

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5929881号  
(P5929881)

(45) 発行日 平成28年6月8日(2016.6.8)

(24) 登録日 平成28年5月13日(2016.5.13)

(51) Int.Cl. F I  
G O 2 B 5/30 (2006.01) G O 2 B 5/30

請求項の数 5 (全 15 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2013-255600 (P2013-255600)</p> <p>(22) 出願日 平成25年12月11日(2013.12.11)</p> <p>(65) 公開番号 特開2015-114440 (P2015-114440A)</p> <p>(43) 公開日 平成27年6月22日(2015.6.22)</p> <p>審査請求日 平成27年6月1日(2015.6.1)</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(73) 特許権者 000102212 ウシオ電機株式会社 東京都千代田区丸の内一丁目6番5号</p> <p>(74) 代理人 100097548 弁理士 保立 浩一</p> <p>(72) 発明者 鶴岡 和之 神奈川県横浜市青葉区元石川町6409番 地 ウシオ電機株式会社内</p> <p>(72) 発明者 荒木 隆平 神奈川県横浜市青葉区元石川町6409番 地 ウシオ電機株式会社内</p> <p>審査官 渡▲辺▼ 純也</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 グリッド偏光素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

紫外線を偏光させることが可能なグリッド偏光素子であって、透明基板と、透明基板上に設けられたグリッド層とを備えており、

グリッド層は多数の線状部より成る縞状であって、各線状部は、紫外線によって生成される酸化性ガスに触れた際に劣化し得る材料で形成されたものであり、

グリッド層は、酸化性ガスを遮断するガス遮断層で覆われており、各線状部の間の空間はガス遮断層により閉じられた空間となっており、

ガス遮断層は、偏光させる光の波長において透明であり、

ガス遮断層の各線状部の上面での厚さは100nm以上であり、

ガス遮断層は、各線状部の間の空間に入り込んでいて各線状部の側面を当該側面の下端まで覆っているととも、各線状部の間においては透明基板を覆っておらず、

ガス遮断層の各線状部の側面における平均の厚さは、各線状部の幅の50%以下であることを特徴とするグリッド偏光素子。

【請求項2】

前記各線状部は、光吸収性の無機誘電体で形成されており、

前記グリッド層は、前記グリッド層の厚さ方向に光が伝搬する過程で、各線状部の長さ方向に垂直な方向に偏光軸が向いている偏光光に比べて、各線状部の長さ方向に偏光軸が向いている偏光光が多く吸収されることで光を偏光させるものであることを特徴とする請求項1記載のグリッド偏光素子。

## 【請求項 3】

前記ガス遮断層の前記各線状部の側面における平均の厚さは、前記各線状部の幅の30%以下であることを特徴とする請求項1又は2記載のグリッド偏光素子。

## 【請求項 4】

前記ガス遮断層は、前記各線状部の上に形成された第一の層と、第一の層の上に形成された第二の層とから成るものであり、第二の層は、第一の層に比べて緻密な膜で形成されていることを特徴とする請求項1乃至3いずれかに記載のグリッド偏光素子。

## 【請求項 5】

前記ガス遮断層は、すべての前記線状部について隣り合う線状部の間の空間を閉鎖していることを特徴とする請求項1乃至4いずれかに記載のグリッド偏光素子。

10

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本願の発明は、偏光素子の一種であるグリッド偏光素子に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

偏光光を得る偏光素子は、偏光サングラスのような身近な製品を始めとして偏光フィルターや偏光フィルム等の光学素子として各種のものが知られており、液晶ディスプレイ等のディスプレイデバイスでも多用されている。偏光素子には、偏光光を取り出す方式から幾つかのものに分類されるが、その一つにワイヤーグリッド偏光素子がある。

20

## 【0003】

ワイヤーグリッド偏光素子は、透明基板上に金属（導電体）より成る微細な縞状のグリッド（格子）を設けた構造のものである。グリッドを成す多数の線状部の離間間隔を偏光させる光の波長以下とすることで偏光子として機能する。直線偏光光のうち、グリッドの長さ方向に電界成分を持つ偏光光にとってはフラットな金属と等価なので反射する一方、長さ方向に垂直な方向に電界成分を持つ偏光光にとっては透明基板のみがあるのと等価なので、透明基板を透過して出射する。このため、偏光素子からはグリッドの長さ方向に垂直な方向の直線偏光光が専ら出射する。偏光素子の姿勢を制御し、グリッドの長さ方向が所望の方向に向くようにすることで、偏光光の軸（電界成分の向き）が所望の方向に向けた偏光光が得られることになる。

30

## 【0004】

以下、説明の都合上、グリッドの長さ方向に電界成分を持つ直線偏光光をs偏光光と呼び、長さ方向に垂直な方向に電界成分を持つ直線偏光光をp偏光光と呼ぶ。通常、入射面（反射面に垂直で入射光線と反射光線を含む面）に対して電界が垂直なものをs波、平行なものをp波と呼ぶが、グリッドの長さ方向が入射面と平行であることを前提とし、このように区別する。

## 【0005】

このような偏光素子の性能を示す基本的な指標は、消光比ERと透過率TRである。消光比ERは、偏光素子を透過した偏光光の強度のうち、s偏光光の強度（ $I_s$ ）に対するp偏光光の強度（ $I_p$ ）の比である（ $I_p / I_s$ ）。また、透過率TRは、通常、入射するs偏光光とp偏光光の全エネルギーに対する出射p偏光光のエネルギーの比である（ $TR = I_p / (I_s + I_p)$ ）。理想的な偏光素子は、消光比ER = 、透過率TR = 50%ということになる。

40

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0006】

【特許文献1】特開2009-69382号公報

【特許文献2】特開2007-17762号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

50

## 【0007】

光の利用については、ディスプレイ技術に代表されるように可視域の光を利用する機会が多いが、光通信等の分野では赤外域の光が利用される。一方、光をエネルギーとして利用する場合も多く、この場合には紫外線が利用されることが多い。例えば、フォトリソグラフィにおけるレジストの露光（感光処理）や紫外線硬化型樹脂の硬化処理等である。従って、偏光光の利用においても、偏光光をエネルギーとして利用する場合、紫外域の波長の偏光光が必要になってくる。

## 【0008】

より具体的な一例を示すと、液晶ディスプレイの製造プロセスにおいて、近年、光配向と呼ばれる技術が採用されるようになってきている。この技術は、液晶ディスプレイにおいて必要な配向膜を光照射によって得る技術である。ポリイミドのような樹脂製の膜に紫外域の偏光光を照射すると、膜中の分子が偏光光の向きに配列され、配向膜が得られる。ラビングと呼ばれる機械的な配向処理に比べ、高性能の配向膜が得られることから、高画質の液晶ディスプレイの製造プロセスとして多く採用されるようになってきている。

10

## 【0009】

このように、ある種の用途では、より短い波長域の偏光光を得ることが必要になってきており、そのための偏光素子が必要になっている。しかしながら、このような短波長域の光を偏光させる偏光素子については、それほど研究されておらず、製品としても実用的なものは殆ど出回っていない。短波長域とは、可視の短波長側（例えば450nm以下）から紫外域の波長域である。

20

## 【0010】

可視光用としては、樹脂層の吸収軸を揃えた偏光フィルムがしばしば使用される。しかしながら、紫外線用としては、樹脂が紫外線により短期間に劣化するので、使用不可である。

紫外線を偏光させる場合、方解石を用いたプリズム偏光子を使うことができる。しかしながら、プリズム偏光子は、レーザーのように狭い領域に偏光光を照射する用途には適しているものの、光配向のようにある程度大きな領域に偏光光を照射する用途には向いていない。

ある程度広い領域に偏光光を照射できるものが、前述したワイヤーグリッド偏光素子である。複数のワイヤーグリッド偏光素子を並べてより広い領域に偏光光を照射することも可能である。

30

## 【0011】

ワイヤーグリッド偏光素子は、前述したように、グリッドを構成する各線状部の離間間隔の幅を偏光させる光の波長以下とする必要がある。偏光させる波長が短くなればなるほど、より微細な加工技術が必要となる。以前は、紫外域のような短波長用のワイヤーグリッド偏光素子は、理論的には可能であっても、微細加工の困難性から実現は難しいと考えられていた。しかしながら、半導体プロセスに代表される近年の微細加工技術の進歩は著しく、技術の応用により紫外線用のワイヤーグリッド偏光素子も十分に製造可能な状況となってきている。

## 【0012】

とはいえ、紫外線用のワイヤーグリッド偏光素子については、実用的なものは開発されておらず、実用化に際してどのような課題があるかについても十分にわかっていない。この点に関し、発明者は、紫外線用のワイヤーグリッド偏光素子を鋭意研究する過程で、紫外線用のワイヤーグリッド偏光素子では、可視光用のワイヤーグリッド偏光素子では認められなかったグリッドの劣化が発生することを発見した。以下、この点について説明する。尚、本願発明の偏光素子は、グリッドを成す各線状部が金属製のものには限られないので、以下、「グリッド偏光素子」と総称する。

40

## 【0013】

発明者は、グリッドを構成する各線状部の離間間隔を400nm以下として紫外線用のグリッド偏光素子を製作し、実際に紫外線を照射して偏光特性を調べる実験をしていたと

50

ころ、各線状部に変色が生じているのを視認した。調べたところ、変色は各線状部の酸化であり、酸化が生じたグリッド偏光素子では、透過率や消光比といった偏光特性が悪化していることがわかった。

【0014】

発明者は、各線状部の酸化の原因について調べたところ、紫外線の照射による酸化性ガスの生成が原因であることがわかってきた。酸化性ガスとは、酸素が紫外線により励起されて生成される活性種、オゾン等である。尚、この明細書において、「酸化性ガス」とは、基底状態の酸素ガスは除いた意味で使用されている。

本願の発明は、上記のような知見に基づいて為されたものであり、酸化性ガスによる劣化を防止した構造とすることで紫外線の偏光用に好適に使用されるグリッド偏光素子を提供する意義を有するものである。

【課題を解決するための手段】

【0015】

上記課題を解決するため、本願の請求項1記載の発明は、紫外線を偏光させることが可能なグリッド偏光素子であって、透明基板と、透明基板上に設けられたグリッド層とを備えており、

グリッド層は多数の線状部より成る縞状であって、各線状部は、紫外線によって生成される酸化性ガスに触れた際に劣化し得る材料で形成されたものであり、

グリッド層は、酸化性ガスを遮断するガス遮断層で覆われており、各線状部の間の空間はガス遮断層により閉じられた空間となっており、

ガス遮断層は、偏光させる光の波長において透明であり、

ガス遮断層の各線状部の上面での厚さは100nm以上であり、

ガス遮断層は、各線状部の間の空間に入り込んでいて各線状部の側面を当該側面の下端まで覆っているととも、各線状部の間においては透明基板を覆っておらず、

ガス遮断層の各線状部の側面における平均の厚さは、各線状部の幅の50%以下であるという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項2記載の発明は、前記請求項1の構成において、前記各線状部は、光吸収性の無機誘電体で形成されており、

前記グリッド層は、前記グリッド層の厚さ方向に光が伝搬する過程で、各線状部の長さ方向に垂直な方向に偏光軸が向いている偏光光に比べて、各線状部の長さ方向に偏光軸が向いている偏光光が多く吸収されることで光を偏光させるものであるという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項3記載の発明は、前記請求項1又は2の構成において、前記ガス遮断層の前記各線状部の側面における平均の厚さは、前記各線状部の幅の30%以下であるという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項4記載の発明は、前記請求項1乃至3いずれかの構成において、前記ガス遮断層は、前記各線状部の上に形成された第一の層と、第一の層の上に形成された第二の層とから成るものであり、第二の層は、第一の層に比べて緻密な膜で形成されているという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項5記載の発明は、前記請求項1乃至4いずれかの構成において、前記ガス遮断層は、すべての前記線状部について隣り合う線状部の間の空間を閉鎖しているという構成を有する。

【発明の効果】

【0016】

以下に説明する通り、本願の請求項1記載の発明によれば、グリッド層は酸化性ガスを遮断するガス遮断層で覆われており、各線状部の間の空間はガス遮断層により閉じられた空間となっているので、紫外線の偏光用に使用された場合でも各線状部の酸化性ガスによる劣化がなく、期待された偏光作用が損なわれることなく得られる。また、ガス遮断層の各線状部の側面における平均の厚さが各線状部の幅の50%以下であるので、グリッド層の光学定数が限度以上に变化してしまうことがない。

10

20

30

40

50

また、請求項 2 記載の発明によれば、上記効果に加え、吸収型のグリッド偏光素子であるので、紫外線を偏光させる際に優れた偏光性能が得られる。

また、請求項 3 記載の発明によれば、上記効果に加え、ガス遮断層の各線状部の側面における厚さが各線状部の幅の 30% 以下であるので、グリッド層の光学定数が限度以上に変化してしまうことがない。

また、請求項 4 記載の発明によれば、上記効果に加え、ガス遮断層が、第一の層と、第一の層より緻密な第二の層とから成るので、ガス遮断層が各線状部の間に入り込んで形成されてしまった場合にも光学定数の変化の問題が抑制され、また機械的強度の点でもより好適な偏光素子が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図 1】本願発明の実施形態に係るグリッド偏光素子を模式的に示した斜視概略図である。

【図 2】吸収型である実施形態のグリッド偏光素子の動作モデルについて示した斜視概略図である。

【図 3】吸収型である実施形態のグリッド偏光素子の動作モデルについて示した正面概略図である。

【図 4】ガス遮断層 3 の構造の優劣について示した正面断面概略図である。

【図 5】ガス遮断層 3 を形成する好適な方法について示した正面断面概略図である。

【図 6】各線状部 21 の側面に対する膜堆積量の上限について示した正面断面概略図である。

【図 7】実施例のグリッド偏光素子についての比較実験の結果を示す図である。

【図 8】実施例のグリッド偏光素子についての比較実験の結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

次に、本願発明を実施するための形態（実施形態）について説明する。

図 1 は、本願発明の実施形態に係るグリッド偏光素子を模式的に示した斜視概略図である。図 1 に示すグリッド偏光素子は、透明基板 1 と、透明基板 1 上に設けられたグリッド 2 とを備えている。

透明基板 1 は、使用波長（偏光素子を使用して偏光させる光の波長）に対して十分な透過性を有するという意味で「透明」ということである。この実施形態では、紫外線を使用波長と想定しているため、透明基板 1 の材質は石英ガラス（例えば合成石英）となっている。

【0019】

グリッド 2 は、図 1 に示すように、平行に延びる多数の線状部 21 より成る縞（ラインアンドスペース）状のものである。グリッド 2 は、各線状部 21 と各線状部 21 の間のスペースという三次元構造によって偏光作用を為すので、以下、グリッド層という。

各線状部 21 は、この実施形態では、シリコンで形成されている。そして、グリッド層 2 において、各線状部 21 の離間間隔（図 1 に  $t$  で示す）は、400 nm 以下となっている。この点は、実施形態のグリッド偏光素子が、紫外線を偏光させる用途で使用されることを前提としていることによる。

【0020】

図 1 に示すように、実施形態のグリッド偏光素子は、グリッド層 2 を覆った層 3 を備えている。この層 3 は、酸化性ガスを遮断するガス遮断層となっている。ガス遮断層 3 は、酸化性ガスが各線状部 21 の表面に到達しないように遮断するものである。

ガス遮断層 3 は、酸化性ガスを遮断しつつも光透過性を有することが必要である。光透過性とは、使用波長において十分な透過性を有するということである。且つ、ガス遮断層 3 は、それ自体、酸化性ガスで劣化しない材料であることが望まれる。このような特性が要求されるガス遮断層 3 の材料としては、例えば、酸化シリコン、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化ジルコニウム、酸化ハフニウム、五酸化タンタル等の無機材料が使

10

20

30

40

50

用できる。

【0021】

ガス遮断層3の形成について、成膜技術を好適に採用し得る。例えば、プラズマスパッタリングのようなスパッタリングにより堆積した膜をガス遮断層3とすることができる。

実施形態のグリッド偏光素子では、配置された雰囲気中存在するガスに紫外線が照射されて酸化性ガスが生成されたとしても、酸化性ガスはガス遮断層3により遮断されるので、各線状部21が酸化性ガスにより劣化することがない。このため、酸化性ガスで劣化されることによる光学特性の悪化の問題は、実施形態のグリッド偏光素子では生じない。ガス遮断層3の厚さ（線状部21の上面での厚さ）は、100～500nm程度で良い。

【0022】

このような酸化性ガスの遮断は、実施形態のグリッド偏光素子の動作原理との関係において特に顕著な効果をもたらす。以下、この点について説明する。

実施形態のグリッド偏光素子は、吸収型のモデルで動作するものとなっている。吸収型のグリッド偏光素子は、本願の発明者らにより開発されたもので、一般には知られていないものである。従来知られたグリッド偏光素子は、反射型と呼べるもので、p偏光光がグリッド層2を透過する一方、s偏光光がグリッド層2で反射することを利用する。実施形態のグリッド偏光素子は、これとは異なり、s偏光光がグリッド層2を厚さ方向に伝搬する過程でグリッド層2に吸収されて減衰するのに対し、p偏光光にはそのような減衰が生じずに透過していくことを利用する。

【0023】

吸収型のグリッド偏光素子の動作モデルについて、図2及び図3を使用してより具体的に説明する。図2及び図3は、吸収型である実施形態のグリッド偏光素子の動作モデルについて示した概略図であり、図2は斜視概略図、図3は正面概略図である。図2及び図3において、便宜上、光は紙面上の上から下に伝搬するものとし、この方向をz方向とする。また、グリッド層2の各線状部21が延びる方向をy方向とし、従ってs偏光光（図2にLsで示す）は、電界成分E<sub>y</sub>を持つ。このs偏光光の磁界成分（不図示）はx方向となる（H<sub>x</sub>）。

【0024】

このようなs偏光光がグリッド偏光素子のグリッド層2にさしかかると、s偏光光の電界E<sub>y</sub>は、各線状部21の誘電率によって弱められる。一方、各線状部21の間の媒質は、空気である場合が多いが、一般的に各線状部21より誘電率が小さいので、各線状部21の間の空間では電界E<sub>y</sub>は各線状部21内ほどは弱められない。

【0025】

この結果、x-y平面内において電界E<sub>y</sub>の回転成分が生じる。そして、ファラデーの電磁誘導に対応する以下のマクスウェル方程式（式2）により、このx-y平面での回転の強さに応じて、z方向において二つの互いに逆向きの磁界H<sub>z</sub>が誘起される。

【数1】

$$\text{Rot}E = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad (\text{式1})$$

即ち、各線状部21間の中央の電界E<sub>y</sub>の最も高いところを境に、一方の側ではH<sub>z</sub>は光の伝搬方向前方に向き、他方の側ではH<sub>z</sub>は後方を向く。ここで、図2では省略されているが、x方向の磁界H<sub>x</sub>はE<sub>y</sub>と同位相で、x軸負の側を向いて存在している。このx方向磁界成分H<sub>x</sub>は、生成されたz方向成分H<sub>z</sub>に引っ張られ、波打つように変形する。

【0026】

このような磁界成分H<sub>x</sub>の波打ち（回転）が生じると、アンペール・マクスウェルの法則に対応するマクスウェル方程式（式3）により、さらに図2のy方向に電界が発生する。

。

10

20

30

40

【数 2】

$$\text{Rot}H = j + \epsilon \frac{\partial E}{\partial t} \quad (\text{式 2})$$

この様子が、図 3 において模式的に示されており、x 方向磁界成分  $H_x$  の波打ち（回転）により新たに電界  $E_y$  が発生する様子が模式的に示されている。

【 0 0 2 7 】

図 3 に示すように、x - z 面内での磁界成分  $H_x$  の波打ち（回転）により、各線状部 2 1 内では図 3 の紙面手前側に向いた電界  $E_y$  が発生し、各線状部 2 1 の間においては紙面奥側に向いた電界  $E_y$  が発生する。この場合、入射した s 偏光光の元の電界  $E_y$  は紙面手前側に向いているから、線状部 2 1 間の電界は、上記磁界の回転により打ち消され、波動が分断するように作用する。結果として、電界  $E_y$  がグリッド層 2 において各線状部 2 1 内に局在し、線状部 2 1 の材質に応じた吸収により s 偏光光のエネルギーがグリッド層 2 内を伝播しながら消失していく。

10

【 0 0 2 8 】

一方、p 偏光光については、電界成分は x 方向に向いているが ( $E_x$ )、y 方向で見たとき、誘電率の分布は一樣であるため、前述したような電界の回転成分は実質的に生じない。従って、s 偏光光のような電界のグリッド層 2 内での局在化、各線状部 2 1 内での減衰は、p 偏光光に生じない。つまり、s 偏光光について磁界成分  $H_x$  の波打ち（回転）を生じさせることで電界  $E_y$  を各線状部 2 1 内に局在させ、各線状部 2 1 内での吸収により s 偏光光を選択的に減衰させていくのが、この実施形態のグリッド偏光素子の動作原理である。発明者の研究によると、このような吸収型のグリッド偏光素子は、紫外線に対して高い透過率と消光比を示しており、紫外線用の偏光素子として非常に適している。

20

【 0 0 2 9 】

このような吸収型のグリッド偏光素子において、各線状部 2 1 が酸素活性種やオゾンのような酸化性ガスに晒されて劣化すると、誘電率が変化し、この結果、光学定数（複素屈折率）が変化する。吸収型のグリッド偏光素子では、上記説明から解るように、適切な光学定数（特に減衰係数）を選択することにより所望の消光比や透過率を得るから、劣化により光学定数が変化すると、所望の消光比や透過率が得られなくなる場合が多い。酸化性ガスによる劣化は、典型的には酸化であり、各線状部 2 1 がシリコンより成る場合、酸化シリコンとなってしまう、光学定数が変化してしまうことである。

30

【 0 0 3 0 】

この他、酸化数の異なる酸化物に変化することで光学定数が変化する場合もあるし、酸化状態が変化することで光学定数が変化することもある。後者について一例を示すと、グリッド層 2 を成す各線状部 2 1 は、後述するように成膜とフォトリソグラフィにより形成される。この際、作成された膜が酸化物の膜である場合、多かれ少なかれ、酸素空孔（酸素の格子空孔）を含んでいる。この酸素空孔は、固体中で不純物準位として振舞うため、理想的な光学特性（空孔が全くない仮想的な光学特性）とは異なってくる。通常は、実際の成膜で得られる場合を想定し、その光学特性に基づいてグリッド層 2 の寸法形状等を設計する。しかしながら、酸化性ガスが存在する環境下では、酸化性ガスは酸素空孔を修復するよう作用するため、経時的に酸素空孔の量が減少し、結果的に光学定数が変化してしまう。この変化が、偏光特性の悪化として現れる場合があり、同様に酸化性ガスによる劣化であると言い得る。

40

いずれにしても、実施形態のグリッド偏光素子では、上記のようにガス遮断層 3 が設けられているので、酸化性ガスによる劣化はなく、吸収型のグリッド偏光素子の動作が好適に維持される。

【 0 0 3 1 】

発明者は、上記のようなガス遮断層 3 による劣化防止構造において、所望の偏光特性を得るために別の観点で重要な要素があることを見出した。以下、この点について、図 4

50

を使用して説明する。図4は、ガス遮断層3の構造の優劣について示した正面断面概略図である。

【0032】

上述したように、実施形態のガス遮断層3については、成膜技術により好適に作成することができる。この際、成膜の仕方によって、ガス遮断層3用の膜30の構造として幾つかのタイプがあり得る。一つは、図4(A)に示すように各線状部21の上面や側面に沿って膜30が形成された構造、もう一つは図4(B)に示すように、各線状部21の上部や側面に沿って膜30が形成され、各線状部21の間のスペースが膜30によって閉じられた構造、さらにもう一つは図4(C)に示すように、各線状部21の側面には膜30は形成されず、各線状部21の上面に形成された膜30によって各線状部21の間の空間が閉じられた構造である。

10

【0033】

このうち、発明者の研究によると、図4(A)や図4(B)の構造は不適であり、図4(C)の構造が好ましいことがわかった。図4(A)や図4(B)の構造では、各線状部21の間のスペースに膜30が入り込むことにより、この空間の誘電率が変化してしまう。この空間は、空気であるとして(比誘電率が1であるとして)寸法が設計されており、また各線状部21の材質や寸法が設計されている。したがって、この空間に膜が入り込んで形成されると、所望の偏光性能(消光比や透過率)が得られなくなってしまう。したがって、図4(C)の構造とすることが望ましい。

【0034】

成膜技術によって図4(C)のような構造のガス遮断層3を得る場合、工夫が必要である。通常の方法で成膜を行ってしまうと、膜材料(膜を構成する粒子)が各線状部21の間に入り込んでしまうため、各線状部21の側面に膜30が堆積し、図4(A)や図4(B)のような構造になってしまう。

20

【0035】

図4(C)に示すような構造のガス遮断層3を得る成膜方法としては、スパッタリングにより成膜する方法を採用し、この際、スパッタ粒子のマイグレーション(泳動)を調整する方法を好適に採用し得る。以下、この点について図5を使用して説明する。図5は、ガス遮断層3を形成する好適な方法について示した正面断面概略図である。

【0036】

ガス遮断層3の形成は、透明基板1上に各線状部21を形成した後に行われる。スパッタリングによりガス遮断層3用の成膜を行う場合、ガス遮断層3の材料で形成されたターゲットを用いる。ガス遮断層3は、酸化シリコンのような誘電体であるので、高周波プラズマスパッタリングが行われる。

30

【0037】

この際、実施形態のグリッド偏光素子は紫外線用であり、各線状部21の離間間隔(ギャップ幅) $t$ は可視光用のものに比べて狭い。したがって、スパッタ粒子は、各線状部21の間の空間には入り込みづらくなっている。とはいえ、各線状部21の側面にスパッタ粒子が成膜面に達すると、到達の際のエネルギーに応じてスパッタ粒子は成膜面で泳動(マイグレーション)する。この際、泳動が大きいと、ギャップ幅は狭いとはいっても各線状部21の側面に膜材料が入り込み易くなり、図4(1)や(2)に示すように側面に膜30が堆積し易くなる。

40

【0038】

泳動を小さくするには、ターゲットを叩くプラズマ中の荷電粒子のエネルギーを小さくし、叩き出されるスパッタ粒子のエネルギーを小さくすれば良い。このようにすると、図5(1)に示すように、膜31は、各線状部21の上面に凝集するように堆積し、各線状部21の側面には堆積しないか、堆積してもごく少ない量となる。

【0039】

しかし、小さなエネルギーのスパッタ粒子で終始成膜を行ってしまうと、図5(2)に示すように、各線状部21の上方に膜31が成長するのみで、各線状部21の間の空間を

50



塞ぐように膜 3 1 が堆積しない。このため、ガス遮断層 3 としては、不適な膜構造となってしまう。

一方、途中からスパッタ粒子のエネルギーが高くなるようにして泳動を大きくすると、膜 3 2 は横方向に成長し易くなり、図 5 ( 3 ) に示すように、各線状部 2 1 の間の空間を塞いだ形で膜 3 2 が堆積する。このため、ガス遮断層 3 として好適な膜となる。

#### 【 0 0 4 0 】

上記のように、スパッタ粒子のエネルギーを途中で変更する二段階成膜を行うと、各線状部 2 1 の側面への膜堆積を抑制しつつ各線状部 2 1 の間の空間を塞ぐようにして膜 3 1 , 3 2 を形成することができ、実施形態のグリッド偏光素子の製造方法として好適なものとなる。このような二段階成膜は、スパッタリングのための放電電力 ( ターゲットに投入する電力 ) を変更したり、成膜温度 ( 成膜時の透明基板 1 の温度 ) を変更したりすることで行える。一例を示すと、例えば 1 3 . 5 6 M H z の高周波によりプラズマを形成して行う高周波プラズマスパッタリングの場合、最初は、ターゲットの被スパッタ面での電力密度 ( 面積密度 ) を  $2 \text{ W / c m } ^ 2 \sim 9 \text{ W / c m } ^ 2$  程度として成膜温度を室温として成膜を行い、次に電力密度をより高くして  $9 \text{ W / c m } ^ 2 \sim 1 8 \text{ W / c m } ^ 2$  程度とするとともに成膜温度を室温より高い温度 ( 例えば 1 0 0 ) で行うようにする。

#### 【 0 0 4 1 】

上記のように二段階成膜を行った場合、膜の緻密さが変化する。即ち、スパッタ粒子がより大きく泳動しながら作成された膜は、泳動が小さいスパッタ粒子で作成された膜に比べ緻密になる。したがって、形成されたガス遮断層 3 を適宜の方法で分析すれば、二段階成膜によったか否かを判別することができる。例えば、製造されたグリッド偏光素子を劈開し、S E M ( Scanning Electron Microscope、走査型電子顕微鏡 ) で断面を観察すると、S E M 像のコントラストにより膜の緻密さを確認することができる。S E M は、真空中で電子ビームを試料に照射し、主に試料から放出される二次電子を用いて像を形成する。この二次電子は、試料中をバルク方向に散乱した後に真空中に放出されるため、試料の緻密さを反映する。大きく泳動するスパッタ粒子で作成された膜は緻密、つまり高密度で均一な膜質であり、得られる S E M 像のコントラストは一樣になる。対して、泳動が小さいスパッタ粒子で作成された膜は粗、つまり密度ムラがあり、得られる S E M 像のコントラストにもムラが観察される。

#### 【 0 0 4 2 】

膜の緻密さが異なることは、偏光特性の観点でも重要である。上述したガス遮断層 3 用の膜 3 1 , 3 2 の作成において、各線状部 2 1 の間の空間内に膜材料が入り込み、膜 3 1 が薄く形成されてしまったとしても、緻密でない膜の場合には、緻密である膜に比べて屈折率が小さいので、偏光特性を悪化させる問題がそれほど大きくはならない。つまり、膜 3 1 を第一の層、膜 3 2 を第二の層と言い換えると、ガス遮断層 3 を、緻密さの低い第一の層 3 1 と、第一の層 3 1 の上に形成された緻密さの高い第二の層 3 2 とすることは、第一の層 3 1 の形成の際に各線状部 2 1 の側面に膜が形成されてしまったとしても偏光特性を与える影響を小さくするという重要な意義を有する。

#### 【 0 0 4 3 】

尚、各線状部 2 1 の側面に膜が堆積すると所望の偏光性能が得られなくなると説明したが、側面に堆積しても量が少なければ、問題となる偏光性能の悪化は生じない。一般的には、各線状部 2 1 の幅に対して 5 0 % 以下、より好ましくは 3 0 % 以下であれば、偏光性能に対する影響は十分に小さく抑えられ、問題とはならない。この点について、図 6 を使用してより詳しく説明する。図 6 は、各線状部 2 1 の側面に対する膜堆積量の上限について示した正面断面概略図である。

図 6 に示すように、各線状部 2 1 の側面に膜が堆積してしまった場合、膜の厚さは各線状部 2 1 の高さ方向において均一ではなく、頂部付近で厚く、底部付近で薄い分布となる。この場合、側面での膜堆積量は、膜厚の高さ方向での平均値でいうと、各線状部 2 1 の幅  $w$  に対して 5 0 % 程度、より好ましくは 3 0 % 程度までであれば、偏光性能に与える影響は十分小さく抑えられるので、許容できる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 4 】

また、図 6 に示すように、各線状部 2 1 におけるギャップ幅は、一つの線状部 2 1 の左右で意図的に異なるものにされる場合がある。本願の出願人は、先行する特願 2 0 1 3 - 0 7 5 2 4 6 や特願 2 0 1 3 - 1 4 3 1 1 9 において、ギャップ幅が周期的に異なる構造とした場合、一定の条件で偏光性能が向上する点を開示している。これら出願で開示された効果を得ようとする場合、図 6 に示すように、一つの線状部 2 1 において、一方の側のギャップ幅  $t_1$  と他方の側のギャップ幅  $t_2$  とが異なるものとされる。

この場合、線状部 2 1 の側面への膜堆積は、広いギャップ幅（図 6 の例では  $t_2$ ）を形成している側面において多くなり易い。したがって、広いギャップ幅  $t_2$  を臨む側面における平均の膜厚（図 6 に  $f_a$  で示す）が線状部 2 1 の幅  $w$  の 5 0 % 以下、より好ましくは 3 0 % 以下であれば、狭い方のギャップ幅  $t_1$  を除く側面でも平均 5 0 % 以下、より好ましくは 3 0 % 以下となり、偏光性能に与える影響は十分に小さく抑えられる。

10

## 【 0 0 4 5 】

また、ガス遮断層 3 が第二の層 3 2 において緻密であることは、ガス遮断層 3 がグリッド層 2 の機械的な保護の層としても機能し得ることを考慮すると、重要である。ガス遮断層 3 は、グリッド層 2 を機械的に保護する保護層として機能し得る。この際、実施形態のグリッド偏光素子では、上側の第二の層 3 2 においてガス遮断層 3 が緻密であって強度が高いので、保護層としてより好適となる。

## 【 0 0 4 6 】

尚、グリッド偏光素子において、より高い偏光性能（消光比及び透過率）を得ようすると、各線状部 2 1 のアスペクト比（図 1 に示す線状部 2 1 の幅  $w$  に対する高さ  $h$  の比）はより大きくなる傾向にある。特に吸収型のグリッド偏光素子においてはその傾向が顕著である。アスペクト比がより大きい方が、 $s$  偏光の吸収を伴う光の伝搬距離がより長くなり、消光比を高くできる。その一方、アスペクト比が高い線状部 2 1 は機械的強度が弱く、より十分な保護層を形成して保護する必要性が顕著である。

20

## 【 0 0 4 7 】

また、図 5 ( 2 ) に示すような不連続のガス遮断層 3 の構造は不適であると説明したが、不連続ではあっても、各線状部 2 1 の上面に堆積した各膜で形成される隙間が狭く、コンダクタンスが小さければ実質的にガスが遮断される。隙間の幅（図 5 ( 2 ) に  $d$  で示す）が例えば 1 0 n m 以下であれば、実質的にガスは遮断され、「ガス遮断層」と呼び得る。

30

## 【 0 0 4 8 】

尚、上述したようにガス遮断層 3 はグリッド層 2 を覆うものであったが、ガス遮断層 3 は、少なくともグリッド層 2 に対して透明基板 1 とは反対側において覆っていれば足りる。即ち、各線状部 2 1 の上側（透明基板 1 とは反対側）において層状に延びたものであれば足りる。各線状部 2 1 の長さ方向の端部においても各線状部 2 1 は離間しているが、端部においてはガス遮断層 3 は、各線状部 2 1 を覆っていない。発明者が確認したところでは、端部においてガス遮断層 3 が各線状部 2 1 を覆わない構造であっても、酸化性ガスによる劣化は生じておらず、特に問題とはなっていない。開口が小さいスポット状であり、ガスのコンダクタンスが小さいことによるものと推測される。但し、長さ方向の端部においてもガス遮断層 3 が各線状部 2 1 を覆って塞いでも良く、この場合は、S O G ( Spin On Glass ) 膜の作成技術を応用することができる。この場合も、各線状部 2 1 の間の空間には膜が作成されないようにすることが望ましい。

40

## 【 0 0 4 9 】

グリッド層 2 について補足的に説明すると、グリッド層 2 は、同様にスパッタリングや C V D ( 例えば A L D ( Atomic layer Deposition ) 等 ) の成膜技術を使用して透明基板 1 の上に膜を作成し、膜に対してフォトリソグラフィを行ってラインアンドスペースのパターンとすることで形成される。各線状部 2 1 の材料としては、前述したシリコンの他、酸化チタン等が使用されることもある。紫外域 ( 4 0 0 n m 以下 ) の光の偏光用の場合、各線状部 2 1 の幅  $w$  は 1 0 ~ 5 0 n m 程度、各線状部 2 1 の間のギャップ幅  $t$  は 3 0 ~ 1

50

50 nm程度である。

【0050】

このような実施形態のグリッド偏光素子は、前述した光配向のように紫外線を偏光させて対象物に照射する用途に好適に使用される。この場合、紫外線光源からの光は、適宜の光学系（例えば断面が放物線を成すミラー）を使用してほぼ平行光とされ、グリッド偏光素子に照射される。グリッド偏光素子では、上述したようにs偏光光が選択的に多く吸収され、p偏光光が多く透過し、対象物にはp偏光光が多く照射される。尚、この明細書は、紫外線偏光方法の発明も開示しており、上記説明はその一例の説明でもある。

【実施例】

【0051】

次に、上記実施形態の属する実施例及び実施例について行った比較実験の結果に関して説明する。

上記のようにガス遮断層3を酸化シリコンで形成する場合、酸化シリコン製のターゲットを使用した高周波プラズマエッチング装置を使用してガス遮断層3用の酸化シリコン膜が作成される。スパッタガスとしては、アルゴンと酸素の混合ガスが使用され、例えばアルゴンが25 sccm、酸素が5 sccmとされる。雰囲気圧力は、0.1 Pa程度とされる。

【0052】

第一の層31の形成工程では、成膜温度は常温、ターゲットへの投入電力は300W、成膜時間は1200秒とされ、第二の層32の形成工程では、成膜温度は100℃、ターゲットへの投入電力は600W、成膜時間は2500秒とされる。ともに高周波の周波数は13.56 MHzである。尚、スパッタガスの流量（比）及び雰囲気圧力は、二つの工程とも上記の値で一定とされる。

【0053】

また、第二の層の作成工程では、スパッタ粒子の泳動を促進するため、透明基板1に対してセルフバイアス電圧が印加される。即ち、透明基板1に対して13.56 MHz、100Wの高周波が印加され、プラズマとの相互作用により透明基板1にセルフバイアス電圧が与えられる。セルフバイアス電圧により、プラズマ中のイオンが引き出され、作成されつつある膜に入射する。このイオンのエネルギーがスパッタ粒子の泳動を促進する。

【0054】

このような条件により酸化シリコン膜を250 nm程度の厚さで作成してガス遮断層3としたところ、ガス遮断層3は第二の層において十分に連続した。このガス遮断層3について評価を行うため、ガス遮断層3を設けないグリッド偏光素子との比較実験を行った。この結果が、図7及び図8に示されている。図7及び図8は、実施例のグリッド偏光素子についての比較実験の結果を示す図である。

【0055】

この実験では、紫外線照射時に類似した環境として、グリッド偏光素子を酸素プラズマ中に配置した。具体的には、ICP（Inductively-coupling plasma、誘導結合プラズマ）エッチング装置を使用し、ガス遮断層3のあるグリッド偏光素子（実施形態）と、ガス遮断層3のないグリッド偏光素子をそれぞれ酸素プラズマに一定時間晒した。酸素プラズマ中では、遊離酸素（原子状酸素）、一重項酸素、オゾンなどの酸化性ガスが生成され、紫外線照射時に類似した環境下となる。

【0056】

図7には、上記酸素プラズマへの暴露結果が示されており、(1)はガス遮断層3を有しない比較例のグリッド偏光素子についての結果、(2)はガス遮断層3を有する実施例のグリッド偏光素子についての結果である。図7に示すように、ガス遮断層3がない場合、透過率についてはガス遮断層3があるものと大差はないが、消光比については大きな違いが出ている。ガス遮断層3がない場合は、10分程度の酸素プラズマ暴露で消光比は30%以上低下し、20分程度の暴露で40%以上低下している。これに対し、ガス遮断層3がある実施例のものでは、暴露が40分程度に達しても、消光比の低下は全く見られな

10

20

30

40

50

い。

【0057】

また、図8には、ガス遮断層3の有無により素子の機械的強度がどのように異なるかを調べた実験の結果が示されている。図8の(1)はガス遮断層3のない比較例についての結果、(2)はガス遮断層3のある実施例についての結果を示す。各表において、「負荷なし」とは、機械的負荷がかけられていない各偏光素子の透過率及び消光比を示し、「負荷あり」とは機械的負荷がかけられた後の各偏光素子の透過率及び消光比を示す。「負荷あり」は、この例では、成人男性がグリッド偏光素子を指で強く摘んで擦った後に測定した透過率及び消光比である。

【0058】

図8に示すように、ガス遮断層3がない比較例では、機械的負荷をかけると、透過率は8%程度低下した。また、消光比については、負荷をかけたことで100分の1程度に激減した。一方、ガス遮断層3がある実施例では、負荷をかけた場合でも、透過率及び消光比とも僅かな減少にとどまっており、優れた機械的強度を有することが確認された。

【符号の説明】

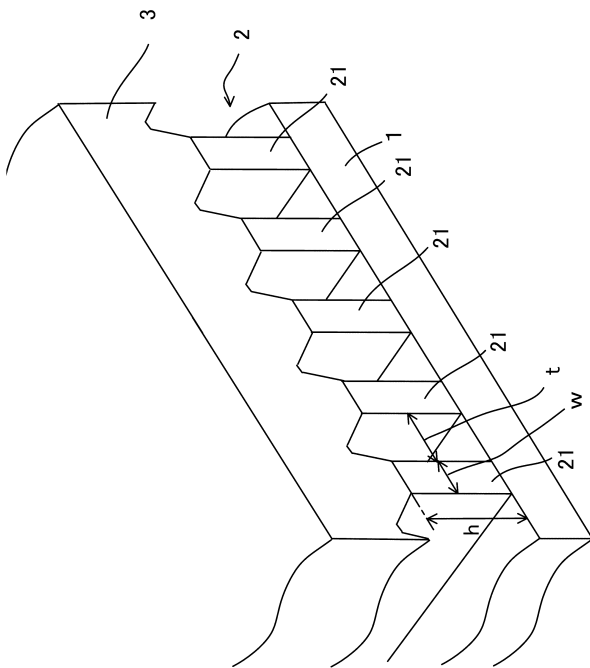
【0059】

- 1 透明基板
- 2 グリッド層
- 21 線状部
- 3 ガス遮断層
- 31 第一の層
- 32 第二の層

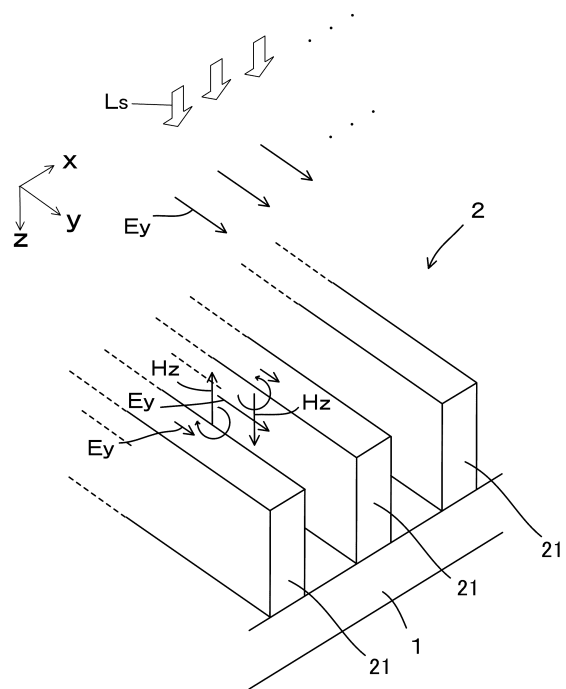
10

20

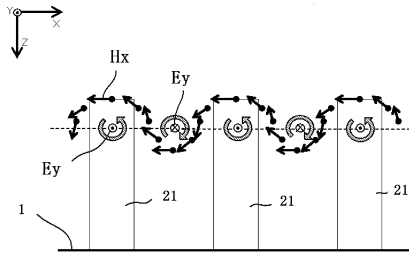
【図1】



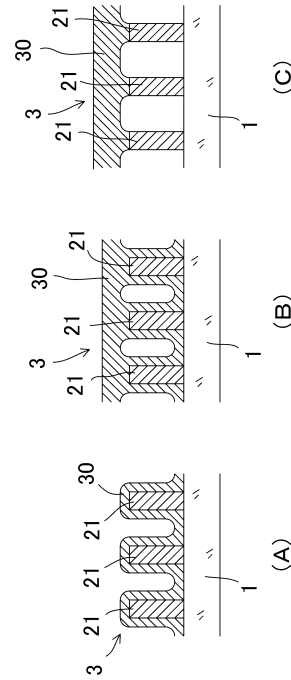
【図2】



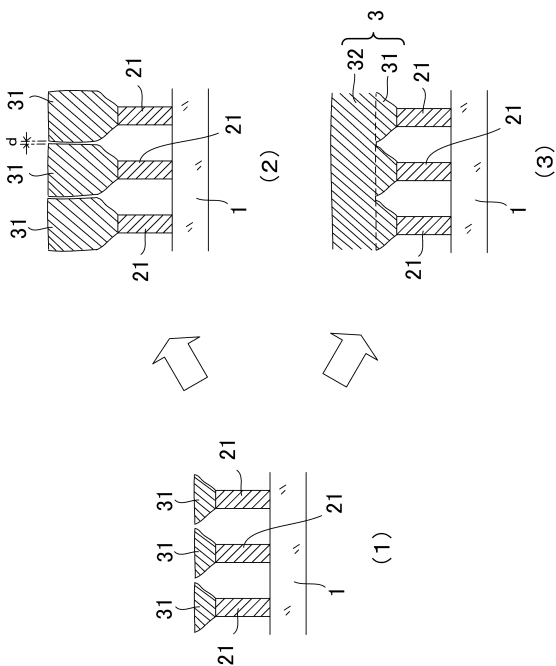
【 図 3 】



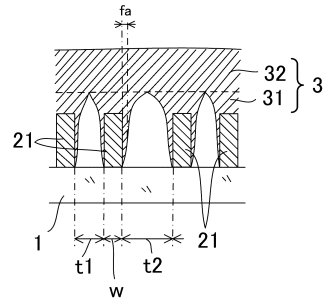
【 図 4 】



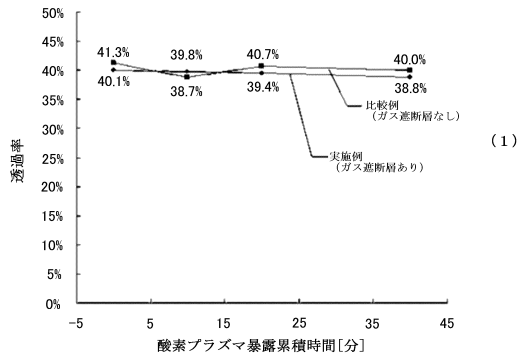
【 図 5 】



【 図 6 】



【図7】



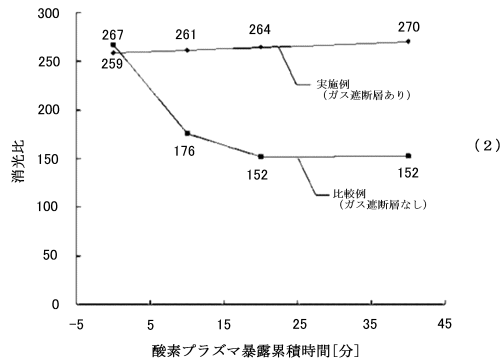
【図8】

負荷の有無	透過率	消光比
負荷なし	41.6%	231
負荷あり	33.5%	2

(1) 比較例(ガス遮断層なし)の場合

負荷の有無	透過率	消光比
負荷なし	39.9%	283
負荷あり	34.4%	254

(2) 実施例(ガス遮断層あり)の場合



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特表2010-531467(JP,A)  
特開2007-033558(JP,A)  
特開2012-226208(JP,A)  
米国特許出願公開第2008/0055723(US,A1)  
特表2005-517973(JP,A)  
特開2009-069382(JP,A)  
特開2009-031537(JP,A)  
米国特許第06106677(US,A)  
国際公開第2008/105261(WO,A1)  
特開2008-299178(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 5/30