

(11) 特許出願公開番号

特開2020-9719

(P2020-9719A)

(43) 公開日 令和2年1月16日(2020.1.16)

(51) Int. Cl.
H01K 1/06

F I
H O 1 K 1/06

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2018-132509 (P2018-132509)	(71) 出願人	000236436 浜松ホトニクス株式会社
(22) 出願日	平成30年7月12日 (2018.7.12)		静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1
		(74) 代理人	100088155 弁理士 長谷川 芳樹
		(74) 代理人	100113435 弁理士 黒木 義樹
		(74) 代理人	100140442 弁理士 柴山 健一
		(74) 代理人	100183081 弁理士 岡▲崎▼ 大志
		(72) 発明者	永田 貴章 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内

[最終頁に続く](#)

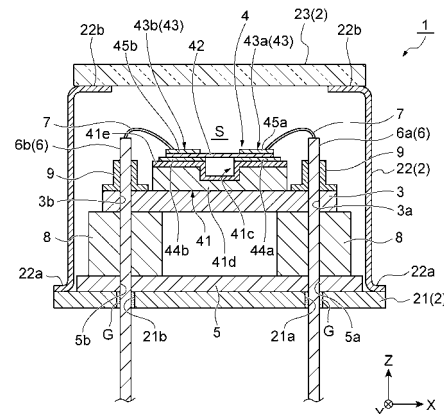
(54) 【発明の名称】 発光素子及び光源装置

(57) 【要約】

【課題】 グラファイト薄膜からの放出ガスによる影響を低減すると共にグラファイト薄膜の発光部分を効率よく加熱する。

【解決手段】一実施形態に係る発光素子４は、Ｙ軸方向に延びる溝４１ｃが形成され、Ｘ軸方向において溝４１ｃを互いに挟むように配置される表面４１ａ及び表面４１ｂを有する基板４１と、表面４１ａに設けられる下部電極４４ａと、表面４１ｂに設けられる下部電極４４ｂと、下部電極４４ａ上及び下部電極４４ｂ上に設けられると共に、Ｘ軸方向に沿って溝４１ｃを跨ぐように下部電極４４ａから下部電極４４ｂまで延びるグラファイト薄膜４２と、グラファイト薄膜４２を介して下部電極４４ａと対向するようにグラファイト薄膜４２上に設けられる上部電極４５ａと、グラファイト薄膜４２を介して下部電極４４ｂと対向するようにグラファイト薄膜４２上に設けられる上部電極４５ｂと、を備える。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 方向に延びる溝が形成され、前記第 1 方向と交差する第 2 方向において前記溝を互いに挟むように配置される第 1 表面及び第 2 表面を有する基板と、

前記第 1 表面に設けられる第 1 電極と、

前記第 2 表面に設けられる第 2 電極と、

前記第 1 電極上及び前記第 2 電極上に設けられると共に、前記第 2 方向に沿って前記溝を跨ぐように前記第 1 電極から前記第 2 電極まで延びるグラファイト薄膜と、

前記第 1 電極と電氣的に接続されると共に、前記グラファイト薄膜を介して前記第 1 電極と対向するように前記グラファイト薄膜上に設けられる第 3 電極と、

前記第 2 電極と電氣的に接続されると共に、前記グラファイト薄膜を介して前記第 2 電極と対向するように前記グラファイト薄膜上に設けられる第 4 電極と、
を備える発光素子。

【請求項 2】

前記グラファイト薄膜は、層数が 50～2000 である多層のグラフェンである、
請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 3】

前記第 1 電極の前記溝側の一端は、前記第 3 電極の前記溝側の一端よりも前記溝側に位置し、

前記第 2 電極の前記溝側の一端は、前記第 4 電極の前記溝側の一端よりも前記溝側に位置する、

請求項 1 又は請求項 2 に記載の発光素子。

【請求項 4】

前記第 1 電極は、少なくとも前記第 1 表面と前記溝との境界線上まで延び、

前記第 2 電極は、少なくとも前記第 2 表面と前記溝との境界線上まで延びる、

請求項 1～3 のいずれか一項に記載の発光素子。

【請求項 5】

前記基板は、シリコンによって構成される基材と、酸化物を含む材料によって構成される酸化物層とを有し、

前記酸化物層は、少なくとも前記基材と前記第 1 電極との間及び前記基材と前記第 2 電極との間に配置される、

請求項 1～4 のいずれか一項に記載の発光素子。

【請求項 6】

前記第 3 電極及び前記第 4 電極のそれぞれは、最表面層と、前記最表面層及び前記グラファイト薄膜の間に配置される中間層と、を有し、

前記最表面層の抵抗値は、前記中間層、前記第 1 電極、及び前記第 2 電極の抵抗値よりも小さい、

請求項 1～5 のいずれか一項に記載の発光素子。

【請求項 7】

前記最表面層は、金によって構成され、

前記中間層は、チタンによって構成される第 1 層と、白金によって構成される第 2 層とを含み、

前記第 1 層は、前記グラファイト薄膜上に設けられ、

前記第 2 層は、前記第 1 層及び前記最表面層の間に配置される、

請求項 6 に記載の発光素子。

【請求項 8】

前記第 1 電極及び前記第 2 電極のそれぞれは、チタンによって構成される第 3 層と、白金によって構成される第 4 層とを有し、

前記第 3 層は、前記基板上に設けられ、

前記第 4 層は、前記第 3 層及び前記グラファイト薄膜の間に配置される、

請求項 1～7 のいずれか一項に記載の発光素子。

【請求項 9】

請求項 1～8 のいずれか一項に記載の発光素子と、
光透過窓を有し、真空状態に保持された内部空間を形成するパッケージと、
を備え、

前記発光素子は、前記パッケージの前記内部空間に配置される、
光源装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、発光素子及び光源装置に関する。

【背景技術】

【0002】

グラファイト薄膜（例えば単層又は多層のグラフェン）を用いた発光素子が知られている（例えば、特許文献 1、2 参照）。このような発光素子では、グラファイト薄膜に電圧が印加されることによって、グラファイト薄膜から赤外光が発せられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2014-67544 号公報

【特許文献 2】米国特許出願公開第 2017/0294629 号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 に記載の構造では、フィラメントとしてグラファイト薄膜が用いられ、外部に対して密閉することで内部を真空状態にした収容部材にグラファイト薄膜が収容されている。このような構造において、グラファイト薄膜に含まれるガスが放出されると、収容部材内の真空度が保たれずに発光効率が低下してしまうおそれがある。特許文献 2 に記載の構造では、予め溝が形成された基板上にグラファイト薄膜が位置合わせされ、グラファイト薄膜の各縁部が、基板上の金電極に接着されている。このような構造において、グラファイト薄膜のうち溝を架橋している架橋部分が発光部として用いられる場合があり、架橋部分を効率よく加熱することが望まれる。

【0005】

そこで、本発明の一側面は、グラファイト薄膜からの放出ガスによる影響を低減すると共にグラファイト薄膜の架橋部分を効率よく加熱することができる発光素子及び光源装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一側面に係る発光素子は、第 1 方向に延びる溝が形成され、第 1 方向と交差する第 2 方向において溝を互いに挟むように配置される第 1 表面及び第 2 表面を有する基板と、第 1 表面に設けられる第 1 電極と、第 2 表面に設けられる第 2 電極と、第 1 電極上及び第 2 電極上に設けられると共に、第 2 方向に沿って溝を跨ぐように第 1 電極から第 2 電極まで延びるグラファイト薄膜と、第 1 電極と電氣的に接続されると共に、グラファイト薄膜を介して第 1 電極と対向するようにグラファイト薄膜上に設けられる第 3 電極と、第 2 電極と電氣的に接続されると共に、グラファイト薄膜を介して第 2 電極と対向するようにグラファイト薄膜上に設けられる第 4 電極と、を備える。

【0007】

本発明の一側面に係る発光素子では、グラファイト薄膜が、基板に形成された溝を跨ぐように、溝を互いに挟む第 1 表面及び第 2 表面に第 1 電極及び第 2 電極を介して設けられる。また、グラファイト薄膜のうち第 1 電極及び第 2 電極と対向する部分が、第 3 電極及

10

20

30

40

50

び第4電極によって覆われている。この構成によれば、グラファイト薄膜には、主に第1電極及び第3電極の溝側の一端から第2電極及び第4電極の溝側の一端に向けて電流が流れるので、グラファイト薄膜のうち架橋部分と架橋部分の近傍とに主に電流が流れる。また、グラファイト薄膜を覆う第3電極及び第4電極により、グラファイト薄膜の表面において、グラファイト薄膜に含まれるガスの放出が抑制される。その結果、グラファイト薄膜からの放出ガスによる影響を低減すると共にグラファイト薄膜の発光部分を効率よく加熱することができる。

【0008】

グラファイト薄膜は、層数が50～2000である多層のグラフェンであってもよい。発光強度を向上させるためには、グラファイト薄膜の層数は多い方がよい。一方、熱応答速度を改善する観点からは、グラファイト薄膜の熱容量を低くするために、グラファイト薄膜の層数は少ない方がよい。グラファイト薄膜の層数を50～2000とすることにより、上記観点において好適な発光素子が得られる。

【0009】

第1電極の溝側の一端は、第3電極の溝側の一端よりも溝側に位置してもよく、第2電極の溝側の一端は、第4電極の溝側の一端よりも溝側に位置してもよい。この構成によれば、グラファイト薄膜を介した第1電極と第2電極との間の距離が、グラファイト薄膜を介した第3電極と第4電極との間の距離よりも短くなる。これにより、グラファイト薄膜を介して第1電極及び第2電極の間に流れる電流値と、グラファイト薄膜を介して第3電極及び第4電極の間に流れる電流値との大小関係を調整することができる。

【0010】

第1電極は、少なくとも第1表面と溝との境界線上まで延びてもよく、第2電極は、少なくとも第2表面と溝との境界線上まで延びてもよい。この構成によれば、グラファイト薄膜の架橋部分に主に電流が流れる。その結果、グラファイト薄膜の架橋部分をさらに効率よく加熱することができる。

【0011】

基板は、シリコンによって構成される基材と、酸化物を含む材料によって構成される酸化物層とを有してもよく、酸化物層は、少なくとも基材と第1電極との間及び基材と第2電極との間に配置されてもよい。この構成によれば、酸化物を含む材料で構成される酸化物層により、基材を介した第1電極と第2電極との間の絶縁を確保することができる。

【0012】

第3電極及び第4電極のそれぞれは、最表面層と、最表面層及びグラファイト薄膜の間に配置される中間層と、を有してもよく、最表面層の抵抗値は、中間層、第1電極、及び第2電極の抵抗値よりも小さくてもよい。この構成によれば、外部から電流を供給するための接続線を最も接続しやすい第3電極及び第4電極の最表面層に主に電流を流すことができる。

【0013】

最表面層は、金によって構成されてもよく、中間層は、チタンによって構成される第1層と、白金によって構成される第2層とを含んでもよく、第1層は、グラファイト薄膜上に設けられてもよく、第2層は、第1層及び最表面層の間に配置されてもよい。この構成によれば、第1層がチタンで構成されることでグラファイト薄膜との接触抵抗を小さくすることができる。また、白金によって構成される第2層を介することで、第1層に対する最表面層の接合性を向上させることができる。

【0014】

第1電極及び第2電極のそれぞれは、チタンによって構成される第3層と、白金によって構成される第4層とを有してもよく、第3層は、基板上に設けられてもよく、第4層は、第3層及びグラファイト薄膜の間に配置されてもよい。例えば、第1電極及び第2電極が形成された状態の基板にグラファイト薄膜を転写することで第1電極上及び第2電極上にグラファイト薄膜が形成される。この構成によれば、チタンで構成される第1層が白金で構成される第2層によって覆われているので、グラファイト薄膜を基板に転写する際に

第 1 電極及び第 2 電極が酸化することを抑制できる。

【0015】

本発明の他の側面に係る光源装置は、上述の発光素子と、光透過窓を有し、真空状態に保持された内部空間を形成するパッケージと、を備え、発光素子は、パッケージの内部空間に配置される。

【0016】

本発明の他の側面に係る光源装置では、上述の発光素子が、真空状態に保持されたパッケージの内部空間に配置される。上述の発光素子の構成によって、グラファイト薄膜から放出されるガスが抑制されるので、放出ガスによって内部空間の真空度が落ちる可能性が低減される。これにより、内部空間の真空度が保たれ、発光効率の低下を抑制することができる。

10

【発明の効果】

【0017】

本発明の一側面によれば、グラファイト薄膜からの放出ガスによる影響を低減すると共にグラファイト薄膜の架橋部分を効率よく加熱することができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図 1】図 1 は、一実施形態に係る発光素子を含む光源装置を示す平面図である。

【図 2】図 2 は、図 1 の I I - I I 線に沿った断面図である。

【図 3】図 3 は、図 1 に示される発光素子の一部を拡大した拡大図である。

20

【図 4】図 4 は、図 1 に示される発光素子に電流を流したときの温度特性の計測結果を示す図である。

【図 5】図 5 の (a) は、図 1 に示される発光素子の応答特性の計測結果を示す図である。図 5 の (b) は、比較例の応答特性の計測結果を示す図である。

【図 6】図 6 は、図 1 に示される発光素子の輝度分布の計測結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態について詳細に説明する。なお、各図において同一部分又は相当部分には同一符号を付し、重複する説明は省略する。また、各図に示される各部材（又は部位）の寸法又は寸法の比率は、説明をわかり易くするために、実際の寸法又は寸法の比率とは異なることがある。図面には必要に応じて X Y Z 直交座標系が示される。

30

【0020】

図 1 及び図 2 を参照して、一実施形態に係る光源装置 1 の構成について説明する。図 1 は、一実施形態に係る発光素子 4 を含む光源装置 1 を示す平面図である。図 2 は、図 1 の I I - I I 線に沿った断面図である。図 1 においては、後述する光透過窓 23 の図示を省略している。図 1 及び図 2 に示されるように、光源装置 1 は、真空状態に保持された内部空間 S を形成するパッケージ 2 と、パッケージ 2 内に配置されたステム 3 と、ステム 3 上に配置された発光素子 4 と、ベース板 5 と、ステムピン 6 と、ボンディングワイヤ 7 と、スペーサ 8 と、ハトメ 9 と、を備えている。発光素子 4 は、基板 41 と、グラファイト薄膜 42 と、電極 43（ソース電極 43a 及びドレイン電極 43b）と、を備えている。以降の説明では、光源装置 1（発光素子 4）で生成された光が鉛直方向の上方に向けて発光するように光源装置 1 を配置した場合を基準として、「上（上部）」及び「下（下部）」の用語を用いる。従って、光源装置 1（発光素子 4）の使用状態によっては、「上」の用語で示す部材が、「下」の用語で示す部材に対して鉛直方向における上方に位置するとは限らない。

40

【0021】

パッケージ 2 は、例えば金属からなる円板状のベース部材 21 と、例えば金属からなる円筒状のキャップ 22 と、光透過窓 23 と、を有している。ベース部材 21 とキャップ 22 とは、ベース部材 21 の縁部とキャップ 22 のベース部材 21 側において外側に延びる

50

リング状のフランジ部 2 2 a とが接触した状態で、気密に接合されている。キャップ 2 2 の上端部（フランジ部 2 2 a とは反対側の端部）には、内側に延びるリング状のフランジ部 2 2 b が形成されている。

【0022】

光透過窓 2 3 は、円板状に形成されている。光透過窓 2 3 は、例えば C a F₂（フッ化カルシウム）等の赤外光透過率の高い材料によって形成されている。光透過窓 2 3 は、キャップ 2 2 に固定されている。具体的には、光透過窓 2 3 は、キャップ 2 2 のフランジ部 2 2 b によって形成された開口を塞ぐように、キャップ 2 2 のフランジ部 2 2 b の上面（外側表面）に気密に接合されている。以上のようにベース部材 2 1、キャップ 2 2、及び光透過窓 2 3 が気密に接合されることにより、パッケージ 2 の内側に、真空状態に保持された内部空間 S が形成されている。ベース部材 2 1 の内側表面（内部空間 S 側の表面）には、ベース部材 2 1 よりも一回り小さい円板状の金属からなるベース板 5 が接合されている。

10

【0023】

ステム 3 は、ベース板 5 よりも一回り小さい円板状の部材である。ステム 3 は、例えばセラミックからなる。ステム 3、ベース板 5、及びベース部材 2 1 には、ステムピン 6 a を挿通させるための貫通孔 3 a、貫通孔 5 a、及び貫通孔 2 1 a と、ステムピン 6 b を挿通させるための貫通孔 3 b、貫通孔 5 b、及び貫通孔 2 1 b とが形成されている。貫通孔 3 a、貫通孔 5 a、及び貫通孔 2 1 a は、ステム 3 の厚さ方向（Z 軸方向）から見て互いに重なる位置に形成されている。貫通孔 3 b、貫通孔 5 b、及び貫通孔 2 1 b は、ステム 3 の Z 軸方向から見て互いに重なる位置に形成されている。ステムピン 6 a を挿通させるための貫通孔（貫通孔 3 a、貫通孔 5 a、及び貫通孔 2 1 a）とステムピン 6 b を挿通させるための貫通孔（貫通孔 3 b、貫通孔 5 b、及び貫通孔 2 1 b）とは、ソース電極 4 3 a とドレイン電極 4 3 b とが対向する方向（X 軸方向）に、互いに対向している。具体的には、Z 軸方向から見て、貫通孔 3 a、貫通孔 5 a、及び貫通孔 2 1 a は、ソース電極 4 3 a よりも外側に位置しており、貫通孔 3 b、貫通孔 5 b、及び貫通孔 2 1 b は、ドレイン電極 4 3 b よりも外側に位置している。すなわち、Z 軸方向から見て、ステムピン 6 a は、ソース電極 4 3 a の外側に位置しており、ステムピン 6 b は、ドレイン電極 4 3 b の外側に位置している。

20

【0024】

各ステムピン 6 は、導電性を有する部材であり、例えばコバルト金属にニッケルめっき（1～10 μm）と金めっき（0.1～2 μm）等を施した金属からなり、Z 軸方向に延在している。各ステムピン 6 とベース部材 2 1 の貫通孔 2 1 a、2 1 b とは、例えば低融点ガラスからなるシール部材 G により、気密に接合されている。各ステムピン 6 においてステム 3 から突出している一部分とステム 3 とは、ハトメ 9 を介して互いに固定されている。これにより、各ステムピン 6 は、ステム 3 に対して固定されている。ステムピン 6 a においてパッケージ 2 の外側に延びる部分は、図示しない外部電源等に接続される。一方、ステムピン 6 a においてステム 3 から突出している部分（本実施形態ではステムピン 6 a の先端）は、ボンディングワイヤ 7 を介して、ソース電極 4 3 a と電氣的に接続されている。これにより、ソース電極 4 3 a と外部電源との間の導通が確保されている。同様に、ステムピン 6 b においてパッケージ 2 の外側に延びる部分は、図示しない外部電源等に接続される。一方、ステムピン 6 b においてステム 3 から突出している部分（本実施形態ではステムピン 6 b の先端）は、ボンディングワイヤ 7 を介して、ドレイン電極 4 3 b と電氣的に接続されている。これにより、ドレイン電極 4 3 b と外部電源との間の導通が確保されている。

30

40

【0025】

ステム 3 とベース板 5 との間には、各ステムピン 6 の周囲を覆うように、円筒状のスペーサ 8 が配置されている。スペーサ 8 は、例えばセラミックからなる。スペーサ 8 により、ステム 3 は、ベース板 5 から離間した位置に配置されている。

【0026】

50

発光素子 4 は、基板 4 1 におけるグラファイト薄膜 4 2 が設けられる側とは反対側の面がダイボンディング等によってステム 3 の上面に固定されることにより、ステム 3 上に固定されている。電極 4 3 によって発光素子 4 のグラファイト薄膜 4 2 に電圧が印加されることによりグラファイト薄膜 4 2 から発光された光は、光透過窓 2 3 を介してパッケージ 2 の外部に出射される。発光素子 4 (光源装置 1) は、赤外光を発する赤外発光素子 (赤外光源装置) である。

【0027】

なお、光源装置 1 の構成は上記構成に限られない。例えば、光源装置 1 では、ステム 3 は、Y 軸方向に対向する 2 つのステムピン 6 a, 6 b によって固定されているが、ステム 3 をより安定的に固定するために、3 つ以上のステムピンがステム 3、ベース板 5、及びベース部材 2 1 に挿通されてもよい。

【0028】

次に、図 3 を参照して、本実施形態に係る発光素子 4 の詳細構成について説明する。図 3 は、図 1 に示される発光素子 4 の一部を拡大した拡大図である。図 3 に示されるように、発光素子 4 は、基板 4 1 と、電極 4 3 の一部を介して基板 4 1 上に配置されたグラファイト薄膜 4 2 と、グラファイト薄膜 4 2 の一部を覆う電極 4 3 (ソース電極 4 3 a 及びドレイン電極 4 3 b) と、を有している。

【0029】

基板 4 1 は、矩形板状に形成されている。基板 4 1 は、Z 軸方向から見て、例えば一辺が 5 mm 程度の正形状を有する。基板 4 1 は、ステム 3 の上面に固定される側とは反対側において表面 4 1 a (第 1 表面) と表面 4 1 b (第 2 表面) とを有している。基板 4 1 には、ステム 3 の上面に固定される側とは反対側において、Y 軸方向 (第 1 方向) に延びる溝 4 1 c が形成されている (図 1 参照)。溝 4 1 c の Y 軸方向と交差する断面形状は、例えば矩形状である。Y 軸方向から見た溝 4 1 c の幅は、例えば $100\text{ }\mu\text{m} \sim 300\text{ }\mu\text{m}$ 程度であり、溝 4 1 c の深さは、例えば $400\text{ }\mu\text{m}$ 程度である。基板 4 1 に溝 4 1 c が形成されることにより、例えばグラファイト薄膜 4 2 が発光する際に、グラファイト薄膜 4 2 から基板 4 1 への熱伝導を抑制することができる。このように、基板 4 1 では、表面 4 1 a 及び表面 4 1 b は、X 軸方向 (第 2 方向) において溝 4 1 c を互いに挟むように配置される。つまり、表面 4 1 a 及び表面 4 1 b は、溝 4 1 c が形成された矩形板状の基板 4 1 における表面のうち溝 4 1 c を除いた部分である。表面 4 1 a 及び表面 4 1 b の Z 軸方向における位置は、互いに略同一である。表面 4 1 a は、ステムピン 6 a 側に位置しており、表面 4 1 b は、ステムピン 6 b 側に位置している。

【0030】

本実施形態では、基板 4 1 は、矩形板状の基材 4 1 d と、基材 4 1 d の表面上に設けられる絶縁物層 4 1 e (酸化物層) と、を有している。基材 4 1 d は、Si (シリコン) によって構成されるシリコン基板である。基材 4 1 d の厚さは、例えば $1000\text{ }\mu\text{m}$ (1 mm) 程度である。ただし、基材 4 1 d は、グラファイト薄膜 4 2 と比べて電気抵抗が十分大きく、ソース電極 4 3 a とドレイン電極 4 3 b との間で電氣的に短絡しないような材料であればよく、例えば SiN、SiC、 Al_2O_3 、MgO 等であってもよい。絶縁物層 4 1 e は、例えば SiO_2 (二酸化ケイ素) 等の酸化物を含む材料によって構成されている。絶縁物層 4 1 e は、基板 4 1 の表面にコーティングされている。絶縁物層 4 1 e の厚さは、例えば $0.2\text{ }\mu\text{m}$ 程度である。本実施形態では、絶縁物層 4 1 e の一部の表面が表面 4 1 a 及び表面 4 1 b を構成している。

【0031】

グラファイト薄膜 4 2 は、Z 軸方向から見て、基板 4 1 よりも十分に小さい矩形状に形成されており、基板 4 1 の Y 軸方向における略中央に配置されている。グラファイト薄膜 4 2 の Y 軸方向における幅は、例えば $100\text{ }\mu\text{m}$ である。グラファイト薄膜 4 2 は、X 軸方向に沿って延びており、溝 4 1 c を跨ぐように表面 4 1 a から表面 4 1 b まで延びている。グラファイト薄膜 4 2 は、例えば層数が 1 ~ 2000 である単層又は多層のグラフェン (又はグラファイト) である。グラフェン 1 層分の膜厚は、約 $3.3\text{ }\text{\AA}$ (0.33 nm)

）である。グラファイト薄膜 4 2（グラフェン）は、炭素（カーボン）によって構成される。グラファイト薄膜 4 2 の材料となる単層又は多層のグラフェンは、例えば、粘着テープ等によるグラファイトからの転写、化学気相成長法、S i C 加熱法等により作製され得る。

【0032】

グラファイト薄膜 4 2 は、電極 4 3 によって電圧が印加されて発熱することにより赤外光を発光する発光部として機能する。ここで、発光強度を向上させるためには、グラファイト薄膜 4 2 の層数は多い方がよい。一方、熱応答速度を改善する観点からは、グラファイト薄膜 4 2 の熱容量を低くするために、グラファイト薄膜 4 2 の層数は少ない方がよい。上記観点から、グラファイト薄膜 4 2 は、好ましくは、層数が 5 0 ～ 2 0 0 0 の多層グラフェンであってもよい。グラファイト薄膜 4 2 の層数を 5 0 ～ 2 0 0 0 とすることにより、上記観点において好適な発光素子 4 が得られる。グラファイト薄膜 4 2 は、表面 4 1 a 側の基板 4 1 に支持される被支持部 4 2 a と、表面 4 1 b 側の基板 4 1 に支持される被支持部 4 2 b と、溝 4 1 c と対向する（溝 4 1 c を架橋する）架橋部 4 2 c と、を有している。

【0033】

ソース電極 4 3 a は、表面 4 1 a に設けられ、グラファイト薄膜 4 2 の被支持部 4 2 a を覆う。ドレイン電極 4 3 b は、表面 4 1 b に設けられ、グラファイト薄膜 4 2 の被支持部 4 2 b を覆う。ソース電極 4 3 a 及びドレイン電極 4 3 b は、グラファイト薄膜 4 2 の架橋部 4 2 c を覆っておらず、架橋部 4 2 c は発光素子 4 の外部に露出している。なお、架橋部 4 2 c と溝 4 1 c の表面との間には空間が形成されている。ソース電極 4 3 a 及びドレイン電極 4 3 b は、互いに同様の構成（対称的な構造）を有している。

【0034】

ソース電極 4 3 a は、下部電極 4 4 a（第 1 電極）と上部電極 4 5 a（第 3 電極）とを有している。下部電極 4 4 a と上部電極 4 5 a は、Z 軸方向においてグラファイト薄膜 4 2 を挟むように互いに対向して配置される。言い換えると、基板 4 1 上には、下部電極 4 4 a、グラファイト薄膜 4 2（被支持部 4 2 a）、及び上部電極 4 5 a が、基板 4 1 側からこの順で設けられる。上部電極 4 5 a と下部電極 4 4 a とは、互いに電氣的に接続され、同電位に維持される。

【0035】

下部電極 4 4 a は、表面 4 1 a 上に設けられる。下部電極 4 4 a は、Z 軸方向から見て矩形状に形成されている。下部電極 4 4 a の厚さは、例えば 0. 3 μ m 程度である。下部電極 4 4 a の Y 軸方向における略中央には、グラファイト薄膜 4 2 の被支持部 4 2 a が設けられている。下部電極 4 4 a は、X 軸方向に沿って、基板 4 1 のステムピン 6 a 側の縁の近傍から表面 4 1 a と溝 4 1 c との境界線 B L a 上まで延びている。境界線 B L a は、Y 軸方向に延びており、表面 4 1 a の X 軸方向における一端、及び溝 4 1 c のソース電極 4 3 a 側の側面の上端に相当する。なお、下部電極 4 4 a は、境界線 B L a よりもドレイン電極 4 3 b に向かって突出していてもよい。つまり、本実施形態では、下部電極 4 4 a は、X 軸方向に沿って少なくとも境界線 B L a 上まで延びている。

【0036】

下部電極 4 4 a は、基板 4 1（表面 4 1 a）上に設けられる下層 5 1 a（第 3 層）と、下層 5 1 a 及びグラファイト薄膜 4 2 の間に配置される上層 5 2 a（第 4 層）と、を有している。下層 5 1 a 及び上層 5 2 a は、基板 4 1 側からこの順で設けられる。下層 5 1 a の厚さは、例えば 0. 2 μ m 程度であり、上層 5 2 a の厚さは、例えば 0. 1 μ m 程度である。下層 5 1 a 及び上層 5 2 a（下部電極 4 4 a）を構成する材料は、電流が流れる材料であればどのような材料でもよく、例えば P d、P t、A u、N i、C o、C r、T i、A l 等の金属であってもよいし、半導体であってもよい。ただし、グラファイト薄膜 4 2 の発光強度に関して高速変調が要求される場合には、下部電極 4 4 a（電極 4 3）は、電気抵抗が小さい金属であることが好ましい。本実施形態では、下層 5 1 a は、T i（チタン）によって構成されており、上層 5 2 a は、P t（白金）によって構成されている。

上層 5 2 a は、グラファイト薄膜 4 2 に接合されている。下層 5 1 a 及び上層 5 2 a は、互いに同電位に維持される。

【0037】

上部電極 4 5 a は、グラファイト薄膜 4 2 上に設けられる。上部電極 4 5 a は、Z 軸方向から見て矩形状に形成されている。本実施形態では、Z 軸方向から見た上部電極 4 5 a の大きさ（面積）は、下部電極 4 4 a よりも小さい。上部電極 4 5 a の厚さは、例えば 0.8 μm 程度である。上部電極 4 5 a の Y 軸方向における中央部分は、被支持部 4 2 b 上に設けれ、上部電極 4 5 a の中央部分以外は、下部電極 4 4 a 上に設けられる（図 1 参照）。つまり、上部電極 4 5 a は、Y 軸方向における中央部分において、グラファイト薄膜 4 2 を介して下部電極 4 4 a と対向する。上部電極 4 5 a の中央部分以外が下部電極 4 4 a 上に設けられることにより、上部電極 4 5 a は下部電極 4 4 a と電氣的に接続される。

10

【0038】

上部電極 4 5 a は、X 軸方向に沿って、グラファイト薄膜 4 2 のステムピン 6 a 側の一端から溝 4 1 c の近傍まで延びている。本実施形態では、下部電極 4 4 a の X 軸方向における溝 4 1 c 側の一端 4 4 c は、上部電極 4 5 a の X 軸方向における溝 4 1 c 側の一端 4 5 c よりも溝 4 1 c 側に位置している。つまり、一端 4 5 c は、Z 軸方向から見て、溝 4 1 c のソース電極 4 3 a 側の側面から一端 4 4 c よりも離間している。また、上部電極 4 5 a のステムピン 6 a 側の他端は、下部電極 4 4 a のステムピン 6 a 側の他端よりも溝 4 1 c 側に位置している（図 2 参照）。なお、上部電極 4 5 a の他端と下部電極 4 4 a の他端とでは、X 軸方向における位置が互いに略同一であってもよい。この場合、上部電極 4 5 a の他端部と下部電極 4 4 b の他端部が、グラファイト薄膜 4 2 の X 軸方向における外側において、互いに電氣的に接続されてもよい。また、上部電極 4 5 a は、X 軸方向において境界線 B L a の位置まで延びていてもよい。つまり、一端 4 4 c と一端 4 5 c とでは、X 軸方向における位置が互いに略同一であってもよい。

20

【0039】

上部電極 4 5 a は、グラファイト薄膜 4 2（下部電極 4 4 a）上に設けられる下層 5 3 a（第 1 層）と、下層 5 3 a 上に設けられる接続層 5 4 a（第 2 層）と、ステムピン 6 a 側のボンディングワイヤ 7 が接続される最表面層 5 5 a と、を有している。下層 5 3 a、接続層 5 4 a、及び最表面層 5 5 a は、基板 4 1 側からこの順で設けられる。つまり、接続層 5 4 a は、下層 5 3 a と最表面層 5 5 a との間に配置されており、最表面層 5 5 a は発光素子 4 の外部に露出している。上部電極 4 5 a では、下層 5 3 a と接続層 5 4 a とで構成される中間層が、基板 4 1 と最表面層 5 5 a との間に配置される。下層 5 3 a の厚さは、例えば 0.2 μm 程度であり、接続層 5 4 a の厚さは、例えば 0.1 μm 程度である。最表面層 5 5 a の厚さは、例えば 0.5 μm 程度である。

30

【0040】

下層 5 3 a、接続層 5 4 a、及び最表面層 5 5 a（上部電極 4 5 a）を構成する材料は、下部電極 4 4 a の下層 5 1 a 及び上層 5 2 a と同様に、電流が流れる材料であればどのような材料でもよく、例えば Pd、Pt、Au、Ni、Co、Cr、Ti、Al 等の金属であってもよいし、半導体であってもよい。本実施形態では、最表面層 5 5 a の抵抗値が、下部電極 4 4 a の下層 5 1 a 及び上層 5 2 a、並びに下層 5 3 a 及び接続層 5 4 a（中間層）の抵抗値よりも小さくなるように、各層の材料が選択される。本実施形態では、上述の抵抗値の関係を満たすために、下層 5 3 a は、Ti（チタン）によって構成されており、接続層 5 4 a は、Pt（白金）によって構成されており、最表面層 5 5 a は、Au（金）によって構成されている。

40

【0041】

ドレイン電極 4 3 b は、下部電極 4 4 b（第 2 電極）と上部電極 4 5 b（第 4 電極）とを有している。下部電極 4 4 b は、下部電極 4 4 a と同様の構成を有しており、上部電極 4 5 b は、上部電極 4 5 a と同様の構成を有している。下部電極 4 4 b は、表面 4 1 b 上に設けられる。下部電極 4 4 b 上には、グラファイト薄膜 4 2 の被支持部 4 2 b が設けられる。上部電極 4 5 b は、グラファイト薄膜 4 2（被支持部 4 2 b）上に設けられる。基

50

板 4 1 上には、下部電極 4 4 b、グラファイト薄膜 4 2（被支持部 4 2 b）、及び上部電極 4 5 bが、基板 4 1 側からこの順で設けられる。言い換えると、上部電極 4 5 bは、グラファイト薄膜 4 2を介して下部電極 4 4 bと対向する。下部電極 4 4 bと上部電極 4 5 bとは、互いに電氣的に接続される。

【0042】

下部電極 4 4 bは、X軸方向に沿って、基板 4 1のステムピン 6 b側の縁の近傍から表面 4 1 bと溝 4 1 cとの境界線 B L b上まで延びている。なお、下部電極 4 4 bは、境界線 B L bよりもソース電極 4 3 aに向かって突出していてもよい。つまり、本実施形態では、下部電極 4 4 bは、X軸方向に沿って少なくとも境界線 B L b上まで延びている。下部電極 4 4 bのX軸方向における溝 4 1 c側の一端 4 4 dは、上部電極 4 5 bのX軸方向における溝 4 1 c側の一端 4 5 dよりも溝 4 1 c側に位置している。つまり、一端 4 5 dは、Z軸方向から見て、溝 4 1 cのドレイン電極 4 3 b側の側面から一端 4 4 dよりも離間している。

10

【0043】

本実施形態では、発光素子 4は、X軸方向の中央に位置しY軸方向に延びる仮想的な中心線に対して線対称に構成されている。本実施形態に係る発光素子 4では、下部電極 4 4 aの一端 4 4 cと下部電極 4 4 bの一端 4 4 dとの間隔は、上部電極 4 5 aの一端 4 5 cと上部電極 4 5 bの一端 4 5 dとの間隔よりも小さい。下部電極 4 4 aの一端 4 4 cと下部電極 4 4 bの一端 4 4 dとの間隔は、Y軸方向から見た溝 4 1 cの幅と略等しく、X軸方向におけるグラファイト薄膜 4 2の架橋部 4 2 cの長さと略等しい。

20

【0044】

下部電極 4 4 bは、基板 4 1（表面 4 1 b）上に設けられる下層 5 1 b（第3層）と、下層 5 1 b及びグラファイト薄膜 4 2の間に配置される上層 5 2 b（第4層）と、を有している。下層 5 1 bは、下部電極 4 4 aの下層 5 1 aと同様に構成されており、上層 5 2 bは、下部電極 4 4 aの上層 5 2 aと同様に構成されている。下層 5 1 bを構成する材料は、下層 5 1 aを構成する材料と同じであり、上層 5 2 bを構成する材料は、上層 5 2 aを構成する材料と同じである。

【0045】

上部電極 4 5 bは、グラファイト薄膜 4 2（下部電極 4 4 b）上に設けられる下層 5 3 b（第1層）と、下層 5 3 b上に設けられる接続層 5 4 b（第2層）と、ステムピン 6 b側のボンディングワイヤ 7が接続される最表面層 5 5 bと、を有している。上部電極 4 5 bでは、下層 5 3 bと接続層 5 4 bとによって構成される中間層が、グラファイト薄膜 4 2と最表面層 5 5 bとの間に配置される。下層 5 3 bは、上部電極 4 5 aの下層 5 3 aと同様に構成されており、接続層 5 4 bは、上部電極 4 5 aの接続層 5 4 aと同様に構成されている。最表面層 5 5 bは、上部電極 4 5 aの最表面層 5 5 aと同様に構成されている。下層 5 3 bを構成する材料は、下層 5 3 aを構成する材料と同じであり、接続層 5 4 bを構成する材料と同じであり、最表面層 5 5 bを構成する材料は、最表面層 5 5 aを構成する材料と同じである。

30

【0046】

次に、発光素子 4の製造方法の一例を説明する。まず、所望の大きさの溝が形成され、絶縁物層がコーティングされたシリコン基板（基板 4 1）を用意する。続いて、溝部分をマスクし、溝が形成された表面（表面 4 1 a，4 1 b）上に下地電極（下部電極 4 4 a，4 4 b）を蒸着する。そして、例えば水等の溶液中に浮かしたグラファイト薄膜 4 2を、下地電極が蒸着されたシリコン基板ですくい取ることで、シリコン基板にグラファイト薄膜 4 2を転写する。続いて、グラファイト薄膜 4 2が転写されたシリコン基板にさらに、下地電極及びグラファイト薄膜 4 2の一部を覆うように電極（上部電極 4 5 a，4 5 b）を蒸着する。以上により発光素子 4が製造され、このように製造された発光素子 4を、パッケージ 2の内部空間 S内に配置することによって、光源装置 1が形成される。

40

【0047】

次に、図 4～図 6を参照して、本実施形態に係る発光素子 4（光源装置 1）の特性の計

50

測結果について説明する。図4は、図1に示される発光素子4に電流を流したときの温度特性の計測結果を示す図である。図5の(a)は、図1に示される発光素子4の応答特性の計測結果を示す図である。図5の(b)は、比較例の応答特性の計測結果を示す図である。図6は、図1に示される発光素子4の輝度分布の計測結果を示す図である。

【0048】

発光素子4の特性の計測では、1辺の長さが5mmであるSiO₂/Si基板(SiO₂がコーティングされたシリコン基板)に、幅が100μmであるグラファイト薄膜42を設けた発光素子4を用いた。SiO₂/Si基板には、幅が100μmであり、深さが400μmである溝を形成した。また、グラファイト薄膜42として、多層(約1000層)のグラフェンを用いた。比較例として、フィラメントがタングステンである豆電球(発光素子)を用いた。

【0049】

図4には、入力電力Pinを変化させた場合の発光素子における温度Tの計測結果が示されている。図4において、横軸は、発光素子に対して入力した入力電力Pin(ミリワット; mW)であり、縦軸は、発光素子の温度T(°C)である。発光素子の温度Tは、パイロメータ(Pyrometer; 放射温度計)を用いて測定した。図4では、発光素子4の温度変化を示す計測結果L1は、比較例の温度変化を示す計測結果L2に比べて、入力電力Pinが小さい範囲において、発光素子4の温度が高温まで上昇したことを示している。従って、比較例に比べて、発光素子4は低消費電力で昇温が可能であることがわかる。なお、この計測結果において測定された温度Tは、発光素子からの輝度に対応する。つまり、発光素子の温度Tが高いほど、発光素子から発せられる光が高輝度であることを示している。

【0050】

図5の(a)及び図5の(b)には、所定周波数を有する入力電圧を発光素子に入力した場合の発光素子の応答特性が示されている。図5の(a)及び図5の(b)において、横軸は時間であり、縦軸は電圧である。図5の(a)の入力電圧Vin1は、発光素子4に入力された約1kHzの矩形波電圧である。応答結果である電圧Vout1は、InAsSb(インジウムヒ素アンチモン)で構成されるPN接合部が設けられたInAsSbフォトダイオードを備える赤外線検出素子(光起電力素子)を用いて、発光素子4から発せられた光を検出した際の当該赤外線検出素子から出力された電圧である。図5の(b)の入力電圧Vin2は、比較例の豆電球に入力された約50Hzの矩形波電圧である。応答結果である電圧Vout2は、電圧Vout1と同様に、比較例の発光素子から発せられた光を検出した際の赤外線検出素子から出力された電圧である。なお、図5の(a)及び図5の(b)では、赤外線検出素子の出力をオシロスコープによって観察することで得られる電圧Vout1, Vout2の時間変化が示されている。図5の(a)に示されるように、発光素子4では、入力電圧Vin1の変化に対して追従する応答結果が得られた。一方、比較例の豆電球では、図5の(b)に示されるように、発光素子4に入力した入力電圧Vin1よりも低い周波数の入力電圧Vin2を比較例の豆電球に入力したが、入力電圧Vin2の変化に対して追従していない応答結果が得られた。これらの結果から、発光素子4は、比較例の豆電球に対して、より早い速度で入力に対して追従する応答特性を有していることがわかる。

【0051】

図6には、発光素子4及び比較例の豆電球それぞれの発光部分に対する画像データから得られる輝度分布が示されている。画像データの取得には、可視光から近赤外光までの領域において高い感度を有するCCDカメラを使用した。発光素子4の輝度分布では、画像データのうちグラファイト薄膜42に沿った位置でのデータから輝度値(カウント値)を取得した。比較例の豆電球の輝度分布では、画像データのうち正面視における比較例の豆電球の中心を通る位置でのデータから輝度値を取得した。図6において、横軸は画素(ピクセル)位置であり、縦軸は輝度値である。画素位置によって発光素子のどの部分に位置するかが特定される。輝度値は、上述のCCDカメラにより得られた画像データにおいて

発光部分を観測することにより得られた値である。輝度値が大きい画素位置ほど、対応する発光部分の位置から強い光を発していることを示している。発光素子 4 の計測結果 L 3 から、発光素子 4 は局所的に強い光を発していることがわかる。これに対して、比較例の豆電球に対する計測結果 L 4 から、比較例の豆電球は比較的広い範囲において発光していることがわかる。これらの結果から、発光素子 4 は、微小点において高輝度に発光する素子であることがわかる。

【0052】

以上述べた発光素子 4 では、グラファイト薄膜 4 2 が、基板 4 1 に形成された溝 4 1 c を跨ぐように、溝 4 1 c を互いに挟む表面 4 1 a 及び表面 4 1 b に下部電極 4 4 a 及び下部電極 4 4 b を介して設けられる。また、グラファイト薄膜 4 2 のうち被支持部 4 2 a 及び被支持部 4 2 b の少なくとも一部が、上部電極 4 5 a 及び上部電極 4 5 b によって覆われている。この構成によれば、グラファイト薄膜 4 2 には、主に下部電極 4 4 a の一端 4 4 c 及び上部電極 4 5 a の一端 4 5 c から下部電極 4 4 b の一端 4 4 d 及び上部電極 4 5 b の一端 4 5 d に向けて電流が流れるので、グラファイト薄膜 4 2 のうち架橋部 4 2 c と架橋部 4 2 c の近傍とに主に電流が流れる。また、グラファイト薄膜 4 2 にガスが含まれている場合がある。例えば、グラファイト薄膜 4 2 が多層のグラフェンで構成されているとき、グラフェン間（炭素膜間）にガスが含まれている場合がある。本実施形態の発光素子 4 の構成では、上部電極 4 5 a, 4 5 b がグラファイト薄膜 4 2 の上面を覆う。この構成により、グラファイト薄膜 4 2 の表面（外部に露出した架橋部 4 2 c 以外の部分（被支持部 4 2 a, 4 2 b）の表面）において、グラファイト薄膜 4 2 に含まれるガスの放出が抑制される。その結果、グラファイト薄膜 4 2 からの放出ガスによる影響を低減すると共にグラファイト薄膜 4 2 の発光部分（架橋部 4 2 c）を効率よく加熱することができる。

【0053】

また、下部電極 4 4 a は、少なくとも表面 4 1 a と溝 4 1 c との境界線 B L a 上まで延び、下部電極 4 4 b は、少なくとも表面 4 1 b と溝 4 1 c との境界線 B L b 上まで延びる。この構成によれば、グラファイト薄膜 4 2 の架橋部 4 2 c に主に電流が流れる。その結果、グラファイト薄膜 4 2 の架橋部 4 2 c をさらに効率よく加熱することができる。

【0054】

下部電極 4 4 a の一端 4 4 c は、上部電極 4 5 a の一端 4 5 c よりも溝側に位置し、下部電極 4 4 b の一端 4 4 d は、上部電極 4 5 b の一端 4 5 d よりも溝側に位置する。この構成によれば、グラファイト薄膜 4 2 を介した下部電極 4 4 a と下部電極 4 4 b との間の距離が、グラファイト薄膜 4 2 を介した上部電極 4 5 a と上部電極 4 5 b との間の距離よりも短くなる。これにより、グラファイト薄膜 4 2 を介して下部電極 4 4 a 及び下部電極 4 4 b の間に流れる電流値と、グラファイト薄膜 4 2 を介して上部電極 4 5 a 及び上部電極 4 5 b の間に流れる電流値との大小関係が調整される。

【0055】

電流値の大小関係の調整について詳細に説明すると、外部から発光素子 4 に電流を供給するためのボンディングワイヤ 7 との接続（例えば、接触抵抗）が考慮されて、上部電極 4 5 a, 4 5 b の最表面層 5 5 a, 5 5 b の抵抗値は、上部電極 4 5 a, 4 5 b の中間層（下層 5 3 a, 5 3 b 及び接続層 5 4 a, 5 4 b）、及び下部電極 4 4 a, 4 4 b の抵抗値よりも小さい。上記の抵抗値の関係から、最表面層 5 5 a, 5 5 b の間（上部電極 4 5 a, 4 5 b の間）の方が下部電極 4 4 a, 4 4 b の間よりも電流が流れ易くなっている。一方、下部電極 4 4 a, 4 4 b の間の距離が上部電極 4 5 a, 4 5 b の間の距離よりも短いことにより、グラファイト薄膜 4 2 を介した下部電極 4 4 a, 4 4 b の間の抵抗値が、グラファイト薄膜 4 2 を介した上部電極 4 5 a, 4 5 b の間の抵抗値よりも小さくなる。つまり、この抵抗値の大小関係により、下部電極 4 4 a, 4 4 b の間の方が、上部電極 4 5 a, 4 5 b の間よりも電流が流れ易くなる。従って、下部電極 4 4 a, 4 4 b の間の距離を上部電極 4 5 a, 4 5 b の間の距離よりも短くすることにより、最表面層 5 5 a, 5 5 b の間（上部電極 4 5 a, 4 5 b の間）の電流の流れ易さと下部電極 4 4 a, 4 4 b の間の電流の流れ易さとをバランスさせることができる。その結果、グラファイト薄膜 4 2

における下部電極 4 4 a, 4 4 b 及び上部電極 4 5 a, 4 5 b の間の部分（すなわち、架橋部 4 2 c 及びその近傍）に対して、上下から略均一に電流を流すことが可能となる。

【0056】

基板 4 1 は、シリコンによって構成される基材 4 1 d と、酸化物を含む材料によって構成される絶縁物層 4 1 e とを有する。絶縁物層 4 1 e は、下部電極 4 4 a, 4 4 b と基材 4 1 d との間に配置される。この構成によれば、絶縁物層 4 1 e により、基材 4 1 d を介したソース電極 4 3 a（下部電極 4 4 a）とドレイン電極 4 3 b（下部電極 4 4 b）との間の絶縁を確保することができる。つまり、下部電極 4 4 a と下部電極 4 4 b との間が、基材 4 1 d を介して短絡してしまうことを抑制できる。

【0057】

上部電極 4 5 a, 4 5 b では、最表面層 5 5 a, 5 5 b は金によって構成され、下層 5 3 a, 5 3 b はチタンによって構成され、接続層 5 4 a, 5 4 b は白金によって構成される。このように下層 5 3 a, 5 3 b がチタンで構成されることで、グラファイト薄膜 4 2 とソース電極 4 3 a 及びドレイン電極 4 3 b（上部電極 4 5 a, 4 5 b）との間の接触抵抗を小さくすることができる。また、白金によって構成される接続層 5 4 a, 5 4 b を介することで、下層 5 3 a, 5 3 b に対する最表面層 5 5 a, 5 5 b の接合性を向上させることができる。

【0058】

下部電極 4 4 a, 4 4 b では、下層 5 1 a, 5 1 b がチタンによって構成されており、上層 5 2 b が白金によって構成されている。例えば、チタンのみによって構成された下部電極が蒸着された基板 4 1 を用いて、水等の溶液中に浮かしたグラファイト薄膜 4 2 を転写すると、下部電極（チタン）が酸化してしまうおそれがある。これに対して、下層 5 1 a, 5 1 b 上には、白金で構成される上層 5 2 a, 5 2 b が配置されるので、グラファイト薄膜 4 2 を基板 4 1 に転写する際に、下部電極 4 4 a, 4 4 b が酸化することを抑制できる。また、下層 5 1 a, 5 1 b を SiO₂ との親和性が高いチタンによって構成することにより、基板 4 1 の表面 4 1 a, 4 1 b を構成する絶縁物層 4 1 e（SiO₂）に対する下部電極 4 4 a, 4 4 b の接合性を向上させることができる。

【0059】

光源装置 1 では、発光素子 4 が、真空状態に保持されたパッケージ 2 の内部空間に配置される。上述した発光素子 4 の構成によって、グラファイト薄膜 4 2 から放出されるガスが抑制されるので、放出ガスによって内部空間の真空度が落ちる可能性が低減される。これにより、内部空間の真空度が保たれ、発光効率の低下を抑制することができる。

【0060】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明は、その要旨を逸脱しない範囲で様々な変形が可能である。

【0061】

例えば、下部電極 4 4 a は、X 軸方向に沿って、境界線 B L a 上まで延びていなくてもよく、境界線 B L a からステムピン 6 a 側に離れた位置まで延びてもよい。下部電極 4 4 b は、X 軸方向に沿って、境界線 B L b 上まで延びていなくてもよく、境界線 B L b からステムピン 6 b 側に離れた位置まで延びてもよい。

【0062】

発光素子 4 は、複数のグラファイト薄膜 4 2 を備えてもよい。例えば、複数のグラファイト薄膜 4 2 が、Y 軸方向（溝 4 1 c の延在方向）に沿って並ぶように配置されてもよい。この場合、複数のグラファイト薄膜 4 2 の各々の被支持部 4 2 a, 4 2 b が、ソース電極 4 3 a 及びドレイン電極 4 3 b に覆われる。また、下部電極 4 4 a, 4 4 b の大きさ（面積）は、上部電極 4 5 a, 4 5 b の大きさと同じであってもよいし、上部電極 4 5 a, 4 5 b の大きさよりも小さくてもよい。下部電極 4 4 a, 4 4 b の X 軸方向における長さは、上部電極 4 5 a, 4 5 b の X 軸方向における長さと同じであってもよいし、上部電極 4 5 a, 4 5 b の X 軸方向における長さよりも短くてもよい。

【0063】

溝 4 1 c の Y 軸方向から見た形状は、矩形状に限られない。溝 4 1 c の形状は、楕円形状等のいずれの形状であってもよい。溝 4 1 c の表面に、絶縁物層 4 1 e が設けられなくともよい。発光素子 4 は、Y 軸方向に沿った仮想線に対して線対称な構造でなくともよい。ソース電極 4 3 a を構成する各層（例えば、下層 5 1 a）の材料と、ドレイン電極 4 3 b を構成する各層（例えば、下層 5 1 b）の材料とは、互いに異なってもよい。

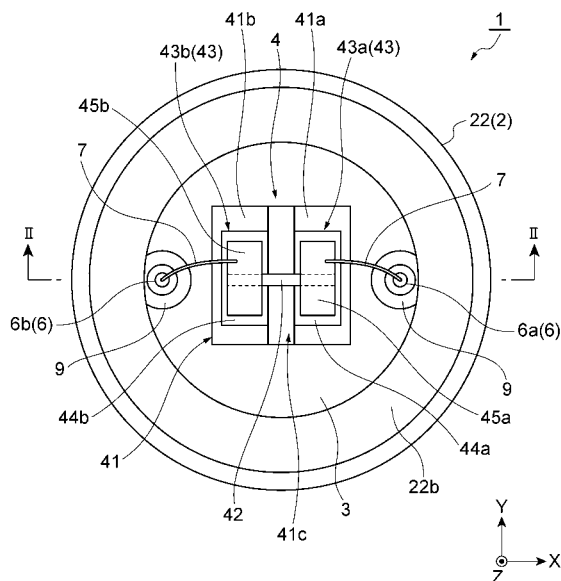
【符号の説明】

【0064】

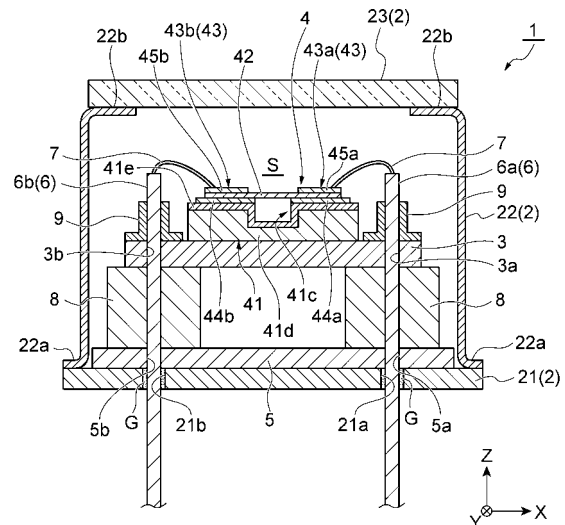
1 … 光源装置、2 … パッケージ、4 … 発光素子、23 … 光透過窓、41 … 基板、41 a, 41 b … 表面、41 c … 溝、41 d … 基材、41 e … 絶縁物層、42 … グラファイト薄膜、44 a, 44 b … 下部電極、44 c, 44 d … 一端、45 a, 45 b … 上部電極、45 c, 45 d … 一端、51 a, 51 b … 下層、52 a, 52 b … 上層、53 a, 53 b … 下層、54 a, 54 b … 接続層、55 a, 55 b … 最表面層。

10

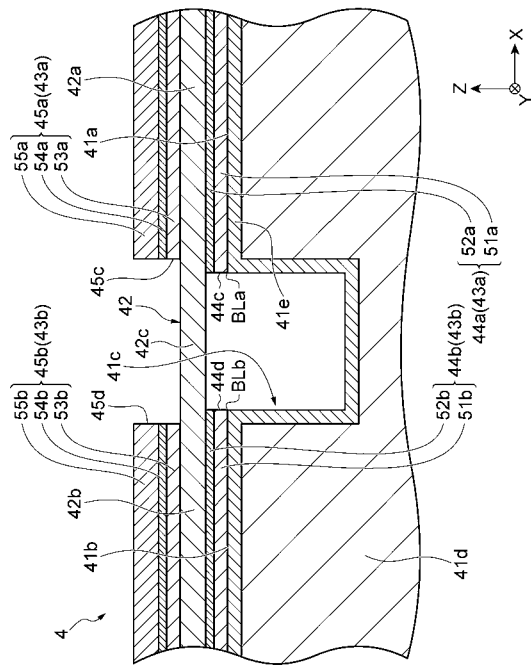
【図 1】



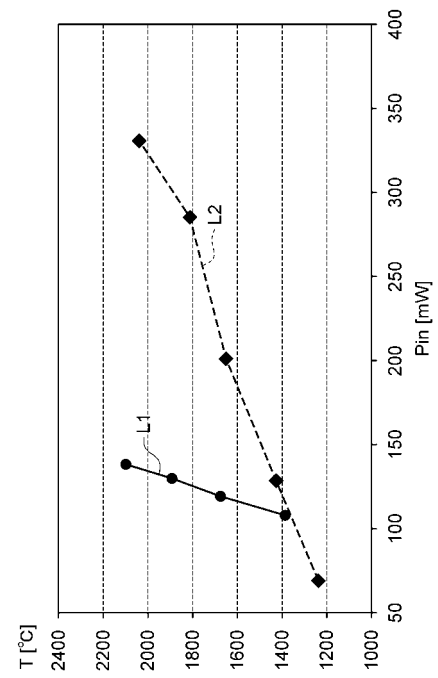
【図 2】



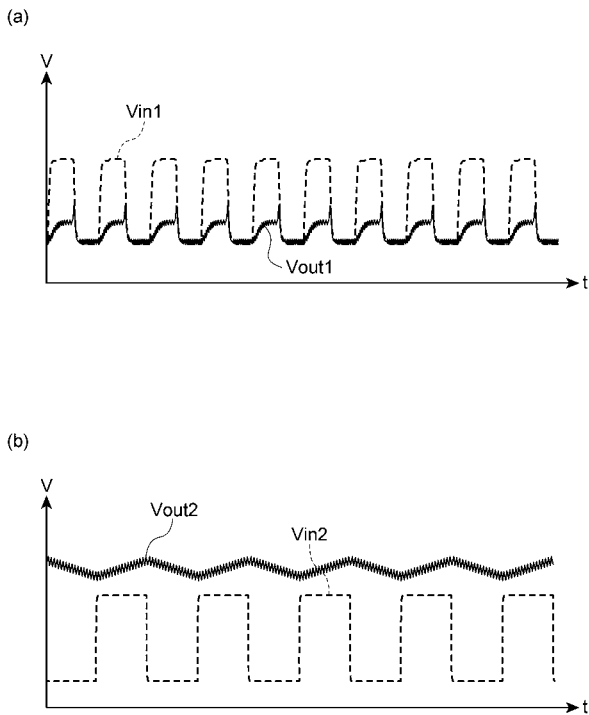
【図 3】



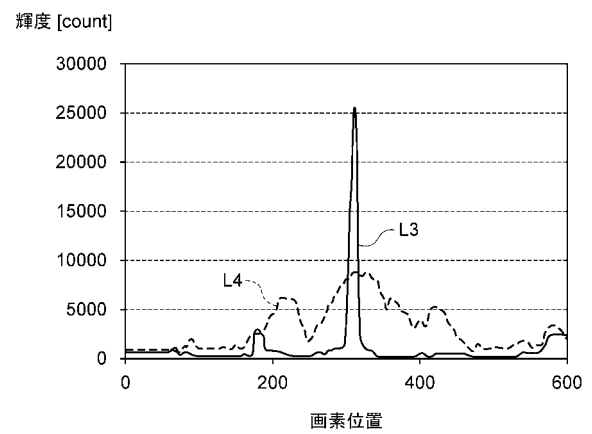
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

- (72)発明者 藤井 健夫
静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内
- (72)発明者 須山 本比呂
静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内