

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4449405号  
(P4449405)

(45) 発行日 平成22年4月14日(2010.4.14)

(24) 登録日 平成22年2月5日(2010.2.5)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 33/42 (2010.01)  
H01L 21/28 (2006.01)H01L 33/00 222  
H01L 21/28 301B

請求項の数 6 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2003-358664 (P2003-358664)  
 (22) 出願日 平成15年10月20日 (2003.10.20)  
 (65) 公開番号 特開2005-123489 (P2005-123489A)  
 (43) 公開日 平成17年5月12日 (2005.5.12)  
 審査請求日 平成18年10月19日 (2006.10.19)

(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  
 (72) 発明者 笠井 久嗣  
 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 土屋 知久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】窒化物半導体発光素子およびその製造方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第一、第二導電型の窒化物半導体と、該第一、第二導電型の窒化物半導体のうち少なくとも一方と電気的に接続する透光性電極と、該透光性電極に形成されるパッド電極とを有する窒化半導体発光素子において、

前記透光性電極は、前記パッド電極と接続され、かつ含有酸素濃度が膜厚方向に変化している透明導電膜を含み、該透明導電膜は前記パッド電極側の含有酸素濃度が小さいことを特徴とする窒化物半導体発光素子。

## 【請求項 2】

前記透光性電極は、前記窒化物半導体側の含有酸素濃度が大きいことを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体発光素子。

10

## 【請求項 3】

前記透明導電膜は、前記窒化物半導体の方から順に第一の層と、該第一の層より含有酸素濃度が小さい第二の層とからなる請求項1または2に記載の窒化物半導体発光素子。

## 【請求項 4】

前記パッド電極の一部が前記窒化物半導体に直接設けられていることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の窒化物半導体発光素子。

## 【請求項 5】

前記透光性電極は、さらに金属膜を前記窒化物半導体の側に有する請求項1乃至4に記載の窒化物半導体発光素子。

20

## 【請求項 6】

前記透明導電膜は、亜鉛 (Zn)、インジウム (In) あるいはスズ (Sn) よりなる群から選択された少なくとも一種の元素を含む酸化物よりなることを特徴とする請求項 1 乃至 5 に記載の窒化物半導体発光素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、窒化ガリウム系化合物半導体素子に係わり、特に透光性に優れ、且つ窒化物半導体層と良好なオーミック接触を得ることができる電極およびその製造方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

半導体発光素子は、基板に p 型半導体層および n 型半導体が積層されてなり、p 型および n 型の窒化物半導体のうち少なくとも一方と電気的に接続する透光性電極と、該透光性電極あるいは p 型および n 型の窒化物半導体と電気的に接続する第一電極および第二電極とを有する。例えば、特許文献 1 (特開 2001-196633 号公報) に開示される半導体発光素子は、基板の一方の主面に対して n 型半導体と p 型半導体が積層されており、該 n 型半導体および p 型半導体に電気的に接続した n 側パッド電極と p 側電極とを有する。ここで、p 側電極は、p 型半導体とオーミック接続した半導体酸化物層および該半導体酸化物層上に形成された透明導電膜よりなる。また、透明導電膜は、透光性を確保するため例えばITO、ZnO、In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、およびSnO<sub>2</sub>からなる群より選択される導電酸化物とされる。さらに、透明導電膜には外部の導電性ワイヤと接続するための p 側パッド電極が形成されている。

## 【0003】

なお、本明細書中において電極の構成を表す方法として、記号「/」を用いることとする。例えば、構成 A および構成 B を含む電極「A / B」とは、構成 A および構成 B が発光素子の側から構成 A、構成 B の順に積層されて形成されることを示す。また、本明細書中におけるシート抵抗とは、正方形薄膜の一辺から対辺までの電気抵抗をいい、単位として「/」を使用する。

## 【0004】

【特許文献 1】特開 2001-196633 号公報。

30

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

しかしながら、酸素を含有する上述の導電酸化物は、透明導電膜に形成される p 側パッド電極を構成する金属材料との密着性が悪く、p パッド電極が半導体発光素子から剥離することがある。このような剥離は、半導体発光素子の信頼性を低下させる。

## 【0006】

そこで、本発明は、透光性に優れた電極を有し信頼性の高い半導体発光素子とすることを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

40

## 【0007】

以上の目的を達成するために本発明に係る発光素子は、第一、第二導電型の窒化物半導体と、該第一、第二導電型の窒化物半導体のうち少なくとも一方と電気的に接続する透光性電極と、該透光性電極に形成されるパッド電極とを有する窒化物半導体発光素子において、前記透光性電極は、前記パッド電極と接続され、かつ含有酸素濃度が膜厚方向に変化している透明導電膜を含み、該透明導電膜は前記パッド電極側の含有酸素濃度が小さいことを特徴とする。また、上記透光性電極は、上記窒化物半導体側の含有酸素濃度が大きいことが好ましい。また、上記透光性電極は、上記窒化物半導体の方から順に透明導電膜よりなる第一の層と、該第一の層より含有酸素濃度が小さい透明導電膜よりなる第二の層とかなることが好ましい。また、透明導電膜は、亜鉛 (Zn)、インジウム (In) あるいは

50

はスズ (Sn) よりなる群から選択された少なくとも一種の元素を含む酸化物よりなることが好ましい。このように構成することにより、透光率が高い電極を有し信頼性の高い発光素子を実現することができる。

### 【0008】

また、透光性電極は、さらに金属膜を前記窒化物半導体の側に有する。このように構成することにより、透明導電膜を窒化物半導体に直接設ける構成と比較して、透光性電極は、窒化物半導体層と良好なオーミック接続を行うことが容易にできる。

また、上記パッド電極の一部が上記窒化物半導体に直接設けられていることが好ましい。

10

### 【0009】

また、上記目的を達成するために本発明に係る窒化物半導体発光素子の製造方法は、含有酸素濃度が膜厚方向に変化するように透明導電膜を成膜することを特徴とする。透明導電膜は、雰囲気中の酸素分圧がそれぞれ異なる複数の工程により成膜される。また、上記窒化物半導体に透光性の金属膜と透明導電膜とを順に成膜し熱処理する第一の工程と、さらに透明導電膜を成膜し、上記第一の工程よりも低い温度で熱処理する第二の工程とを含む。このように構成することにより、透光率が高い電極を有し信頼性の高い半導体発光素子を得ることができる。

### 【発明の効果】

### 【0010】

20

本発明は、透光率が高い導電酸化物からなる電極を有し、信頼性の高い半導体発光素子を実現することができる。さらに、本発明にかかる透光性電極は、窒化物半導体層とのオーミック接続にも優れているため、順方向電圧  $V_f$  が低い実用的な発光素子を実現できる。

### 【発明を実施するための最良の形態】

### 【0011】

30

以下、本発明を実施するための最良の形態について図面を参照しながら説明する。ただし、以下に示す形態は、本発明の技術思想を具体化するための半導体発光素子を例示するものであって、本発明は半導体発光素子を以下に限定するものではない。また、各図面に示す部材の大きさや位置関係などは説明を明確にするために誇張しているところがある。

### 【0012】

第一および第二導電型の窒化物半導体と、該第一および第二導電型の窒化物半導体のうち少なくとも一方と電気的に接続する透光性電極、第一電極および第二電極とを有する窒化半導体発光素子において、本発明者らは、種々の実験の結果、透光性電極は、含有酸素濃度が膜厚方向に変化している透明導電膜を含むことを特徴とすることにより上述したような問題を解決するに至った。

### 【0013】

即ち、本形態にかかる窒化物半導体発光素子は、基板上に形成された  $n$  型の窒化ガリウム系化合物半導体から成る  $n$  型層と、 $p$  型の不純物を添加した窒化ガリウム系化合物半導体から成る  $p$  型層を順に積層してなる窒化物半導体発光素子である。特に、本形態にかかる窒化物半導体発光素子は、透明導電膜よりなる第一の層および第二の層とが  $p$  型層の側から順に積層された透光性電極を有する。このように、金属膜を介すことなく  $p$  型層に對して透明導電膜を直接設けることにより、透光性電極の光透過性を高めることができる。さらに、 $n$  型層および透光性電極には、 $n$  側パッド電極および  $p$  側パッド電極がそれぞれ形成されている。なお、本形態における半導体発光素子は、 $p$  型層に對して透光性電極を設けるが、他の形態において  $n$  型層の側から主に光を取り出す構成とするときは  $n$  型層に對して透光性電極を設けてよいことはいうまでもない。

### 【0014】

また、本形態にかかる別の窒化物半導体発光素子は、半導体層の表面に、透光性の金属膜と、透明導電膜よりなる第一の層、第二の層とが半導体層の側から順に積層された透光

40

50

性電極を有する。ここで、透光性の金属膜は、酸素を含有する透明導電膜との接続を良好に行うため、一部が酸化されていることが好ましい。このように透光性の金属膜を介して窒化物半導体層と接続することにより、透光性電極は、半導体層と良好なオーミック接続を行うことができる。

【 0 0 1 5 】

ここで、本発明にかかる透光性電極中の含有酸素濃度は、膜厚方向に変化し第一の層より第二の層の方で低いことが特徴である。即ち、本形態における窒化物半導体発光素子の透光性電極は、含有酸素濃度が膜厚方向に変化しており、好ましくはp型層の側から徐々に含有酸素濃度が低くなるようにされている。酸素を含有する透光性電極とp側パッド電極を構成する金属材料との接続は、透光性電極のうち含有酸素量が比較的少ない側にて行われる。透光性電極のうち含有酸素量が比較的少ない側は、含有酸素量が多い方と比較すると、より金属的な性質を有するため、透光性電極と金属材料により構成されるp側パッド電極間の密着性が向上され、p側パッド電極が半導体発光素子から剥離することがなくなる。また、透光性電極は、例えば酸化珪素のような酸素を含有する保護膜により被覆されることがある。このとき、従来のNi/Auのような金属膜の透光性電極を保護膜にて被覆したときと比較して、本形態の酸素を含有する透光性電極は、該透光性電極を被覆する保護膜との密着性をも向上させることができる。したがって、本発明は、半導体発光素子の信頼性を向上させ、半導体膜の保護機能も向上させることができる。また、半導体層の側で含有酸素濃度の大きい透光性電極は、半導体発光素子に投入された電流を半導体層全体に拡散させ、透光性電極全体の抵抗を低くすることもできる。

【 0 0 1 6 】

さらに、本発明に係る窒化物半導体発光素子の製造方法は、窒化物半導体を有する窒化物半導体発光素子の製造方法において、含有酸素濃度が膜厚方向に変化するように透明導電膜を成膜することを特徴とする。例えば、透明導電膜は、雰囲気中の酸素分圧がそれぞれ異なる複数の工程により成膜される。また、上記窒化物半導体に透光性の金属膜と透明導電膜とを成膜し熱処理する第一の工程と、該第一の工程で成膜された金属膜と透明導電膜に対しさらに透明導電膜を成膜して、上記第一の工程よりも低い温度で熱処理する第二の工程とを少なくとも含むことを特徴とする。また、上記第一の工程において、上記金属膜と透明導電膜は、450以上600以下の温度で熱処理されることが好ましい。これは、熱処理の温度が450より低ければ、窒化物半導体と良好なオーミック接觸が得られず、600より高いと抵抗が高くなりすぎ素子特性に悪影響を及ぼすからである。また、上記第二の工程における熱処理は、450以下の温度でなされることが好ましい。これは、第二の工程では、窒化物半導体とのオーミック接觸を考慮する必要がなく、比抵抗の低い透明導電膜を得るためにある。このように構成することにより、透光率が高く、シート抵抗の低い電極を有する発光素子を得ることができる。以下、本形態の各構成について詳述する。

【 0 0 1 7 】

〔 半導体発光素子 〕

本形態に係る半導体発光素子を構成する第一および第二導電型の半導体層としては、種々の窒化物半導体を用いることができる。具体的には、有機金属気相成長法(MOCVD)、ハイドライド気相成長法(HVPE)などにより基板上に $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ (0<x,y<1)等の半導体を複数形成させたものが好適に用いられる。また、半導体層の積層構造としては、MIS接合、PIN接合やPN接合を有したホモ構造、ヘテロ構造あるいはダブルヘテロ構成のものが挙げられる。また、各層を超格子構造としたり、活性層を量子効果が生ずる薄膜に形成させた単一量子井戸構造や多重量子井戸構造とすることもできる。

【 0 0 1 8 】

発光素子(以下、「LED」と呼ぶことがある。)は、一般的には、特定の基板上に各半導体層を成長させて形成されるが、その際、基板としてサファイア等の絶縁性基板を用いその絶縁性基板を最終的に取り除かない場合、通常、p電極およびn電極はいずれも半

10

20

30

40

50

導体層上の同一面側に形成されることになる。この場合、フェイスアップ実装すなわち半導体層側を視認側に配置し発光された光を半導体層側から取り出すことも可能であるし、フリップチップ実装すなわち絶縁性基板側を視認側に配置し発光された光を基板側から取り出すことも可能である。もちろん、最終的に基板を除去した上で、フェイスアップ実装或いはフリップチップ実装することもできる。なお、基板にはサファイアに限定されず、例えば、スピネル、SiC、GaN、GaAs等、公知の部材を用いることができる。また、基板としてSiC、GaN、GaAs等の導電性基板を用いることによりp電極及びn電極を対向して配置させることもできる。

#### 【0019】

##### [透光性電極]

10

本形態における発光素子は、透光性電極を有する。本形態における透光性電極は、窒化物半導体層の側から酸化物を含む透明導電膜よりなる第一の層と、該第一の層より含有酸素濃度あるいは比抵抗が小さい、酸化物を含む透明導電膜よりなる第二の層とからなる透光性電極として形成されている。また、本形態における発光素子は、窒化物半導体の表面に透光性の金属膜を形成し、酸化物を含む透明導電膜よりなる第一の層と、該第一の層より含有酸素濃度あるいは比抵抗が小さい酸化物を含む透明導電膜よりなる第二の層とからなる透光性電極を有することとしてもよい。

#### 【0020】

本形態の発光素子における電極の形成工程において、酸化物を含む透明導電膜よりなる第一の層に対し、該第一の層より含有酸素濃度が小さい酸化物を含む透明導電膜よりなる第二の層を形成する。これは、透光性電極の含有酸素濃度を膜厚方向に徐々に小さくなるようにするためである。また、窒化物半導体と良好なオーミック接続を行うための熱処理温度が高温のため高抵抗となった第一の層に、さらに第二の層を設け、透明導電膜全体の抵抗を下げるためもある。以下、透光性電極に含まれる各構成について詳述する。

20

#### 【0021】

##### (金属膜)

本形態における透光性の金属膜は、窒化物半導体の表面と酸化物を含む透明導電膜よりなる第一の層との間に設けられ、窒化物半導体と良好なオーミック接觸を行うためのものである。金属膜を透光性にするには、例えば金属膜の膜厚の制御により可能である。透光性になる膜厚は金属の種類によっても異なるが、通常0.1μm以下の膜厚にすることにより透光性とすることができます。好ましくは500オングストローム(0.05μm)以下、さらに好ましくは200オングストローム以下の膜厚にすることにより、金属膜が発光の吸収が少ない優れた透光性を有する。なお透光性とは発光素子の発光波長を電極が透過するという意味であって、必ずしも無色透明を意味するものではない。

30

#### 【0022】

また、金属膜は、p型窒化物半導体の電極となり、かつ透光性の薄膜を形成できる材料であればどのような材料でも良いが、特に亜鉛(Zn)、ニッケル(Ni)、白金(Pt)、パラジウム(Pd)、ロジウム(Rh)、ルテニウム(Ru)、オスミウム(Os)、イリジウム(Ir)、チタン(Ti)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、バナジウム(V)、ニオブ(Nb)、タンタル(Ta)、コバルト(Co)、鉄(Fe)、マンガン(Mn)、モリブデン(Mo)、クロム(Cr)、タンゲステン(W)、ランタン(La)、銅(Cu)、銀(Ag)、イットリウム(Y)よりなる群から選択された少なくとも一種の元素を含む金属または合金またはそれらの酸化物が好ましい。これらの金属または合金または酸化物は、窒化物半導体と好ましいオーミック接続が得られ、さらに発光素子の順方向電圧を低下させる上で有用である。その中でも特に、Ni(NiO)および/またはPdを窒化物半導体と接する側にすると、窒化物半導体よりなる発光素子の360nm～650nm付近、望ましくは380nm～560nmの波長の吸収が少なく、さらに好ましいオーミック接觸を得ることができる。また、金属膜の層を上記金属の積層構造としてもよい。積層構造の場合、後に電極を熱的アニールで処理すると、電極材料が金属膜の中で渾然一体となって合金化した状態となる。

40

50

## 【0023】

本形態における金属膜の膜厚は、10以上100以下であることが好ましい。膜厚が薄いほど透過率がよいからである。また、金属膜および第一の層が、450以上の温度で熱処理されていることが好ましい。なぜなら、金属膜及び第一の層がp型窒化物半導体層と好ましいオーミック接続が得られるからである。ここで、膜厚がNi(30)/ITO(1000)の場合は、500がよいが、Ni(100)/ITO(2500)の場合は、525から550、大気中の場合は、600位がよい。温度が低すぎると、Niが酸化されないため、透過率の低下や、オーミック特性の悪化等が見受けられるからである。

## 【0024】

10

## (第一の層)

本形態における第一の層は、透光性電極の窒化物半導体層側に設けられ、第一の層単独で、あるいは金属膜とともに窒化物半導体層と好ましいオーミック接続をし、透光性電極に投入された電流を半導体層側に拡散させる。また、第一の層は、半導体発光素子からの光を効率よく取り出せるように高い透光性を有する。そのため第一の層は、酸素を含む透明導電膜とする。酸素を含む透明導電膜には数々の種類があるが、特に好ましくは亜鉛(Zn)、インジウム(In)、スズ(Sn)よりなる群から選択された少なくとも一種の元素を含む酸化物よりなることを特徴とする。具体的には、ZnO、In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SnO<sub>2</sub>、ITO(InとSnの複合酸化物)等で示されるZn、In、Sn等の酸化物を含む透明導電膜を形成することが望ましい。この透明導電膜よりなる第一の層の厚さは特に限定するものではなく、数オングストローム～数μmの厚さで形成可能である。特に、金属膜にとともに設けられる第一の層の膜厚は、100から5000とすることが好ましい。なぜなら、1000でオーミック性が確認され、厚くするとアニール温度が上昇する傾向にあるからである。

## 【0025】

20

## (第二の層)

本形態における第二の層は、上述の第一の層に形成され、投入された電流を電極全体に拡散させ、電極全体の抵抗をさらに低くする。さらに、第二の層に対して設けられ、金属材料により構成されるパッド電極との接続を良好にする。そのため第二の層は、酸素を含む透明導電膜とし、熱処理温度や雰囲気中の酸素分圧が第一の層と異なるように適宜調節して成膜することにより、酸素含有量が第一の層より低く、さらに比抵抗も小さくなるようにしてある。例えば、第一の層および第二の層を成膜するための材料をITOとした透光性電極は、熱処理後の第二の層における含有酸素濃度が第一の層における含有酸素濃度より低い。ここで、透明導電膜の酸素含有濃度が膜厚方向に変化していることは、例えばSIMSによる分析により明らかとなる。SIMSとは、Secondary Ion-microprobe Mass Spectrometer(あるいはSpectrometry)の略語(二次イオン質量分析計(あるいは分析法))である。SIMSでは試料に一次イオンビームを照射して、質量分離された二次イオンの数を数えることによって、試料の化学組成や同位体組成、特に深さ方向の組成変化を知ることができる。また、比抵抗の測定は、四端子法や四探針法により行うことができる。

## 【0026】

30

透光性電極を構成する層の中に酸素原子を含ませるには、酸素原子を含有させる層を形成した後、酸素を含む雰囲気にて熱処理すればよい。あるいは、反応性スパッタリング、イオンビームアシスト蒸着等により、それぞれの層に酸素原子を含有させることができると、工程の容易さ等から熱処理が最も優れている。

## 【0027】

40

第二の層に含まれる酸化物には数々の種類があるが、特に好ましくは亜鉛(Zn)、インジウム(In)、スズ(Sn)よりなる群から選択された少なくとも一種の元素を含む酸化物よりなることを特徴とする。具体的にはZnO、In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SnO<sub>2</sub>、ITO(InとSnとの複合酸化物)を挙げることができる。ここで、第二の層の材料は、第一の層と同じ材料に限定されることは言うまでもない。例えば、第二の層の屈折率を第一の

50

層の屈折率より段階的に小さくすることにより、発光素子からの光の取り出しを向上させることができる。

【0028】

透明導電膜を構成する第二の層の厚さは特に限定するものではなく、数オングストローム～数μmの厚さで形成可能である。特に、本形態における第二の層の膜厚は、1000から10000とすることが好ましい。このように第一の層より厚膜に形成することにより、シート抵抗がn型半導体層側の抵抗に近づき、発光素子全体の発光分布が良好となる。さらに、第二の層の膜は、金属膜と第一の層の熱処理後成膜され、450以下の温度で熱処理されていることが好ましい。透光性電極のシート抵抗が低くなり、透過率もよくなるからである。

10

【0029】

本発明の透光性電極において、金属膜、第一の層および第二の層を形成するには蒸着、スパッタ等、通常の気相成膜装置を用いることができる。また、有機金属気相成長法(MOCVD)、蒸着法、スパッタリング法等、それぞれ異なる成膜方法を使い分け、第一の層、第二の層および金属膜を形成することができる。例えば第一の層は蒸着法によって成膜を行い、第二の層は、スパッタリング法によって成膜を行うことができる。特に、金属膜を介すことなく窒化物半導体層に直接第一の層を成膜するときには、蒸着法によることが好ましい。このように、成膜方法を使い分けることにより、膜質が向上し透光性電極と窒化物半導体とのオーミック接続が良好となり、更にコンタクト抵抗を下げることができる。また、金属膜、第一の層および第二の層をパターニングするには、ウェットエッチング、ドライエッティングまたはリフトオフ等のパターニング方法を使い分けることにより行うことができる。

20

【0030】

【パッド電極13、14】

本形態において、パッド電極は、p型窒化物半導体層側およびn型窒化物半導体層側のうち、一方の窒化物半導体層側に設けられた透光性電極（特に、透光性電極のうち含有酸素濃度が比較的低い側）および他方の窒化物半導体層に対して形成される。また本発明にかかる別の実施の形態におけるパッド電極の一部は、透光性電極に設けた貫通孔内に延在させて窒化物半導体層に直接設けたり、あるいは透光性電極の外縁にて窒化物半導体層に直接設けてもよい。このように、パッド電極の一部が窒化物半導体層に直接設けられることによってパッド電極の剥離を防止することができる。

30

【0031】

パッド電極表面に導電性ワイヤがワイヤーボンディングされ、発光素子と外部電極との電気的接続を図ることができる。あるいは、パッド電極表面にAuバンプのような導電部材を配置し、導電部材を介して対向された発光素子の電極と外部電極との電気的接続を図ることができる。

【0032】

また、p型窒化物半導体層側およびn型窒化物半導体層側に形成されるパッド電極は、用いる金属の種類や膜厚が同じ構成とすることが好ましい。このように同じ構成とすることによって、p型窒化物半導体層側およびn型窒化物半導体層側同時にパッド電極を形成することができるため、p型窒化物半導体層側およびn型窒化物半導体層側別々に形成する場合と比較して、パッド電極の形成の工程を簡略化することができる。本形態におけるパッド電極として、例えば、p型半導体層あるいはn型半導体層側からTi、Rh、Pt、Auのそれぞれをスパッタリングにより順に積層させたTi/Rh/Pt/Au電極やW、Pt、Auのそれぞれをスパッタリングにより順に積層させたW/Pt/Au電極（その膜厚として、例えばそれぞれ20nm/200nm/500nm）が挙げられる。パッド電極の最上層をAuとすることによって、パッド電極は、Auを主成分とする導電性ワイヤと良好な接続ができる。また、RhとAuの間にPtを積層させることによって、AuあるいはRhの拡散を防止することができる。また、Rhは、光反射性およびバリア性に優れ、光取り出し効率が向上するため好適に用いることができる。

40

50

## 【実施例 1】

## 【0033】

以下、本発明に係る実施例について詳述する。なお、本発明は以下に示す実施例のみに限定されることは言うまでもない。図1は、本発明にかかる半導体発光素子の模式的な上面図を示し、図2は、図1における対角線XX方向の模式的な断面図を示す。以下、図面を参照しながら本実施例にかかる半導体発光素子およびその製造方法について詳述する。

## 【0034】

まず、MOVPE反応装置を用い、2インチのサファイア基板1の上にGaNよりなるバッファ層2を200オングストローム、Siドープn型GaNよりなるn型コンタクト層3を4μm、ノンドープIn<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nよりなる単一量子井戸構造の活性層4を30オングストローム、Mgドープp型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nよりなるp型クラッド層5を0.2μm、Mgドープp型GaNよりなるp型コンタクト層6を0.5μmの膜厚で順に成長させる。

## 【0035】

さらにウエハーを反応容器内において、窒素雰囲気とし温度600でアニーリングして、p型半導体層5、6をさらに低抵抗化する。アニーリング後、ウエハーを反応容器から取り出し、最上層のp型GaNの表面に所定の形状のマスクを形成し、エッティング装置でマスクの上からエッティングを行い、図2に示すようにn型コンタクト層3の一部を露出させる。

## 【0036】

次に、p型半導体層の上のマスクを除去し、最上層のp型GaNのほぼ全面に金属膜10としてNiを30の膜厚でスパッタする。スパッタ後の金属膜10は明らかに透明性となっており、サファイア基板1まで透けて観察できた。このように、露出したp型半導体層のほぼ全面に金属膜が形成されることにより、電流をp型半導体層全体に均一に広げることができる。しかも金属膜は透光性があるので、電極側を発光観測面とすることもできる。Niからなる金属膜10を形成後、スパッタにより第一の層11としてITOを1000の膜厚で成膜する。ここで、金属膜10(Ni)、第一の層11(ITO)共に100Wの低出力で、Ar雰囲気中で成膜を行う。第一の層11を形成した時点では、金属膜10(Ni)、第一の層11(ITO)とも酸素が十分でないため、透過率は低い。また、金属膜10(Ni)と第一の層11(ITO)のパターニングは、ウェットエッティングで行う。このようにウェットエッティングで行うことにより、コンタクト抵抗の低い透光性電極とすることができる。

## 【0037】

次に、O<sub>2</sub>雰囲気中で500にて30分間熱処理を行う。熱処理後のコンタクト特性は良好なオーミック特性を示す。透過率は90%程度である。シート抵抗は、200/である。熱処理温度が高いためITOが高抵抗となると思われる。

## 【0038】

最後に、ウェットエッティング又はリフトオフによりパターニングを行い、スパッタにより第二の層としてITOを3000の膜厚で成膜する。さらに、上記O<sub>2</sub>雰囲気より酸素分圧が低いN<sub>2</sub>とO<sub>2</sub>の混合雰囲気中において、300にて所定時間熱処理を行うことにより、従来技術と比較してシート抵抗の低いITO膜を含む透光性電極が得られる。またここで、熱処理後の第二の層における含有酸素濃度は、熱処理後の第一の層における含有酸素濃度以下となる。

## 【0039】

以上の工程により、シート抵抗が6.5/、透過率80%程度の高透過率、低抵抗の透光性電極を得ることができる。

## 【0040】

第二の層の形成後、第二の層の隅部にTi/Rh/Pt/Auを含むパッド電極13を7000の膜厚で形成する。なお、このパッド電極13は透光性ではない。また、パッ

10

20

30

40

50

ド電極 13 は、導電性ワイヤやバンプを配置する位置から LED チップの隣接した外縁へ向かって円弧状に延伸する補助電極を有する。このような補助電極は、半導体発光素子に投入された電流を透光性電極全体に拡散させる。

【0041】

パッド電極 13 を形成した後、露出した n 型半導体層に Ti / Rh / Pt / Au を含む n 電極 14 を 7000 の膜厚で形成し、最後にアニール装置にて 400 以上で熱処理を施し、電極を合金化させる。なお、アニールにより金属膜 10 と第一の層 11 と第二の層 12 とからなる透光性電極は合金化して渾然一体となった状態となっている。従って、図 1 では、あえて最表面の電極を第二の層 12 と示さず、金属膜、第一の層および第二の層が順不同で含まれるという意味で、透光性電極を 10 + 11 + 12 という符号で示している。

10

【0042】

以上のようにして、n 型コンタクト層 3 と p 型半導体層コンタクト層 6 とに電極を形成したウエハーを、350 μm 角のチップ状に切断し、その発光チップのサファイア基板側 1 をパッケージのような支持体やリード電極と接着し、ワイヤーボンドし、エポキシ樹脂でモールドして LED 素子とする。

【実施例 2】

【0043】

本実施例は、金属膜、第一の層および第二の層、それぞれの膜厚を変更する他は、上記実施例 1 と同様にして窒化物半導体発光素子を形成する。また、金属膜、第一の層および第二の層は、上記実施例 1 と同様にそれぞれ Ni、ITO および ITO とする。

20

【0044】

膜厚が Ni (30) / ITO (1000) / ITO (3000) である三層構造とした場合のシート抵抗は 6.5 / である。

【0045】

また、膜厚が Ni (30) / ITO (1000) / ITO (5000) である三層構造とした場合のシート抵抗は 4.5 / である。

【0046】

このように、本実施例に係る窒化物半導体発光素子は、第一の層、第二の層および金属膜を合わせた電極全体のシート抵抗を 1 ~ 100 / とすることができる。

30

【0047】

ところで、比較例として形成した膜厚が Ni (60) / Au (70) の電極の場合は、およそ 10 / であり、膜厚が Ni (60) / Au (200) の電極の場合は、3 / である。また、膜厚が Ni (100) / ITO (2500) となるように Ni / ITO の二層構造とした場合のシート抵抗は 1 から 100 / である。

【実施例 3】

【0048】

図 5 (a) に示されるように、本実施例における半導体素子は、発光素子 100 がサブマウントに対してフリップチップ実装された複合素子 103 である。発光素子は、透光性基板の正面を発光観測面側に向かって、発光素子の同一面側に設けられた正負一対のパッド電極がサブマウントに設けた正負一対の両電極 112a、112b と対向されバンプ 114b にて接合されている。

40

【0049】

サブマウントの一方の正面において、導電性部材により正電極 112a と負電極 112b とが絶縁膜 111 により互いに絶縁されている。導電性部材は、銀白色の金属、特に反射率の高いアルミニウム、銀や金あるいはそれらの合金を使用することが好ましい。サブマウント自体の材料は、発光素子を過電圧による破壊から防止する保護素子を構成することができるシリコンが好ましい。あるいは、サブマウントの材料は、窒化物半導体発光素子と熱膨張係数がほぼ等しいもの、例えば窒化アルミニウムが好ましい。このような材料を使用することにより、サブマウントと発光素子との間に発生する熱応力が緩和され、サ

50

ブマウントと発光素子との間のバンプを介した電気的接続が維持されるため、発光装置の信頼性を向上させることができる。

【0050】

保護素子には、規定電圧以上の電圧が印加されると通電状態になるツェナーダイオード(zener diode)、パルス性の電圧を吸収するコンデンサ等を用いることができる。図5(b)は、保護素子をツェナーダイオードとしたときの回路図を示す。ツェナーダイオードとして機能するサブマウントは、正電極を有するp型半導体領域と、負電極を有するn型半導体領域とを有し、発光素子のp側電極とn側電極に対して逆並列となるように接続される。即ち、発光素子100のn側パッド電極およびp側電極が、サブマウントのp型半導体領域115aおよびn型半導体領域115bに設けられた正電極112aおよび負電極112bとそれぞれバンプ114bにより電気的および機械的に接続される。さらに、サブマウントに設けられた正負両電極112a、112bは、導電性ワイヤ250によってリード電極のような外部電極と接続されている。なお、発光素子が搭載されているサブマウントの正面に対向する面に、p型半導体領域およびn型半導体領域のうち何れか一方、例えばp型半導体領域115aと極性を同じくする裏面電極114aを設け、導電性ワイヤ250を介することなく、リード電極と直接導通をとることもできる。

10

【0051】

このように、サブマウントにツェナーダイオードの機能を持たせることにより、電極間に過大な電圧が印加された場合、その電圧がツェナーダイオードのツェナー電圧を超えると、発光素子の正負両電極間はツェナー電圧に保持され、このツェナー電圧以上になることはない。従って、発光素子間に過大な電圧が印加されるのを防止でき、過大な電圧から発光素子を保護し、素子破壊や性能劣化の発生を防止することができる。ここで仮に、発光素子と保護素子のそれぞれをパッケージ等にダイボンドした後、導電性ワイヤにて外部電極と接続する構成とすると、導電性ワイヤのボンディング数が増えるために生産性が低下する。また、導電性ワイヤ同士の接触、断線等の発生する危険性が増えるため、発光装置の信頼性の低下を招く恐れがある。一方、本実施例における発光装置においては、導電性ワイヤをサブマウントに設けた正負両電極に接続するだけでよく、発光素子に導電性ワイヤをボンディングする必要がないため、上述したような問題が生じず信頼性の高い発光装置とすることもできる。

20

【0052】

発光素子のp側電極およびn側電極は、サブマウントの同一面側に形成された正負両電極にそれぞれ対向させて機械的に固定される。まず、サブマウントの正負両電極112a、112bに対し、Auからなるバンプ114bを形成する。次に、発光素子100のパッド電極とサブマウントの電極とをバンプ114bを介して対向させ、荷重、熱および超音波をかけることによりバンプ114bを溶着し、発光素子100の電極とサブマウントとの電極とを接合する。なお、バンプの材料として、Auの他、共晶ハンダ(Au-Sn)、Pb-Sn、鉛フリーハンダ等を用いることもできる。また、発光素子のパッド電極の形状や大きさは、設置するバンプの大きさや数により適宜選択される。したがって、実施例1のような補助電極を有する形状に限定されることはない。

30

【0053】

さらに、サブマウントをパッケージのような支持体やリード電極上にAgペーストを接着剤として固定し、導電性ワイヤにてリード電極とサブマウントの電極とを接続して発光装置とする。

40

【実施例4】

【0054】

図3は、本発明にかかる半導体発光素子を用いた発光装置の模式的な上面図を示し、図4は、図3における対角線方向の模式的な断面図を示す。以下、図面を参照しながら本実施例にかかる半導体発光素子および発光装置について詳述する。

【0055】

放熱性のよいマウント基板500上に、絶縁性の材料501として例えばSiO<sub>2</sub>を形

50

成し、その上に例えばA 1やA 1を含む合金等の第1の金属膜502と第2の金属膜503を、第1の金属膜を第2の金属膜が囲むように形成する。同一面側にn電極602およびp電極603が形成された2以上の窒化物半導体発光素子601をn電極602が第1の金属膜502と接するように、p電極603が第2の金属膜と接続するように形成する。ここで、第1の金属膜502に接続する電極はp電極603で、第2の金属膜503に接続する電極はn電極602であってもよい。すなわち、複数の窒化物半導体発光素子が一つの金属膜に同じ導電型で接していればよい。また第1の金属膜502と第2の金属膜503は、お互いが接していなければよく、図3に示されるように、第1の金属膜502が正方形であり、第2の金属膜503が正方形の第1の金属膜と等間隔で離間した形状の場合や、第1の金属膜が円形であり、第2の金属膜が円形の第1の金属膜と等間隔で離間したような形状の場合でもよい。

【0056】

また第1の金属膜502とn電極602、および第2の金属膜503とp電極603は、350で形成された少なくともAuとSnを含んでなる共晶合金505によって接合されている。共晶合金は窒化物半導体素子側面に回り込まない程度として5μm以下となるように形成する。

【0057】

複数の窒化物半導体発光素子が第1の金属膜と第2の金属膜に接続された状態で、さらに樹脂504を注入することで保護し、窒化物半導体発光装置を得る。

【0058】

以上のように、複数の窒化物半導体発光素子をフリップチップでマウント基板上に形成することによって、複数の窒化物半導体発光素子が等電位で実装でき、フェイスアップで実装するよりも、窒化物半導体発光装置の小型化が図れる。また接合に共晶合金を用いることで、小型化にしても比較的発光面積を大きく取ることができる。また、第1の金属膜と第2の金属膜の膜厚を調節することで、素子の発光面を水平としたり、水平から傾斜して設けたりすることが容易にできる。

【産業上の利用可能性】

【0059】

本発明の発光素子を例えばフルカラーLEDディスプレイ、LED信号機、道路情報表示板等のLEDデバイスに使用すると、低消費電力で明るいデバイスが実現でき、その産業上の利用価値は大である。

【図面の簡単な説明】

【0060】

【図1】図1は、本発明の一実施例にかかる発光素子の電極形状を示す模式的な上面図である。

【図2】図2は、図1の発光素子の構造を示す模式的な断面図である。

【図3】図3は、本発明の一実施例にかかる発光装置の模式的な上面図である。

【図4】図4は、図3の発光装置の構造を示す模式的な断面図である。

【図5】図5は、本発明の一実施例にかかる発光装置の模式的な側面図である。

【符号の説明】

【0061】

- 1 . . . サファイア基板
- 2 . . . パッファ層
- 3 . . . n型コンタクト層
- 4 . . . 活性層
- 5 . . . p型クラッド層
- 6 . . . p型コンタクト層
- 10 . . . 金属膜
- 11 . . . 第一の層
- 12 . . . 第二の層

10

20

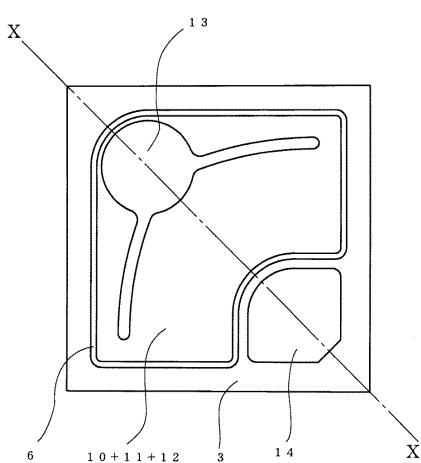
30

40

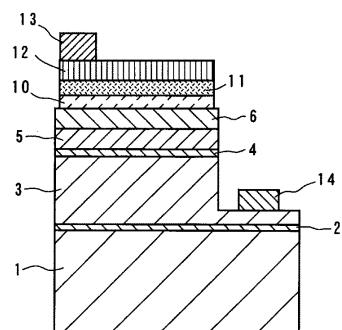
50

13、14	・・・パット電極	
602	・・・n電極	
100	・・・発光素子	
103	・・・複合素子	
111	・・・絶縁膜	
112a	・・・正電極	
112b	・・・負電極	
113a、113b	・・・ポンディング領域	
114a	・・・裏面電極	10
114b	・・・バンプ	
115a	・・・p型半導体領域	
115b	・・・n型半導体領域	
250	・・・導電性ワイヤ	
500	・・・マウント基板	
501	・・・絶縁性の材料	
502	・・・第一の金属膜	
503	・・・第二の金属膜	
504	・・・樹脂	
505	・・・共晶合金	
601	・・・窒化物半導体発光素子	20
603	・・・p電極	

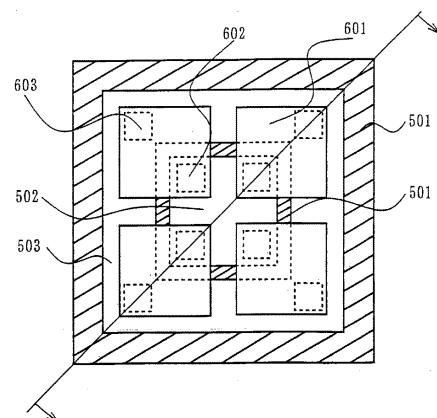
【図1】



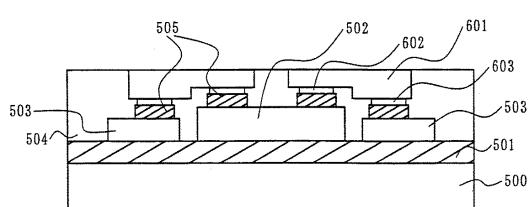
【図2】



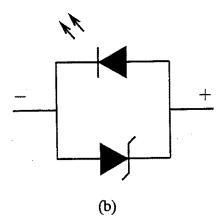
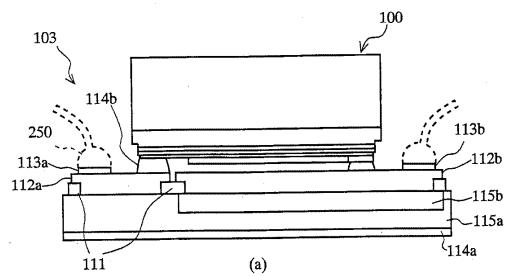
【図3】



【図4】



【図5】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平11-214748(JP, A)  
特開2001-196633(JP, A)  
特開平07-094782(JP, A)  
特開平10-173222(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 33/00