に影響を与えない範囲において、グリッド面側の表面が、誘電体からなる保護膜により覆われていてもよい。保護膜は、誘電体膜で構成され、グリッド面側の表面に、CVD 法（化学蒸着法）、ALD 法（原子層堆積法）等を利用することにより形成可能である。これにより、金属膜に対する必要以上の酸化反応を抑制することができる。

10

【0066】

さらに、本実施形態に係る偏光素子 1 は、グリッド面側の表面が、有機系撥水膜により覆われていてもよい。有機系撥水膜は、例えばパーフルオロデシルトリエトキシシラン（FDTS）等のフッ素系シラン化合物等で構成され、上述の CVD 法、ALD 法等を利用することにより形成可能である。これにより、偏光素子 1 の耐湿性等の信頼性を向上できる。

【0067】

〔偏光素子の製造方法〕

本実施形態に係る偏光素子の製造方法は、ワイヤグリッド構造を有する偏光素子の製造方法であって、透明基板上に、第 1 吸収層と、第 1 誘電体層と、反射層と、第 2 誘電体層と、第 2 吸収層と、を透明基板側からこの順で有する積層体を形成する工程と、この積層体を選択的にエッチングすることにより、使用帯域の光の波長よりも短いピッチで透明基板上に配列される格子状凸部を形成する工程と、を有する。

20

【0068】

以下では一例として、図 1 に示す偏光素子 1 の製造方法について説明する。

【0069】

まず、透明基板 10 上に、下地層と、第 1 吸収層と、第 1 誘電体層と、反射層と、第 2 誘電体層と、第 2 吸収層と、を透明基板 10 側からこの順で有する積層体を形成する。これらの各層の形成方法としては、スパッタ法、蒸着法等が挙げられる。

【0070】

30

次いで、フォトリソグラフィ法、ナノインプリント法等により、第 2 吸収層上に一次元格子状のマスクパターンを形成する。そして、積層体を選択的にエッチングすることにより、使用帯域の光の波長よりも短いピッチで透明基板 10 上に配列される格子状凸部 11 を形成する。エッチング方法としては、例えば、エッチング対象に対応したエッチングガスを用いたドライエッチング法が挙げられる。

【0071】

特に、図 1 に示す偏光素子 1 を製造する際には、下地層のエッチング条件を最適化することにより、格子状凸部 11 の延在方向から見たときに台形状を有する台座 12 を形成する。以上により、図 1 に示す偏光素子 1 が製造される。

【0072】

40

なお、本実施形態に係る偏光素子の製造方法は、グリッド面側の表面を保護膜で被覆する工程をさらに有していてもよい。また、本実施形態に係る偏光素子の製造方法は、グリッド面側の表面を有機系撥水膜で被覆する工程をさらに有していてもよい。

【0073】

〔光学機器〕

本実施形態に係る光学機器は、上述した本実施形態に係る偏光素子を備える。光学機器としては、液晶プロジェクタ、ヘッドアップディスプレイ、デジタルカメラ等が挙げられる。本実施形態に係る偏光素子は、有機偏光素子に比べて耐熱性に優れる無機偏光素子であるため、耐熱性が要求される液晶プロジェクタ、ヘッドアップディスプレイ等の用途に好適である。

50

【 0 0 7 4 】

本実施形態に係る光学機器が複数の偏光素子を備える場合、複数の偏光素子の少なくとも一つが本実施形態に係る偏光素子であればよい。例えば、本実施形態に係る光学機器が液晶プロジェクタである場合、液晶パネルの入射側及び出射側に配置される偏光素子の少なくとも一方が本実施形態に係る偏光素子であればよい。ゴースト等による画質の劣化をより低減する観点からは、少なくとも出射側の偏光素子が本実施形態に係る偏光素子であることが好ましく、入射側及び出射側の両方の偏光素子が本実施形態に係る偏光素子であることがより好ましい。

【 0 0 7 5 】

以上説明した偏光素子 1 及びその製造方法、並びに光学機器によれば、次のような効果が奏される。

10

【 0 0 7 6 】

本実施形態に係る偏光素子 1 は、第 1 吸収層 1 3、第 1 誘電体層 1 4、反射層 1 5、第 2 誘電体層 1 6、及び第 2 吸収層 1 7 が透明基板 1 0 側からこの順に積層されて形成された格子状凸部 1 1 を備えるため、グリッド面側からの入射光と基板面側からの入射光との両者に対して吸収軸反射率を低く抑えることが可能となる。従って、液晶プロジェクタにおける液晶パネルの出射側の偏光素子として本実施形態に係る偏光素子 1 を用いた場合であっても、ゴースト等による画質の劣化を低減することが可能となる。

【 0 0 7 7 】

なお、本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲での变形及び改良は本発明に含まれる。

20

【 0 0 7 8 】

図 2 は、本実施形態の变形例 1 に係る偏光素子 1 A を示す断面模式図である。この偏光素子 1 A では、格子状凸部 1 1 A の先端に形成されたグリッド先端部 1 9 が、格子状凸部 1 1 A の延在する方向（所定方向）から見たときに、先端側ほど幅が狭くなる方向に側面が傾斜した先細形状を有する。より詳しくは、变形例 1 に係る偏光素子 1 A のグリッド先端部 1 9 は、等脚台形状を有する。このグリッド先端部 1 9 は、反射層 1 5 A の一部、第 2 誘電体層 1 6 A、及び第 2 吸収層 1 7 A で構成される。

【 0 0 7 9 】

図 2 のように、グリッド先端部 1 9 を先細形状とすることにより、透過軸方向（X 軸方向）の偏光（TM 波）の透過率を高めることができる。このように TM 波の透過率が高まる理由としては、グリッド先端部 1 9 を先細形状とすることにより、角度バラツキを持って入射してくる光に対して散乱を抑制する効果があるためと考えられる。

30

【 0 0 8 0 】

なお、図 2 では、グリッド先端部 1 9 に反射層 1 5 A の一部が含まれるものとしたが、この構造に限定されず、例えば、第 2 誘電体層 1 6 A 及び第 2 吸収層 1 7 A のみでグリッド先端部 1 9 を構成してもよい。

【 0 0 8 1 】

図 3 は、本実施形態の变形例 2 に係る偏光素子 1 B を示す断面模式図である。この偏光素子 1 B では、反射層 1 5 B が、金属層 1 5 1 と、格子状凸部 1 1 B の延在する方向（所定方向）から見たときに、金属層 1 5 1 の側面を覆い、金属層 1 5 1 を構成する金属の酸化物からなる酸化物層 1 5 2 と、を有する。

40

【 0 0 8 2 】

金属層 1 5 1 の構成材料としては、使用帯域の光に対して反射性を有する材料であれば特に制限されず、例えば、Al、Ag、Cu、Mo、Cr、Ti、Ni、W、Fe、Si、Ge、Te 等の元素単体又はこれらの 1 種以上の元素を含む合金が挙げられる。中でも、金属層 1 5 1 は、アルミニウム又はアルミニウム合金で構成されることが好ましい。

【 0 0 8 3 】

酸化物層 1 5 2 は、金属層 1 5 1 を構成する金属の酸化物からなる。例えば、金属層 1 5 1 が Al で構成される場合には、酸化物層 1 5 2 は Al₂O₃ で構成される。この酸化物

50

層 1 5 2 は、金属層の熱処理による酸化反応等により形成される。

【 0 0 8 4 】

図 3 のように、反射層 1 5 B を、金属層 1 5 1 と酸化物層 1 5 2 とで構成することにより、光の入射方向から見た反射層 1 5 B の面積が偏光され、反射層 1 5 B で反射される光の量が変化する。従って、グリッド幅を狭めることなく、グリッド幅を狭めた場合と同等の光透過特性を得ることができる。

【 0 0 8 5 】

なお、変形例 2 に係る偏光素子 1 B においても、変形例 1 に係る偏光素子 1 A と同様に、格子状凸部 1 1 B の先端にグリッド先端部を形成してもよい。

【 0 0 8 6 】

図 4 は、本実施形態の変形例 3 に係る偏光素子 1 C を示す断面模式図である。この偏光素子 1 C の格子状凸部 1 1 C では、反射層 1 5 C の幅が、第 1 誘電体層 1 4 及び第 2 誘電体層 1 6 の幅よりも小さくなっている。

【 0 0 8 7 】

図 4 のように、反射層 1 5 C の幅を、第 1 誘電体層 1 4 及び第 2 誘電体層 1 6 の幅よりも小さくすることにより、光の入射方向から見た反射層 1 5 C の面積が変更され、反射層 1 5 C で反射される光の量が変化する。従って、反射層 1 5 C の幅を制御することにより、偏光素子 1 C の光透過特性を制御することができる。

【 0 0 8 8 】

なお、変形例 3 に係る偏光素子 1 C においても、変形例 1 に係る偏光素子 1 A と同様に、格子状凸部 1 1 C の先端にグリッド先端部を形成してもよい。

【実施例】

【 0 0 8 9 】

次に、本発明の実施例について説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

【 0 0 9 0 】

< 実施例 1 及び比較例 1 >

実施例 1 では、図 1 に示す構造の偏光素子 1 をシミュレーションに供した。また、比較例 1 では、図 5 に示す構造の偏光素子 1 0 0 をシミュレーションに供した。より具体的には、これらの偏光素子の光学特性について、RCWA (R i g o r o u s C o u p l e d W a v e A n a l y s i s) 法による電磁界シミュレーションにより検証した。シミュレーションには、Grating Solver Development 社のグレーティングシミュレータ G s o l v e r を用いた。なお、実施例 1 の偏光素子 1 及び比較例 1 の偏光素子 1 0 0 は、色帯域 (波長 = 5 2 0 n m ~ 5 9 0 n m (所定の波長)) の光に対して最適化されるよう設計されたものである。

【 0 0 9 1 】

図 5 は、比較例 1 の偏光素子 1 0 0 の構造を示す断面模式図である。図 5 中、図 1 に示す偏光素子 1 と共通する構成については同一の符号を付している。偏光素子 1 0 0 の格子状凸部 1 0 1 は、第 1 吸収層 1 3 及び第 1 誘電体層 1 4 を有しないこと以外は、図 1 に示す偏光素子 1 の格子状凸部 1 1 と同一の構成である。

【 0 0 9 2 】

図 6 は、図 1 に示す構造の偏光素子 1 及び図 5 に示す構造の偏光素子 1 0 0 について、グリッド面側からの入射光に対する吸収軸反射率をシミュレーションにより検証した結果を示すグラフである。図 6 中、横軸が波長 (n m) を示しており、縦軸が吸収軸反射率 (%) を示している。ここで、吸収軸反射率とは、偏光素子に入射する吸収軸方向 (Y 軸方向) の偏光 (T E 波) の反射率を意味する。

【 0 0 9 3 】

図 6 に示すように、グリッド面側から光が入射した場合には、図 1 及び図 5 のいずれの構造であっても、第 2 誘電体層 1 6 及び第 2 吸収層 1 7 の機能により、吸収軸反射率が低く抑えられた。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 4 】

図 7 は、図 1 に示す構造の偏光素子 1 及び図 5 に示す構造の偏光素子 1 0 0 について、基板面側からの入射光に対する吸収軸反射率をシミュレーションにより検証した結果を示すグラフである。図 7 中、横軸が波長 (n m) を示しており、縦軸が吸収軸反射率 (%) を示している。

【 0 0 9 5 】

図 7 に示すように、基板面側から光が入射した場合、図 1 に示す構造の偏光素子 1 では、第 1 吸収層 1 3 及び第 1 誘電体層 1 4 の機能により、吸収軸反射率が低く抑えられた。一方、図 5 に示す構造の偏光素子 1 0 0 では、第 1 吸収層 1 3 及び第 1 誘電体層 1 4 を有しないため、吸収軸反射率が顕著に増大した。

10

【 0 0 9 6 】

< 実施例 2 >

実施例 2 では、図 1 に示す構造の偏光素子 1 を実際に作製し、光学特性を検証した。図 8 は、図 1 に示す構造の偏光素子 1 について、透過軸透過率、吸収軸透過率、透過軸反射率、及び吸収軸反射率を検証した結果を示すグラフである。図 8 中、横軸が波長 (n m) を示しており、縦軸が透過率又は反射率 (%) を示している。ここで、透過軸透過率とは、偏光素子に入射する透過軸方向 (X 軸方向) の偏光 (T M 波) の透過率を意味し、透過軸反射率とは、偏光素子に入射する透過軸方向 (X 軸方向) の偏光 (T M 波) の反射率を意味する。また、吸収軸透過率とは、偏光素子に入射する吸収軸方向 (Y 軸方向) の偏光 (T E 波) の透過率を意味する。

20

なお、吸収軸反射率については、グリッド面側からの入射光及び基板面側からの入射光の両者について検証し、それ以外の光学特性については、グリッド面側からの入射光について検証した。

【 0 0 9 7 】

図 8 に示すように、図 1 に示す構造の偏光素子 1 では、グリッド面側からの入射光及び基板面側からの入射光の両者について、吸収軸反射率を低く抑えることができ、且つ、他の光学特性への悪影響もなかった。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 8 】

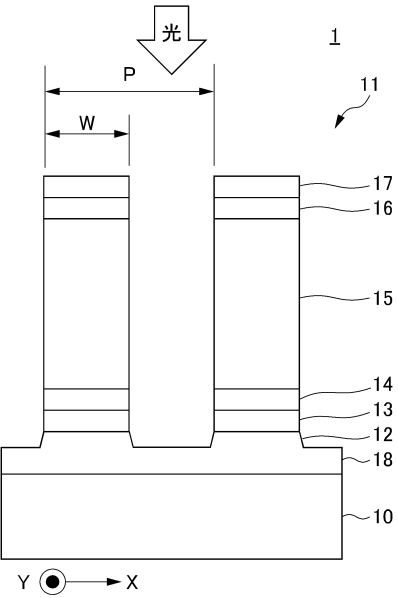
1 , 1 A , 1 B , 1 C 偏光素子、1 0 透明基板、1 1 , 1 1 A , 1 1 B , 1 1 C 格子状凸部、1 2 台座、1 3 第 1 吸収層、1 4 第 1 誘電体層、1 5 , 1 5 A , 1 5 B , 1 5 C 反射層、1 6 , 1 6 A 第 2 誘電体層、1 7 , 1 7 A 第 2 吸収層、1 8 下地層、1 9 グリッド先端部、1 0 0 偏光素子、1 0 1 格子状凸部、1 5 1 金属層、1 5 2 酸化物層

30

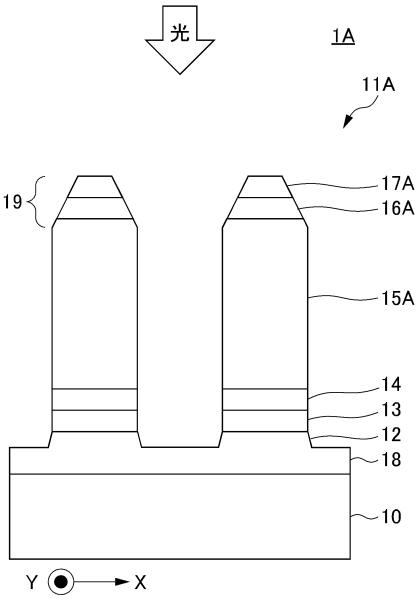
40

50

【図面】
【図 1】



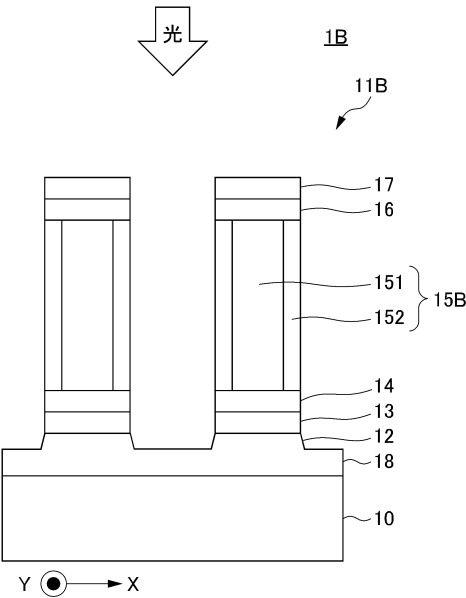
【図 2】



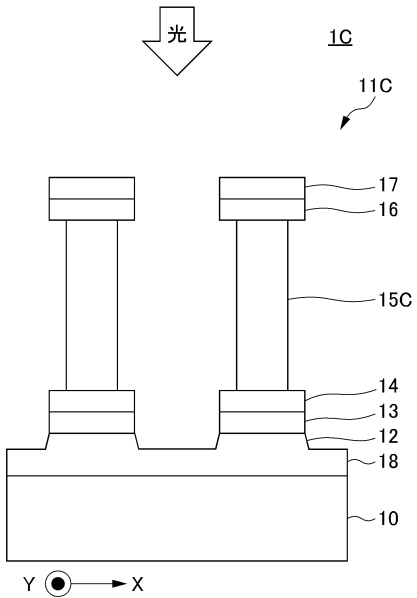
10

20

【図 3】



【図 4】

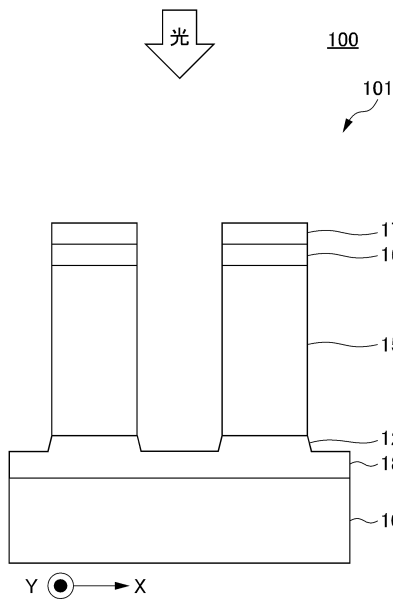


30

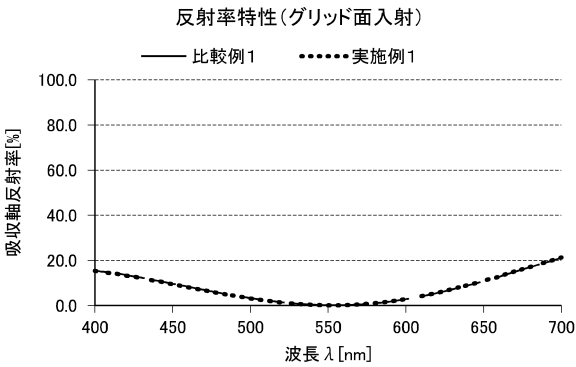
40

50

【図 5】

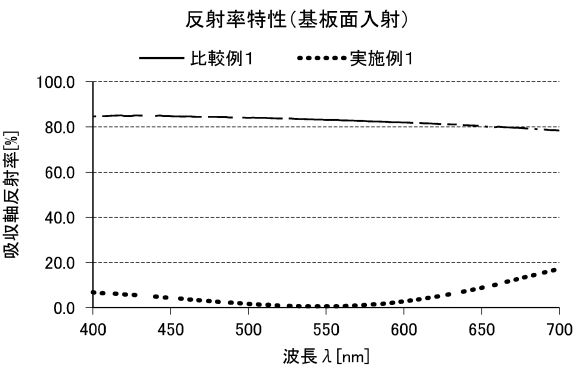


【図 6】

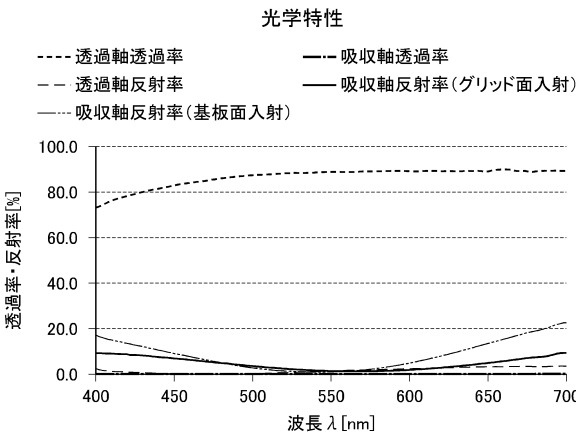


10

【図 7】



【図 8】



30

40

50

フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 1 5 - 0 3 4 9 8 5 (J P , A)
特表 2 0 0 3 - 5 1 9 8 1 8 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 1 8 1 4 2 0 (J P , A)
特開 2 0 0 8 - 1 0 7 3 9 4 (J P , A)
特開 2 0 1 4 - 0 5 2 4 3 9 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 1 0 3 4 6 8 (J P , A)
特開 2 0 1 0 - 0 6 6 5 7 1 (J P , A)
特開 2 0 1 7 - 0 8 3 7 1 8 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
G 0 2 B 5 / 3 0
G 0 2 F 1 / 1 3 3 5
G 0 3 B 2 1 / 0 0 - 2 1 / 3 0