

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

第2770720号

(45)発行日 平成10年(1998) 7月 2日

(24)登録日 平成10年(1998) 4月17日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

E

C

請求項の数4(全 5 頁)

(21)出願番号 特願平5-253171

(22)出願日 平成5年(1993)10月8日

(65)公開番号 特開平7-106633

(43)公開日 平成7年(1995)4月21日

審査請求日 平成7年(1995)12月15日

早期審査対象出願

(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 山田 孝夫

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

(72)発明者 妹尾 雅之

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

(72)発明者 中村 修二

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

(74)代理人 弁理士 豊栖 康弘 (外1名)

審査官 吉野 三寛

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上にn層とp層とが順に積層され、同一面側にn層の電極とp層の電極とが形成されて、それら電極側を発光観測面側とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、

前記p層の電極が、p層のほぼ全面に形成されたオーミック接触用のAu合金を含む透光性の第一の金属電極と、前記第一の金属電極の表面の一部に形成されたボンディング用の第二の金属電極とからなり、前記第二の金属電極は、第一の金属電極と共通金属としてAuを含み、前記p層とのオーミック接触を阻害するAlもしくはCrを含まないことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項2】 前記第一の金属電極と前記第二の金属電極とが同一材料よりなることを特徴とする請求項1に記載

2

載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項3】 前記第一の金属電極はNiとAuとが積層された合金よりなることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項4】 前記第二の金属電極がAuに加えて、Ti、Ni、InおよびPtよりなる群から選択された少なくとも一種を含む合金よりなることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、発光ダイオード、レーザーダイオード等に使用される窒化ガリウム系化合物半導体(In_xAl_yGa_{1-x-y}N、0<x<1、0<y<1)が積層されてなる窒化ガリウム系化合物半導体発光素子に係り、特に、p-n接合を有する窒化ガリ

10

ウム系化合物半導体発光素子の電極の構造に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、基板上に、n型の窒化ガリウム系化合物半導体層と、p型ドーパントがドープされた高抵抗なi型の窒化ガリウム系化合物半導体層とが積層されたいわゆるMIS構造のものが知られているが、最近になって高抵抗なi型をp型とする技術（特開平2-257679号公報、特開平3-218325号公報、特開平5-183189号公報等）が発表され、p-n接合型の発光素子が実現可能となってきた。

【0003】現在のところ、p-n接合型の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、そのp型窒化ガリウム系化合物半導体（以下、p層という。）の製造方法が限られているため、通常p層が最上層（即ち、積層終了時の層）とされる。また、発光素子の基板には透光性、絶縁性を有するサファイアが使用されるため、発光素子の発光観測面側は基板側とされることが多い。しかし、基板側を発光観測面側とするp-n接合型の発光素子は、同一面側に形成されたp層およびn層の電極をリードフレームに接続する際、1チップを2つのリードフレームに跨って載置しなければならないので、1チップサイズが大きくなるという欠点がある。つまり、n層の電極がp層と接触すると電氣的にショートしてしまうため、チップ上の正、負それぞれの電極と2つのリードフレーム幅と間隔を大きくする必要から、自然とチップサイズが大きくなる。従って1枚あたりのウエハーから取れるチップ数が少なくなり、高コストになるという欠点がある。

【0004】一方、電極側を発光観測面とする発光素子は、1チップを1つのリードフレーム上に載置できるためチップサイズを小さくできる。しかも、発光観測面側から正、負両方の電極を取り出すことができるので、生産技術上有利であるという利点がある反面、発光観測面側の電極により発光が阻害されることにより、基板側を発光観測面とする発光素子に比して外部量子効率が悪いという欠点がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】我々は、外部量子効率の問題に対しては、先に、p層側を発光観測面とする発光素子のp層に形成する電極を金属よりなる透光性の全面電極（第一の電極）とし、その全面電極の上にボンディング用のパッド電極（第二の電極）を形成する技術を提案した。この技術により、従来の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の問題は改善されてきた。しかしながら、通電中にパッド電極の金属材料によるマイグレーションが発生し、透光性電極の透光性が失われてくるという問題が生じてきた。特に、透光性電極はその膜厚を非常に薄くして透光性を保っているため、パッド電極のマイグレーションが発生すると、その影響が大きく、透光

性電極のオーミック特性も悪くなる。簡単に言うと、パッド電極の金属材料の一部が通電中に透光性電極中に拡散することにより、透光性電極が変質し透光性が失われると共に、p型層との透光性電極とのオーミック性が悪くなる。

【0006】従って、本発明はこのような事情を鑑み成されたもので、その目的とするところは、同一面側に形成された電極側を発光観測面とした窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、パッド電極のマイグレーションによるp層の透光性電極の変質を防ぎ、オーミック特性を維持するとともに、透光性電極の透光性を維持し外部量子効率を低下させないことにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】我々は透光性電極の表面に形成するパッド電極の材料について数々の実験を重ねた結果、パッド電極に特定の元素を含まず、Auを含む電極金属を使用することにより、上記問題が解決できることを見出し、本発明を成すに至った。即ち、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、基板上にn層とp層とが順に積層され、同一面側にn層の電極とp層の電極とが形成されて、それら電極側を発光観測面側とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、前記p層の電極が、p層のほぼ全面に形成されたオーミック接触用のAu合金を含む透光性の第一の金属電極と、前記第一の金属電極の表面の一部に形成されたボンディング用の第二の金属電極とからなり、前記第二の金属電極は、第一の金属電極と共通金属としてAuを含み、前記p層とのオーミック接触を阻害するAlもしくはCrを含まないことを特徴とする。なお本願において、透光性とは窒化ガリウム系化合物半導体の発光を透過するという意味であり、必ずしも無色透明を意味するものではない。

【0008】

【作用】本発明の発光素子は、p層の上に形成する第一の金属電極をp層のほぼ全面に形成した全面電極とし、p層とオーミック接触可能なAu合金を使用しているため、電流をp層全体に均一に広げ、p-n接合界面から均一な発光を得ることができる。しかも前記第一の金属電極を透光性としていることにより、電極側から発光を観測する際に、電極によって発光を妨げることがないので発光素子の外部量子効率が格段に向上する。さらに、本発明の発光素子は第一の電極の上にボンディング用のパッド電極として第二の電極を形成している。その第二の電極は第一の金属電極との共通金属としてAuを含有することにより、第一の金属電極と接着性が良く、ワイヤーボンディング時に用いられる金線よりできるボールとも接着性がよい。またAuは素子通電中に第一の電極へのマイグレーションが少なく、第一の電極を変質させることが少ない。ところが、Auの中にAl若しくはCrを含有させた合金を第二の電極とすると、これらの金

属は通電中、比較的短時間（例えば500時間）でマイグレーションが発生して、第一の金属電極を変質させてしまう。従って第二の電極をAu単体、またはAuを含みAl若しくはCrを含まない合金とすることにより、第一の電極、およびボールとの接着性が良く、通電中にマイグレーションを引き起こしにくい電極を実現できる。

【0009】

【実施例】図1は本発明の一実施例に係る発光素子の構造を示す模式断面図であり、この素子はサファイア基板1の上にn層2とp層3とを順に積層したホモ構造の発光素子を示しており、n層2の上にはn層2のオーミック用の電極4を形成し、p層3の上にはオーミック接触用の透光性の第一の電極11を形成し、さらに第一の電極11の上にはボンディング用の第二の電極12を形成している。

【0010】第一の電極11を透光性にするには、Au、Pt、Al、Sn、Cr、Ti、Ni等の電極材料を非常に薄く形成することにより実現可能である。具体的には、蒸着、スパッタ等の技術により電極が透光性になるような膜厚で直接、薄膜を形成するか、または薄膜を形成した後、アニーリングを行うことにより電極を透光性にすることができる。つまり、第一の電極はp層3とオーミック接触を得るための電極であり、第二の電極と異なりAl、Crを含んでいてもよい。好ましい第一の電極11はNiとAuとを順に積層した合金、最も好ましくはp層側からNiおよびAuを順に積層した合金よりなる透光性の電極である。第一の電極11を前記構成とすることにより、p層と良好なオーミック接触を得ることができる。図2は、p型GaN層にNiとAuとを順にそれぞれ0.1μmの膜厚で蒸着した後、アニーリングして電極を合金化して透光性とし、その電流電圧特性を測定した図である。この図に示すように、NiとAuとを順に積層してなる第一の電極11は非常に良好なオーミック接触が得られていることがわかる。

【0011】第一の電極11の膜厚は0.001μm～

1μmの厚さで形成することが好ましい。0.001μmよりも薄いと電極抵抗が大きくなる傾向にある。逆に1μmよりも厚いと電極が透光性になりにくく実用的ではない。電極材料によっても多少異なるが、第一の電極11がほぼ透明でほとんど発光を妨げることがなく、また接触抵抗も低い、特に実用的な範囲としては、0.005μm～0.2μmの範囲が特に好ましい。

【0012】次に、本発明の発光素子は第一の電極11の表面にボンディング用のパッド電極として第二の電極12を形成している。第二の電極12はAu単体、またはAuを含みAlもしくはCrを含まない合金とする。

【0013】図1に示す構造の発光素子において、第一の電極11をNiおよびAuを順に積層した透光性電極とし、その透光性電極の上に数々の材料でボンディング用の第二の電極12を形成した後、n層の電極4と第二の電極12とにワイヤーボンディングして通常の発光ダイオードとして発光させ、500時間連続点灯後の第一の電極の状態を調べた。その結果を表1に示す。表1において、列側に示す電極材料は第一の電極11側の電極材料、行側に示す電極材料はボールと接触する側の電極材料を示す。つまり、表1の第二の電極12は、列に示す電極材料と、行に示す電極材料とを順に積層した電極よりなることを示している。

【0014】表1において、第二の電極12の特性は、500時間点灯後第一の電極材料が全く変色せず透光性を保ったままで、しかもp層3と第一の電極11とのオーミック特性が変化しなかったものを、第二の電極12の周囲にあたる第一の電極がやや変色しているが発光を減衰させる程度ではなく、またオーミック特性も変化しなかったものを、第一の電極11の透光性が失われ、オーミック特性も失われているものを×として評価した。但し、第二の電極12とボールとの接着性が悪くワイヤーボンディングが困難であったものは、第一の電極11の変色の有無にかかわらず - として示している。

【0015】

【表1】

第二の電極12の材料

	Au	Ni	Ti	In	Pt	Al	Cr
Au	○	○	△	△	△	×	×
Ni	○	—	—	—	—	×	—
Ti	△	—	—	—	—	×	—
In	△	—	—	—	—	×	—
Pt	△	—	—	—	—	×	—
Al	×	×	×	×	×	×	×
Cr	×	—	—	—	—	×	—

【0016】表1に示したように、例えば第一の電極をNi-Auとした場合、その第一の電極の上に形成するボンディング用の第二の電極12の材料を、第一の電極と同一材料、即ちAu-Niとすると第一の電極11は全く変色せず透光性を保ったままである。またAu単独でもAu-Niと同一の効果を得ることができる。一方、Cr、Alは第一の電極11に対し、マイグレーションが発生しやすく、これらの金属を第二の電極12に含有させると、たとえAuを含んでいても第一の電極11の特性が失われてしまう。

【0017】また、他の実施例として、第一の電極11をAu-Ti(但し、Au-Tiのオーミック特性は、Ni-Auよりも若干劣っていた。)で形成した後、同様にして数々の第二の電極材料を形成し、第二の電極材料を評価した。その結果は特に表には示さないが、第二の電極材料をAu単独とした場合、またはAu-Ti(Au-Tiの積層順序は問わない。)とした場合には、Auを含むNi、In、Pt等よりなる電極の場合には、ところがAu-Al等、Al、Crを含有させると表1と同様に×の評価であった。

【0018】さらに、他の実施例として、第一の電極11をAu-Al(但し、Au-Alのオーミック特性は、Ni-Auよりも若干劣っていた。)で形成した後、同様にして数々の第二の電極材料を形成し、第二の電極材料を評価した。その結果も特に表には示さないが、第二の電極材料をAu単独とした場合には、Auを含むNi、Ti、In、Pt等よりなる電極の場合には、ところがAu-Alは同一材料であるにもかかわらず表1と同様に×の評価であり、Au-Crを含む場合

も同様に×であった。

【0019】

20 【発明の効果】以上説明したように、本発明の発光素子は電極側を発光観測面とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、オーミック接触用の第1の金属電極を透光性としているため素子の外部量子効率を向上させることができ、さらにその第1の電極の表面に形成するボンディング用の第二の電極材料をAu単独、またはAuを含むがAl若しくはCrを含まない合金とすることにより、第1の電極のオーミック特性を変化させることなく、また変色させることもないので、発光素子の信頼性が格段に向上する。また本明細書ではホモ構造のp-n接合型発光素子について説明したが、ホモ構造に限るものではなく、p-n接合を有するシングルヘテロ、ダブルヘテロ構造の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子についても適用できることは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

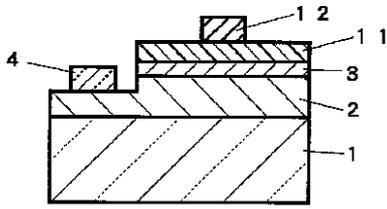
【図1】 本発明の一実施例の発光素子の構造を示す模式断面図。

【図2】 第一の電極Ni-Auの電流電圧特性を示す図。

【符号の説明】

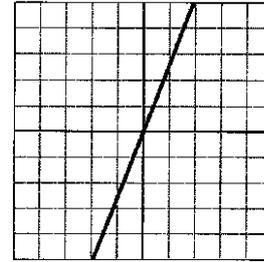
- 40 1・・・サファイア基板
2・・・n型GaN層
3・・・p型GaN層
4・・・n型層の電極
11・・・第一の電極
12・・・第二の電極

【図1】



【図2】

X : 0.5 V / div
Y : 0.2 mA / div



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 平5 - 129658 (J P , A)
特開 昭62 - 101089 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁶, D B 名)
H01L 33/00