

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4501234号
(P4501234)

(45) 発行日 平成22年7月14日(2010.7.14)

(24) 登録日 平成22年4月30日(2010.4.30)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 33/44 (2010.01)
H01L 33/32 (2010.01)H01L 33/00 300
H01L 33/00 186

請求項の数 3 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2000-194105 (P2000-194105)
(22) 出願日	平成12年6月28日 (2000.6.28)
(65) 公開番号	特開2002-16282 (P2002-16282A)
(43) 公開日	平成14年1月18日 (2002.1.18)
審査請求日	平成19年6月27日 (2007.6.27)

(73) 特許権者	000226057 日亜化学工業株式会社 徳島県阿南市上中町岡491番地100
(72) 発明者	楠瀬 健 徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

審査官 高椋 健司

(56) 参考文献 特開平11-204832 (JP, A)
特開平06-252440 (JP, A)(58) 調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01L 33/00-33/64

(54) 【発明の名称】窒化物半導体素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に n 型窒化物半導体層、活性層及び p 型窒化物半導体層が積層された窒化物半導体素子であって、

前記窒化物半導体素子は、p 型窒化物半導体層の最上面の外周に沿って、前記 p 型窒化物半導体層の最上面から前記活性層を貫通する深さの溝が形成され、

前記溝は、その内部に内壁表面に接した第 1 の絶縁層と、前記第 1 の絶縁層に接した第 2 の絶縁層とが形成されており、

前記第 2 の絶縁層は、前記第 1 の絶縁層よりも屈折率が高い材料よりなることを特徴とする窒化物半導体素子。

10

【請求項 2】

前記第 1 の絶縁層は、SiO₂ からなる請求項 1 記載の窒化物半導体素子。

【請求項 3】

前記第 2 の絶縁層は、ポリイミド系樹脂からなる請求項 1 乃至請求項 2 記載の窒化物半導体素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、発光ダイオード等に用いられる窒化物半導体素子に係り、特に、封止材料の劣化を防止し、発光ダイオードの高輝度を維持できる窒化物半導体素子に関する。

20

【0002】

【従来技術】

窒化物半導体は広いバンドギャップを持ち、直接遷移型であることから、短波長の発光素子、例えば発光ダイオード（LED）の材料として利用される。特に窒化物半導体素子を用いた高輝度の青色発光LEDは、LEDディスプレイ、交通信号灯、イメージスキャナ－光源等の各種光源として実用化されている。

【0003】

LEDは、基本的には半導体素子、電極及び封止材料から構成されている。半導体素子は、基板上に形成された少なくとも半導体接合を有するp型及びn型の半導体と、それぞれの半導体に接したp電極及びn電極により構成されている。

10

【0004】

半導体素子の具体的な一例として窒化物半導体素子を挙げると、図5のように透光性絶縁基板であるサファイア、スピネル等の基板501の上に窒化物半導体と格子定数の不整合を緩和させるバッファ層（図示せず）、n電極508とオーミック接触を得るためのSiがドープされたGaNよりなるn型コンタクト層502、キャリア結合により光を発生させるGaN及びInGaNよりなる活性層（発光層）503、キャリアを活性層に閉じこめるためのMgがドープされたAlGaN及びMgがドープされたInGaNよりなるp型クラッド層504、p電極507とオーミック接触を得るためのMgがドープされたGaNよりなるp型コンタクト層505が順に積層されている窒化物半導体と、この窒化物半導体をエッチングして形成させたn型窒化物半導体の露出面に所望の形状に形成させたn電極508と、p型窒化物半導体層の表面のほぼ全面を覆う全面電極506上に所望の形状に形成させたp電極507とを有し、これら窒化物半導体及び各電極を外部から保護し短絡を防ぐ目的で形成させた絶縁層509とから構成される。この窒化物半導体素子をリード電極上にマウントし、電気的に導通を取り、透光性のエポキシ系樹脂等の封止材料で封止してLEDとなる。このようなLEDに通電させると、窒化物半導体素子中の活性層から発光した光が最上面のp型窒化物半導体層の表面及び活性層端面から放出される。

20

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、近年のLEDの高出力化に伴い、従来には無かったような問題が発生してきた。その一つに、封止材であるエポキシ系樹脂が、窒化物半導体素子から発せられる光によって劣化するという問題がある。

30

【0006】

エポキシ系樹脂は一般に、窒化物半導体との密着性が良く、機械的強度に優れ、また化学的にも安定しており、価格が安価である等の理由から、封止材料として現在最もよく用いられている材料であり、太陽光等の外部からの弱い光及び熱に対しては耐候性に優れている。しかし、青色を発光可能な窒化物半導体素子を用いたLEDの場合、他色に比べてエネルギーが高いため、エポキシ系樹脂が劣化して黒褐系色に着色し、窒化物半導体素子からの光を吸収してしまう。そのため、長時間の使用により、窒化物半導体素子が劣化していないにもかかわらず、LEDの発光強度が低下してしまうという問題が生じている。

40

【0007】

従って、本発明は、窒化物半導体素子を封止しているエポキシ系樹脂の劣化を抑制し、LEDの高輝度を維持する窒化物半導体素子を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明者らは、上記目的を達成するために鋭意検討を行った結果、窒化物半導体素子を封止しているエポキシ系樹脂のうち、特に劣化が激しいのは活性層端面周辺であり、窒化物半導体素子の形状を改良することで上記問題を解決出来ることを見いだし、本発明を完成させるに至った。

【0009】

すなわち本発明の窒化物半導体素子は、基板上にn型窒化物半導体層、活性層及びp型窒

50

化物半導体層が積層された窒化物半導体素子であって、前記窒化物半導体素子は、p型窒化物半導体層の最上面から前記活性層を貫通する深さの溝が形成され、溝の内部には内壁表面に接した第1の絶縁層と、第1の絶縁層に接した第2の絶縁層とが形成されていることを特徴とする。

【0010】

また、前記第1の絶縁層及び第2の絶縁層は、屈折率の異なる材料よりなることを特徴とする。

【0011】

さらにまた、前記第2の絶縁層は、第1の絶縁層よりも屈折率の高い材料よりなることを特徴とする。

【0012】

また、前記溝は、窒化物半導体素子のp型窒化物半導体層の最上面の外周近傍に沿って形成されていることが好ましい。このように構成することで、活性層を平行に伝搬する光を効率よく拡散させることができる。

【0013】

また、前記第1の絶縁層として、SiO₂を好適に用いることができる。

【0014】

また、前記第2の絶縁層として、ポリイミド系樹脂を好適に用いることができる。

【0015】

【発明の実施の形態】

本発明の発光ダイオードは、基板上にn型窒化物半導体層、活性層及びp型窒化物半導体層が積層された窒化物半導体素子であって、特に、活性層から発光される主発光波長が500nm以下である窒化物半導体素子である。以下、図面を参照しながら本発明に係る実施の形態の窒化物半導体について説明する。

【0016】

本発明に係る実施の形態の窒化物半導体素子の正面図を図2に、図2のA-A'面における断面図を図1に示す。本発明の実施の形態の窒化物半導体素子は、図1に示すように、サファイア、スピネル等の基板101上に窒化物半導体層との格子定数の不整合を緩和させるバッファ層(図示せず)、n電極108とオーミック接触を得るためにSiがドープされたGaNよりなるn型コンタクト層102、キャリア結合により光を発生させるGaNおよびInGaNよりなる活性層(発光層)103、キャリアを活性層に閉じこめるためのMgがドープされたAlGaN及びMgがドープされたInGaNよりなるp型クラッド層104、p電極107及び全面電極106とオーミック接触を得るためにMgがドープされたGaNよりなるp型コンタクト層105が順に積層されている。

【0017】

バッファ層は低温によって結晶成長を行ったGaNで、膜厚は10~500nmが好ましい。n型コンタクト層102は、SiがドープされたGaNから構成され、膜厚は1~20μmが好ましく、さらに好ましくは2~6μmである。n型コンタクト層102の上に例えばSiがドープされたAlGaNからなるn型クラッド層を膜厚100~500nmの厚さで形成させてもよい。活性層103は膜厚25~300nmのInGaNから構成されてもよいし、あるいは、膜厚50nmのGaN及び膜厚30nmのInGaNを1~10層形成し、最後に膜厚50nmのGaNを形成した单一あるいは多重量子井戸層として構成してもよい。

【0018】

p型クラッド層104はMgがドープされたAlGaN及びMgがドープされたInGaNから構成され、膜厚は100nmから0.2μmが好ましい、p型コンタクト層105はMgがドープされたGaNから構成され、膜厚は0.05~0.2μmが好ましい。

【0019】

その後、窒化物半導体をエッチングするが、本発明の実施の形態においては、図1に示すように、p型窒化物半導体層(p型コンタクト層)105の最上面から活性層103を貫

通する溝 112 が形成され、溝の内部には、内壁に接した第 1 の絶縁層 109 と、第 1 の絶縁層に接した第 2 の絶縁層 111 が形成されている。

【 0020 】

溝の深さは、p 型窒化物半導体層の最上面の表面から活性層を貫通する深さに形成されていればよい。本実施の形態のように、絶縁性の基板を用いて p 電極と n 電極とが同じ側に形成されている場合、電流の経路を確保するために溝の深さを n 型窒化物半導体層までとするのが好ましい。あまり深すぎると電流の経路が狭くなつて電流が流れにくくなり、また、溝が基板まで達すると電流が流れなくなるので好ましくない。

また、別の形態として、基板として導電性の材料、例えば GaN を用いてその導電性 GaN 基板側に形成された n 電極と、p 型窒化物半導体層側に形成された p 電極とが、対面する形態の窒化物半導体素子の場合は、p 型窒化物半導体層の最上面の表面から形成された溝が導電性 GaN 基板にまで達していても、電流の流れを阻害するものではないので、このような場合は、溝の深さは基板までであつても何ら差し支えない。

【 0021 】

また、本実施の形態の溝は、エッティングにより形成させることができる。n 電極形成面を露出させる際のエッティング時に同時に形成させてもよいし、また、n 電極形成面を露出させた後に更にエッティングにより溝を形成してもよい。前者は工程を増やすことなく、マスクを変更するだけで溝を形成することができ、後者はエッティング工程が 2 回に増えるという問題はあるものの、任意の深さの溝を形成させることができる。

【 0022 】

また、本実施の形態の溝は、その溝の内部に絶縁層を形成させてある。これによつて、活性層（発光層）端面とエポキシ系樹脂とを遠ざけることができる。つまり、エポキシ系樹脂が最も劣化し易い活性層端面とエポキシ系樹脂との間には、絶縁層と溝の外壁（窒化物半導体の端面と溝との間の部分）が形成されていることになる。溝の外壁には p 電極が形成されていないので電流が供給されず、活性層が発光しない窒化物半導体である。従つて、溝の外壁とエポキシ系樹脂が近接しても何ら問題はない。

【 0023 】

溝の内部には、内壁に接した第 1 の絶縁層と、この第 1 の絶縁層に接した第 2 の絶縁層とが形成され、これら 2 層の絶縁層は屈折率の異なる材料が用いられる。ここで、本実施の形態の窒化物半導体素子の活性層端面周辺の拡大図を図 3 に示す。第 2 の絶縁層が、第 1 の絶縁層よりも高い屈折率を有する材料であった場合、活性層から放出された光は、エポキシ系樹脂に達するまでに図中の矢印で示すように、主に第 2 の絶縁層と他の部材との界面を通過する際に拡散される。大きく分けると、1 溝内部の内側壁に接した第 1 の絶縁層と第 2 の絶縁層との界面、2 溝内部の第 2 の絶縁層と溝の外壁に接した第 1 の絶縁層との界面、3 溝の外壁の外側壁に接した第 1 の絶縁層と第 2 の絶縁層との界面、の各界面で広く拡散される。このように、溝の内部に、屈折率の小さい第 1 の絶縁層を窒化物半導体の表面に接して形成させ、その上に屈折率の大きい第 2 の絶縁層を形成することで、活性層端面からの光をより効率よく拡散させることができる。

【 0024 】

また、上記のように形成させる溝の位置は、図 2 に示すように窒化物半導体の p 型窒化物半導体層の最上面の外周近傍に沿つて形成させるのが好ましい。溝の外壁と窒化物半導体の側面との間の活性層は、電流が供給されず発光しないため、発光面積を広く取る為には窒化物半導体の側壁近傍に沿つて溝を形成させることができが、発光面積を広く取るために狭い方が好ましい。あまり広く取りすぎると、発光面積が狭くなるので好ましくない。

【 0025 】

第 1 の絶縁層の材料としては SiO₂ が、また、第 2 の絶縁層の材料としては、ポリイミド系樹脂を好適に用いることができる。SiO₂ とポリイミド系樹脂は、屈折率等の性質は異なるが、ともにエポキシ系樹脂と同様の無色透明の材料である。しかし、エポキシ系樹脂に比べて LED 内部の窒化物半導体素子からの波長の短い光に対して劣化しにくいの

10

20

30

40

50

で、長時間使用しても L E D の発光強度を低下させにくい。

【 0 0 2 6 】

また、本発明の窒化物半導体素子は、L E D 等に用いることができ、例えば図4のような砲弾型のL E Dに搭載することができるが、この形態にとどまらず、エポキシ系樹脂等の封止材料で窒化物半導体素子を封止するものであれば、外形は任意に選択することができるので、表面実装型等の各種L E Dに用いることができるところはいうまでもない。また、封止材料中に、窒化物半導体素子からの光によって励起されて蛍光を発する蛍光物質を含んでいる場合にも適用することができ、このような場合でもL E Dの輝度劣化を抑制する効果は十分期待できる。

【 0 0 2 7 】

10

【実施例】

[実施例]

窒化物半導体として、下記のような構成を有する窒化物半導体を用いる。各半導体層は、基板上に有機金属気層成長方法(M O C V D法)により形成される。図1に示すように、サファイア基板上にGaNからなる膜厚約100のバッファ層(図示せず)、SiがドープされたGaNからなる膜厚約4μmのn型コンタクト層兼クラッド層、GaN及びInGaNからなる膜厚約1600の多量子井戸構造の活性層(発光層)、MgがドープされたAlGaN及びMgがドープされたInGaNからなる膜厚約400のp型クラッド層、MgがドープされたGaNからなる膜厚約3000のp型コンタクト層の順に積層されている。

20

【 0 0 2 8 】

この窒化物半導体に正極及び負極の電極を形成させる。まず、n電極をn型コンタクト層に形成させるために窒化物半導体の端部をエッチング除去する。エッチングはp型コンタクト層側から行い、n型コンタクト層が露出する深さまで約1μm程度とする。このとき、p型コンタクト層の最上面の周辺近傍に沿って溝が形成できるようなマスクを用いることで、図1のようなp型窒化物半導体層の表面から約1μmの深さの溝を有する窒化物半導体が得られる。

【 0 0 2 9 】

上記で得られた窒化物半導体のp型コンタクト層(最上面)と接し、全面を被覆する電極として金をスパッタリング法を用いて成膜する。この全面電極の上にはp電極として金を、エッチングにより露出させたn型コンタクト層の上にはn電極としてタンクステン/アルミニウムをそれぞれ形成させる。その後、蒸着法によって全面にSiO₂層を形成させる。

30

【 0 0 3 0 】

次いで、レジストマスクを利用してドライエッチングさせることによりp電極及びn電極の表面を露出させる。レジストマスクを除去して窒化物半導体上にSiO₂層を露出させる。次いで、全面にポリイミド系樹脂層を形成し、ウェットエッチングによりp電極及びn電極を露出させることにより、本発明の窒化物半導体素子を得る。

【 0 0 3 1 】

40

[比較例]

比較のために、n型コンタクト層形成時に溝を形成させない以外は、実施例と同様に行って窒化物半導体素子を得た。

【 0 0 3 2 】

上記の実施例及び比較例で得られた窒化物半導体素子の端面周辺の発光強度のプロファイルを図6に示す。図6は、窒化物半導体素子の端面からの距離を横軸とし、溝の形成されていないp型窒化物半導体層の最上面の発光強度を基準発光強度(100%)とした相対発光強度を縦軸としたプロファイルである。比較例で得られた溝の形成されていない窒化物半導体素子は、図6中の破線で示されるように、活性層端面(距離=0μm)での発光強度が極端に強く、基準発光強度の約2.5倍もの値を示している。これに対し、実施例で得られた溝を有する窒化物半導体素子は、図6中の実線で示されるように、活性層端面

50

周辺の発光強度は溝に由来する3つのピークを有し、そのうちの最も発光強度の強いものでも、基準発光強度の約1.5倍である。このように、活性層端面からの強い発光強度の光は、溝を形成させることで拡散され、エポキシ系樹脂の1点に集中しないことがわかる。強い光を1点に集中させないで拡散させることで、エポキシ系樹脂の劣化を抑制することができる。

【0033】

上記の実施例及び比較例で得られた窒化物半導体を、リード電極上にダイボンディング機器を用いてマウントさせる。窒化物半導体の各電極とリード電極とを金線を用いてワイヤボンディングさせ、電気的に導通を取る。次いで、エポキシ系樹脂により封止することによりLEDを得る。このLEDに電流を供給し、発光強度を測定した結果を図7に示す。
10 比較例で得られたLEDは、約1000時間経過した頃より強度が劣化し始め、約1000時間経過した頃には、発光強度は初強度の約60%程度にまでの低下しているのがわかる。

【0034】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、最表面から活性層を貫通する深さの溝を窒化物半導体素子の最上面外周近傍に沿って形成し、この溝に屈折率の異なる2層の絶縁層を形成させることにより、活性層端面に集中していた光を拡散させることができる。そのため活性層を平行に進む光による活性層端面周辺のエポキシ系樹脂の劣化を抑制することができる、発光ダイオードの劣化も抑制することができる。
20

【図面の簡単な説明】

- 【図1】 本発明の窒化物半導体素子の構成を示す図。
- 【図2】 本発明の窒化物半導体素子の構成を示す正面図
- 【図3】 本発明の窒化物半導体の活性層端面周辺を示す拡大図。
- 【図4】 本発明の窒化物半導体素子を用いたLEDの一例を示す図。
- 【図5】 従来の窒化物半導体素子の構成を示す図。
- 【図6】 本発明の実施例及び比較例の窒化物半導体素子の発光強度のプロファイルを示す図。

【図7】 本発明の実施例及び比較例の窒化物半導体素子を用いたLEDの発光輝度の経時変化を示す図。
30

【符号の説明】

- 101、501・・・基板
- 102、502・・・n型コンタクト層
- 103、503・・・活性層（発光層）
- 104、504・・・p型クラッド層
- 105、505・・・p型コンタクト層
- 106、506・・・全面電極
- 107、507・・・p電極
- 108、508・・・n電極
- 109、509・・・第1の絶縁層
- 111・・・第2の絶縁層
- 112・・・溝
- 410・・・エポキシ系樹脂
- 421・・・リード電極
- 422・・・窒化物半導体素子
- 423・・・ワイヤ

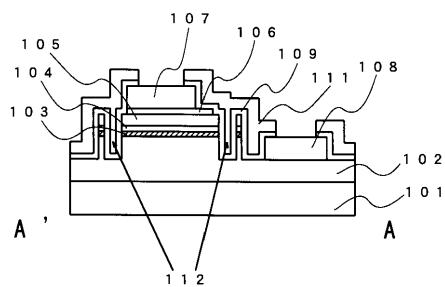
10

20

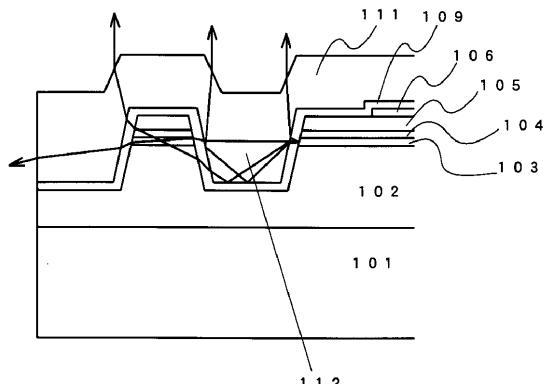
30

40

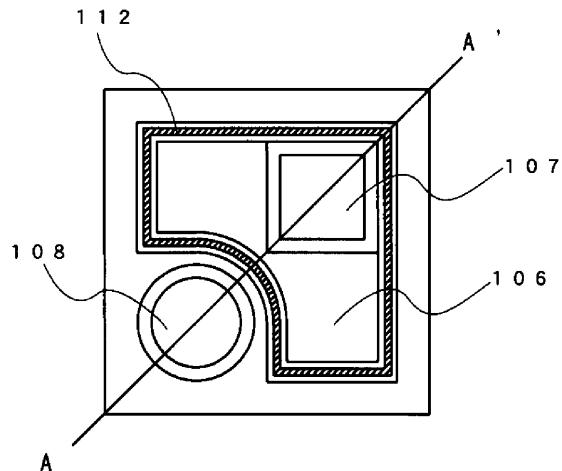
【図1】



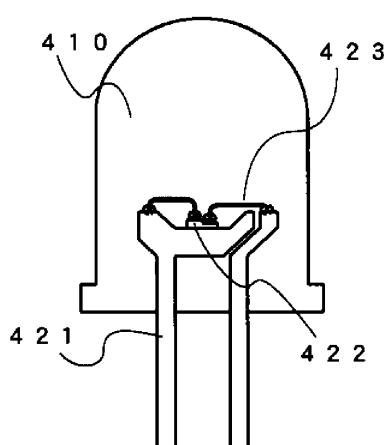
【図3】



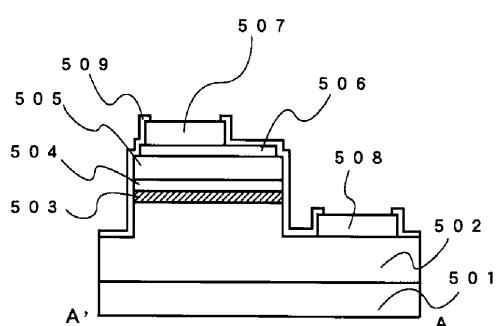
【図2】



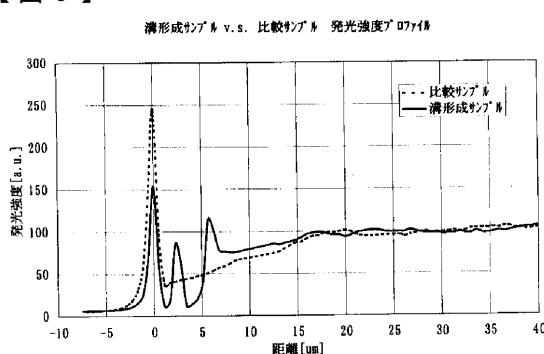
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

