

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6764532号
(P6764532)

(45) 発行日 令和2年9月30日(2020.9.30)

(24) 登録日 令和2年9月15日(2020.9.15)

| | | | |
|---------------|-----------------|---------|---------|
| (51) Int. Cl. | | F I | |
| C 2 3 C | 14/14 (2006.01) | C 2 3 C | 14/14 A |
| C 2 3 C | 14/58 (2006.01) | C 2 3 C | 14/58 Z |
| C 2 3 C | 14/35 (2006.01) | C 2 3 C | 14/35 Z |
| C 2 3 C | 14/02 (2006.01) | C 2 3 C | 14/02 Z |
| C O 1 B | 33/02 (2006.01) | C O 1 B | 33/02 Z |

請求項の数 12 (全 30 頁) 最終頁に続く

| | | | |
|--------------------|-------------------------------|-----------|-------------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2019-523641 (P2019-523641) | (73) 特許権者 | 519151253 |
| (86) (22) 出願日 | 平成30年1月5日(2018.1.5) | | 浙江水晶光電科技股▲フン▼有限公司 |
| (65) 公表番号 | 特表2020-512478 (P2020-512478A) | | 中華人民共和国浙江省台州市椒江区星星電子産業区A 5号(洪家后高橋村) |
| (43) 公表日 | 令和2年4月23日(2020.4.23) | (74) 代理人 | 110000497 |
| (86) 国際出願番号 | PCT/CN2018/071606 | | 特許業務法人グランダム特許事務所 |
| (87) 国際公開番号 | W02019/085265 | (72) 発明者 | 張睿智 |
| (87) 国際公開日 | 令和1年5月9日(2019.5.9) | | 中華人民共和国浙江省台州市椒江区星星電子産業区A 5号(洪家后高橋村) |
| 審査請求日 | 平成31年4月24日(2019.4.24) | (72) 発明者 | 唐健 |
| (31) 優先権主張番号 | 201711061130.6 | | 中華人民共和国浙江省台州市椒江区星星電子産業区A 5号(洪家后高橋村) |
| (32) 優先日 | 平成29年11月1日(2017.11.1) | (72) 発明者 | 王迎 |
| (33) 優先権主張国・地域又は機関 | 中国 (CN) | | 中華人民共和国浙江省台州市椒江区星星電子産業区A 5号(洪家后高橋村) |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

(a) Si ターゲットを用いたマグネトロンスパッタリングにより、基材に Si を堆積してシリコン薄膜を形成し、

(b) 活性水素及び活性酸素の合計量における活性酸素の量の比率が 4 ~ 99% である活性水素及び活性酸素を含む雰囲気において、シリコン薄膜により酸素含有水素化シリコン薄膜を形成するか、又は、

活性水素及び活性窒素との合計量における活性窒素の量の比率が 5 ~ 20% である活性水素及び活性窒素を含む雰囲気において、シリコン薄膜により窒素含有水素化シリコン薄膜を形成する、

ステップを含むことを特徴とする高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方法。

【請求項 2】

ステップ (b) において、活性酸素の量が活性水素及び活性酸素の合計量の 4 ~ 70% を占めるか、又は、活性窒素の量が活性水素及び活性窒素との合計量の 5 ~ 18% を占め、

好ましくは、ステップ (b) において、活性酸素の量が活性水素及び活性酸素の合計量の 5 ~ 20% を占めるか、又は、活性窒素の量が活性水素及び活性窒素との合計量の 5 ~ 10% を占める、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方法。

【請求項 3】

(a) 不活性ガスの雰囲気において、M F S i ターゲットを用いたマグネトロンスパッタリングにより、基材に S i を堆積してシリコン薄膜を形成し、

(b) 水素ガス、酸素ガス及び不活性ガスの混合ガスの雰囲気において、R F 又は I C P により混合ガスを活性化させることで、プラズマを生成して、プラズマとシリコン薄膜とを反応させ、酸素含有水素化シリコン薄膜を形成するが、ここで、水素ガス及び酸素ガスの混合ガスにおける酸素ガスの体積パーセントは 4 ~ 99 % であり、好ましくは 4 ~ 70 %、さらに好ましくは 5 ~ 20 % であってもよく、又は、

水素ガス、窒素ガス及び不活性ガスの混合ガスの雰囲気において、R F 又は I C P により混合ガスを活性化させることで、プラズマを生成して、プラズマとシリコン薄膜とを反応させ、窒素含有水素化シリコン薄膜を形成するが、ここで、水素ガス及び窒素ガスの混合ガスにおける窒素ガスの体積パーセントは 5 ~ 20 % であり、好ましくは 5 ~ 18 %、さらに好ましくは 5 ~ 10 % である、

ステップを含むことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方法。

【請求項 4】

ステップ (a) において、S i ターゲットスパッタリングのパワーは定額パワーの 5 % ~ 80 % であり、好ましくは 20 % ~ 80 %、さらに好ましくは 40 % ~ 80 %、さらに好ましくは 40 % ~ 70 %、さらに好ましくは 50 % ~ 70 % であり、及び / 又は、

ステップ (b) において、R F 又は I C P により混合ガスに対し活性化を行うパワーは、定額パワーの 5 % ~ 80 % であり、好ましくは 5 % ~ 50 %、さらに好ましくは 15 % ~ 50 %、さらに好ましくは 20 % ~ 50 % である、

ことを特徴とする請求項 3 に記載の高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方法。

【請求項 5】

(a) 反応性真空スパッタ成膜装置の回転機構上に、汚れのない基材をその成膜面がターゲットを面するように装着し、回転機構を成膜チャンバー内で定速回転させ、

成膜チャンバー内の真空度が 10^{-3} Pa を超えると、スパッタ源をオンさせるとともにアルゴンガスを投入し、M F S i ターゲットを用いたマグネトロンスパッタリングにより、基材に S i を堆積してシリコン薄膜を形成し、

(b) 回転機構の回転により、基材が反応源の区域に搬入されると、反応源をオンさせるとともに、水素ガス、酸素ガス及びアルゴンガスを投入して、プラズマを生成し、シリコン薄膜と反応させることで、酸素含有水素化シリコン薄膜を形成するが、

ここで、反応源は R F 又は I C P のようなプラズマ励起源であり、スパッタ源のパワーは定額パワーの 5 % ~ 80 % であり、反応源のパワーは定額パワーの 5 % ~ 80 % であり、投入された水素ガス及び酸素ガスの総和における酸素ガスの体積パーセントは 4 ~ 99 % である、

ステップを含むことを特徴とする請求項 3 に記載の高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方法。

【請求項 6】

(a) 反応性真空スパッタ成膜装置の回転機構上に、汚れのない基材をその成膜面がターゲットを面するように装着し、回転機構を成膜チャンバー内で定速回転させ、

成膜チャンバー内の真空度が 10^{-3} Pa を超えると、スパッタ源をオンさせるとともにアルゴンガスを投入し、M F S i ターゲットを用いたマグネトロンスパッタリングにより、基材に S i を堆積してシリコン薄膜を形成し、

(b) 回転機構の回転により、基材が反応源の区域に搬入されると、反応源をオンさせるとともに、水素ガス、窒素ガス及びアルゴンガスを投入して、プラズマを生成し、シリコン薄膜と反応させることで、窒素含有水素化シリコン薄膜を形成するが、

ここで、反応源は R F 又は I C P のようなプラズマ励起源であり、スパッタ源のパワーは定額パワーの 5 % ~ 80 % であり、反応源のパワーは定額パワーの 5 % ~ 80 % であり、投入された水素ガス及び窒素ガスの総和における窒素ガスの体積パーセントは 5 ~ 20 % である、

ステップを含むことを特徴とする請求項 3 に記載の高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方法。

【請求項 7】

前記回転機構は、回転盤、回転ドラム及び回転バーのうちの何れか一つであることを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方法。

【請求項 8】

前記成膜チャンバーには、前記成膜チャンバーを第 1 チャンバーと第 2 チャンバーとに分割するためのバツフルが設けられ、

前記スパッタ源は、前記第 1 チャンバー内に設けられ、

前記反応源は、前記第 2 チャンバー内に設けられる、

ことを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方法。

10

【請求項 9】

前記成膜チャンバーにはガス混合チャンバーが設けられ、

水素ガス、酸素ガス及びアルゴンガスは、それぞれ前記ガス混合チャンバーに投入され均一に混合された後に、前記成膜チャンバーに投入されて活性化されるか、又は、

水素ガス、窒素ガス及びアルゴンガスは、それぞれ前記ガス混合チャンバーに投入され均一に混合された後に、前記成膜チャンバーに投入されて活性化される、

ことを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方法。

【請求項 10】

ステップ (a) において、スパッタ源をオンさせる前に、

基材温度が $100 \sim 300$ に達するまで基材を加熱し、続いてアルゴンガスを投入して成膜チャンバー及び基材に対し衝突洗浄を行い、洗浄が完了した後、アルゴンガスをオフし、成膜チャンバー内の真空度が再び 10^{-3} Pa を超えるまで排気を行うが、

好ましくは、衝突洗浄の時間は $1 \sim 5$ min であり、衝突パワーは定額パワーの $5\% \sim 80\%$ である、

ステップをさらに含むことを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方法。

20

【請求項 11】

ステップ (b) が完了した後に、

$100 \sim 300$ のアニール炉内において、前記酸素含有水素化シリコン薄膜又は前記窒素含有水素化シリコン薄膜に対しアニーリングを $60 \sim 180$ min 実施する、

ステップをさらに含むことを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方法。

30

【請求項 12】

前記アニール炉内において、前記酸素含有水素化シリコン薄膜又は窒素含有水素化シリコン薄膜に対しアニーリングを行うステップは、

$1 \sim 15$ / min の加熱速度で $100 \sim 300$ まで $30 \sim 60$ min 加熱し、

続いて、 $30 \sim 120$ min の間 $100 \sim 300$ を恒温保持し、

続いて、 $10 \sim 30$ / min の冷却速度で室温まで冷却させる、

ステップを含むことを特徴とする請求項 11 に記載の高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願は、2017年11月01日に中国專利局に提出された出願番号が201711061130.6であり、発明の名称が「高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方法、高屈折率の水素化シリコン薄膜、フィルター積層体及びフィルター」である中国出願の優先権を主張し、その全部の内容を本出願に援用する。

【0002】

本発明は、光学薄膜の技術分野に関し、特に、高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方

50

法、高屈折率の水素化シリコン薄膜、フィルター積層体及びフィルターに関する。

【背景技術】

【0003】

水素化シリコン薄膜は、赤外線イメージングセンサ、太陽電池及び薄膜トランジスタなどのマイクロ電子デバイスにおける幅広い応用が期待され、注目を集めている。水素化シリコンの製造プロセスは、主に、例えばプラズマ増強CVD法などの化学気相成長法、及び例えばRFスパッタリング法などの物理気相成長法などにより行われる。

【0004】

3Dなどの近赤外線イメージングシステムでは、狭帯域のバンドパスフィルターが使用され、光が大きな角度で入射したとしても、その中心波長の、角度変化に対するオフセット量がなるべく小さいことが要求される。これにより、より広い視野角にわたって信号損失が少なくなり、SN比が高くなるように確保することができる。このような狭帯域バンドパスフィルターは、超高屈折率の成膜材料と低屈折率の成膜材料が交互に成膜して製造され、その通常の薄膜構造は数十または数百層であり、その総厚さは8 μ mを超える。

10

【0005】

従来技術として、JDS Unifoss 会社により出願された公開番号CN104471449Aの中国特許では、高屈折率且つ低吸光係数の水素化シリコンが開示されているが、各水素化シリコン層の800nm~1100nmの波長の範囲内における屈折率のいずれもが3を超え、800nm~1100nmの波長の範囲内における吸光係数のいずれもが0.0005未満であった。このような高屈折率の水素化シリコン層は、当該会社の特許登録された成膜装置（スパッタリング堆積システム）により実現される。当該スパッタリング堆積システムは、図1に示す構造を有する。スパッタリング堆積システムは、投入された水素ガスをプラズマ励起源（PAS）460により活性化し、スパッタリングされたシリコン材料（シリコンターゲット）431と重ね合わせることで、水素化シリコン層が、高い堆積速度及び低い水素含有量で基板420上に堆積されるようにする。この技術は反応性スパッタリング法に該当する。即ち、反応性ガスの雰囲気中でターゲット（シリコンターゲット）をスパッタリングすると、ターゲットはガスと反応して化合物である水素化シリコンを形成する。このような技術では、反応性スパッタリングの原理を利用しており、ターゲットが被毒されることがある。即ち、ターゲットが水素ガスにより汚染されやすいので、製造が不安定になるなどの問題点を抱えている。

20

30

【0006】

低オフセット効果を有するフィルターの製造において、通常のスパッタリング装置では、2.5以上の高屈折率且つ0.0005未満の吸光係数を有する水素化シリコンを生成することができず、複雑な専用の成膜装置を使用しなければならない。しかし、従来技術により成膜装置を製造する場合、その生産効率が低く、各フィルターごとのコストが高くなる。

以上の問題に鑑みて、本発明を提案する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】中国特許出願公開第104471449号

40

【発明の概要】

【0008】

本発明は、一番目の目的として、生産効率の向上及びコストダウンが実現でき、且つ得られた酸素含有又は窒素含有の水素化シリコン薄膜が高い屈折率及びより低い吸収を有する、高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方法を提供する。

本発明は、二番目の目的として、前記高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方法により得られる、屈折率が高く且つ吸収の低い、高屈折率の水素化シリコン薄膜を提供する。

本発明は、三番目の目的として、前記酸素含有又は窒素含有の水素化シリコン薄膜を高屈折率材料として製造され、透過率が高く、中心波長のオフセット量が小さく、信号損失

50

が少なく、且つS/N比が高いなどの利点を有するフィルター積層体を提供する。

本発明は、四番目の目的として、前記フィルター積層体を含むフィルターを提供する。当該フィルターは、前記フィルター積層体と同様の利点を有するので、高い透過率を有し、且つ中心波長のオフセット量が小さい。

【0009】

本発明において、前記の目的を実現するために、以下のような技術案を採用する。

第1局面によれば、

(a) Siターゲットを用いたマグネトロンスパッタリングにより、基材にSiを堆積してシリコン薄膜を形成し、

(b) 活性水素及び活性酸素の合計量における活性酸素の量の比率が4~99%である活性水素及び活性酸素を含む雰囲気において、シリコン薄膜により酸素含有水素化シリコン薄膜を形成するか、又は、

活性水素及び活性窒素との合計量における活性窒素の量の比率が5~20%である活性水素及び活性窒素を含む雰囲気において、シリコン薄膜により窒素含有水素化シリコン薄膜を形成する、

ステップを含む高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方法を提供する。

【0010】

好ましくは、本発明の技術案において、

ステップ(b)において、活性酸素の量が活性水素及び活性酸素の合計量の4~70%を占めるか、又は、活性窒素の量が活性水素及び活性窒素との合計量の5~18%を占める。

好ましくは、ステップ(b)において、活性酸素の量が活性水素及び活性酸素の合計量の5~20%を占めるか、又は、活性窒素の量が活性水素及び活性窒素との合計量の5~10%を占める。

【0011】

好ましくは、本発明の技術案において、

高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方法は、

(a) 不活性ガスの雰囲気において、MFSiターゲットを用いたマグネトロンスパッタリングにより、基材にSiを堆積してシリコン薄膜を形成し、

(b) 水素ガス、酸素ガス及び不活性ガスの混合ガスの雰囲気において、RF又はICPにより混合ガスを活性化させることで、プラズマを生成して、プラズマとシリコン薄膜とを反応させ、酸素含有水素化シリコン薄膜を形成するが、ここで、水素ガス及び酸素ガスの混合ガスにおける酸素ガスの体積パーセントは4~99%であり、好ましくは4~70%、さらに好ましくは5~20%であってもよく、又は、

水素ガス、窒素ガス及び不活性ガスの混合ガスの雰囲気において、RF又はICPにより混合ガスを活性化させることで、プラズマを生成して、プラズマとシリコン薄膜とを反応させ、窒素含有水素化シリコン薄膜を形成するが、ここで、水素ガス及び窒素ガスの混合ガスにおける窒素ガスの体積パーセントは5~20%であり、好ましくは5~18%、さらに好ましくは5~10%である、

ステップを含む。

【0012】

好ましくは、本発明の技術案において、

ステップ(a)において、Siターゲットスパッタリングのパワーは定額パワーの5%~80%であり、好ましくは20%~80%、さらに好ましくは40%~80%、さらに好ましくは40%~70%、さらに好ましくは50%~70%であり、及び/又は、

ステップ(b)において、RF又はICPにより混合ガスに対し活性化を行うパワーは、定額パワーの5%~80%であり、好ましくは5%~50%、さらに好ましくは15%~50%、さらに好ましくは20%~50%である。

【0013】

好ましくは、典型的な高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方法は、

(a) 反応性真空スパッタ成膜装置の回転機構上に、汚れのない基材をその成膜面がターゲットを面するように装着し、回転機構を成膜チャンバー内で定速回転させ、

成膜チャンバー内の真空度が 10^{-3} Paを超えると、スパッタ源をオンさせるとともにアルゴンガスを投入し、MFSiターゲットを用いたマグネトロンスパッタリングにより、基材にSiを堆積してシリコン薄膜を形成し、

(b) 回転機構の回転により、基材が反応源の区域に搬入されると、反応源をオンさせるとともに、水素ガス、酸素ガス及びアルゴンガスを投入して、プラズマを生成し、シリコン薄膜と反応させることで、酸素含有水素化シリコン薄膜を形成するが、

ここで、反応源はRF又はICPのようなプラズマ励起源であり、スパッタ源のパワーは定額パワーの5%~80%であり、反応源のパワーは定額パワーの5%~80%であり、投入された水素ガス及び酸素ガスの総和における酸素ガスの体積パーセントは4~9%である、

ステップを含む。

【0014】

好ましくは、他の典型的な高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方法は、

(a) 反応性真空スパッタ成膜装置の回転機構上に、汚れのない基材をその成膜面がターゲットを面するように装着し、回転機構を成膜チャンバー内で定速回転させ、

成膜チャンバー内の真空度が 10^{-3} Paを超えると、スパッタ源をオンさせるとともにアルゴンガスを投入し、MFSiターゲットを用いたマグネトロンスパッタリングにより、基材にSiを堆積してシリコン薄膜を形成し、

(b) 回転機構の回転により、基材が反応源の区域に搬入されると、反応源をオンさせるとともに、水素ガス、窒素ガス及びアルゴンガスを投入して、プラズマを生成し、シリコン薄膜と反応させることで、窒素含有水素化シリコン薄膜を形成するが、

ここで、反応源はRF又はICPのようなプラズマ励起源であり、スパッタ源のパワーは定額パワーの5%~80%であり、反応源のパワーは定額パワーの5%~80%であり、投入された水素ガス及び窒素ガスの総和における窒素ガスの体積パーセントは5~20%である、

ステップを含む。

【0015】

好ましくは、本発明の技術案において、

回転機構は、回転盤、回転ドラム、回転バーのうちの何れか一つである。

【0016】

好ましくは、本発明の技術案において、

成膜チャンバーには、成膜チャンバーを第1チャンバーと第2チャンバーとに分割するためのパッフルが設けられ、

スパッタ源は、第1チャンバー内に設けられ、

反応源は、第2チャンバー内に設けられる。

【0017】

好ましくは、本発明の技術案において、

成膜チャンバーにはガス混合チャンバーが設けられ、

水素ガス、酸素ガス及びアルゴンガスは、それぞれガス混合チャンバーに投入され均一に混合された後に、成膜チャンバーに投入されて活性化されるか、又は、

水素ガス、窒素ガス及びアルゴンガスは、それぞれガス混合チャンバーに投入され均一に混合された後に、成膜チャンバーに投入されて活性化される。

【0018】

好ましくは、本発明の技術案において、

ステップ(a)において、スパッタ源をオンさせる前に、

基材温度が $100 \sim 300$ に達するまで基材を加熱し、続いてアルゴンガスを投入して成膜チャンバー及び基材に対し衝突洗浄を行い、洗浄が完了した後、アルゴンガスをオフし、成膜チャンバー内の真空度が再び 10^{-3} Paを超えるまで排気を行うが、

10

20

30

40

50

好ましくは、衝突洗浄の時間は1～5minであり、衝突パワーは定額パワーの5%～80%である、
ステップをさらに含む。

【0019】

好ましくは、本発明の技術案において、
ステップ(b)が完了した後に、
100～300のアニール炉内において、酸素含有水素化シリコン薄膜又は窒素含有水素化シリコン薄膜に対しアニーリングを60～180min実施する、
ステップをさらに含む。

【0020】

好ましくは、本発明の技術案において、
アニール炉内において、酸素含有水素化シリコン薄膜又は窒素含有水素化シリコン薄膜に対しアニーリングを行うステップは、
1～15/minの加熱速度で100～300まで30～60min加熱し、
続いて、30～120minの間100～300を恒温保持し、
続いて、10～30/minの冷却速度で室温まで冷却させる、
ステップを含む。

【0021】

第2局面によれば、
前記高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方法により得られる高屈折率の水素化シリコン薄膜であって、
800～1100nmの波長範囲における屈折率が1.46～3.7であり、
800～1100nmの波長範囲における吸光係数が0.0001未満である、
高屈折率の水素化シリコン薄膜を提供する。

【0022】

第3局面によれば、
複数の前記高屈折率の水素化シリコン薄膜と複数の低屈折率の薄膜とを含み、
複数の高屈折率の水素化シリコン薄膜と複数の低屈折率の薄膜とを交互に堆積されてなり、
ここで、前記低屈折率の薄膜は、800～1100nmの波長範囲における屈折率が、
800～1100nmの波長範囲における前記高屈折率の水素化シリコン薄膜の屈折率により低い、
フィルター積層体を提供する。

【0023】

好ましくは、本発明の技術案において、
前記低屈折率の薄膜は二酸化シリコン薄膜であり、
好ましくは、前記低屈折率の薄膜は、低屈折率の水素化シリコン薄膜であり、800～1100nmの波長範囲における屈折率が、800～1100nmの波長範囲における前記高屈折率の水素化シリコン薄膜の屈折率より低く、
好ましくは、フィルター積層体の層数は10～100層であり、
好ましくは、フィルター積層体の厚さは1～10μmである。

【0024】

第4局面によれば、
前記フィルター積層体を含んでなる、フィルターを提供する。

【0025】

従来技術と比較して、本発明は以下の有益な効果を有する。
(1)本発明に係る高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方法では、先に、マグネトロンスパッタリング法を用いて、Siターゲットを用いたマグネトロンスパッタリングにより、基材にSiを堆積してシリコン薄膜を形成し、その後、活性水素を含む雰囲気において、水素化反応を通じて水素化シリコン薄膜を形成する。スパッタリング過程と反応過程

10

20

30

40

50

とが分かれて相対的に独立しているので、スパッタリング過程においてターゲットが反応ガスに汚染されず、ターゲットが被毒される問題点を有効に回避することができる。そして、活性水素を含む雰囲気中に所定の比率の活性酸素又は活性窒素を加えることで、水素化反応と同時に、酸化反応又は窒化反応が発生するようにすることにより、高屈折率・低吸収の酸素含有水素化シリコン薄膜又は窒素含有水素化シリコン薄膜を形成することができる。また、当該方法によれば、生産効率の向上及びコストダウンが実現できる。

(2) 本発明に係る高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方法により得られる水素化シリコン薄膜は、800～1100 nmの波長範囲における屈折率が1.46～3.7であり、800～1100 nmの波長範囲における吸光係数が0.0001未満であるので、薄膜の屈折率が高く、且つ吸収の低い。

10

(3) 本発明のフィルター積層体は、前記酸素含有又は窒素含有の水素化シリコン薄膜を高屈折率材料として、例えば酸化シリコン、酸素含有量の高い水素化シリコンなどの前記屈折率の低い低屈折率材料と交互に堆積することにより、高透射率のフィルター積層体を形成する。フィルター積層体をガラス又は樹脂の基板の上に成膜することにより、光学干渉薄膜のバンドパス、ロングパス、ショートパスなどのフィルターを形成する。光が大きな角度で入射したとしても、フィルターの中心波長のオフセット量が小さく、さらに、広い視野角にわたって、センサの信号損失が少なく、SN比が高いなどの利点を有するので、暗視、3Dイメージング、3Dモデリング、顔認識、虹彩認識及びジェスチャー認識などの低オフセット効果を必要とする全てのフィルター、センサシステムに適用することができる。

20

(4) 本発明のフィルターは、前記フィルター積層体を含んでなるので、前記フィルター積層体と同様の利点を有し、それ故、製造されたフィルターは、透過率が高く、且つ中心波長のオフセット量が小さい。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】従来技術におけるスパッタリング堆積システムの構造の模式図である。

【図2】本発明の一実施形態に係る反応性真空スパッタ成膜システム構造の模式図である。

【図3】940 nmにおいて、水素ガス及び酸素ガスの混合ガスにおける酸素ガスの比率が酸素含有水素化シリコン薄膜の屈折率及び吸光係数に対する影響を示す((a)は、940 nmにおいて、水素ガス及び酸素ガスの混合ガスにおける酸素ガスの比率が酸素含有水素化シリコン薄膜の屈折率に対する影響を示し、(b)は、940 nmにおいて、水素ガス及び酸素ガスの混合ガスにおける酸素ガスの比率が酸素含有水素化シリコン薄膜の吸光係数に対する影響を示す)図である。

30

【図4】850 nmにおいて、水素ガス及び酸素ガスの混合ガスにおける酸素ガスの比率が酸素含有水素化シリコン薄膜の屈折率及び吸光係数に対する影響を示す((a)は、850 nmにおいて、水素ガス及び酸素ガスの混合ガスにおける酸素ガスの比率が酸素含有水素化シリコン薄膜の屈折率に対する影響を示し、(b)は、850 nmにおいて、水素ガス及び酸素ガスの混合ガスにおける酸素ガスの比率が酸素含有水素化シリコン薄膜の吸光係数に対する影響を示す)図である。

40

【図5】940 nmにおいて、水素ガス及び窒素ガスの混合ガスにおける窒素ガスの比率が窒素含有水素化シリコン薄膜の屈折率及び吸光係数に対する影響を示す((a)は、940 nmにおいて、水素ガス及び窒素ガスの混合ガスにおける窒素ガスの比率が窒素含有水素化シリコン薄膜の屈折率に対する影響を示し、(b)は、940 nmにおいて、水素ガス及び窒素ガスの混合ガスにおける窒素ガスの比率が窒素含有水素化シリコンの吸光係数に対する影響を示す)図である。

【図6】実施例28に係るフィルター積層体を成膜してなる、中心波長が940 nmであるバンドパスフィルターにおいて、0～30°入射時の実測スペクトル曲線である。

【図7】実施例28に係るフィルター積層体を成膜してなる、中心波長が850 nmであるバンドパスフィルターにおいて、0～30°入射時の実測スペクトル曲線である。

50

【図8】実施例29に係るフィルター積層体を成膜してなる、中心波長が940nmであるバンドパスフィルターにおいて、0～30°入射時の実測スペクトル曲線である。

【図9】TiO₂フィルター積層体を成膜してなる、中心波長が940nmであるバンドパスフィルターにおいて0～30°入射時の実測スペクトル曲線である。

【発明を実施するための形態】

【0027】

以下、実施例を用いて本発明の実施形態を具体的に説明する。当業者であれば、以下の実施例は本発明を説明するためのものに過ぎず、本発明の範囲を限定するためのものとして見なしてはいけなく、ことを理解すべきである。実施例において、具体的な条件が明記されていない場合、通常条件又は製造業者が推薦する条件の下で実施すればよい。用いられる試薬又は機器についてその製造業者が明記されていない場合、そのいずれも市販の通常製品であってもよい。

10

【0028】

本発明の第1局面によれば、

(a) Siターゲットを用いたマグネトロンスパッタリングにより、基材にSiを堆積してシリコン薄膜を形成し、

(b) 活性水素及び活性酸素の合計量における活性酸素の比率が4～99%である活性水素及び活性酸素を含む雰囲気において、シリコン薄膜により酸素含有水素化シリコン薄膜を形成するか、又は、

活性水素及び活性窒素の合計量における活性窒素の比率が5～20%である活性水素及び活性窒素を含む雰囲気において、シリコン薄膜により窒素含有水素化シリコン薄膜を形成する、

20

ステップを含む高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方法を提供する。

【0029】

ステップ(a)において、Siターゲットは単結晶又は多結晶形態の高純度の半導体シリコン材料により形成される。

【0030】

基材は、一般的に、例えば単結晶のSi基板、ガラス基板または樹脂基板であるが、これに限定されない。

【0031】

先に、マグネトロンスパッタリング法を用いて、Siターゲットを用いたマグネトロンスパッタリングにより、基材にSiを堆積してシリコン薄膜を形成する。

30

【0032】

マグネトロンスパッタリングは、物理気相成長法(Physical Vapor Deposition, PVD)の一種であり、その装置の構造が簡単で、制御が容易であり、成膜面積が大きく、付着力が強いなどの利点を有する。マグネトロンスパッタリングは、真空スパッタ成膜装置により行われる。Siターゲットを中周波(MF, Medium Frequency)又は高周波(RF, Radio Frequency)の陰極に装着し、真空チャンバーに不活性ガス(一般的に、例えばアルゴンガスを用いているが、これに限定されない)を供給する。アルゴンガスを電離させてプラズマを生成し、電場・磁場の働きにより高純度のシリコンターゲットに衝突させることにより、シリコン材料が基板上にスパッタリングされてシリコン薄膜を形成する。

40

【0033】

ステップ(b)において、活性水素は活性化水素ガスにより得ることができる。活性水素の原子及び分子の形態は、そのいずれもがプラズマ中に存在していると知られており、活性水素の場合、より強い化学活性を有しているため、Siと作用してSi-H結合を形成することができる。

【0034】

同様に、活性酸素は活性化酸素ガスにより得ることができ、Si-O結合を形成することができる。活性窒素は活性化窒素ガスにより得ることができ、Si-N結合を形成する

50

ことができる。

【0035】

好ましくは、高周波(RF)又はICP(Inductive Coupled Plasma Emission Spectrometer, 誘導結合プラズマ)のようなプラズマ励起源により水素ガス及び酸素ガスを励起するか、又は、水素ガス及び窒素ガスを励起することにより、活性水素及び活性酸素を得るか、又は、活性水素及び活性窒素を得て、シリコンと反応させて酸素含有水素化シリコン又は窒素含有水素化シリコンを取得するようにする。

【0036】

水素化シリコンにおける酸素含有量又は窒素含有量は、薄膜の屈折率及び吸収に重要な影響を与える。それで、高屈折率及び低吸収の水素化シリコン薄膜を取得するためには、水素化シリコンにおける酸素含有量又は窒素含有量を制御する必要がある。

【0037】

ステップ(b)において、活性水素及び活性酸素を含む雰囲気においてシリコン薄膜により酸素含有水素化シリコン薄膜を形成する際に、活性水素及び活性酸素の合計量における活性酸素の比率が4~99%になるように制御する。例えば、4%、5%、10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%、95%及び99%のうちのいずれか一つの値、又は任意の二つの値の間の範囲内の値であってもよい。

【0038】

ステップ(b)において、活性水素及び活性窒素を含む雰囲気においてシリコン薄膜により窒素含有水素化シリコン薄膜を形成する際に、活性水素及び活性窒素との合計量における活性窒素の比率が5~20%になるように制御する。例えば、5%、6%、8%、10%、12%、14%、15%、16%、18%及び20%のうちのいずれか一つの値、又は任意の二つの値の間の範囲内の値であってもよい。

【0039】

活性水素及び活性酸素のうちの活性酸素の比率を調整することにより、酸素含有水素化シリコン薄膜の酸素含有量を制御して、800~1100nmにおける屈折率が1.46~3.7であり、且つ吸光係数が0.0001未満である高屈折率・低吸収の水素化シリコン薄膜を取得することができる。活性水素及び活性窒素のうちの活性窒素の比率を調整することにより、窒素含有水素化シリコン薄膜の窒素含有量を制御して、800~1100nmにおける屈折率が3.0~3.3であり、且つ吸光係数が0.0001未満である高屈折率・低吸収の水素化シリコン薄膜を取得することができる。

【0040】

活性酸素/活性窒素の含有量が低すぎると、制御し難くなる。なお、活性窒素の含有量が高すぎると、屈折率が高くなるものの、吸光係数も大きくなり、希望の膜層を取得することができない。

【0041】

シリコン薄膜を形成した後、水素化反応を通じて水素化シリコン薄膜を取得する。そして、水素化反応と同時に、ある程度の量の酸化反応又は窒化反応が発生するので、高屈折率・低吸収の酸素含有水素化シリコン薄膜又は窒素含有水素化シリコン薄膜を形成する。

【0042】

好ましくは、当該過程と前記ステップ(a)とが同一の真空スパッタ成膜装置において行われてもよい。但し、この二つの過程は個別に行われる。

【0043】

従来技術において、水素化シリコンを取得する方法として反応性スパッタリング法を用いているが、スパッタリングと反応とが同時に行われる。反応ガスの雰囲気においてターゲットをスパッタリングするので、ターゲットが水素ガスにより汚染されやすく、製造が不安定になるなどの問題点を抱えている。

【0044】

本発明において、成膜チャンバーは、バツフルにより第1チャンバーと第2チャンバー

10

20

30

40

50

とに分割され、スパッタ源は第1チャンバー内に設けられ、反応源は第2チャンバー内に設けられる。本実施例での分割とは、完全に独立及び密封された状態を意味するのではなく、回転機構の回転により、回転機構の上の基板を第1チャンバーに搬入してスパッタリングを行い、スパッタリングを完了した後に、第2チャンバーに搬入して混合ガスと反応させる。本発明において、バツフルを介してスパッタ源と反応源とを物理的に区画するとともに、スパッタ源と反応源とを設ける際に、なるべくスパッタ源の位置と反応源の位置との距離を大きくすることにより、相対的な独立を実現して、スパッタリング過程においてターゲットが反応ガスに汚染しないようにすることで、ターゲットが被毒される問題点を有効に回避することができる。

【0045】

本発明の製造方法において、先に、マグネトロンスパッタリング法により、Siターゲットを用いたマグネトロンスパッタリングにより、基材にSiを堆積してシリコン薄膜を形成し、その後、活性水素を含む雰囲気において、水素化反応を通じて水素化シリコン薄膜を形成する。スパッタリング過程と反応過程とが分かれて相対的に独立しているため、スパッタリング過程においてターゲットが反応ガスに汚染されず、ターゲットが被毒される問題点を有効に回避することができる。そして、活性水素を含む雰囲気に所定の比率の活性酸素又は活性窒素を加えることで、水素化反応と同時に、酸化反応又は窒化反応が発生するようにすることにより、酸素含有水素化シリコン薄膜又は窒素含有水素化シリコン薄膜を形成することができる。当該酸素含有水素化シリコン薄膜又は窒素含有水素化シリコン薄膜は、高い屈折率及びより低い吸収を有する。また、当該方法は、通常の構造が簡単な真空スパッタ成膜装置又はシステムにより実現できるので、生産効率を向上し、生産コストを節減することができる。

【0046】

好ましくは、ステップ(b)において、活性酸素の量が活性水素及び活性酸素の合計量の4~70%を占めるか、又は、活性窒素の量が活性水素及び活性窒素との合計量の5~18%を占める。

【0047】

さらに好ましくは、ステップ(b)において、活性酸素の量が活性水素及び活性酸素の合計量の5~20%を占めるか、又は、活性窒素の量が活性水素及び活性窒素との合計量の5~10%を占める。

【0048】

活性水素及び活性酸素/活性窒素のうちの活性酸素/活性窒素の比率をさらに最適化することにより、水素化シリコンの酸素含有量/窒素含有量を制御して、低い酸素含有量/窒素含有量を有する水素化シリコン薄膜がより高い屈折率及びより低い吸収を有するようにすることができる。

【0049】

好ましい一実施形態によれば、高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方法は、以下のステップを含む。

(a) 不活性ガスの雰囲気において、MFSiターゲットを用いたマグネトロンスパッタリングにより、基材にSiを堆積してシリコン薄膜を形成する。

(b) 水素ガス、酸素ガス及び不活性ガスの混合ガスの雰囲気において、RF又はICPにより混合ガスを活性化させることで、プラズマを生成して、プラズマとシリコン薄膜とを反応させ、酸素含有水素化シリコン薄膜を形成するが、ここで、水素ガス及び酸素ガスの混合ガスにおける酸素ガスの体積パーセントは4~99%であり、好ましくは4~70%、さらに好ましくは5~20%であってもよく、又は、

水素ガス、窒素ガス及び不活性ガスの混合ガスの雰囲気において、RF又はICPにより混合ガスを活性化させることで、プラズマを生成して、プラズマとシリコン薄膜とを反応させ、窒素含有水素化シリコン薄膜を形成するが、ここで、水素ガス及び窒素ガスの混合ガスにおける窒素ガスの体積パーセントは5~20%であり、好ましくは5~18%、さらに好ましくは5~10%である。

10

20

30

40

50

一般的に、不活性ガスはアルゴンガスであるが、これに限定されない。

【0050】

当該ステップは、反応性真空スパッタ成膜装置内で行われてもよく、例えば、アルゴンガスのプラズマにより単結晶又は多結晶形態の半導体シリコン材料に対しスパッタリングすることにより、シリコン材料がナノレベルのサイズでガラス基板上に堆積されるようにしてもよい。そして、ICP又はRF機能を有する反応源を用いて、比率の異なる水素ガス、酸素ガス及びアルゴンガスの混合ガス又は水素ガス、窒素ガス及びアルゴンガスの混合ガスを通すことでプラズマを生成することにより、シリコン材料に対し水素酸化又は水素窒化処理を行い、最終的に、所定の含有量の酸素含有又は窒素含有の水素化シリコン薄膜を形成する。

10

【0051】

ここで、成膜チャンパーにはガス混合チャンパーが設けられ、水素ガス、酸素ガス及びアルゴンガスは、それぞれガス混合チャンパーに投入され均一に混合された後に、成膜チャンパーに投入されて活性化されるか、又は、水素ガス、窒素ガス及びアルゴンガスがそれぞれガス混合チャンパーに投入され均一に混合された後に、成膜チャンパーに投入されて活性化される。本発明では、ガス混合チャンパーを設けることで、水素ガス、酸素ガス及びアルゴンガスを分散させて均一に混合させることができるので、RF又はICPを用いて混合ガスに対し活性化を行う際に、効果がよりよくなり、水素ガス、酸素ガス及びアルゴンガスが混合されず直接投入される場合に発生する活性化効果の不均一を回避することができる。

20

【0052】

水素ガス、酸素ガス及び不活性ガスの混合ガスを投入する際に、水素ガス及び酸素ガスの混合ガスにおける酸素ガスの体積パーセントは4～99%であり、例えば、4%、5%、10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%、95%及び99%のうちの任意の一つの値、又は任意の二つの値の間の範囲内の値であり、好ましくは例えば4～70%、さらに好ましくは例えば5～20%である。

【0053】

水素ガス、窒素ガス及び不活性ガスの混合ガスを投入する際に、水素ガス及び窒素ガスの混合ガスにおける窒素ガスの体積パーセントは5～20%であり、例えば、5%、6%、8%、10%、12%、14%、15%、16%、18%及び20%のうちの任意の一つの値、又は任意の二つの値の間の範囲内の値であり、好ましくは例えば5～18%、さらに好ましくは例えば5～10%である。

30

【0054】

投入された酸素ガス又は窒素ガスが少なすぎると、制御し難くなる。なお、窒素ガスの体積が大きすぎると、屈折率が高くなるものの、吸光係数も大きくなり、希望の膜層を取得することができない。

【0055】

高屈折率の水素化シリコン薄膜を堆積する際に、少量の酸素ガス又は窒素ガスを充填することにより、膜層の吸光係数を低くし、さらに膜層の透過率を高くすることができる。

【0056】

好ましい一実施形態によれば、ステップ(a)において、Siターゲットスパッタリングのパワーは定額パワーの5%～80%であり、好ましくは20%～80%、さらに好ましくは40%～80%、さらに好ましくは40%～70%、さらに好ましくは50%～70%である。

40

【0057】

Siターゲットスパッタリングの定額パワーは例えば15KWであり、このような場合、ステップ(a)において、Siターゲットスパッタリングのパワーは、一般的に、例えば0.75KW、1.5KW、3KW、6KW、7KW、8KW、9KW、10KW、11KW及び12KWのうちの任意の一つの値、又は任意の二つの値の間の範囲内の値であるが、これに限定されない。

50

【 0 0 5 8 】

好ましい一実施形態によれば、ステップ (b) において、 R F 又は I C P により混合ガスに対し活性化を行うパワーは、定額パワーの 5 % ~ 8 0 % であり、好ましくは 5 % ~ 5 0 %、さらに好ましくは 1 5 % ~ 5 0 %、さらに好ましくは 2 0 % ~ 5 0 % である。

【 0 0 5 9 】

R F 又は I C P により混合ガスに対し活性化を行うパワーは、一般的に、 I C P 又は R F 機能を有する反応源のパワーをいう。反応源の定額パワーは、例えば 1 0 K W であり、このような場合、反応源のパワーは、一般的に、例えば 0 . 5 K W、1 K W、2 K W、3 K W、4 K W、5 K W、6 K W、7 K W 及び 8 K W のうちの任意の一つの値、又は任意の二つの値の間の範囲内の値であるが、これに限定されない。

10

【 0 0 6 0 】

スパッタリングのパワー及び反応パワーを調整することで、薄膜の屈折率及び吸収に一定の影響を与えることができるので、高屈折率及び低吸収の薄膜を取得するために、状況に合わせて、スパッタリングのパワー及び反応パワーなどのパラメータを調整する必要がある。ここで注意すべきことは、異なる装置のパラメータの具体的な値は、装置ごとに若干異なるので、実際の状況に合わせて調整すればよい。

【 0 0 6 1 】

好ましくは、典型的な高屈折率の酸素含有水素化シリコン薄膜の製造方法は以下のステップを含む。

(a) 反応性真空スパッタ成膜装置の回転機構上に、汚れのない基材をその成膜面がターゲットを面するように装着し、回転機構を成膜チャンバー内で定速回転させる。成膜チャンバー内の真空度が $1 0^{-3}$ P a を超えると、スパッタ源をオンさせるとともにアルゴンガスを投入し、 M F S i ターゲットを用いたマグネトロンスパッタリングにより、基材に S i を堆積してシリコン薄膜を形成する。

20

(b) 回転機構の回転により、基材が反応源の区域に搬入されると、反応源をオンさせるとともに、水素ガス、酸素ガス及びアルゴンガスを投入して、プラズマを生成し、シリコン薄膜と反応させることで、酸素含有水素化シリコン薄膜を形成する。ここで、反応源は R F 又は I C P のようなプラズマ励起源である。

【 0 0 6 2 】

ここで、スパッタ源のパワーは定額パワーの 5 % ~ 8 0 % であり、反応源のパワーは定額パワーの 5 % ~ 8 0 % であり、投入された水素ガス及び酸素ガスの総和における酸素ガスの体積パーセントは 4 ~ 9 9 % である。

30

【 0 0 6 3 】

スパッタ源の定額パワーは、例えば 1 5 K W であり、このような場合、スパッタ源のパワーは、一般的に、例えば 0 . 7 5 K W、1 . 5 K W、3 K W、6 K W、7 K W、8 K W、9 K W、1 0 K W、1 1 K W 及び 1 2 K W のうちの任意の一つの値、又は任意の二つの値の間の範囲内の値であるが、これに限定されない。反応源の定額パワーは、例えば 1 0 K W であり、このような場合、反応源のパワーは、一般的に、例えば 0 . 5 K W、1 K W、2 K W、3 K W、4 K W、5 K W、6 K W、7 K W 及び 8 K W のうちの任意の一つの値、又は任意の二つの値の間の範囲内の値であるが、これに限定されない。投入された水素ガス及び酸素ガスの総和における酸素ガスの体積パーセントは、例えば 4 %、5 %、1 0 %、2 0 %、3 0 %、4 0 %、5 0 %、6 0 %、7 0 %、8 0 %、9 0 %、9 5 % 及び 9 9 % のうちの任意の一つの値、又は任意の二つの値の間の範囲内の値である。

40

【 0 0 6 4 】

投入された水素ガス及び酸素ガスの混合ガスにおける酸素ガスの体積パーセントは、各ガスの流量 (s c c m) を調整することにより実現することができる。

【 0 0 6 5 】

さらに、典型的な高屈折率の酸素含有水素化シリコン薄膜の製造方法は以下のステップを含む。

(a) 反応性真空スパッタ成膜装置の回転機構上に、汚れのない基材をその成膜面がタ

50

ターゲットを面するように装着し、回転機構を成膜チャンバー内で定速回転させる。成膜チャンバー内の真空度が 10^{-3} Paを超えると、基材温度が $100 \sim 300$ に達するまで基材を加熱し、続いてアルゴンガスを投入して成膜チャンバー及び基材に対し衝突洗浄を行う。洗浄が完了した後、アルゴンガスをオフし、成膜チャンバー内の真空度が再び 10^{-3} Paを超えるまで排気を行う。スパッタ源をオンさせるとともにアルゴンガスを投入し、MFSiターゲットを用いたマグネトロンスパッタリングにより、基材にSiを堆積してシリコン薄膜を形成する。

(b) 回転機構の回転により、基材が反応源の区域に搬入されると、反応源をオンさせるとともに、水素ガス、酸素ガス及びアルゴンガスを投入し、プラズマを生成して、シリコン薄膜と反応させることで、酸素含有水素化シリコン薄膜を形成する。ここで、反応源はRF又はICPのようなプラズマ励起源である。

10

(c) $100 \sim 300$ のアニール炉内において、酸素含有水素化シリコン薄膜に対し $60 \sim 180$ minのアニーリングを行う。具体的に、 $1 \sim 15$ /minの加熱速度で $100 \sim 300$ まで $30 \sim 60$ min加熱する。続いて、 $30 \sim 120$ minの間 $100 \sim 300$ を恒温保持する。続いて、 $10 \sim 30$ /minの冷却速度で室温まで冷却して搬出する。ここで、衝突洗浄の時間は $1 \sim 5$ minであり、衝突パワーは定額パワーの $5\% \sim 80\%$ である。

【0066】

本発明において、所定のアニーリングプロセス及びパラメータを用いて、酸素含有水素化シリコン薄膜に対しアニーリング処理を行っているが、所定の加熱速度、冷却速度、アニーリング時間などのパラメータを限定しているため、その構造及び光学特性の向上及び良好な熱安定性の確保に有利である。

20

【0067】

好ましくは、典型的な高屈折率の窒素含有水素化シリコン薄膜の製造方法は以下のステップを含む。

(a) 反応性真空スパッタ成膜装置の回転機構上に、汚れのない基材をその成膜面がターゲットを面するように装着し、回転機構を成膜チャンバー内で定速回転させる。成膜チャンバー内の真空度が 10^{-3} Paを超えると、スパッタ源をオンさせるとともにアルゴンガスを投入し、MFSiターゲットを用いたマグネトロンスパッタリングにより、基材にSiを堆積してシリコン薄膜を形成する。

30

(b) 回転機構の回転により、基材が反応源の区域に搬入されると、反応源をオンさせるとともに、水素ガス、窒素ガス及びアルゴンガスを投入して、プラズマを生成し、シリコン薄膜と反応させることで、窒素含有水素化シリコン薄膜を形成する。ここで、反応源はRF又はICPのようなプラズマ励起源である。

【0068】

ここで、スパッタ源のパワーは定額パワーの $5\% \sim 80\%$ であり、反応源のパワーは定額パワーの $5\% \sim 80\%$ であり、投入された水素ガス及び窒素ガスの総和における窒素ガスの体積パーセントは $5 \sim 20\%$ である。

【0069】

スパッタ源の定額パワーは、例えば 15 KWであり、このような場合、スパッタ源のパワーは、一般的に、例えば 0.75 KW、 1.5 KW、 3 KW、 6 KW、 7 KW、 8 KW、 9 KW、 10 KW、 11 KW及び 12 KWのうちの任意の一つの値、又は任意の二つの値の間の範囲内の値であるが、これに限定されない。反応源の定額パワーは、例えば 10 KWであり、このような場合、反応源のパワーは、一般的に、例えば 1.5 KW、 2 KW、 3 KW、 4 KW、 5 KW、 6 KW、 7 KW及び 8 KWのうちの任意の一つの値、又は任意の二つの値の間の範囲内の値であるが、これに限定されない。投入された水素ガス及び窒素ガスの総和における窒素ガスの体積パーセントは、例えば 5% 、 6% 、 8% 、 10% 、 12% 、 14% 、 15% 、 16% 、 18% 及び 20% のうちの任意の一つの値、又は任意の二つの値の間の範囲内の値である。

40

【0070】

50

投入された水素ガス及び窒素ガスの混合ガスにおける窒素ガスの体積パーセントは、各ガスの流量 (s c c m) を調整することにより実現することができる。

【 0 0 7 1 】

さらに、典型的な高屈折率の窒素含有水素化シリコン薄膜の製造方法は以下のステップを含む。

(a) 反応性真空スパッタ成膜装置の回転機構上に、汚れのない基材をその成膜面がターゲットを面するように装着し、回転機構を成膜チャンバー内で定速回転させる。成膜チャンバー内の真空度が $1 0^{-3}$ P a を超えると、基材温度が $1 0 0 \sim 3 0 0$ に達するまで基材を加熱し、続いてアルゴンガスを投入して成膜チャンバー及び基材に対し衝突洗浄を行う。洗浄が完了した後、アルゴンガスをオフし、成膜チャンバー内の真空度が再び $1 0^{-3}$ P a を超えるまで排気を行う。スパッタ源をオンさせるとともにアルゴンガスを投入し、M F S i ターゲットを用いたマグネトロンスパッタリングにより、基材に S i を堆積してシリコン薄膜を形成する。

10

(b) 回転機構の回転により、基材が反応源の区域に搬入されると、反応源をオンさせるとともに水素ガス、窒素ガス及びアルゴンガスを投入し、プラズマを生成して、シリコン薄膜と反応させることで、窒素含有水素化シリコン薄膜を形成する。ここで、反応源は R F 又は I C P のようなプラズマ励起源である。

(c) $1 0 0 \sim 3 0 0$ のアニール炉内において、窒素含有水素化シリコン薄膜に対し $6 0 \sim 1 8 0$ m i n のアニーリングを行う。具体的に、 $1 \sim 1 5$ / m i n の加熱速度で $1 0 0 \sim 3 0 0$ まで $3 0 \sim 6 0$ m i n 加熱する。続いて、 $3 0 \sim 1 2 0$ m i n の間 $1 0 0 \sim 3 0 0$ を恒温保持する。続いて、 $1 0 \sim 3 0$ / m i n の冷却速度で室温まで冷却して搬出する。ここで、衝突洗浄の時間は $1 \sim 5$ m i n であり、衝突パワーは定額パワーの $5 \% \sim 8 0 \%$ である。衝突の定額パワーは、例えば $1 0$ K W であるが、本実施形態に係る衝突パワーは、例えば $0.5 \sim 8$ K W であってもよい。

20

【 0 0 7 2 】

本発明において、所定のアニーリングプロセス及びパラメータを用いて、窒素含有水素化シリコン薄膜に対しアニーリング処理を行っているが、所定の加熱速度、冷却速度、アニーリング時間などのパラメータを限定しているので、その構造及び光学特性の向上及び良好な熱安定性の確保に有利である。

【 0 0 7 3 】

これらの典型的な窒素含有水素化シリコン薄膜又は窒素含有水素化シリコン薄膜の製造方法は、反応性真空スパッタ成膜システムを用いて実施することができる。図 2 は、本発明の一実施形態に係る反応性真空スパッタ成膜システムの構造の模式図である。

30

【 0 0 7 4 】

図 2 を参照して、窒素含有水素化シリコン薄膜の製造過程について説明する。

A . 回転機構 2 0 0 の上に、汚れのない基板 1 0 0 をその成膜面がターゲットを面するように装着する。

B . 回転機構 2 0 0 を成膜チャンバー 5 0 0 内で定速回転させる。

C . 真空度が $1 0^{-3}$ P a を超えると、基材温度が $1 0 0 \sim 3 0 0$ に達するまで基材を加熱し、続いてアルゴンガスを投入して成膜チャンバー及び基材に対し衝突洗浄を行う。洗浄が完了した後、アルゴンガスをオフし、成膜チャンバー内の真空度が再び $1 0^{-3}$ P a を超えるまで排気を行う。第 1 チャンバー内のスパッタ源 3 0 0 をオンするとともに、アルゴンガスを投入し、アルゴンガスを電離させることでプラズマを生成して、電場・磁場の働きにより高純度のシリコンターゲットに衝突させることにより、シリコン材料が基板 1 0 0 上にスパッタリングされる。

40

D . 回転機構 2 0 0 の回転により、基板 1 0 0 が第 2 チャンバー内の反応源 (R F / I C P) の区域に搬入される。スパッタ源 3 0 0 と反応源 4 0 0 とはバツフル 6 0 0 により区画される。

E . 反応源 4 0 0 の区域に水素ガス、窒素ガス及びアルゴンガスを投入し、水素ガス、窒素ガス及びアルゴンガスがガス混合チャンバー 7 0 0 内で均一に混合された後に吐出さ

50

れてプラズマを生成し、電場の働きにより、基板100を向けて高速運動させ、最終的に、基板100上のシリコン薄膜と反応させることにより、酸素含有水素化シリコン薄膜に合成される。

F．アニール炉内において、酸素含有水素化シリコン薄膜に対し、1～15 /minの加熱速度で100～300 まで30～60min加熱する。続いて、30～120minの間100～300 を恒温保持する。続いて、10～30 /minの冷却速度で室温まで冷却して搬出する。

【0075】

スパッタ源のパワーのパラメータ範囲は、定額パワーの5%～80%であり、反応源のパワーのパラメータ範囲は、定額パワーの5%～80%であり、投入された水素ガス及び酸素ガスの総和における酸素ガスの体積パーセントは4～99%である。衝突洗浄の時間は1～5minであり、衝突パワーは定額パワーの5%～80%である。回転機構200は、回転盤、回転ドラム及び回転バーのうちの何れか一つであってもよい。

10

【0076】

図2を参照して、窒素含有水素化シリコン薄膜の製造過程を説明する。

A．回転機構200の上に、汚れのない基板100をその成膜面がターゲットを面するように装着する。

B．回転機構200を成膜チャンバー500内において定速回転させる。

C．真空度が 10^{-3} Paを超えると、基材温度が100～300 に達するまで基材を加熱し、続いてアルゴンガスを投入して成膜チャンバー及び基材に対し衝突洗浄を行う。洗浄が完了した後、アルゴンガスをオフし、成膜チャンバー内の真空度が再び 10^{-3} Paを超るまで排気を行う。第1チャンバー内のスパッタ源300をオンするとともに、アルゴンガスを投入し、アルゴンガスを電離させることでプラズマを生成して、電場・磁場の働きにより高純度のシリコンターゲットに衝突させることにより、シリコン材料が基板100上にスパッタリングされる。

20

D．回転機構200の回転により、基板100が第2チャンバー内の反応源(RF/ICP)の区域に搬入され、スパッタ源300と反応源400とがパッフル600により区画される。

E．反応源400の区域に水素ガス、窒素ガス及びアルゴンガスを投入し、水素ガス、窒素ガス及びアルゴンガスがガス混合チャンバー内で均一に混合された後に吐出されてプラズマを生成し、電場の働きにより、基板100を向けて高速運動させ、最終的に、基板100上のシリコン薄膜と反応させることにより、窒素含有水素化シリコン薄膜に合成される。

30

F．アニール炉内において、窒素含有水素化シリコン薄膜に対し、1～15 /minの加熱速度で100～300 まで30～60min加熱する。続いて、30～120minの間100～300 を恒温保持する。続いて、10～30 /minの冷却速度で室温まで冷却して搬出する。

【0077】

スパッタ源のパワーのパラメータ範囲は、定額パワーの5%～80%であり、反応源のパワーのパラメータ範囲は、定額パワーの5%～80%であり、投入された水素ガス及び窒素ガスの総和における窒素ガスの体積パーセントは5～20%である。衝突洗浄の時間は1～5minであり、衝突パワーは定額パワーの5%～80%である。回転機構200は、回転盤、回転ドラム及び回転バーのうちの何れか一つであってもよい。

40

【0078】

ガラス基板は回転機構の球状ドーム上に配列装着され、回転機構の球状ドームの回転により、回転速度調整可能に反時計回転をする。成膜対象の基板がスパッタ源を通る際に、一層の薄いシリコン膜が堆積され、その後、反応源までに回転され、水素、酸素及びアルゴン、又は水素、窒素及びアルゴンのイオン及び電子などからなるプラズマにより、希望の特性を有する光学薄膜に合成される。高屈折率の薄膜を製造する際に、反応源の区域に充填された混合ガスのうち、水素ガスと酸素ガス、水素ガスと窒素ガスの比率(流量)を

50

調整することにより、800～1100 nmの最低屈折率が1.46～3.7の間で徐々に変化し、吸光係数が0.0001未満である薄膜を製造することができる。反応源の区域に充填されたガスが、酸素ガスの比率の高い水素ガス、酸素ガス及びアルゴンガスの混合ガス、又は純粋な酸素ガス、水素ガス及びアルゴンガスの混合ガスである場合、800～1100 nmの屈折率が1.46～1.7の間で徐々に変化し、吸光係数が0.0001未満である薄膜を製造することができる。

【0079】

ここで言うておきたいことは、反応源の混合ガスのうち、酸素ガス又は窒素ガスの比率は重要なパラメータであるので、高屈折率且つ吸収の小さい薄膜を取得するために、状況に合わせて、スパッタリングのパワー及び反応パワーなどのパラメータを調整する必要がある。異なる装置のパラメータの具体的な値は、装置ごとに若干異なる。

10

【0080】

高屈折率の水素化シリコン薄膜を形成する際に、少量の酸素ガス又は窒素ガスを充填することにより、膜層の吸光係数を低くし、さらに、多層膜の透過率を向上させることができる。

【0081】

本発明の第2局面によれば、前記高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方法により得られる高屈折率の水素化シリコン薄膜を提供する。

【0082】

当該高屈折率の水素化シリコン薄膜は、800～1100 nmの波長範囲内の屈折率が1.46～3.7であり、800～1100 nmの波長範囲内の吸光係数は0.0001未満である。

20

【0083】

本発明の第3局面によれば、複数の前記高屈折率の水素化シリコン薄膜と複数の低屈折率の薄膜とを含み、複数の高屈折率の水素化シリコン薄膜と複数の低屈折率の薄膜が交互に堆積されてなるフィルター積層体を提供する。

【0084】

低屈折率の薄膜とは、800～1100 nmの波長範囲内の屈折率が、800～1100 nmの波長範囲における本発明に係る高屈折率の水素化シリコン薄膜の屈折率より低い薄膜をいう。

30

【0085】

好ましい一実施形態によれば、低屈折率の薄膜は二酸化シリコン薄膜である。

【0086】

二酸化シリコン薄膜は、その屈折率が一般的に1.46～1.50の間であり、低屈折率の薄膜に該当し、本発明に係る高屈折率の水素化シリコン薄膜と交互に堆積されてフィルター積層体を構成する。

【0087】

好ましい一実施形態によれば、低屈折率の薄膜は低屈折率の水素化シリコン薄膜である。

【0088】

低屈折率の水素化シリコン薄膜における低屈折率とは、相対量であり、膜積層構造において、当該水素化シリコン薄膜の屈折率が本発明に係る高屈折率の水素化シリコン薄膜の屈折率より低いことをいう。例えば、本発明の方法により得られる水素化シリコン薄膜の屈折率が3である場合、低屈折率の水素化シリコン薄膜とは、屈折率が3より小さい全ての水素化シリコン薄膜を含み、通常の方法により得られる水素化シリコン薄膜であってもよく、本発明の方法により得られる酸素含有量の高い水素化シリコン薄膜であってもよい。

40

【0089】

好ましくは、フィルター積層体の層数は10～100層である。

【0090】

50

好ましくは、フィルター積層体の厚さは1 ~ 10 μm である。

【0091】

フィルター積層体は、高屈折率層として用いられる複数の水素化シリコン薄膜と複数の低屈折率層とを含み、複数の水素化シリコン薄膜と複数の低屈折率層とを交互に堆積されてなる。一般的に、フィルター積層体は、(高/低)n、(高/低)n高、又は低(高/低)nの順に堆積された複数の水素化シリコン層と複数の低屈折率層とからなってもよい。一般的に、フィルター積層体は合計10乃至100層を含む。即ち、5 n 50である。通常の場合、各水素化シリコン層及び低屈折率層の厚さは3 ~ 300 nmであり、フィルター積層体の厚さは1 ~ 10 μm である。一般的に、層数及び厚さは、具体的な光学設計に合わせて選択するようにする。

10

【0092】

本発明の第4局面によれば、前記フィルター積層体を含んでなるフィルターを提供する。

【0093】

一般的に、フィルターは、例えばバンドパスフィルター、ロングパスフィルター又はショートパスフィルターであるが、これに限定されない。

【0094】

本発明のフィルター積層体は、前記酸素含有又は窒素含有の水素化シリコン薄膜を高屈折率材料として、例えば酸化シリコン、酸素含有量の高い水素化シリコンなどの前記屈折率の低い屈折率材料と交互に堆積することにより、高透射率のフィルター積層体を形成する。フィルター積層体をガラス又は樹脂の基板上に成膜することにより、光学干渉薄膜のバンドパス、ロングパス、ショートパスなどのフィルターを形成し、光が大きな角度で入射したとしても、フィルターの中心波長のオフセット量が小さく、さらに、広い視野角にわたって、センサの信号損失が少なく、SN比が高いなどの利点を有するので、暗視、3Dイメージング、3Dモデリング、顔認識、虹彩認識及びジェスチャー認識などの低オフセット効果を必要とする全てのフィルター、センサシステムに適用することができる。

20

【0095】

以下、具体的な実施例及び比較例を挙げて、本発明についてさらに説明するようにする。但し、これらの実施例は、さらに詳しく説明するためのものであって、如何なる形態により本発明を限定するためのものではない、ことを理解すべきである。本発明に係る各材料は市販のものである。

30

【0096】

各実施例に係る高屈折率の酸素含有/窒素含有の水素化シリコン薄膜の製造方法は、OPTORUN TAIWAN CO., LTD社のNSP1650スパッタ成膜システム(図2に示す)を用いて実施し、基板はガラス基板である。

【0097】

実施例1

高屈折率の酸素含有水素化シリコン薄膜の製造方法は、以下のステップを含む。

(a) 回転機構上に、汚れのない基板をその成膜面がターゲットを面するように装着する。

40

(b) 回転機構を成膜チャンバー内で定速回転させる。

(c) 真空度が 10^{-3} Paを超えると、スパッタ源をオンさせ、スパッタ源のパワーを8 KWに設定するとともに、アルゴンガスを投入し、アルゴンガスを電離させることでプラズマを生成して、電場・磁場の働きにより高純度のシリコンターゲットに衝突させることにより、シリコン材料を基板上にスパッタリングする。

(d) 回転機構の回転により、基板を反応源の区域に搬入する。

(e) 反応源をオンさせるとともに、反応源のパワーを2 KWに設定し、反応源の区域に、投入された水素ガス及び酸素ガスの総和における酸素ガスの体積パーセントが6%になるようにガス流量を調整しながら、水素ガス、酸素ガス及びアルゴンガスを投入し、ガスを励起してプラズマを生成し、電場の働きにより、基板を向けて高速??させ、最終的に

50

、基板上のシリコン薄膜と反応させることにより、酸素含有水素化シリコン薄膜を形成する。

【0098】

実施例 2

上記の高屈折率の酸素含有水素化シリコン薄膜の製造方法において、ステップ(e)で、投入された水素ガス及び酸素ガスの総和における酸素ガスの体積パーセントは14%であり、他のステップ及びパラメータは実施例1と同様である。

【0099】

実施例 3

上記の高屈折率の酸素含有水素化シリコン薄膜の製造方法において、ステップ(e)で、投入された水素ガス及び酸素ガスの総和における酸素ガスの体積パーセントは23%であり、他のステップ及びパラメータは実施例1と同様である。

【0100】

実施例 4

上記の高屈折率の酸素含有水素化シリコン薄膜の製造方法において、ステップ(e)で、投入された水素ガス及び酸素ガスの総和における酸素ガスの体積パーセントは58%であり、他のステップ及びパラメータは実施例1と同様である。

【0101】

実施例 5

上記の高屈折率の酸素含有水素化シリコン薄膜の製造方法において、ステップ(e)で、投入された水素ガス及び酸素ガスの総和における酸素ガスの体積パーセントは62%であり、他のステップ及びパラメータは実施例1と同様である。

【0102】

実施例 6

上記の高屈折率の酸素含有水素化シリコン薄膜の製造方法において、ステップ(e)で、投入された水素ガス及び酸素ガスの総和における酸素ガスの体積パーセントは67%であり、他のステップ及びパラメータは実施例1と同様である。

【0103】

実施例 7

上記の高屈折率の酸素含有水素化シリコン薄膜の製造方法において、ステップ(e)で、投入された水素ガス及び酸素ガスの総和における酸素ガスの体積パーセントは71%であり、他のステップ及びパラメータは実施例1と同様である。

【0104】

実施例 8

上記の高屈折率の酸素含有水素化シリコン薄膜の製造方法において、ステップ(c)で、スパッタ源のパワーは6KWであり、他のステップ及びパラメータは実施例1と同様である。

【0105】

実施例 9

上記の高屈折率の酸素含有水素化シリコン薄膜の製造方法において、ステップ(c)で、スパッタ源のパワーは12KWであり、他のステップ及びパラメータは実施例1と同様である。

【0106】

実施例 10

上記の高屈折率の酸素含有水素化シリコン薄膜の製造方法において、ステップ(c)で、スパッタ源のパワーは1KWであり、他のステップ及びパラメータは実施例1と同様である。

【0107】

実施例 11

上記の高屈折率の酸素含有水素化シリコン薄膜の製造方法において、ステップ(c)で

10

20

30

40

50

、スパッタ源のパワーは20KWであり、他のステップ及びパラメータは実施例1と同様である。

【0108】

実施例12

上記の高屈折率の酸素含有水素化シリコン薄膜の製造方法において、ステップ(e)で、反応源のパワーは0.5KWであり、他のステップ及びパラメータは実施例1と同様である。

【0109】

実施例13

上記の高屈折率の酸素含有水素化シリコン薄膜の製造方法において、ステップ(e)で、反応源のパワーは5KWであり、他のステップ及びパラメータは実施例1と同様である。

10

【0110】

実施例14

上記の高屈折率の酸素含有水素化シリコン薄膜の製造方法において、ステップ(e)で、反応源のパワーは10KWであり、他のステップ及びパラメータは実施例1と同様である。

【0111】

実施例15

高屈折率の酸素含有水素化シリコン薄膜の製造方法は、以下のステップを含む。

20

(a) 回転機構上に、汚れのない基板をその成膜面がターゲットを面するように装着する。

(b) 回転機構を成膜チャンバー内で定速回転させる。

(c) 真空度が 10^{-3} Paを超えると、基材温度が160℃に達するまで基材を加熱し、続いてアルゴンガスを投入して成膜チャンバー及び基材に対し衝突洗浄を行う。ここで、衝突洗浄の時間は3minであり、衝突パワーは2.3KWである。洗浄が完了した後、アルゴンガスをオフし、成膜チャンバー内の真空度が再び 10^{-3} Paになるまで排気を行う。スパッタ源をオンさせ、スパッタ源のパワーを8KWに設定するとともに、アルゴンガスを投入し、アルゴンガスを電離させることでプラズマを生成して、電場・磁場の働きにより高純度のシリコンターゲットに衝突させることにより、シリコン材料を基板

30

(d) 回転機構の回転により、基板を反応源の区域に搬入する。

(e) 反応源をオンさせるとともに、反応源のパワーを2KWに設定し、反応源の区域に、投入された水素ガス及び酸素ガスの総和における酸素ガスの体積パーセントが6%になるようにガス流量を調整しながら、水素ガス、酸素ガス及びアルゴンガスを投入し、水素ガス、酸素ガス及びアルゴンガスがガス混合チャンバー内で均一に混合された後に吐出して、ガスを励起してプラズマを生成し、電場の働きにより、基板を向けて高速で回転させ、最終的に、基板上のシリコン薄膜と反応させることにより、酸素含有水素化シリコン薄膜を形成する。

(f) アニール炉内において、酸素含有水素化シリコン薄膜に対し、 $10^\circ/\text{min}$ の加熱速度で200℃に達するまで30min加熱する。続いて、200℃を30min恒温保持する。続いて、 $15^\circ/\text{min}$ の冷却速度で室温まで冷却して搬出する。

40

【0112】

実施例16

高屈折率の酸素含有水素化シリコン薄膜の製造方法は、以下のステップを含む。

(a) 回転機構上に、汚れのない基板をその成膜面がターゲットを面するように装着する。

(b) 回転機構を成膜チャンバー内で定速回転させる。

(c) 真空度が 10^{-3} Paを超えると、基材温度が100℃に達するまで基材を加熱し、続いてアルゴンガスを投入して成膜チャンバー及び基材に対し衝突洗浄を行う。こ

50

で、衝突洗浄の時間は1minであり、衝突パワーは0.6KWである。洗浄が完了した後、アルゴンガスをオフし、成膜チャンバー内の真空度が再び 10^{-3} Paになるまで排気を行う。スパッタ源をオンさせ、スパッタ源のパワーを8KWに設定するとともに、アルゴンガスを投入し、アルゴンガスを電離させることでプラズマを生成して、電場・磁場の働きにより高純度のシリコンターゲットに衝突させることにより、シリコン材料を基板上にスパッタリングする。

(d) 回転機構の回転により、基板を反応源の区域に搬入する。

(e) 反応源をオンさせるとともに、反応源のパワーを2KWに設定し、反応源の区域に、投入された水素ガス及び酸素ガスの総和における酸素ガスの体積パーセントが6%になるようにガス流量を調整しながら、水素ガス、酸素ガス及びアルゴンガスを投入し、水素ガス、酸素ガス及びアルゴンガスがガス混合チャンバー内で均一に混合された後に吐出して、ガスを励起してプラズマを生成し、電場の働きにより、基板を向けて高速??させ、最終的に、基板上のシリコン薄膜と反応させることにより、酸素含有水素化シリコン薄膜を形成する。

10

(f) アニール炉内において、酸素含有水素化シリコン薄膜に対し、 2 /minの加熱速度で 100 に達するまで60min加熱する。続いて、 100 を 120 min恒温保持する。続いて、 10 /minの冷却速度で室温まで冷却して搬出する。

【0113】

実施例17

高屈折率の酸素含有水素化シリコン薄膜の製造方法は、以下のステップを含む。

20

(a) 回転機構上に、汚れのない基板をその成膜面がターゲットを面するように装着する。

(b) 回転機構を成膜チャンバー内で定速回転させる。

(c) 真空度が 10^{-3} Paを超えると、基材温度が 300 に達するまで基材を加熱し、続いてアルゴンガスを投入して成膜チャンバー及び基材に対し衝突洗浄を行う。ここで、衝突洗浄の時間は5minであり、衝突パワーは4KWである。洗浄が完了した後、アルゴンガスをオフし、成膜チャンバー内の真空度が再び 10^{-3} Paになるまで排気を行う。スパッタ源をオンさせ、スパッタ源のパワーを8KWに設定するとともに、アルゴンガスを投入し、アルゴンガスを電離させることでプラズマを生成して、電場・磁場の働きにより高純度のシリコンターゲットに衝突させることにより、シリコン材料を基板上にスパッタリングする。

30

(d) 回転機構の回転により、基板を反応源の区域に搬入する。

(e) 反応源をオンさせるとともに、反応源のパワーを2KWに設定し、反応源の区域に、投入された水素ガス及び酸素ガスの総和における酸素ガスの体積パーセントが6%になるようにガス流量を調整しながら、水素ガス、酸素ガス及びアルゴンガスを投入し、水素ガス、酸素ガス及びアルゴンガスがガス混合チャンバー内で均一に混合された後に吐出して、ガスを励起してプラズマを生成し、電場の働きにより、基板を向けて高速??させ、最終的に、基板上のシリコン薄膜と反応させることにより、酸素含有水素化シリコン薄膜を形成する。

(f) アニール炉内において、酸素含有水素化シリコン薄膜に対し、 15 /minの加熱速度で 300 に達するまで40min加熱する。続いて、 300 を 80 min恒温保持する。続いて、 30 /minの冷却速度で室温まで冷却して搬出する。

40

【0114】

比較例1

二酸化シリコン薄膜の製造方法において、上記のステップ(e)で、水素ガスは投入せず、酸素ガス及びアルゴンガスのみを投入し、他のステップ及びパラメータは実施例1と同様にして二酸化シリコン薄膜を形成する。

【0115】

試験例1

実施例1~21及び比較例1の方法により得られた酸素含有水素化シリコン薄膜に対し

50

、940 nmにおいて屈折率及び吸光係数の測定を行った。測定は、当該技術分野における通常の方法により行われた。

測定結果を表1に示す。

【0116】

【表1】

表1

| 実施例又は比較例 | 屈折率 n | 吸光係数 k |
|----------|-------|-----------------------|
| 実施例 1 | 3.499 | 6.30×10^{-4} |
| 実施例 2 | 3.463 | 2.75×10^{-4} |
| 実施例 3 | 3.045 | 1.26×10^{-4} |
| 実施例 4 | 2.173 | 4.92×10^{-6} |
| 実施例 5 | 2.061 | 3.33×10^{-6} |
| 実施例 6 | 1.846 | 1.2×10^{-5} |
| 実施例 7 | 1.711 | 3.42×10^{-6} |
| 実施例 8 | 3.502 | 6.30×10^{-4} |
| 実施例 9 | 3.486 | 6.24×10^{-4} |
| 実施例 10 | 3.268 | 1.68×10^{-4} |
| 実施例 11 | 3.363 | 3.75×10^{-4} |
| 実施例 12 | 3.436 | 5.82×10^{-4} |
| 実施例 13 | 3.517 | 6.64×10^{-4} |
| 実施例 14 | 3.180 | 2.85×10^{-4} |
| 実施例 15 | 3.526 | 4.16×10^{-4} |
| 実施例 16 | 3.483 | 6.41×10^{-4} |
| 実施例 17 | 3.557 | 5.72×10^{-4} |
| 比較例 1 | 1.488 | 8.94×10^{-7} |

【0117】

表1から分かるように、本発明の方法（水素ガス及び酸素ガスの混合ガスにおける酸素ガスの比率が4～99%）により得られる酸素含有水素化シリコン薄膜は、940 nmにおける屈折率が1.46～3.7である。

【0118】

図3は、940 nmにおいて、水素ガス及び酸素ガスの混合ガスにおける酸素ガスの比

10

20

30

40

50

率が酸素含有水素化シリコン薄膜の屈折率及び吸光係数に対する影響を示す。

図3に示すように、水素ガス及び酸素ガスの混合ガスにおける酸素ガスの比率は、酸素含有水素化シリコン薄膜の屈折率及び吸光係数に対し影響を与えており、酸素ガスの比率が大きくなるにつれて、水素化シリコン薄膜の屈折率及び吸光係数が徐々に小さくなる。酸素ガスの比率が一番大きく100%に達する場合、即ち比較例1の場合、水素ガスが存在しないので、低い屈折率を有する二酸化シリコン薄膜が生成される。

【0119】

実施例10の場合、実施例1と比較して、スパッタ源のパワーが小さく、実施例11の場合、実施例1と比較して、スパッタ源のパワーが大きく、実施例14の場合、実施例1と比較して、反応源のパワーが大きいです。その結果から分かるように、当該システム

10

【0120】

実施例15～17の場合、実施例1と比較して、基材温度に対する限定及びアニーリングプロセスに対する限定を加えているが、これは、屈折率及び安定性の向上に有利である。

【0121】

図4は、850nmにおいて、水素ガス及び酸素ガスの混合ガスにおける酸素ガスの比率が酸素含有水素化シリコン薄膜の屈折率及び吸光係数に対する影響を示す。

図4に示すように、水素ガス及び酸素ガスの混合ガスにおける酸素ガスの比率が、850nmにおける酸素含有水素化シリコン薄膜の屈折率及び吸光係数に対する影響は、940nmにおける結果と類似している。

20

【0122】

実施例18

高屈折率の窒素含有水素化シリコン薄膜の製造方法は、以下のステップを含む。

(a) 回転機構上に、汚れのない基板をその成膜面がターゲットを面するように装着する。

(b) 回転機構を成膜チャンバー内で定速回転させる。

(c) 真空度が 10^{-3} Paを超えると、スパッタ源をオンさせ、スパッタ源のパワーを8KWに設定するとともに、アルゴンガスを投入し、アルゴンガスを電離させることでプラズマを生成して、電場・磁場の働きにより高純度のシリコンターゲットに衝突させることにより、シリコン材料を基板上にスパッタリングする。

30

(d) 回転機構の回転により、基板を反応源の区域に搬入する。

(e) 反応源をオンさせるとともに、反応源のパワーを3KWに設定し、反応源の区域に、投入された水素ガス及び窒素ガスの総和における窒素ガスの体積パーセントが5%になるようにガス流量を調整しながら、水素ガス、窒素ガス及びアルゴンガスを投入し、ガスを励起してプラズマを生成し、電場の働きにより、基板を向けて高速させ、最終的に、基板上のシリコン薄膜と反応させることにより、窒素含有水素化シリコン薄膜を形成する。

【0123】

実施例19

上記の高屈折率の窒素含有水素化シリコン薄膜の製造方法において、ステップ(e)で、投入された水素ガス及び窒素ガスの総和における窒素ガスの体積パーセントは8%であり、他のステップ及びパラメータは実施例18と同様である。

40

【0124】

実施例20

上記の高屈折率の窒素含有水素化シリコン薄膜の製造方法において、ステップ(e)で、投入された水素ガス及び窒素ガスの総和における窒素ガスの体積パーセントは12%であり、他のステップ及びパラメータは実施例18と同様である。

【0125】

実施例21

50

上記の高屈折率の窒素含有水素化シリコン薄膜の製造方法において、ステップ(e)で、投入された水素ガス及び窒素ガスの総和における窒素ガスの体積パーセントは20%であり、他のステップ及びパラメータは実施例18と同様である。

【0126】

実施例22

上記の高屈折率の窒素含有水素化シリコン薄膜の製造方法において、ステップ(e)で、反応源のパワーは1.5KWであり、他のステップ及びパラメータは実施例18と同様である。

【0127】

実施例23

上記の高屈折率の窒素含有水素化シリコン薄膜の製造方法において、ステップ(e)で、反応源のパワーは5KWであり、他のステップ及びパラメータは実施例18と同様である。

【0128】

実施例24

上記の高屈折率の窒素含有水素化シリコン薄膜の製造方法において、ステップ(e)で、反応源のパワーは10KWであり、他のステップ及びパラメータは実施例18と同様である。

【0129】

実施例25

高屈折率の窒素含有水素化シリコン薄膜の製造方法は、以下のステップを含む。

(a) 回転機構上に、汚れのない基板をその成膜面がターゲットを面するように装着する。

(b) 回転機構を成膜チャンバー内で定速回転させる。

(c) 真空度が 10^{-3} Paを超えると、基材温度が160℃に達するまで基材を加熱し、続いてアルゴンガスを投入して成膜チャンバー及び基材に対し衝突洗浄を行う。ここで、衝突洗浄の時間は3minであり、衝突パワーは2.3KWである。洗浄が完了した後、アルゴンガスをオフし、成膜チャンバー内の真空度が再び 10^{-3} Paになるまで排気を行う。スパッタ源をオンさせ、スパッタ源のパワーを8KWに設定するとともに、アルゴンガスを投入し、アルゴンガスを電離させることでプラズマを生成して、電場・磁場の働きにより高純度のシリコンターゲットに衝突させることにより、シリコン材料を基板上にスパッタリングする。

(d) 回転機構の回転により、基板を反応源の区域に搬入する。

(e) 反応源をオンさせるとともに、反応源のパワーを2KWに設定し、反応源の区域に、投入された水素ガス及び窒素ガスの総和における窒素ガスの体積パーセントが6%になるようにガス流量を調整しながら、水素ガス、窒素ガス及びアルゴンガスを投入し、水素ガス、窒素ガス及びアルゴンガスがガス混合チャンバー内で均一に混合された後に吐出して、ガスを励起してプラズマを生成し、電場の働きにより、基板を向けて高速でさせ、最終的に、基板上のシリコン薄膜と反応させることにより、窒素含有水素化シリコン薄膜を形成する。

(f) アニール炉内において、窒素含有水素化シリコン薄膜に対し、 $10^\circ/\text{min}$ の加熱速度で200℃に達するまで30min加熱する。続いて、200℃を30min恒温保持する。続いて、 $15^\circ/\text{min}$ の冷却速度で室温まで冷却して搬出する。

【0130】

実施例26

高屈折率の窒素含有水素化シリコン薄膜の製造方法は、以下のステップを含む。

(a) 回転機構上に、汚れのない基板をその成膜面がターゲットを面するように装着する。

(b) 回転機構を成膜チャンバー内で定速回転させる。

(c) 真空度が 10^{-3} Paを超えると、基材温度が100℃に達するまで基材を加熱

10

20

30

40

50

し、続いてアルゴンガスを投入して成膜チャンバー及び基材に対し衝突洗浄を行う。ここで、衝突洗浄の時間は1minであり、衝突パワーは0.6KWである。洗浄が完了した後、アルゴンガスをオフし、成膜チャンバー内の真空度が再び 10^{-3} Paになるまで排気を行う。スパッタ源をオンさせ、スパッタ源のパワーを8KWに設定するとともに、アルゴンガスを投入し、アルゴンガスを電離させることでプラズマを生成して、電場・磁場の働きにより高純度のシリコンターゲットに衝突させることにより、シリコン材料を基板上にスパッタリングする。

(d) 回転機構の回転により、基板を反応源の区域に搬入する。

(e) 反応源をオンさせるとともに、反応源のパワーを2KWに設定し、反応源の区域に、投入された水素ガス及び窒素ガスの総和における窒素ガスの体積パーセントが6%になるようにガス流量を調整しながら、水素ガス、窒素ガス及びアルゴンガスを投入し、水素ガス、窒素ガス及びアルゴンガスがガス混合チャンバー内で均一に混合された後に吐出して、ガスを励起してプラズマを生成し、電場の働きにより、基板を向けて高速??させ、最終的に、基板上のシリコン薄膜と反応させることにより、窒素含有水素化シリコン薄膜を形成する。

(f) アニール炉内において、窒素含有水素化シリコン薄膜に対し、2 /minの加熱速度で100 に達するまで60min加熱する。続いて、100 を120min恒温保持する。続いて、10 /minの冷却速度で室温まで冷却して搬出する。

【0131】

実施例 27

高屈折率の窒素含有水素化シリコン薄膜の製造方法は、以下のステップを含む。

(a) 回転機構上に、汚れのない基板をその成膜面がターゲットを面するように装着する。

(b) 回転機構を成膜チャンバー内で定速回転させる。

(c) 真空度が 10^{-3} Paを超えると、基材温度が300 に達するまで基材を加熱し、続いてアルゴンガスを投入して成膜チャンバー及び基材に対し衝突洗浄を行う。ここで、衝突洗浄の時間は5minであり、衝突パワーは4KWである。洗浄が完了した後、アルゴンガスをオフし、成膜チャンバー内の真空度が再び 10^{-3} Paになるまで排気を行う。スパッタ源をオンさせ、スパッタ源のパワーを8KWに設定するとともに、アルゴンガスを投入し、アルゴンガスを電離させることでプラズマを生成して、電場・磁場の働きにより高純度のシリコンターゲットに衝突させることにより、シリコン材料を基板上にスパッタリングする。

(d) 回転機構の回転により、基板を反応源の区域に搬入する。

(e) 反応源をオンさせるとともに、反応源のパワーを2KWに設定し、反応源の区域に、投入された水素ガス及び窒素ガスの総和における窒素ガスの体積パーセントが6%になるようにガス流量を調整しながら、水素ガス、窒素ガス及びアルゴンガスを投入し、水素ガス、窒素ガス及びアルゴンガスがガス混合チャンバー内で均一に混合された後に吐出して、ガスを励起してプラズマを生成し、電場の働きにより、基板を向けて高速??させ、最終的に、基板上のシリコン薄膜と反応させることにより、窒素含有水素化シリコン薄膜を形成する。

(f) アニール炉内において、窒素含有水素化シリコン薄膜に対し、15 /minの加熱速度で300 に達するまで40min加熱する。続いて、300 を80min恒温保持する。続いて、30 /minの冷却速度で室温まで冷却して搬出する。

【0132】

比較例 2

上記の高屈折率の窒素含有水素化シリコン薄膜の製造方法において、ステップ(e)で、投入された水素ガス及び窒素ガスの総和における窒素ガスの体積パーセントは23%であり、他のステップ及びパラメータは実施例 18と同様である。

【0133】

試験例 2

実施例 18 ~ 27 及び比較例 2 の方法により得られた窒素含有水素化シリコン薄膜に対し、屈折率及び吸光係数の測定を行った。具体的な測定方法は、試験例 1 と同様である。測定結果を表 2 に示す。

【0134】

【表 2】

表 2

| 実施例又は比較例 | 屈折率 n | 吸光係数 k |
|----------|-------|-----------------------|
| 実施例 18 | 3.220 | 5.12×10^{-5} |
| 実施例 19 | 3.194 | 6.21×10^{-5} |
| 実施例 20 | 3.117 | 7.95×10^{-5} |
| 実施例 21 | 2.995 | 9.14×10^{-5} |
| 実施例 22 | 3.206 | 5.58×10^{-5} |
| 実施例 23 | 3.186 | 4.96×10^{-5} |
| 実施例 24 | 3.048 | 2.21×10^{-5} |
| 実施例 25 | 3.292 | 4.55×10^{-5} |
| 実施例 26 | 3.214 | 5.36×10^{-5} |
| 実施例 27 | 3.317 | 5.09×10^{-5} |
| 比較例 1 | 2.838 | 4.81×10^{-6} |

10

20

30

【0135】

表 2 から分かるように、本発明の方法（水素ガス及び窒素ガスの混合ガスにおける窒素ガスの比率が 5 ~ 20 %）により得られる窒素含有水素化シリコン薄膜は、940 nm における屈折率が 3.0 ~ 3.3 であり、高屈折率且つ吸収の小さい薄膜を取得することができる。

【0136】

図 5 は、940 nm において、水素ガス及び窒素ガスの混合ガスにおける窒素ガスの比率が窒素含有水素化シリコン薄膜の屈折率及び吸光係数に対する影響を示す。

図 5 に示すように、水素ガス及び窒素ガスの混合ガスにおける窒素ガスの比率は、窒素含有水素化シリコン薄膜の屈折率及び吸光係数に対し影響を与えており、窒素ガスの比率が大きくなるにつれて、水素化シリコン薄膜の屈折率は小さくなるものの、吸光係数は徐々に大きくなり、窒素ガスの比率が 20 % を超えると、吸光係数の上昇がより明らかになる。

40

【0137】

比較例 2 の場合、実施例 18 と比較して、投入された水素ガス及び窒素ガスの総和における窒素ガスの体積パーセントが 23 % になっており、屈折率の高いものの、吸光係数が高く、要求を満たすことができない。

【0138】

実施例 22、実施例 23 の場合、実施例 18 と比較して、反応源のパワーが異なるもの

50

の、屈折率及び吸光係数の差は小さくなく、実施例 24 の場合、実施例 18 と比較して、反応源のパワーが大きいものの、その結果から分かるように、当該スパッタ成膜システムにおいて、実施例 18 のスパッタリングパラメータを採用した方が、より良い効果が得られる。

【0139】

実施例 25 の場合、実施例 18 と比較して、基材温度に対する限定及びアニーリングプロセスに対する限定を加えているが、これは、安定性の向上に有利である。

【0140】

実施例 28

フィルター積層体は、複数の実施例 1に係る高屈折率の酸素含有水素化シリコン薄膜と複数の SiO_2 薄膜とを含み、複数の実施例 3 に係る高屈折率の水素化シリコン薄膜と複数の SiO_2 薄膜とを交互に堆積されてなる。ここで、実施例 3 に係る高屈折率の水素化シリコン薄膜の厚さは 100 nm であり、 SiO_2 薄膜の厚さは 200 nm であり、フィルター積層体の厚さは $5\text{ }\mu\text{m}$ である。

10

【0141】

実施例 29

フィルター積層体は、複数の実施例 18に係る高屈折率の窒素含有水素化シリコン薄膜と複数の低屈折率の酸素含有水素化シリコン薄膜（実施例 7）とを含み、両者を交互に堆積されてなる。ここで、高屈折率の窒素含有水素化シリコン薄膜の厚さは 100 nm であり、低屈折率の酸素含有水素化シリコン薄膜の厚さは 100 nm であり、フィルター積層体の厚さは $3\text{ }\mu\text{m}$ である。

20

【0142】

試験例 3

実施例 28 に係るフィルター積層体を成膜してなる、中心波長が 940 nm であるバンドパスフィルターにおいて、 $0\sim 30^\circ$ 入射時の実測スペクトル曲線を、図 6 に示す。

【0143】

実施例 28 に係るフィルター積層体を成膜してなる、中心波長が 850 nm であるバンドパスフィルターにおいて、 $0\sim 30^\circ$ 入射時の実測スペクトル曲線を、図 7 に示す。

【0144】

実施例 29 に係るフィルター積層体を成膜してなる、中心波長が 940 nm であるバンドパスフィルターにおいて、 $0\sim 30^\circ$ 入射時の実測スペクトル曲線を、図 8 に示す。

30

【0145】

TiO_2 フィルター積層体を成膜してなる、中心波長が 940 nm であるバンドパスフィルターにおいて、 $0\sim 30^\circ$ 入射時の実測スペクトル曲線を、図 9 に示す。

【0146】

以上の結果から分かるように、図 6 の場合、オフセット量が 14 nm 未満であり、最大透過率は 94% を超えている。図 7 の場合、オフセット量が 11 nm 未満であり、最大透過率は 94% を超えている。図 8 の場合、オフセット量が 12 nm 未満であり、最大透過率は 94% を超えている。

【0147】

TiO_2 、 Ta_2O_5 、 Nb_2O_5 などを用いて設計された伝統的な高屈折率の 940 nm バンドパスフィルターの場合、その中心波長の角度変化に対するオフセット量が大きく（約 30 nm ）、薄膜の総厚さも厚い（本発明の厚さの $2\sim 3$ 倍）ので、製造効率が低い。図 9 に示すように、比較してみると分かるように、本発明の材料を用いて成膜してなるフィルターは、より良いスペクトル特性を有する。

40

【0148】

以上、具体的な実施例を用いて本発明について説明しましたが、本発明の精神及び範囲を離脱しない限り、様々な変更及び補正を実施してもよい、ことを理解すべきである。それ故、添付される特許請求の範囲には、本発明の範囲内のこれらの全ての変更及び補正が含まれる。

50

【産業上の利用可能性】

【0149】

(1) 本発明に係る高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方法において、スパッタリング過程と反応過程とが分かれて相対的に独立しているため、スパッタリング過程においてターゲットが反応ガスに汚染されず、ターゲットが被毒される問題点を有効に回避することができる。当該方法によれば、生産効率の向上及びコストダウンが実現できる。なお、得られた酸素含有又は窒素含有の水素化シリコン薄膜は、高い屈折率及びより低い吸収を有する。

(2) 本発明に係る高屈折率の水素化シリコン薄膜の製造方法により得られた水素化シリコン薄膜は、その薄膜の屈折率が高く、吸収の低い。

(3) 本発明のフィルター積層体は、前記酸素含有又は窒素含有の水素化シリコン薄膜を高屈折率材料として製造され、その透過率が高く、中心波長のオフセット量が小さく、信号損失が少なく、且つSN比が高いなどの利点を有する。

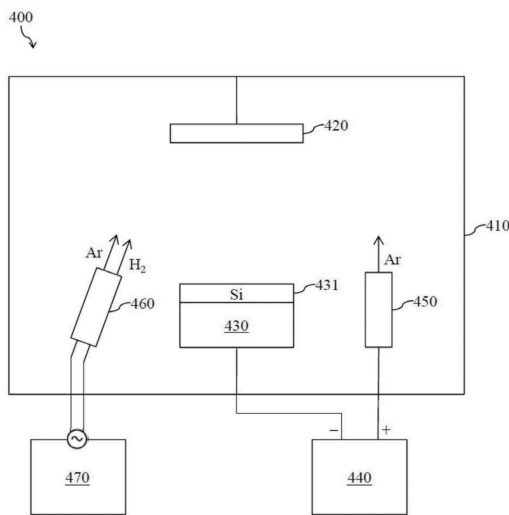
(4) 本発明のフィルターは、前記フィルター積層体を含むので、前記フィルター積層体と同様の利点をし、それ故、製造されたフィルターは、透過率が高く、且つ中心波長のオフセット量が小さい。

【符号の説明】

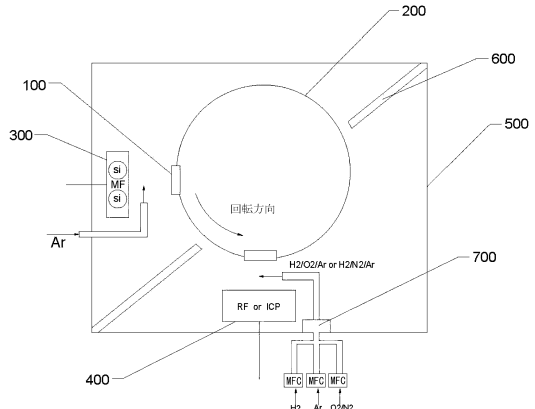
【0150】

- 100 基板
- 200 回転機構
- 300 スパッタ源
- 400 反応源
- 500 成膜チャンバー
- 600 バッフル
- 700 ガス混合チャンバー

【図1】



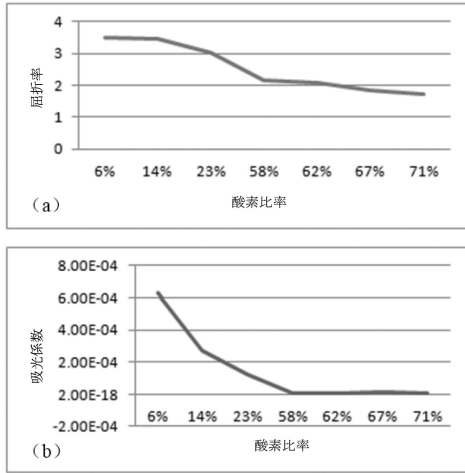
【図2】



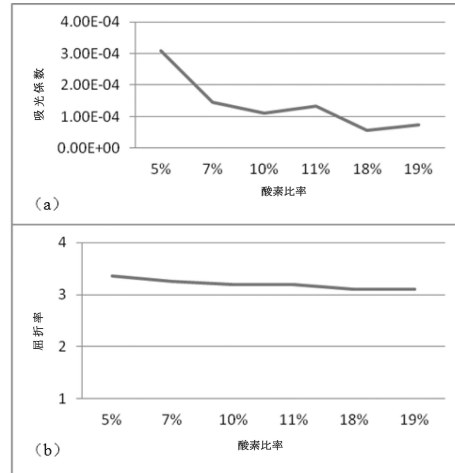
10

20

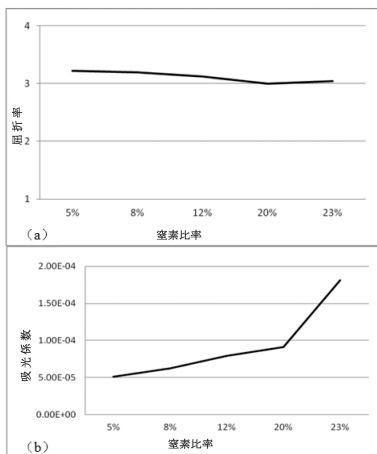
【图 3】



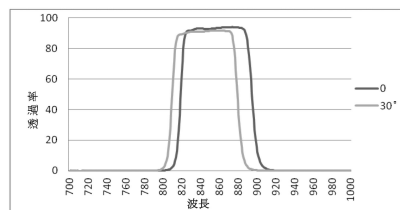
【图 4】



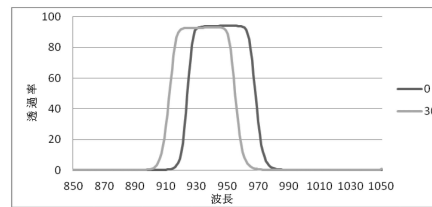
【图 5】



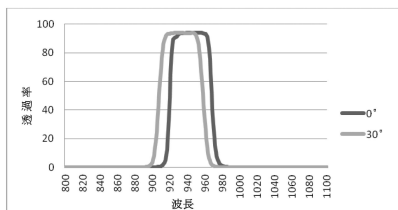
【图 7】



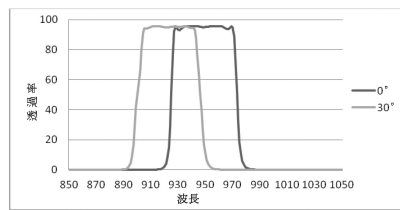
【图 8】



【图 6】



【图 9】



フロントページの続き

| | | | | | |
|----------------|-----------|----------------|--|---|--|
| (51) Int.Cl. | | F I | | | |
| C 0 1 B 33/04 | (2006.01) | C 0 1 B 33/04 | | | |
| C 0 1 B 21/068 | (2006.01) | C 0 1 B 21/068 | | M | |
| | | C 0 1 B 21/068 | | Y | |

- (72)発明者 余輝
中華人民共和国浙江省台州市椒江区星星電子産業区 A 5 号 (洪家后高橋村)
- (72)発明者 陸張武
中華人民共和国浙江省台州市椒江区星星電子産業区 A 5 号 (洪家后高橋村)
- (72)発明者 徐征馳
中華人民共和国浙江省台州市椒江区星星電子産業区 A 5 号 (洪家后高橋村)
- (72)発明者 張啓斌
中華人民共和国浙江省台州市椒江区星星電子産業区 A 5 号 (洪家后高橋村)

審査官 末松 佳記

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

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
- | | |
|---------|-----------------------|
| C 2 3 C | 1 4 / 0 0 - 1 4 / 5 8 |
| C 2 3 C | 1 6 / 0 0 - 1 6 / 5 6 |
| C 0 1 B | 2 1 / 0 6 8 |
| C 0 1 B | 3 3 / 0 2 - 3 3 / 0 4 |