

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4277617号
(P4277617)

(45) 発行日 平成21年6月10日(2009.6.10)

(24) 登録日 平成21年3月19日(2009.3.19)

(51) Int.Cl. F I
H O 1 L 33/00 (2006.01) H O 1 L 33/00 C

請求項の数 6 (全 12 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2003-290063 (P2003-290063)</p> <p>(22) 出願日 平成15年8月8日(2003.8.8)</p> <p>(65) 公開番号 特開2005-64113 (P2005-64113A)</p> <p>(43) 公開日 平成17年3月10日(2005.3.10)</p> <p>審査請求日 平成17年9月16日(2005.9.16)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 000005120 日立電線株式会社 東京都千代田区外神田四丁目14番1号</p> <p>(74) 代理人 100090136 弁理士 油井 透</p> <p>(74) 代理人 100105256 弁理士 清野 仁</p> <p>(74) 代理人 100145872 弁理士 福岡 昌浩</p> <p>(72) 発明者 大島 祐一 東京都千代田区大手町一丁目6番1号 日立電線株式会社内</p> <p>審査官 松崎 義邦</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

結晶成長後のエピタキシャルウェハ表面の光取り出し面となる化合物半導体層に、厚さ $1\ \mu\text{m}$ 以下の金属膜または金属窒化膜を形成する工程と、

前記金属膜または金属窒化膜を形成した前記エピタキシャルウェハに、水素とアンモニアとを含む混合気中で 700 以上 1200 以下の温度で熱処理を加えることにより、前記金属膜または金属窒化膜の触媒的な作用によってエッチングを促進させて、前記金属膜または金属窒化膜に多数の微細孔を形成すると共に、前記光取り出し面となる化合物半導体層に多数の微細な凹凸を形成する工程とを含むことを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項2】

請求項1記載の半導体発光素子の製造方法において、

前記金属膜または金属窒化膜として、スカンジウム、イットリウム、チタン、ジルコニウム、ハフニウム、バナジウム、ニオブ、タンタル、クロム、モリブデン、タングステン、レニウム、鉄、ルテニウム、オスミウム、コバルト、ロジウム、イリジウム、ニッケル、パラジウム、マンガン、銅、白金または金のいずれかから成る金属膜又はこれらのいずれかを含む金属窒化膜を形成することを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項3】

請求項1又は2記載の半導体発光素子の製造方法において、

前記金属膜または金属窒化膜の形成に際して、前記エピタキシャルウェハ表面の化合物

半導体層の面領域中、電極を形成する部分領域をマスクし、これにより前記金属膜または金属窒化膜を形成すべき前記光取り出し面となる化合物半導体層の領域を選択的に定めることを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の半導体発光素子の製造方法において、

前記熱処理を加えることにより、前記金属膜または金属窒化膜に多数の微細孔を形成するとともに、前記光取り出し面となる化合物半導体層に多数の微細な凹凸を形成した後、前記金属膜または金属窒化膜を除去することを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の半導体発光素子の製造方法において、

前記凹凸を形成する最表面の化合物半導体層が窒化物系化合物半導体層であり、この窒化物系化合物半導体層の下に、該窒化物系化合物半導体層よりもエッチングされにくい層を挿入したウェハを用いることを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項 6】

請求項 5 記載の半導体発光素子の製造方法において、

前記エッチングされにくい層として、Al 組成が 1 % 以上で、且つ厚さが 3 nm 以上の窒化物半導体層を挿入することを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体発光素子及びその製造方法に係り、特に窒化物系化合物半導体発光素子において、素子表面に多数の凹凸を形成して粗面化し、光の取出し効率を高めて発光効率を改善させるのに有効な製造技術に関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体結晶を用いた発光素子としては、発光ダイオード (LED)、レーザダイオード (LD)、エレクトロルミネッセンス (EL) 等が知られている。

【0003】

GaN 系発光素子は、青色や紫外の光源として重要である。また、蛍光体と組合せて作られる白色ダイオードは、白熱電球や蛍光灯にかわる新しい光源として期待されている。その普及のためには、発光効率が高いことが重要であり、結晶性の向上や LED 構造の工夫によって改善の努力が続けられている。

【0004】

しかし、発光効率は現状 40 lm/W 程度に留まっており、白熱電球の 10 lm/W は超えているものの、100 lm/W 以上である蛍光灯レベルには及んでいない。

【0005】

発光素子の発光効率は、内部量子効率と光の取出しの積 (外部量子効率) に比例する。内部量子効率は、LED 構造や結晶性の向上によって 70 % にまで達しており、既に飽和傾向である。一方、取出し効率は通常 20 % 以下に留まっている。つまり、発光効率が低いのは、取出し効率が低いことが主な原因である。

【0006】

GaAs 系の発光素子においては、その発光表面に凹凸を付ける技術が提案されている。この提案によれば、発光表面に凹凸を付けることで、ミクロに見ると光の取り出し面にさまざまな角度を有する凹凸が形成され、これにより、有効立体角度が大きくなり、光の取出し効率が向上する。この表面凹凸化には、硝酸系のエッチング液や、弗化水素酸や、アンモニア - 過酸化水素系のエッチング液が使用される。

【0007】

ところが、半導体層を MOCVD 法にて成膜した場合、膜が薄いため、上記エッチング液による表面凹凸化手法を適用することがむずかしい。そこで、下記 (1) ~ (4) の工程を経ることで、発光面を粗面化処理する半導体発光素子の製造方法が提案されている (

10

20

30

40

50

例えば、特許文献 1 参照)。

【0008】

(1) 半導体基板の上にガリウム砒素系の一導電型半導体層と逆導電型半導体層とを順次積層する。

【0009】

(2) 逆導電型半導体層上に Zn 含有層を形成する。

【0010】

(3) 少なくとも逆導電型半導体層と Zn 含有層との双方に対し加熱し逆導電型半導体層に Zn を拡散する。

【0011】

(4) エッチング処理により Zn 含有層を除去するとともに、逆導電型半導体層の表面を粗面化する。

【特許文献 1】特開平 2003 - 046117 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

上述したように発光素子の発光効率が低いのは、光の取出し効率が低いことが主な原因であり、光取出し効率を高めるには、素子表面に多数の凹凸を形成することが有効であることが知られている。

【0013】

しかしながら、窒化物化合物半導体結晶の場合には、特にその Ga 極性面は化学的に非常に安定であり、通常のエッチングのような簡便な方法によって、そのような凹凸を作りこむことは困難である。

【0014】

上述した特許文献 1 の技術も、エッチングにより表面に凹凸を形成するものである。すなわち、特許文献 1 は、GaAs 系 LED の表面をエッチングにより荒らして光取出し効率を向上させる技術である。(1) まず、LED 表面に ZnO 又は ZnAs 層を形成する。(2) 次に熱処理を行い、LED 表面層に Zn を拡散させる。この時点では、まだ凹凸はできていない。(3) 熱処理後、HF 系エッチャントでエッチングを行うと、ZnO 層とともに、LED 表面層の、Zn が拡散した部分が除去されて、表面に凹凸が形成される。

【0015】

この GaAs 系半導体の場合と異なり、GaN 系半導体では、特にその Ga 極性面はエッチングがほとんど効かないので、エッチングで凹凸形成するのは困難である。

【0016】

そこで、本発明の目的は、上記課題を解決し、窒化物化合物半導体結晶のようにエッチングが有効でない物質系において、簡便な手段によって素子表面に微細な凹凸を形成し、光の取出し効率を高めて発光素子の発光効率を改善することができる半導体発光素子及びその製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0017】

上記目的を達成するため、本発明は、次のように構成したものである。

【0018】

請求項 1 の発明に係る半導体発光素子の製造方法は、結晶成長後のエピタキシャルウェハ表面の化合物半導体層に金属膜または金属窒化膜を形成する工程と、前記金属膜または金属窒化膜を形成したウェハに、エッチングガスの雰囲気中で熱処理を加えて、ウェハ表面の化合物半導体層に多数の微細な凹凸を形成する工程とを含むことを特徴とする。

【0019】

これには、例えば、凹凸の形成後、網目状の金属または金属窒化膜を除去せずに残し、

10

20

30

40

50

その上にもう一度 GaN 等の化合物半導体層を成長し、以てその表面に新たな凹凸が多数形成されて残り、且つ網目構造がその下に閉じ込められ保護された形とする形態が含まれる。

【 0 0 2 0 】

請求項 2 の発明は、請求項 1 記載の半導体発光素子の製造方法において、前記金属膜または金属窒化膜として、スカンジウム、イットリウム、チタン、ジルコニウム、ハフニウム、バナジウム、ニオブ、タンタル、クロム、モリブデン、タングステン、レニウム、鉄、ルテニウム、オスミウム、コバルト、ロジウム、イリジウム、ニッケル、パラジウム、マンガン、銅、白金または金のいずれかから成る金属膜又はこれらのいずれかを含む金属窒化膜を形成することを特徴とする。

10

【 0 0 2 1 】

請求項 3 の発明は、請求項 1 又は 2 記載の半導体発光素子の製造方法において、前記金属膜または金属窒化膜の厚さを 1 μm 以下とすることを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

請求項 4 の発明は、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の半導体発光素子の製造方法において、前記熱処理を水素とアンモニアとを含む混合気中で行うことを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

請求項 5 の発明は、請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の半導体発光素子の製造方法において、前記熱処理を 700 以上 1200 以下の温度で行うことを特徴とする。

【 0 0 2 4 】

請求項 6 の発明は、請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の半導体発光素子の製造方法において、前記金属膜または金属窒化膜の形成に際して、前記ウェハ表面の化合物半導体層の面領域中、電極を形成する部分領域をマスクし、これにより前記金属膜または金属窒化膜を形成すべき領域を選択的に定めることを特徴とする。

20

【 0 0 2 5 】

請求項 7 の発明は、請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の半導体発光素子の製造方法において、前記熱処理の後、前記金属膜または金属窒化膜を除去することを特徴とする。

【 0 0 2 6 】

請求項 8 の発明は、請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の半導体発光素子の製造方法において、前記凹凸を形成する最表面の化合物半導体層が窒化物系化合物半導体層であり、この窒化物系化合物半導体層の下に、該窒化物系化合物半導体層よりもエッチングされにくい層を挿入したウェハを用いることを特徴とする。

30

【 0 0 2 7 】

請求項 9 の発明は、請求項 8 記載の半導体発光素子の製造方法において、前記エッチングされにくい層として、Al 組成が 1 % 以上で、且つ厚さが 3 nm 以上、好ましくは 5 nm 以上の窒化物半導体層を挿入することを特徴とする。

【 0 0 2 8 】

請求項 10 の発明に係る半導体発光素子は、活性層を含む発光層と、この発光層の上に形成された窒化物半導体から成るコンタクト層と、前記コンタクト層の上に形成された光取出し側電極とを備えた窒化物系化合物半導体発光素子において、前記コンタクト層の表面の光取出し面に多数の微細な凹凸を形成して、光散乱用の粗面としたことを特徴とする。

40

【 0 0 2 9 】

請求項 11 の発明は、請求項 10 記載の半導体発光素子において、前記発光層が、シングルヘテロ接合、ダブルヘテロ接合もしくはホモ接合のいずれかを備えていることを特徴とする。

【 0 0 3 0 】

< 発明の要点 >

本発明においては、素子表面に金属または金属窒化膜を形成し、それにエッチングガスの雰囲気中で熱処理を加えることによって、表面の化合物半導体層、例えば窒化物系化合

50

物半導体層に微細な凹凸を形成する。このとき熱処理を、水素とアンモニアを含む気流中で行うことによって、好適に凹凸が形成される。これは、表面に形成した金属または金属窒化物の触媒的な作用によって、窒化物系化合物半導体層の水素ガスによるエッチングが促進されるためと考えられる。

【0031】

従って、素子表面に形成する金属膜または金属窒化膜としては、スカンジウム、イットリウム、チタン、ジルコニウム、ハフニウム、バナジウム、ニオブ、タンタル、クロム、モリブデン、タングステン、レニウム、鉄、ルテニウム、オスミウム、コバルト、ロジウム、イリジウム、ニッケル、パラジウム、マンガン、銅、白金または金のいずれかから成る金属膜又はこれらのいずれかを含む金属窒化膜のいずれでもよい。

10

【0032】

上記熱処理の際に形成される凹凸の大きさや高さは、熱処理の条件や、形成する金属膜または金属窒化膜の厚さによって制御することができる。

【0033】

LEDの表面に形成する金属膜または金属窒化膜の厚さは、1 μm以下であることが望ましい。なぜなら、この層が厚いほどウェハ表面の窒化物系化合物半導体層（例えばGaNコンタクト層）のエッチングが促進されるため、厚すぎるとGaNコンタクト層が全て無くなってしまふからである。1 μm以下であれば、適度な凹凸を形成することができる。

【0034】

熱処理温度は700 以上1200 以下であることが望ましい。また、その際の雰囲気ガスとしては、上記したようにH₂（水素）とNH₃（アンモニア）の混合気を用いることが望ましい。H₂を用いるのは、LED表面層をエッチングするためである。NH₃を混合するのは、エッチングの起こる温度を制御するためである。H₂のみで熱処理を行った場合、エッチングは低温で起こるため、エッチングによって生じるGa等の生成速度が蒸発速度を上回るため、表面にドロップレットが残ってしまう。NH₃を適度に混合すれば、エッチングの起こる温度が高温側にシフトするため、Gaの蒸発速度は生成速度を上回り、表面は清浄となる。このような制御は、700 以上1200 以下の温度領域で好適に行うことができる。

20

【0035】

また、凹凸を形成すべき表面層の中間にAlGaN等のエッチングされにくい層を設ければ、その層でエッチングの進行が停止するため、凹凸の大きさと高さをより確実に制御することができる。このエッチングの深さを制限するための層は、Al組成1%以上、且つ厚さ3nm以上（より好ましくは5nm以上）であることが望ましい。Al組成が小さすぎるときや、膜厚が薄すぎる場合には、エッチングを阻む能力が得られにくくなるためである。

30

【0036】

凹凸を形成する部分は、マスク等を利用して、金属または金属窒化膜の形成領域を制限することによって、選択的に定めることができる。すなわち、金属膜または金属窒化膜の形成に際しては、ウェハ表面の化合物半導体層（例えば窒化物系化合物半導体層）の面領域中、電極を形成する部分領域をマスクすることにより金属膜または金属窒化膜を形成すべき領域を選択的に定めることができる。これにより、例えば、電極を形成する部分領域には凹凸を形成しないことが可能である。

40

【0037】

熱処理によって凹凸を形成した後は、表面の金属または金属窒化膜はエッチング等によって簡単に除去することができる。金属または金属窒化膜は、その膜厚が薄い場合、例えば50nm以下のTiの場合には、熱処理によって、多数の微細な孔の形成された、網目状の組織を持ったTiNに変化する。この場合、TiNが導電性であることから、除去せずにそのまま網目状の電極として使用することも可能である。

【0038】

50

上記したように本発明の要点は、発光素子構造の結晶をエピタキシャル成長した素子表面に金属膜または金属窒化膜を形成し、エッチングガスの雰囲気中で熱処理を加えることで、表面の化合物半導体層（例えば窒化物系化合物半導体層）に微細な凹凸を簡便に形成することにある。

【0039】

本発明が優れている点は、ウエットエッチング無しで、熱処理のみで凹凸が形成される点である。既に述べたように、GaAs系と異なり、GaN系半導体では、特にそのGa極性面はウエットエッチングがほとんど効かないので、ウエットエッチングで凹凸形成するのは困難である。そのような物質系において、簡便に素子表面に微細な凹凸を形成できるところに、本発明の意義がある。

10

【0040】

なお、LEDについて光の取出し効率を考える上では発光層の層構造は本質ではなく、ダブルヘテロ構造やシングルヘテロ接合構造やホモ接合構造でも同様に考えることができる。

【発明の効果】

【0041】

以上説明したように本発明によれば、金属膜または金属窒化膜を蒸着等により素子表面に形成し、エッチングガスの雰囲気中で熱処理を加えるという操作だけで、表面の化合物半導体層に微細な凹凸を簡便に形成することができる。蒸着と熱処理だけの操作であり、簡単であるので、量産向きである。

20

【0042】

本発明が特に優れている点は、ウエットエッチング無しで、熱処理のみで凹凸が形成される点である。既に述べたように、GaAs系と異なり、GaN系半導体では、特にそのGa極性面はウエットエッチングがほとんど効かないので、ウエットエッチングで凹凸形成するのは困難である。そのような物質系において、簡便に素子表面に微細な凹凸を形成できるところに、本発明の意義がある。

【0043】

すなわち、本発明によれば、窒化物化合物半導体結晶のようにウエットエッチングが有効でない物質系において、簡便な手段によって素子表面に微細な凹凸を形成し、光の取出し効率を高めて発光素子の発光効率を改善することができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0044】

以下、本発明を図示の実施形態に基づいて説明する。

【0045】

図1は、本発明の実施の形態における窒化物半導体発光素子の構成を示す模式的断面図である。

【0046】

図1に示す窒化物半導体発光素子においては、サファイア基板5上に、有機金属気相成長(MOVPE)法により膜厚4 μ mのn型GaNコンタクト層4、MQW(多重量子井戸)活性層(発光層)3、膜厚40nmのp型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層2および膜厚200~500nmのp型GaNコンタクト層1が順にエピタキシャル成長されている。なお、この場合のn型ドーパントとしては例えばSiが用いられており、p型ドーパントとしては例えばMgが用いられている。MQW活性層3は、膜厚10nmのアンドープGaN障壁層と、膜厚3nmのアンドープIn_{0.15}Ga_{0.85}Nからなる井戸層とが交互に6積層されてなる多重量子井戸構造を有する。

40

【0047】

なお、この種の発光素子において、発光に直接寄与する部分は、活性層3とこの活性層を挟むクラッド層2及びコンタクト層4であるので、ここでは、これらの層をまとめて発光層と定義する。光の取出し効率を考える上では発光層の層構造は本質ではなく、従って、この発光層は活性層を含む形であれば良く、発光層でのpn接合がダブルヘテロ接合や

50

シングルヘテロ接合やホモ接合など、いずれの構造の場合でも発光に直接寄与する部分は発光層と称する。

【0048】

上記の如くLED構造の半導体層がエピタキシャル成長されたウェハには、ウェハ最表面である窒化物系化合物半導体層（p型GaNコンタクト層1）の面領域に、正確には、そのうちの光取出し側電極7aを設けるための部分領域（電極用領域）を除いた領域（光取出し面）に、多数の微細な凹凸10が形成されており、これにより光散乱用の粗面が形成されている。

【0049】

上記半導体層のエピタキシャル成長後に、反応性イオンエッチング（RIE）によりn型GaNコンタクト層4を表面に露出せしめ、そのn型GaNコンタクト層4上に電極7bが、またp型GaNコンタクト層1上の電極用領域に光取出し側電極7aが、それぞれ蒸着により形成されている。これらの電極は、通常ボンディングによって外部配線と接続される。

【0050】

上記p型GaNコンタクト層1の表面領域のうちの光取出し面に微細な凹凸10を形成し粗面化する方法は、次の(1)~(4)の工程による。

(1) LED構造のエピタキシャル層部分（n型GaNコンタクト層4~p型GaNコンタクト層1）を成長する。

(2) p型GaNコンタクト層（200~500nm厚）表面にTiの金属膜を蒸着する。Ti膜は、荒らしたい表面部分（光取出し面）にのみ、マスク等を使用して選択的につける。金属膜はTiに限らず、別の金属でもよい。

(3) 水素・アンモニア雰囲気中で熱処理を行う。この熱処理によりLED表面（つまりp型GaNコンタクト層1の表面）に多数の凹凸10が形成される。またこの熱処理により表面のTiはTiNとなる。ここで形成される凹凸10の大きさ、高さは、熱処理条件で制御できる。凹凸10を形成する最表面のp型GaNコンタクト層1の下に、該p型GaNコンタクト層1よりもエッチングされにくい層（VSL）を挿入するという技術で制御してもよい。

(4) 表面のTiN膜を薬液で除去する。しかし、このTiN膜は残しておいて、網目状電極として用いてもよい。

【0051】

このようにGaN系LEDの表面を荒らして粗面化することで、LEDの表面の光取出し効率が向上する。またその粗面化手段は、Tiの金属膜の存在下で、水素・アンモニア雰囲気中で熱処理を行うだけである。従って、簡便な手段によって素子表面に微細な凹凸を形成し、光の取出し効率を高めて発光素子の発光効率を改善することができる。

【実施例】

【0052】

本発明に関わる実施例について説明する。

【0053】

[実施例1]

第一の実施例を図2を用いて説明する。これは図1の構造の窒化物半導体発光素子を製造する例である。

【0054】

はじめに、サファイア基板5上にn型GaNコンタクト層4（厚さ4 μ m）と、In_{0.15}Ga_{0.85}N/GaN-3-MQW活性層3（well層3nm、barrier層10nm）と、p型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層2（厚さ40nm）、p型GaNコンタクト層1（厚さ500nm）をMOVPE法を用いて順次成長して積層し、図2(a)に示すようなLED構造を作製した。

【0055】

その表面に、金属膜として図2(b)に示すようにTi膜6を20nm真空蒸着した。そ

10

20

30

40

50

の際、光取出し側電極を形成する部分はマスクして、Tiがつかないようにした。

【0056】

これに $H_2 : NH_3 = 4 : 1$ の混合気流中、1030 で30分の熱処理を加えた。その結果、図2(c)に示すように、p型GaNコンタクト層1はエッチングされ、多数の微細な凹凸10が表面に形成されたp型GaN層1aとなった。凹凸10の形状は多角錐状であり、その高さとは直径はそれぞれ約300nmであった。また、Ti膜6は窒化されて数十nm程度の微細孔を多数有するTiN膜6aに変化した。

【0057】

このTiN膜6aを $HF : HNO_3 = 1 : 1$ の混合液を用いて除去した後に、電極7a、7bを設けて、図2(d)に示すようなLED素子構造を形成した。

10

【0058】

このLEDの発光効率は、同様の構造で、表面に凹凸を形成しなかったLEDの場合の150%であった。このことから、凹凸の形成によってLEDの発光効率が大きく改善されたといえる。

【0059】

[実施例2]

第二の実施例を図3を用いて説明する。これは凹凸を形成する最表面のp型GaNコンタクト層の下にエッチングされにくい層(VSL)を挿入した例である。

【0060】

はじめに、サファイア基板5上にn型GaNコンタクト層4(厚さ4 μ m)と、 $In_{0.15}Ga_{0.85}N / GaN - 3 - MQW$ 活性層3(well層3nm、barrier層10nm)と、p型 $Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ クラッド層2(厚さ40nm)、p型GaNコンタクト層1(厚さ300nm)と、p型 $Al_{0.05}Ga_{0.95}N$ 層8(厚さ200nm)と、p型GaNコンタクト層1(厚さ300nm)とをMOVPE法を用いて順次成長して積層し、図3(a)に示すようなLED構造を作製した。

20

【0061】

その表面に、金属膜として図3(b)に示すようにTi膜6を20nm真空蒸着した。その際、光取出し側電極を形成する部分はマスクして、Tiがつかないようにした。

【0062】

これに $H_2 : NH_3 = 4 : 1$ の混合気流中、1030 で30分の熱処理を加えた。その結果、図3(c)に示すように、p型GaNコンタクト層1はエッチングされ、多数の微細な凹凸10が表面に形成されたp型GaN層1aとなった。凹凸10の形状は多角錐状であった。エッチングはp型 $Al_{0.05}Ga_{0.95}N$ 層8で停止しており、そのため、凹凸10の高さと直径はそれぞれ約200nmであった。また、Ti膜6は窒化されて数十nm程度の微細孔を多数有するTiN膜6aに変化した。

30

【0063】

このTiN層6aを $HF : HNO_3 = 1 : 1$ の混合液を用いて除去した後に、電極7a、7bを設けて、図3(d)に示すようなLED素子構造を形成した。

【0064】

このLEDの発光効率は、同様の構造で、表面に凹凸を形成しなかったLEDの場合の170%であった。このことから、凹凸10の形成によってLEDの発光効率が大きく改善されたといえる。

40

【0065】

[実施例3]

第三の実施例を図4を用いて説明する。これはTiN膜をそのまま残し、網目電極として利用する例である。

【0066】

はじめに、サファイア基板5上にn型GaNコンタクト層4(厚さ4 μ m)と、 $In_{0.15}Ga_{0.85}N / GaN - 3 - MQW$ 活性層3(well層3nm、barrier層10nm)と、p型 $Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ クラッド層2(厚さ40nm)、p型GaNコンタクト層1(

50

厚さ500nm)をMOVPE法を用いて順次成長して積層し、図4(a)に示すようなLED構造を作製した。

【0067】

その表面に、金属膜として図4(b)に示すようにTi膜6を20nm真空蒸着した。その際、光取出し側電極7aを形成する部分はマスクして、Tiがつかないようにした。

【0068】

これに $H_2 : NH_3 = 4 : 1$ の混合気流中、1030℃で30分の熱処理を加えた。その結果、図4(c)に示すように、p型GaNコンタクト層1はエッチングされ、多数の微細な凹凸10が表面に形成されたp型GaN層1aとなった。凹凸10の形状は多角錐状であり、その高さや直径はそれぞれ約300nmであった。また、Ti膜6は窒化されて数十nm程度の微細孔を多数有するTiN膜6aに変化した。

10

【0069】

このTiN膜6aをそのまま電極として機能するように残し、さらに電極7a、7bを設けて、図に示すようなLED素子構造を形成した。すなわち、この実施例ではp型GaN層1a側に設ける光取り出し側電極を、電極7aとTiN膜6aとで構成した。

【0070】

このLEDの発光効率は、TiN膜を除去した実施例1のLEDの場合の120%となった。導電性のTiNの網目構造電極によって、電流の分散が改善されたためと考えられる。

【0071】

20

<他の実施例、変形例>

(a)上記実施例ではMOVPE法を用いてLED構造のエピタキシャル層を成長したが、成長方法はMBE法(分子線エピタキシー法)や他の方法でも良い。

(b)上記実施例ではGaN系発光素子について述べたが、GaN系以外の発光素子にも同様に用いることが可能である。

(c)上記実施例では凹凸の形成後、網目状の金属または金属窒化膜を除去するか又は除去せずに網目状電極として使用する例について述べたが、これ以外の形態のLEDとして構成することもできる。例えば、凹凸10の形成後、網目状の金属または金属窒化膜6aを除去せずに、その上にもう一度GaNの成長を行うと、表面に新たな凹凸が多数形成され、網目構造はその下に閉じ込められる。これにより、壊れやすい導電性の網目状膜を保護しつつ取出し効率を向上することも可能である。成長条件によって、凹凸の大きさや密度、形状を制御することも容易である。

30

【図面の簡単な説明】

【0072】

【図1】本発明の実施形態にかかる窒化物半導体発光素子の断面構造を模式的に表した図である。

【図2】本発明の第一の実施例にかかる窒化物半導体発光素子の製造方法を模式的に表した図である。

【図3】本発明の第二の実施例にかかる窒化物半導体発光素子の製造方法を模式的に表した図である。

40

【図4】本発明の第三の実施例にかかる窒化物半導体発光素子の製造方法を模式的に表した図である。

【符号の説明】

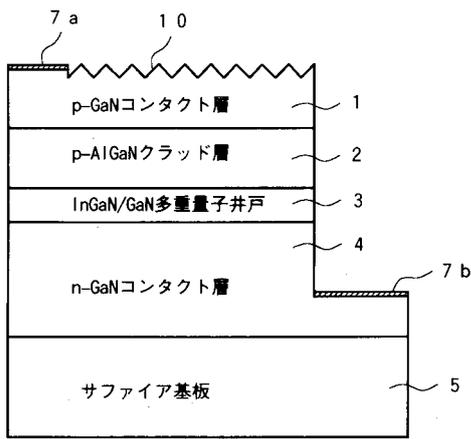
【0073】

- 1 p型GaNコンタクト層
- 1a p型GaN層
- 2 p型AlGaNクラッド層
- 3 MQW(多重量子井戸)活性層
- 4 n型GaNコンタクト層
- 5 サファイア基板

50

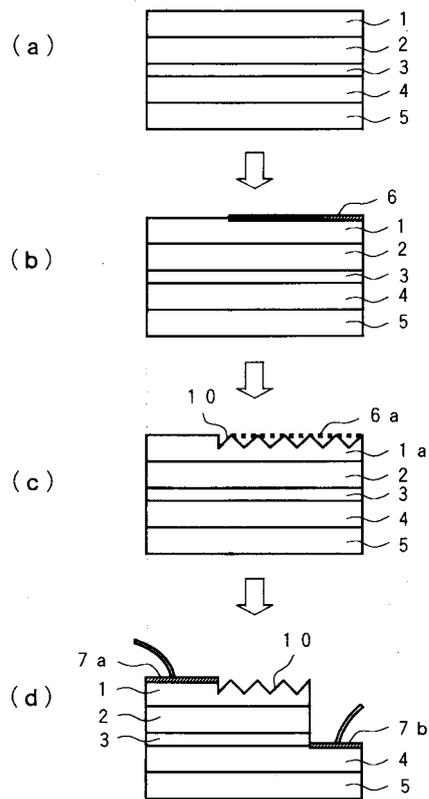
- 6 Ti膜
- 6 a TiN膜
- 7 a、7 b 電極
- 8 p型AlGaIn層
- 10 凹凸

【図1】

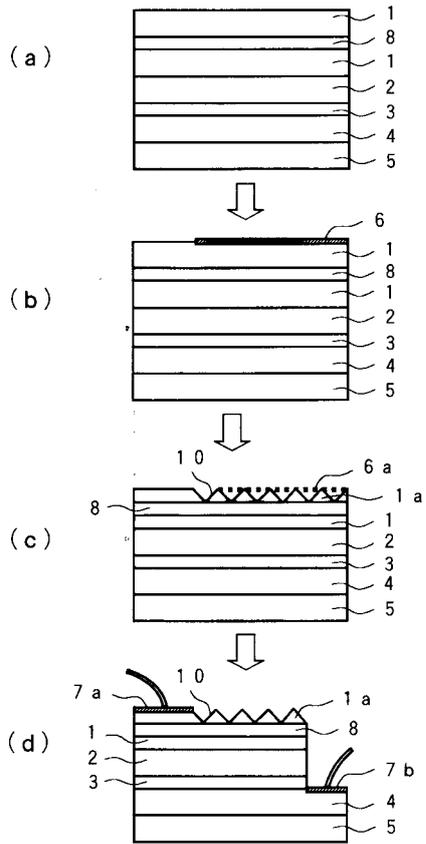


窒化物半導体発光素子の構造

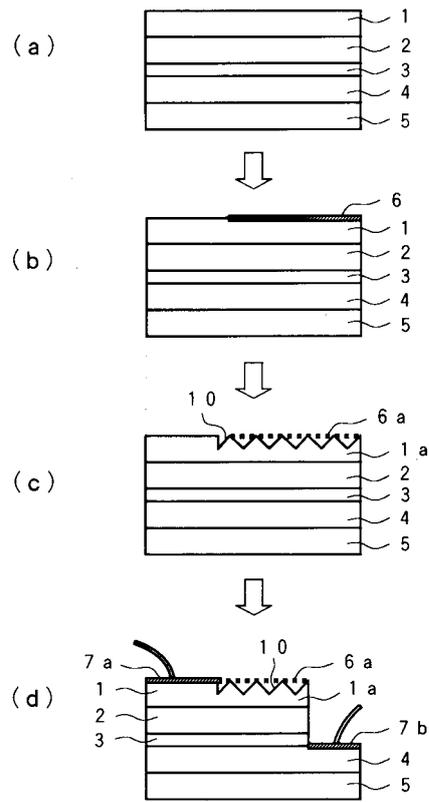
【図2】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2002-016312(JP,A)
特開2002-100609(JP,A)
特開2003-046117(JP,A)
特開2003-174237(JP,A)
特開2003-008055(JP,A)
特開2003-209283(JP,A)
特開平07-038146(JP,A)
特開2002-016286(JP,A)
特開平10-209500(JP,A)
特開2003-069075(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 33/00