

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3623068号  
(P3623068)

(45) 発行日 平成17年2月23日(2005.2.23)

(24) 登録日 平成16年12月3日(2004.12.3)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F I

H O 1 J 1/34  
// H O 1 J 40/06H O 1 J 1/34  
H O 1 J 40/06

C

請求項の数 4 (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願平9-46398	(73) 特許権者	000236436
(22) 出願日	平成9年2月28日(1997.2.28)		浜松ホトニクス株式会社
(65) 公開番号	特開平10-241554		静岡県浜松市市野町1126番地の1
(43) 公開日	平成10年9月11日(1998.9.11)	(74) 代理人	100088155
審査請求日	平成16年1月29日(2004.1.29)		弁理士 長谷川 芳樹
		(74) 代理人	100089978
			弁理士 塩田 辰也
		(74) 代理人	100092657
			弁理士 寺崎 史朗
		(74) 代理人	100089901
			弁理士 吉井 一男
		(72) 発明者	二橋 得明
			静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜 松ホトニクス株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光電陰極

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

紫外線が一方の面に入射され、サファイアよりも2 μm以上の波長の赤外線の吸収率が高いUVガラス基板と、アルカリ金属を含むアルカリ金属含有層と、前記UVガラス基板の他方の面と前記アルカリ金属含有層との間に位置し、紫外線の入射に応じて電子を生成するIII-V族窒化物半導体層と、を備える光電陰極。

【請求項2】

光電陰極の製造方法において、  
サファイア基板の表面上にIII-V族窒化物半導体層を形成する工程と、  
前記サファイア基板の裏面にSiO<sub>2</sub>層を形成する工程と、  
前記SiO<sub>2</sub>層と、サファイアよりも2 μm以上の波長の赤外線の吸収率が高いUVガラス基板とを接触させて加熱し熱圧着する工程と、  
前記III-V族窒化物半導体層上にアルカリ金属を含むアルカリ金属含有層を形成する工程と、  
を備える光電陰極の製造方法。

【請求項3】

光電陰極の製造方法において、  
サファイア、LiGaO<sub>2</sub>又はLiAlO<sub>2</sub>の基板の表面上にIII-V族窒化物半導体層及びSiO<sub>2</sub>層を順次形成する工程と、  
前記SiO<sub>2</sub>層と、サファイアよりも2 μm以上の波長の赤外線の吸収率が高いUVガラ

10

20

ス基板とを接触させて加熱し熱圧着する工程と、  
前記サファイア、 $\text{LiGaO}_2$  又は又は  $\text{LiAlO}_2$  の基板を除去する工程と、  
前記 III - V 族窒化物半導体層上にアルカリ金属を含むアルカリ金属含有層を形成する工程と、  
を備える光電陰極の製造方法。

【請求項 4】

前記加熱は、赤外線を含む光を照射することで行うことを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の光電陰極の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

【発明の属する技術分野】

本発明は、イメージンテンシファイアや光電子増倍管に用いられる光電陰極に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来の  $\text{GaN}$  を用いた光電陰極は、特開昭 61 - 267374 号公報及び米国特許 5, 557, 167 号に記載されている。この光電陰極は、サファイア基板及びサファイア基板上に形成された  $\text{AlGaN}$  の超格子構造を備えている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

サファイア基板上に  $\text{GaN}$  半導体層等の III - V 族窒化物半導体層を形成してなる光電陰極を用いた電子管の検出感度は、III - V 族窒化物半導体層の結晶性及びその表面の清浄度に依存する。このような III - V 族窒化物半導体層の特性改善には、アニールやサーマルクリーニング等の加熱処理が有効である。サファイア基板は、紫外線に対する透過率が比較的高いため、これを用いた光電陰極は紫外線を効率的に検出することが可能である。しかしながら、サファイア基板は、赤外線の吸収率が低いため、これを光電陰極の製造時に高速に加熱することが困難であり、高速加熱処理による III - V 族窒化物半導体層の特性の改善も期待できなかった。本発明は、このような課題に鑑みてなされたものであり、特性及び製造のスループットを共に向上させることが可能な光電陰極を提供することを目的とする。

20

【0004】

30

【課題を解決するための手段】

上述の課題を解決するため、請求項 1 に記載の光電陰極は、紫外線が一方の面に入射され、サファイアよりも  $2\ \mu\text{m}$  以上の波長の赤外線の吸収率が高い UV ガラス基板と、アルカリ金属を含むアルカリ金属含有層と、UV ガラス基板の他方の面とアルカリ金属含有層との間に位置し、紫外線の入射に応じて電子を生成する III - V 族窒化物半導体層とを備える。UV ガラス基板を透過した紫外線は、III - V 族窒化物半導体層に入力されるので、この半導体層内で電子が発生する。発生した電子は  $\text{Cs-O}$  等のアルカリ金属を含むアルカリ金属含有層に導入されるので、この層を介して真空中に出射することができる。請求項 2 に記載の光電陰極の製造方法は、サファイア基板の表面上に III - V 族窒化物半導体層を形成する工程と、サファイア基板の裏面に  $\text{SiO}_2$  層を形成する工程と、 $\text{SiO}_2$  層と、サファイアよりも  $2\ \mu\text{m}$  以上の波長の赤外線の吸収率が高い UV ガラス基板とを接触させて加熱し熱圧着する工程と、III - V 族窒化物半導体層上にアルカリ金属を含むアルカリ金属含有層を形成する工程とを備える。

40

請求項 3 に記載の光電陰極の製造方法は、サファイア、 $\text{LiGaO}_2$  又は  $\text{LiAlO}_2$  の基板の表面上に III - V 族窒化物半導体層及び  $\text{SiO}_2$  層を順次形成する工程と、前記  $\text{SiO}_2$  層と、サファイアよりも  $2\ \mu\text{m}$  以上の波長の赤外線の吸収率が高い UV ガラス基板とを接触させて加熱し熱圧着する工程と、サファイア、 $\text{LiGaO}_2$  又は又は  $\text{LiAlO}_2$  の基板を除去する工程と、III - V 族窒化物半導体層上にアルカリ金属を含むアルカリ金属含有層を形成する工程とを備える。

請求項 4 に記載の光電陰極の製造方法では、上記加熱は、赤外線を含む光を照射すること

50

で行うことを特徴とする。

【0005】

UVガラスはサファイアよりも赤外線の吸収率が高いとともに、紫外線に対する透過率がサファイアよりも高いので、UVガラスを基板に用いれば、紫外線の検出感度を向上させることができるとともに、基板及び基板上に形成されたIII-V族窒化物半導体層を高速に加熱することができる。

【0006】

【発明の実施の形態】

以下、実施の形態に係る光電陰極について説明する。同一要素又は同一機能を有する要素には同一符号を用いるものとし、重複する説明は省略する。

10

【0007】

図1は、この光電陰極を用いた光電子増倍管100を一部破断して示す正面図である。光電子増倍管100は、金属からなる側管1と、側管1の一方の開口をInシール材料2を介して封止するUVガラス基板3と、他方の開口を封止する底板4とを備え、内部に真空環境(100torr以下の減圧環境)を提供している。UVガラス基板3の側管1内の面には、複数の層からなる積層体10が形成されており、UVガラス基板3及び積層体10は光電陰極を形成している。

【0008】

積層体10は、UVガラス基板3上のCr電極層11を介してInシール材料2に電気的に接続されており、金属からなる側管1に所定の電位を与えることにより、積層体10にこの電位を与えることができる。UVガラス基板3を透過した紫外線UVRは、積層体10内で光電変換され、電子として側管1内に放出される。放出された電子は、側管1内に配置された複数のメタルチャンネル型ダイノードからなる電子増倍器13によって増倍され、電子増倍器13の最終段ダイノードの前段に設けられたアノード14によって収集される。

20

【0009】

なお、側管1内の電子は、複数のリードピンPIを介して積層体10、電子増倍器13のダイノード及び陽極14に与えられる電位に応じて側管1内に形成される電界によって、光電陰極から陽極方向に加速される。

【0010】

図2は、図1に示したUVガラス基板3及び積層体10から構成される光電陰極の断面図である。この光電陰極は、紫外線が一方の面に入射されるUVガラス基板3と、アルカリ金属を含むCs-O層(アルカリ金属含有層)19と、UVガラス基板3の他方の面とCs-O層19との間に位置し、Ga及びNを含み紫外線の入射に応じて電子を生成するIII-V族窒化物半導体層18とを備える。III-V族窒化物半導体層18のUVガラス基板3側には、AlN緩衝層17及びサファイア基板16が順次位置し、サファイア基板16はSiO<sub>2</sub>層15を介してUVガラス基板3に固定されている。

30

【0011】

次に、図2に示した光電陰極の製造方法について説明する。まず、サファイア基板16を用意する。サファイア基板16の厚みは0.1~0.2mmである。この後、サファイア基板16の表面上にAlN緩衝層17及びIII-V族窒化物半導体層18を順次形成する。AlN緩衝層17の結晶状態はアモルファスであり、その厚みは数10nmである。また、III-V族窒化物半導体層18の結晶状態は単結晶又は多結晶である。さらに、サファイア基板16の裏面に厚さ100~200nmのSiO<sub>2</sub>層15をCVD法を用いて形成する。

40

【0012】

次に、UVガラス基板3を用意し、積層体10と同じようにUVガラス基板3を真空中に配置した後、赤外線を含む光を出射する光加熱装置を用いて光加熱処理を行い、UVガラス基板3の表面を高速に加熱し、清浄化を行う。さらに、UVガラス基板3及び積層体10をガラス軟化点まで高速に加熱するとともに、SiO<sub>2</sub>層15面側を真空中でUVガラ

50

基板 3 に接触させ、 $\text{SiO}_2$  層 15 に約  $100 \text{ g/cm}^2$  の加重をかけて、 $\text{SiO}_2$  層 15 を介してサファイア基板 16 を UV ガラス基板 3 に熱圧着するとともに、加熱によって積層体 10 の結晶性を改善する。

【0013】

UV ガラス基板 3 は、その熱膨張係数がサファイア基板 16 の熱膨張係数と近く、且つ、所定のイオンを含むものが選択される。このような UV ガラス基板 3 としてコーニング社の 9741 やショット社の 8337B を用いることができる。なお、UV ガラス基板 3 は、電子管 100 に固定できる形状に予め加工しておく。しかる後、UV ガラス基板 3 から III-V 族窒化物半導体層 18 の露出表面に至る電極 11 を蒸着によって形成する。電極 11 の材料としては、Cr、Al 及び Ni 等を用いることができる。最後に、Cs-O 層 19 を III-V 族窒化物半導体層 18 の露出表面上に形成することにより、図 2 に示した光電陰極が製造される。

10

【0014】

上記の積層体 10 内に UV ガラス基板 3 を介して紫外線が入射すると、III-V 族窒化物半導体層 18 内で正孔電子対が発生し、発生した電子は Cs-O 層 19 方向へ進行する。Cs-O 層 19 は、仕事関数が小さいので、Cs-O 層 19 に到達した電子は容易に真空中へ放出される。

【0015】

次に、別の実施の形態に係る光電陰極について説明する。この光電陰極は、UV ガラス基板 3 と、UV ガラス基板 3 上に順次形成された  $\text{SiO}_2$  層 15、GaAlN 層 17a、III-V 族窒化物半導体層 18 及び AlN 緩衝層 17 からなる積層体 10 とを備える。この光電陰極は、以下の方法によって製造することができる。

20

【0016】

図 4 乃至図 6 は、図 3 に示した光電陰極の製造工程を説明するための説明図である。

【0017】

まず、図 4 に示すように LiGaO<sub>2</sub> 基板 20 上に、AlN 緩衝層 17、III-V 族窒化物半導体層 18、GaAlN 層 ( $\text{Ga}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$  ( $0 < x < 1$ )) 17a 及び  $\text{SiO}_2$  層 15 を順次積層する。 $\text{SiO}_2$  層 15 は CVD 法を用いて形成し、その厚みは  $100 \sim 200 \text{ nm}$  である。

【0018】

次に、図 5 に示すように、UV ガラス基板 3 を用意し、UV ガラス基板 3 を真空中に配置した後、赤外線を含む光を出射する光加熱装置を用いて光加熱処理を行い、UV ガラス基板 3 の表面を高速に清浄化する。さらに、UV ガラス基板 3 及び積層体 10 をガラス軟化点まで高速に加熱するとともに、 $\text{SiO}_2$  層 15 面側を真空中で UV ガラス基板 3 に接触させ、 $\text{SiO}_2$  層 15 に約  $100 \text{ g/cm}^2$  の加重をかけて、 $\text{SiO}_2$  層 15 を介して LiGaO<sub>2</sub> 基板 20 を UV ガラス基板 3 に熱圧着するとともに、高速加熱によって積層体 10 の結晶性を改善する。

30

【0019】

しかる後、図 6 に示すように、LiGaO<sub>2</sub> 基板 20 を加熱しながら酸素と反応させてこれを除去する。さらに、AlN 緩衝層 17 を  $\text{BCl}_3$  と  $\text{N}_2$  の混合気体のプラズマを用いた反応性イオンエッチングにより除去する。この後、III-V 族窒化物半導体層 18 をアニールすることにより、さらにその結晶性を回復させる。しかる後、UV ガラス基板 3 から III-V 族窒化物半導体層 18 の露出表面に至る電極 11 を蒸着によって形成する。最後に、Cs-O 層 19 を III-V 族窒化物半導体層 18 の露出表面上に形成することにより、図 3 に示した光電陰極が製造される。なお、LiGaO<sub>2</sub> 基板 20 の代わりに、サファイア基板又は LiAlO<sub>2</sub> 基板を用いることができる。また、LiGaO<sub>2</sub> 基板 20 の代わりに、Si 基板、GaAs 基板又は GaP 基板を利用してもよい。さらに、III-V 族窒化物半導体層 18 として、Ga 及び N が結晶に含まれる原子であれば、GaN の他、GaAlN、GaInN 又は GaAlInN を代わりに用いてもよい。また、Cs-O 層 19 の代わりに、アルカリ金属を含有する層として、Cs-I、Ce-Te、S

40

50

b - C s、S b - R b - C s、S b - K - C s、S b - N a - K、S b - N a - K - C s  
及びA g - O - C sのいずれか1つ又はこれらの組合わせたものを用いることができる。  
また、製造時の加熱においては、光加熱以外に抵抗加熱等を用いてもよい。

【0020】

また、上記2つの実施の形態に係る光電陰極3，10は、光電子増倍管の他、イメージ  
インテンシファイア等の電子管にも用いることができる。図7は、この光電陰極を用いたイ  
メージインテンシファイア（II管）200を一部破断して示す正面図である。II管2  
00は、金属からなる側管1a及び1b間にガラスからなる側管1cを金属リング1d及  
び1e並びに絶縁リング1f及び1gを介在させて配置し、これらから構成される側管の  
一方の開口をUVガラス基板3で封止し、他方の開口を光ファイバプレート21で封止す  
ることにより、これらから構成されるハウジングの内部に減圧環境を提供している。UV  
ガラス基板3及び積層体10から構成される光電陰極と光ファイバプレート21との間に  
は、電子増倍器としてMCP（マイクロチャンネルプレート）13aが配置されており、  
MCP13aは、光電陰極から出射された電子を増倍する。増倍された電子は、光ファイ  
バプレート21の入力面側に蛍光体LSを介して固定されたAl電極EL方向に進行し、  
蛍光体LSに衝突することにより、蛍光に変換される。変換された蛍光は光ファイバプレ  
ート21を介してII管200の外部に出力される。

10

【0021】

以上、説明したように、本実施の形態に係る光電陰極は、UVガラス基板3及びIII -  
V族窒化物半導体層18を用いることにより、生産性とこれを用いた電子管の検出感度を  
共に向上させることができる。なお、UVガラス基板3は、波長240nm以上の紫外線  
の透過率がサファイアガラスよりも高いので、これを用いた光電陰極の紫外線検出感度が  
高く、また、2µm以上の波長を有する赤外線に対する吸収率がサファイアよりも高いの  
で、高速にこれを加熱することができ、この上に形成されたIII - V族窒化物半導体層  
の結晶性回復及び表面清浄化、並びに製造のスループットを向上させることができる。

20

【0022】

【発明の効果】

以上、説明したように、本発明の光電陰極は、生産性とこれを用いた電子管の検出感度を  
共に向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

30

【図1】光電子増倍管を一部破断して示す正面図。

【図2】実施の形態に係る光電陰極の断面図。

【図3】別の実施の形態に係る光電陰極の断面図。

【図4】図3に示した光電陰極の製造方法を説明するための説明図。

【図5】図3に示した光電陰極の製造方法を説明するための説明図。

【図6】図3に示した光電陰極の製造方法を説明するための説明図。

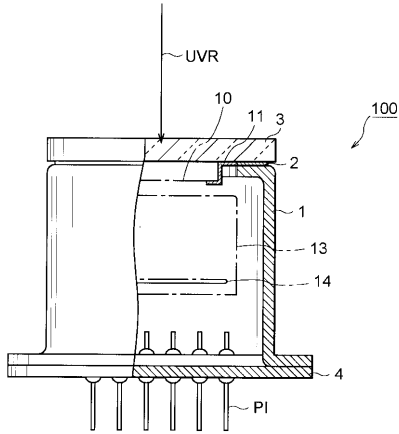
【図7】II管を一部破断して示す正面図。

【符号の説明】

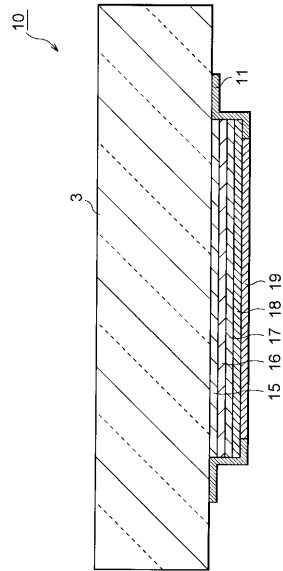
3...UVガラス基板3、15...SiO<sub>2</sub>層15、16...サファイア基板、17...AlN層  
、17a...GaAlN層、18...III - V族窒化物半導体層、10...積層体10。

40

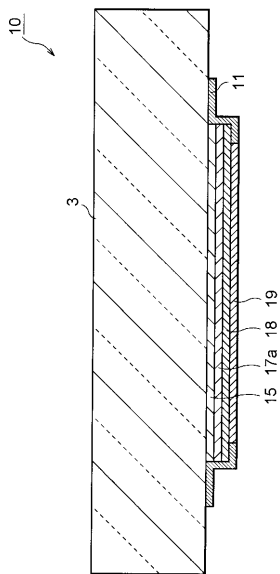
【 図 1 】



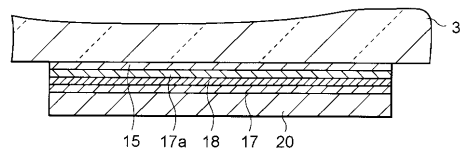
【 図 2 】



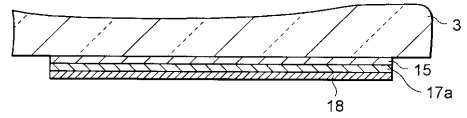
【 図 3 】



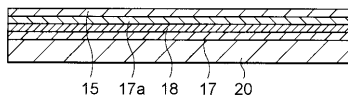
【 図 5 】



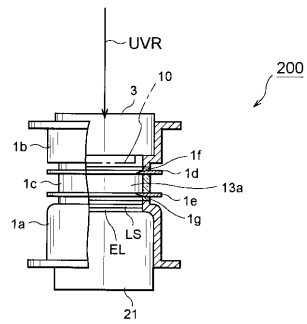
【 図 6 】



【 図 4 】



【 図 7 】



---

フロントページの続き

審査官 村田 尚英

- (56)参考文献 特開平03 - 077232 (JP, A)  
特開平05 - 266857 (JP, A)  
特開平07 - 078554 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)

H01J 1/34  
H01J 1/35  
H01J 40/06  
H01J 40/50  
H01J 29/38