

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5270088号
(P5270088)

(45) 発行日 平成25年8月21日(2013.8.21)

(24) 登録日 平成25年5月17日(2013.5.17)

(51) Int.Cl. F I
H O 1 L 33/32 (2010.01) H O 1 L 33/00 1 8 6

請求項の数 26 (全 18 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2006-337470 (P2006-337470) (22) 出願日 平成18年12月14日(2006.12.14) (65) 公開番号 特開2007-165908 (P2007-165908A) (43) 公開日 平成19年6月28日(2007.6.28) 審査請求日 平成21年11月26日(2009.11.26) (31) 優先権主張番号 10-2005-0123857 (32) 優先日 平成17年12月15日(2005.12.15) (33) 優先権主張国 韓国 (KR) (31) 優先権主張番号 10-2006-0063586 (32) 優先日 平成18年7月6日(2006.7.6) (33) 優先権主張国 韓国 (KR)</p>	<p>(73) 特許権者 502032105 エルジー エレクトロニクス インコーポ レイティド 大韓民国ソウル、ヨンドンポーク、ヨイ ーデロ、128 (73) 特許権者 510039426 エルジー イノテック カンパニー リミ テッド 大韓民国 100-714 ソウル、ジュ ン-グ、ナムデムンノ 5-ガ、ソウル スクエア、20階 (74) 代理人 100094318 弁理士 山田 行一 (74) 代理人 100123995 弁理士 野田 雅一</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 垂直型発光素子及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上にマスク層を形成する段階と、
 前記マスク層のパターン形状に沿って、窒化物半導体からなる伝導性半導体層を形成する段階と、
 前記伝導性半導体層上に第1型半導体層、活性層、第2型半導体層を備え、窒化物半導体からなる半導体構造を形成する段階と、
 前記半導体構造上に第1電極を形成する段階と、
 前記第1電極上に支持層を形成する段階と、
 前記基板を除去する段階と、
 前記伝導性半導体層の表面に第2電極を形成する段階と、を含んで構成され、
 前記伝導性半導体層は、前記半導体構造より厚く、前記半導体構造を成長するためのテンプレートとなり、
 前記伝導性半導体層は、素子の光抽出効率を向上するために、傾斜角を有する側面を備え、
前記傾斜角は、前記伝導性半導体層の前記表面が前記伝導性半導体層の前記半導体構造と対面する表面より大きくなるよう設定されることを特徴とする垂直型発光素子の製造方法。

【請求項 2】

バッファ層上に前記マスク層を形成することを特徴とする請求項 1 に記載の垂直型発光

素子の製造方法。

【請求項 3】

前記バッファ層は、 $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ 層 ($0 < (x, y) < 1$) を含むことを特徴とする請求項 2 に記載の垂直型発光素子の製造方法。

【請求項 4】

前記マスク層を形成する段階は、
前記基板上に誘電体層を形成する段階と、
前記誘電体層を円状または多角形状のパターンで除去する段階と、を含んで構成されることを特徴とする請求項 1 に記載の垂直型発光素子の製造方法。

【請求項 5】

前記伝導性半導体層の水平断面は、前記誘電体層の円状または多角形状と同一であることを特徴とする請求項 4 に記載の垂直型発光素子の製造方法。

【請求項 6】

前記伝導性半導体層の水平断面は、前記誘電体層の多角形状より多くの角を有することを特徴とする請求項 4 に記載の垂直型発光素子の製造方法。

【請求項 7】

前記誘電体層は、シリコン酸化物またはシリコン窒化物を含むことを特徴とする請求項 4 に記載の垂直型発光素子の製造方法。

【請求項 8】

前記伝導性半導体層は、 $1 \sim 300 \mu m$ の厚さを有する伝導性 GaN 層を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の垂直型発光素子の製造方法。

【請求項 9】

前記伝導性半導体層は、HVPE (Hydride Vapor Phase Epitaxy) 法で形成されることを特徴とする請求項 1 に記載の垂直型発光素子の製造方法。

【請求項 10】

前記伝導性半導体層の前記傾斜角は、前記伝導性半導体層の前記表面に対する側面の角度であり、 $35 \sim 65^\circ$ の範囲内であることを特徴とする請求項 1 に記載の垂直型発光素子の製造方法。

【請求項 11】

前記基板は、HVPE (Hydride Vapor Phase Epitaxy) 法で形成される GaN 基板を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の垂直型発光素子の製造方法。

【請求項 12】

前記半導体構造は、MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 工程を通して形成されることを特徴とする請求項 1 に記載の垂直型発光素子の製造方法。

【請求項 13】

前記基板の除去は、レーザーリフトオフ工程または湿式エッチング工程により行われることを特徴とする請求項 1 に記載の垂直型発光素子の製造方法。

【請求項 14】

支持層と、
前記支持層上の第 1 電極と、
前記第 1 電極上の半導体構造であって、第 1 型層、活性層、第 2 型層を含み、窒化物半導体からなる半導体構造と、
前記半導体構造上の、外側面が特定の傾斜角を有し、窒化物半導体からなる伝導性半導体層と、

前記伝導性半導体層の表面上の第 2 電極と、を含んで構成され、

前記伝導性半導体層の前記外側面の前記傾斜角は、前記伝導性半導体層の前記表面が前記伝導性半導体層の前記半導体構造と対面する表面より大きくなるよう設定されることを

10

20

30

40

50

特徴とする垂直型発光素子。

【請求項 15】

前記伝導性半導体層の外側面の傾斜角は、前記伝導性半導体層の前記表面と側面との間の角度であることを特徴とする請求項 14 に記載の垂直型発光素子。

【請求項 16】

前記伝導性半導体層は、1 ~ 300 μm の厚さを有する伝導性 GaN 層を含むことを特徴とする請求項 14 に記載の垂直型発光素子。

【請求項 17】

前記支持層、第 1 電極、半導体構造、伝導性半導体層及び第 2 電極のうち少なくとも何れか一つ以上は、水平断面が 4 角以上の多角形状であることを特徴とする請求項 14 に記載の垂直型発光素子。

10

【請求項 18】

前記第 1 電極は、
反射電極と、

前記反射電極上に位置するオーミック電極と、を含んで構成されることを特徴とする請求項 14 に記載の垂直型発光素子。

【請求項 19】

第 1 電極は、反射型オーミック電極であることを特徴とする請求項 14 に記載の垂直型発光素子。

【請求項 20】

20

前記半導体構造の外側面は、前記伝導性半導体層の前記外側面の前記傾斜角と異なる角度を有することを特徴とする請求項 14 に記載の垂直型発光素子。

【請求項 21】

前記支持層は、シリコン (Si) 基板、ガリウム砒素 (GaAs) 基板、ゲルマニウム (Ge) 基板、金属基板、及び金属を含む基板のうちの一つを含むことを特徴とする請求項 14 に記載の垂直型発光素子。

【請求項 22】

前記支持層は、Ni または Cu を含むことを特徴とする請求項 14 に記載の垂直型発光素子。

【請求項 23】

30

前記伝導性半導体層の外側面は、前記半導体構造から放出される光の内部全反射が起こる確率が減少するように構成され、素子の光抽出効率を改善することを特徴とする請求項 14 に記載の垂直型発光素子。

【請求項 24】

前記伝導性半導体層は、前記半導体構造より厚いことを特徴とする請求項 14 に記載の垂直型発光素子。

【請求項 25】

前記支持層と前記第 1 電極との間に配置された結合金属をさらに備えることを特徴とする請求項 14 に記載の垂直型発光素子。

【請求項 26】

40

前記伝導性半導体層の前記外側面の前記傾斜角は、前記伝導性半導体層の前記表面と側面との間の角度であり、35 ~ 65 ° の範囲内であることを特徴とする請求項 14 に記載の垂直型発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、垂直型発光素子に関するもので、特に、発光効率を向上できる垂直型発光素子及びその製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

50

発光ダイオード (Light Emitting Diode: LED) は、電流を光に変換させる公知の半導体発光素子であり、1962年にGaAsP化合物半導体を用いた赤色LEDが商品化されて以来、GaP:N系列の緑色LEDと共に、情報通信機器を初めとする電子装置の表示画像用光源として用いられてきた。

【0003】

上記のようなLEDによって放出される光の波長は、LED製造に用いられる半導体材料によって異なる。これは、放出された光の波長が、価電子帯 (valence band) 電子と伝導帯 (conduction band) 電子との間のエネルギー差を示す半導体材料のバンドギャップによることに起因する。

【0004】

窒化ガリウム (Gallium Nitride: GaN) 化合物半導体は、高い熱的安定性及び幅広いバンドギャップ (0.8 ~ 6.2 eV) により、高出力電子素子開発分野で多くの注目を受けてきた。その理由の一つは、GaNが他の元素 (インジウム (In)、アルミニウム (Al) など) と組み合わせられ、緑色、青色及び白色光を放出する半導体層を製造できるためである。

【0005】

上記のように放出波長を調節できるため、特定装置の特性に合わせてLCDの材料が適切に結晶される。例えば、GaNを用いると、光記録に有益な青色LEDと、白熱灯の代わりとなりえる白色LEDとを製造できる。

【0006】

また、従来の緑色LEDの場合、最初はGaPを用いて製造されていた。しかし、GaPは、間接遷移型材料として効率低下を引き起こすので、GaPを用いた緑色LEDでは、実用的な純緑色発光を得ることができなかった。一方、InGaN薄膜成長が成功することで、高輝度の緑色LEDが実現可能になった。

【0007】

上記のような利点及び他の利点によって、GaN系列のLED市場が急速に成長しつつある。したがって、1994年にGaN系列のLEDが商業的に導入されて以来、GaN系列の光電子装置技術も急激に発達した。

【0008】

上述したように、InGaNなどの窒化物半導体は、直接遷移型物質であって、高輝度LEDを実現可能であるが、異種基板との大きな格子不整合及び熱膨張係数の差によって結晶内に多くの欠陥が含まれるので、これが依然として解決すべき大きな問題点と指摘されている。

【0009】

すなわち、窒化ガリウム (GaN) 系列物質からなる基板は、実現が困難であり、高価であるため、発光ダイオード (LED) やレーザーダイオード (LD) などの発光素子を製造するとき、通常、サファイアなどの異種基板を用いている。

【0010】

しかしながら、上記のような異種基板上に窒化ガリウム (GaN) 系列の物質を成長させる過程で、熱膨張係数及び結晶の格子定数の差などによって、格子不整合や貫通電位などの欠陥が、成長される薄膜内に含まれる。

【0011】

したがって、高品質の窒化ガリウム系列LEDを製作するためには、結晶質の良い窒化ガリウム基板を適用する必要がある。

【0012】

最近になって、HVPE (Hydride Vapor Phase Epitaxy) 成長法を用いて窒化ガリウム (GaN) 基板をフリースタANDING (Freestanding) 基板に作る技術が常用化されている。しかしながら、この技術を実現するにおいて、基板に反りが発生し、製造費用が高価であるという問題点がある。

【0013】

10

20

30

40

50

したがって、上記のようなLED構造を製作するために、格子欠陥または結晶欠陥を低下させる工程技術が要求されている。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

本発明は上記の問題点を解決するためのもので、その目的は、基板上の選択的な領域で発光素子構造を成長させ、このように選択的に成長された窒化物半導体層の形状を多様に变化させる方法を提示し、このような構造を用いて高い光抽出効率を実現できる垂直型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】

【0015】

上記目的を達成するための第1観点として、本発明は、基板上にマスク層を形成する段階と、前記マスク層上に伝導性半導体層を形成する段階と、前記伝導性半導体層上に複数の半導体層を形成する段階と、前記複数の半導体層上に第1電極を形成する段階と、前記第1電極上に支持層を形成する段階と、前記基板を除去する段階と、前記基板が除去されて露出された伝導性半導体層面に第2電極を形成する段階と、を含んで構成されることが好ましい。

【0016】

上記目的を達成するための第2観点として、本発明は、支持層と、前記支持層上に位置する第1電極と、前記第1電極上に位置する複数の半導体層と、前記複数の半導体層上に位置し、外側面が特定の傾斜角を有する伝導性半導体層と、前記伝導性半導体層上に位置する第2電極と、を含んで構成されることが好ましい。

【発明の効果】

【0017】

本発明によると、基板上の選択的な領域で発光素子構造が成長できるようにし、このように選択的に成長された窒化物半導体層の形状を多様に变化させる方法を提示し、このような構造を用いて高い光抽出効率を実現できる垂直型発光素子及びその製造方法を提供できるという効果がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

本発明は、多様な修正及び変形が可能であり、以下、その特定の実施形態が添付の図面に基いて詳細に説明される。しかし、本発明は、開示された特別な形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲によって定義された本発明の思想と合致する全ての修正、均等及び代用を含んでいる。

【0019】

図中、同一の図面符号は、同一の要素を示している。各図面において、各層及び領域の寸法は、明瞭性のために誇張されている。また、ここで説明する各実施形態は、相補的な導電型の実施形態を含む。

【0020】

層、領域または基板などの要素が他の構成要素“上(on)”に存在すると表現される場合、層、領域または基板などの要素が直接的に他の要素上に存在したり、または、その間に中間要素が存在するものとして理解できる。また、表面などの構成要素の一部が‘内部(inner)’と表現される場合、表面などの構成要素の一部が、その要素の他の部分よりも素子の外側から一層遠くにあることを意味するものと理解できる。

【0021】

さらに、‘下(beneath)’または‘重畳(overlies)’などの相対的な用語は、図面に示すように、基板または基準層と関連した一つの層または領域と、他の層または領域に対する一つの層または領域の関係を説明するために用いられる。

【0022】

上記のような用語は、図面によって描写された方向に加えて、素子の他の方向も含む意

10

20

30

40

50

図を持つものとして理解できる。最後に、'直接(directly)'という用語は、中間に介入する要素が全くないことを意味する。ここで用いられる'及び/または'という用語は、記録された関連項目の一つまたはそれ以上の何れかの組み合わせ、及び全ての組み合わせを含んでいる。

【0023】

第1及び第2などの用語は、多様な要素、成分、領域、層及び/または地域を説明するために用いられるが、これら要素、成分、領域、層及び/または地域は、これら用語によって限定されてはならない。

【0024】

これら用語は、他の領域、層または地域から何れか一つの要素、成分、領域、層または地域を区分するために用いられる。したがって、下記で論議された第1領域、層または地域は、第2領域、層または地域という名称にもなり得る。

【0025】

<第1実施形態>

【0026】

以下、図面に基づいて本発明の第1実施形態に対して詳細に説明する。

【0027】

図1に示すように、基板100の上部において、複数の素子領域を除いた残りの領域にマスク層110を形成し、素子領域のみを露出させる。

【0028】

前記基板としては、サファイア(Al_2O_3)基板、シリコン(Si)基板、シリコンカーバイド(SiC)基板、上部に窒化物系半導体層が形成されたサファイア基板、上部に窒化物系半導体層が形成されたシリコン基板、及び上部に窒化物系半導体層が形成されたシリコンカーバイド基板のうち何れか一つが用いられる。

【0029】

前記マスク層110は、PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)またはスパッタ(Sputter)などの蒸着装置を通して形成される。

【0030】

また、前記マスク層110は、その上に前記窒化ガリウムなどの窒化物系半導体層が成長されない物質からなることが好ましく、この物質は、シリコン酸化物(SiO_2 など)またはシリコン窒化物(Si_3N_4 など)であることが好ましい。

【0031】

しかしながら、上記のように選択的な領域のみにマスク層110を形成するためには、フォトリソグラフィなどの方法を通じたパターンニング工程を必要とする。

【0032】

上記のような選択領域を有するマスク層110の形成時、まず、図2に示すように、基板100の上部にマスク物質111を形成する。このマスク物質111は、PECVDまたはスパッタなどの蒸着装置を用いて形成される。

【0033】

その後、図3に示すように、形成されたマスク物質111の上部にフォトレジスト210を塗布し、フォトリソグラフィ工程を通して、素子パターンが形成されるように前記フォトレジスト210をエッチングする。

【0034】

前記フォトリソグラフィ工程は、光を用いてパターンを形成する過程をいい、この過程では、感光材としてフォトレジスト物質が必要である。

【0035】

ここでは、前記マスク物質111の上部に前記フォトレジスト210を塗布し、素子パターンが彫られた他のマスクを通してフォトレジスト210の上部面を露光させた後、現像及びエッチングによって前記フォトレジスト210にパターンを形成する。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 6 】

このとき、露光領域を現像しようとする場合は、ポジティブフォトリソグロフ物質を使用し、未露光領域を現像しようとする場合は、ネガティブフォトリソグロフ物質を使用すべきである。

【 0 0 3 7 】

上記のようなフォトリソグロフ 2 1 0 に形成された素子パターンを通してマスク物質 1 1 1 をエッチングした後、前記フォトリソグロフ 2 1 0 を除去すると、図 1 のような状態のマスク層 1 1 0 が残る。

【 0 0 3 8 】

このとき、前記マスク物質 1 1 1 のエッチング方法には、乾式エッチングまたは湿式エッチングがある。

【 0 0 3 9 】

その後、図 4 に示すように、基板 1 0 0 上部の露出領域に窒化ガリウム層 1 2 0 a , 1 2 0 b をそれぞれ形成する。

【 0 0 4 0 】

ここで、前記窒化ガリウム層 1 2 0 a , 1 2 0 b は、伝導性を有するもので、H V P E 工程を通して形成することが好ましい。

【 0 0 4 1 】

また、前記窒化ガリウム層 1 2 0 a , 1 2 0 b は、1 ~ 3 0 0 μ m の厚さ範囲で成長させることが好ましい。

【 0 0 4 2 】

その後、図 5 に示すように、前記窒化ガリウム層 1 2 0 a , 1 2 0 b の上部には、活性層 1 3 2 a , 1 3 2 b を含む複数の半導体層 1 3 0 a , 1 3 0 b をそれぞれ形成する。

【 0 0 4 3 】

具体的に、前記半導体層 1 3 0 a , 1 3 0 b は、n - 型半導体層 1 3 1 a , 1 3 1 b 、活性層 1 3 2 a , 1 3 2 b 及び p - 型半導体層 1 3 3 a , 1 3 3 b が順次積層されてなる。

【 0 0 4 4 】

このとき、前記半導体層 1 3 0 a , 1 3 0 b は、窒化ガリウム (G a N) 系列の半導体層 ($A l_x I n_y G a_{1-x-y} N$ 層: 0 (x , y) 1) であることが好ましい。この半導体層 1 3 0 a , 1 3 0 b は、M O C V D (M e t a l O r g a n i c C h e m i c a l V a p o r D e p o s i t i o n) などの工程を通して成長される。

【 0 0 4 5 】

上記のような半導体層 1 3 0 a , 1 3 0 b の上部には、図 6 に示すように、反射型オーミック電極 1 4 0 a , 1 4 0 b を形成する。

【 0 0 4 6 】

その後、図 7 に示すように、前記反射型オーミック電極 1 4 0 a , 1 4 0 b の上部に第 1 電極 1 5 0 a , 1 5 0 b をそれぞれ形成し、その後、図 8 に示すように、前記第 1 電極 1 5 0 a , 1 5 0 b の上部に支持層 1 6 0 を形成する。

【 0 0 4 7 】

場合によっては、前記反射型オーミック電極 1 4 0 a , 1 4 0 b の上部に、第 1 電極 1 5 0 a , 1 5 0 b を形成せず、直ちに支持層 1 6 0 を形成することもある (図示せず) 。

【 0 0 4 8 】

ここで、前記支持層 1 6 0 は、シリコン (S i) 、ガリウム砒素 (G a A s) 、ゲルマニウム (G e) 半導体基板、C u W などの金属基板、及び金属を含む基板のうち何れか一つの基板からなり、前記第 1 電極 1 5 0 a , 1 5 0 b の上部にボンディングによって形成されることが好ましい。

【 0 0 4 9 】

また、前記支持層 1 6 0 は、ニッケル (N i) または銅 (C u) などの金属のメッキを通して形成することもできる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 0 】

その後、図 9 に示すように、基板 1 0 0 を除去して窒化ガリウム層 1 2 0 a , 1 2 0 b の下部をそれぞれ露出させ、このように露出された窒化ガリウム層 1 2 0 a , 1 2 0 b の下部に第 2 電極 1 7 0 a , 1 7 0 b をそれぞれ形成する。

【 0 0 5 1 】

このとき、前記基板 1 0 0 は、レーザーリフトオフ工程または湿式エッチング工程を通して除去される。

【 0 0 5 2 】

その後、図 1 0 に示すように、支持層 1 6 0 を第 1 電極 1 5 0 a , 1 5 0 b から除去し、各発光素子 1 8 0 a , 1 8 0 b を個々のチップに分離する。

10

【 0 0 5 3 】

上記のような過程を通して製作された本発明に係る垂直型発光素子は、HVPE 方法を通して成長された窒化ガリウム層 1 2 0 a , 1 2 0 b の縁部で、成長位置や条件によって、基板の表面に対して垂直であるか、所定角度だけ傾斜する。

【 0 0 5 4 】

その結果、発光素子の内部に生じた光が効果的に外部に放出されるので、発光素子の光抽出効率を改善できる。

【 0 0 5 5 】

上記のように、基板上部の素子領域のみに選択的に窒化ガリウム層を成長させ、その上部に半導体層を成長させるため、半導体発光素子構造の湾曲 (Bowing) 現象、格子欠陥及び結晶欠陥などを最小化することで、垂直型発光素子の信頼性を一層向上させることができる。

20

【 0 0 5 6 】

また、半導体層からなる発光素子構造を単一素子に分離するための乾式エッチング工程が省略されるので、製作工程を一層単純化できる。

【 0 0 5 7 】

一方、窒化ガリウム層を厚く成長させることで、貫通電位が $5 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$ 以下に減少し、MOCVD 方法を通した発光素子構造の成長時にも結晶欠陥を最小化できるので、発光素子の内部効率及び信頼性が向上するという長所がある。

【 0 0 5 8 】

上記のように製造された垂直型発光素子は、一般的に知られた垂直型発光素子の特性と同様に、電流拡散、すなわち、電流の均一度が良く、発光面積が広いが熱伝導度の低いサファイアの代わりに、熱伝導度の高いシリコン (Si)、ゲルマニウム (Ge)、ガリウム砒素 (GaAs) などからなる半導体基板及び金属を使用することで、発光素子の熱特性を改善できる。また、発光素子の大きさを減少することで、ウェハー当りに一度に集積できる発光素子の数を増加できるという長所がある。

30

【 0 0 5 9 】

< 第 2 実施形態 >

【 0 0 6 0 】

以下、添付の図面に基づいて、本発明の第 2 実施形態を詳細に説明する。

40

【 0 0 6 1 】

図 1 1 に示すように、基板 1 0 の上側には、シリコン酸化物 (SiO_2) またはシリコン窒化物 (SiN_x) などの誘電体物質を用いて誘電体層 3 1 を形成する。

【 0 0 6 2 】

前記基板 1 0 としては、サファイア、シリコン (Si)、シリコンカーバイド (SiC) またはリチウムアルミネート (LiAlO_2) などからなる異種基板 1 0 が用いられるか、窒化ガリウム (GaN) からなる同種基板 1 0 が用いられる。

【 0 0 6 3 】

このとき、上記のような GaN 基板 1 0 は、HVPE 方法で成長される。このように、HVPE 法で GaN 基板 1 0 を成長させると、適正な厚さを有する高品質の GaN 基板 1

50

0を提供することができる。

【0064】

前記誘電体層31は、基板10上に直接成長されるか、MOCVD、MBE(molecular beam epitaxy)またはHVPEなどの方法で成長された所定厚さの $In_xAl_yGa_{(1-y-x)}N(0 < x, y < 1)$ からなるバッファ層20上に成長される。以下、前記バッファ層20上に誘電体層31が形成される構造を説明する。

【0065】

上記のような誘電体層31は、PECVDやスパッタなどの蒸着装置を用いて、前記基板10またはバッファ層20上に SiO_2 や SiN_x などの誘電体物質を蒸着して形成される。

10

【0066】

前記誘電体層31上には、フォトリソグロフなどの物質を塗布し、図12のようなパターン32を形成する。

【0067】

上記のようにパターン32が形成された誘電体層31は、その後、特定の選択領域に窒化ガリウム半導体を成長させるためのマスク層30を形成する。

【0068】

このとき、前記パターン32は、フォトリソグラフィなどの工程を通して形成される。

【0069】

上記のようなパターン32の平面形状は、図12に示すように、円状または4角以上の多角形状であり、4角、6角、8角、12角、24角などの形状で形成される。

20

【0070】

図13は、前記マスク層30のパターン32が形成された断面(A-A線)構造を示している。

【0071】

上記のように、多角形状に形成されたマスク層30のパターン32は、前記バッファ層20上で、前記パターン32の形状によって特定の多角柱状の窒化ガリウム半導体テンプレート(template)を成長させる。

【0072】

上記のようなパターン32は、乾式または湿式エッチング方法を通して形成される。

30

【0073】

上記のように、発光素子を製作しようとする部分の誘電体層31を除去してパターン32を形成した後、HVPE法で1~300 μm 厚さの伝導性半導体を用いてテンプレート構造を成長させる。

【0074】

前記テンプレート構造としての伝導性半導体層40は、n-型窒化ガリウム半導体層を用いて、その厚さは、10~100 μm 程度の厚さであることが好ましい。

【0075】

上述したHVPE法を用いた成長は、時間当たり50 μm 程度の成長速度を有し、伝導性半導体層40などの厚い薄膜を成長させるときに有利である。

40

【0076】

このとき、上記のような伝導性半導体層40の平面形状は、一般的にマスク層30のパターン32形状と同一であるが、伝導性半導体層40の成長条件を変化させると、マスク層30のパターン32形状と異なるように形成される。

【0077】

上記のような成長時、伝導性半導体層40の形状は、成長速度、圧力、構成物質の混合率、Gaなどの3族物質とNなどの5族物質との比率(V/III ratio)、成長時間、成長温度などを異ならせることで調節される。

【0078】

50

例えば、結果的に形成された伝導性半導体層40は、6角以下の多角形マスク層30のパターン32形状上に成長される場合も、図14に示すように、8角以上の多角形状を有する。

【0079】

また、図15に示すように、6角形のパターン32上に伝導性半導体層40が形成される場合も、伝導性半導体層40の水平断面は、12角形の形状を有する。

【0080】

図14及び図15は、実際にマスク層30上に成長された伝導性半導体層40のSEM(scanning electron microscopy)イメージである。

【0081】

上記のように、水平断面が8角形以上の多角形状である伝導性半導体層40の形状は、素子から光が放出される場合、4角形または6角形の断面形状と比較したとき、光の内部全反射が起こる確率が一層減少することで、光抽出効率を改善できる。

【0082】

上記のような伝導性半導体層40の断面形状は、上述したように、8角形以上である場合に光抽出効率が向上し、円状であることが一層好ましいが、伝導性半導体層40の形成過程を考慮したとき、8角形~24角形の断面形状を有することが好ましい。

【0083】

一方、上記のように、4角以上の断面を有する伝導性半導体層40上に形成される構造は、伝導性半導体層40構造と同一の断面を有する。

【0084】

また、窒化合物テンプレートとしての伝導性半導体層40が、上記のような制限されたパターン32内で成長される場合、結晶の特性上、自然に側面に傾斜角が形成される。この傾斜角は、35~65°で決定される。

【0085】

この傾斜角も、上述した成長条件を変化させることで調節可能である。

【0086】

上記のように成長された伝導性半導体層40テンプレート上に、図16に示すように、半導体層からなる発光素子構造50をMOCVD法を用いて成長させる。

【0087】

上述したような窒化合物テンプレートとしての伝導性半導体層40の側面は、図16に示すように、水平面から略35~65°の傾斜角を有し、53~56°の傾斜をなすことが一層好ましい。

【0088】

その後、窒化ガリウム(GaN)を用いて、前記伝導性半導体層40上にn-型半導体層51、活性層52及びp-型GaN半導体層53を順次形成する。

【0089】

このとき、前記n-型半導体層51、活性層52、p-型半導体層53は、反対の順に形成されることもある。すなわち、前記伝導性半導体層40の上部から、p-型半導体層53、活性層52、n-型半導体層51の順に形成されることもある。この場合、前記伝導性半導体層40としては、p-型半導体層を用いる。

【0090】

特に、前記発光素子構造50には、窒化ガリウム(GaN)系列半導体を用いられるが、このとき、前記活性層52は、InGaN/GaN量子井戸(quantum well: QW)構造をなす。

【0091】

その他に、AlGaN、AlInGaNなどの物質も、活性層52として用いられる。この活性層52からは、電界の印加時、電子-正孔対の結合によって光が発生するようになる。

【0092】

10

20

30

40

50

また、この活性層 52 は、輝度向上のために、上述した量子井戸構造 (QW) が複数形成された多重量子井戸 (multi quantum well: MQW) 構造をなす。

【0093】

前記発光素子構造 50 の上部には、p - 型電極 60 が形成される。このとき、この p - 型電極 60 は、オーミック電極であり、この p - 型電極 60 上には、前記活性層 52 から発生した光を反射して外部に放出させるための反射電極 70 が形成される。

【0094】

また、p - 型電極 60 と反射電極 70 の物質選択によって、一つの電極が p - 型電極 60 と反射電極 70 の役割を兼ねることもある。

【0095】

上記のような反射電極 70 上には、後ほどの基板 10 分離過程で発光素子構造 50 を支持するための支持層 80 が形成される。

【0096】

上記のような支持層 80 は、シリコン (Si)、ガリウム砒素 (GaAs)、ゲルマニウム (Ge) などからなる半導体基板や Cu、W などからなる金属基板を反射電極 70 上にボンディングして形成するか、または、前記反射電極 70 上にニッケル (Ni) または銅 (Cu) などの金属をメッキして形成する。

【0097】

上記のような支持層 80 が金属からなる場合、反射電極 70 への付着性を高めるために結合金属を用いて形成することもできる。

【0098】

以上のような段階によって、発光素子構造 50 は、図 16 と同一の構造をなす。

【0099】

上記のような構造で、その後、前記基板 10、バッファ層 20 及びマスク層 30 が除去される。

【0100】

上記のように前記基板 10、バッファ層 20 及びマスク層 30 が除去された状態で、全体の構造が逆転され、このような除去過程を通して露出された伝導性半導体層 40 テンプレートの外側面に n - 型電極 90 が形成されることで、図 17 のような垂直型発光素子の構造となる。

【0101】

上述したように、全体構造が逆転されたので、前記伝導性半導体層 40 の外側面の傾斜角は、前記伝導性半導体層 40 の上側面と側面との間で 53 ~ 56 ° をなすようになる。

【0102】

前記基板 10 は、レーザーリフトオフ法でレーザーを用いて除去するか、または、エッチング法で化学的に除去する。

【0103】

上記のような基板 10 の除去過程で、前記支持層 80 は、発光素子構造 50 を支持する。

【0104】

前記バッファ層 20 及びマスク層 30 は、乾式エッチングまたは湿式エッチング法で除去することができ、その後、除去されて露出された伝導性半導体層 40 面には、化学的または機械的な表面処理がなされる。

【0105】

上記のような垂直型発光素子の構造は、既存の水平型発光素子に比べて電流拡散、すなわち、電流の均一度が向上し、熱伝導度の低いサファイア基板 10 の代わりに熱伝導度の高い Si、Ge、GaAs などからなる半導体基板及び金属を使用するので、LED の熱放出特性を改善することができる。

【0106】

上述したように、SiO₂、SiN_x などの誘電体薄膜からなるマスク層 30 を用いる

10

20

30

40

50

選択領域成長法 (selective area growth: SAG) を適用した結晶成長で、テンプレートの形状を用いると、成長条件及び結晶方向によって上述した截頭型逆ピラミッド構造を自然に有するようになる。

【0107】

上記のような伝導性半導体層40からなるテンプレートは、その断面形状が多角になるほど、発光素子の発光領域から外部に抽出される効率が高くなり、このような事実は、同一の発光素子構造で、四角と六角断面の素子を比較したときに実験的に表れた。

【0108】

前記伝導性半導体層40テンプレートの適正な角度は、GaN物質の屈折率及び空気中の屈折率などの関連条件を考慮したとき、略55°の角度であることが好ましく、上述したように前記伝導性半導体層の上側面と側面との間の角度が53~56°をなすときも、光抽出効率が相対的に大いに向上する。

【0109】

したがって、本明のように、マスク層30のパターン32形状及び上記した多様な成長変数を用いて、結晶の側面による成長率と成長方向を任意に調節可能となり、結果的に、多様な形状のテンプレートを作り出すことで、光抽出効率を極大化できる構造となる。

【0110】

上述した実施形態は、本発明の技術的思想を具体的に説明するための一例に過ぎない。そのため、本発明は、上述した実施形態に限定されるものではなく、多様な形態の変形が可能である。また、上記のような技術的思想の多様な実施形態は、全て本発明の保護範囲に属するものである。

【図面の簡単な説明】

【0111】

【図1】本発明に係る垂直型発光素子及びその製造方法の第1実施形態において、マスク層を形成した状態を示す断面図である。

【図2】本発明に係る垂直型発光素子及びその製造方法の第1実施形態において、マスク層を形成する過程を示す断面図である。

【図3】本発明に係る垂直型発光素子及びその製造方法の第1実施形態において、マスク層を形成する過程を示す断面図である。

【図4】本発明に係る垂直型発光素子及びその製造方法の第1実施形態において、窒化ガリウム層を形成した状態を示す断面図である。

【図5】本発明に係る垂直型発光素子及びその製造方法の第1実施形態において、半導体層を形成した状態を示す断面図である。

【図6】本発明に係る垂直型発光素子及びその製造方法の第1実施形態において、反射型オーミック電極を形成した状態を示す断面図である。

【図7】本発明に係る垂直型発光素子及びその製造方法の第1実施形態において、第1電極を形成した状態を示す断面図である。

【図8】本発明に係る垂直型発光素子及びその製造方法の第1実施形態において、支持層を形成した状態を示す断面図である。

【図9】本発明に係る垂直型発光素子及びその製造方法の第1実施形態において、基板を分離して第2電極を形成した状態を示す断面図である。

【図10】本発明に係る垂直型発光素子及びその製造方法の第1実施形態において、個々の素子を示す断面図である。

【図11】本発明に係る垂直型発光素子及びその製造方法の第2実施形態において、マスク層を形成する過程を示す断面図である。

【図12】本発明に係る垂直型発光素子及びその製造方法の第2実施形態において、マスク層を形成した状態を示す平面図である。

【図13】図12のA-A線断面図である。

【図14】本発明に係る垂直型発光素子及びその製造方法の第2実施形態において、伝導性半導体層成長の一例を示すSEMイメージである。

10

20

30

40

50

【図15】本発明に係る垂直型発光素子及びその製造方法の第2実施形態において、伝導性半導体層成長の他の例を示すSEMイメージである。

【図16】本発明に係る垂直型発光素子及びその製造方法の第2実施形態において、発光素子の薄膜成長構造を示す断面図である。

【図17】本発明に係る垂直型発光素子及びその製造方法の第2実施形態において、発光素子の構造を示す断面図である。

【符号の説明】

【0112】

100 基板

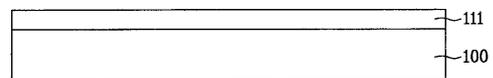
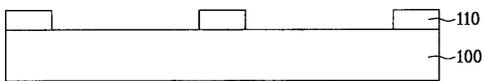
110 マスク層

111 マクス物質

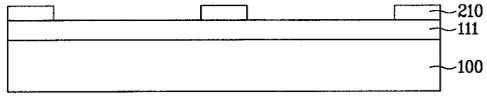
210 フォトリジスト

【図1】

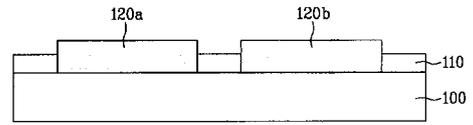
【図2】



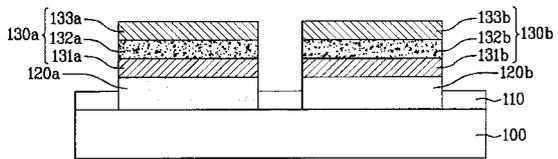
【 図 3 】



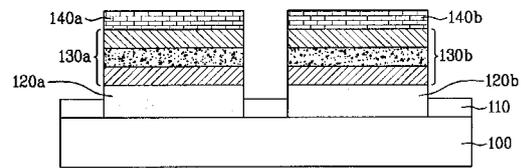
【 図 4 】



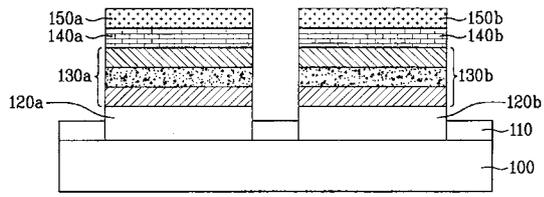
【 図 5 】



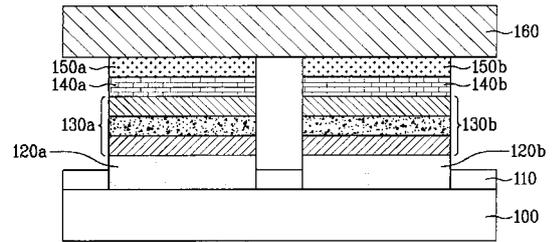
【 図 6 】



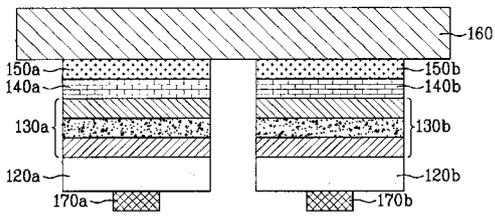
【 図 7 】



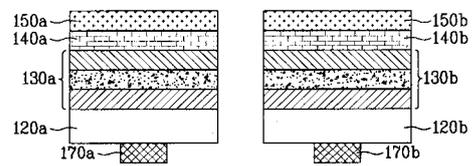
【 図 8 】



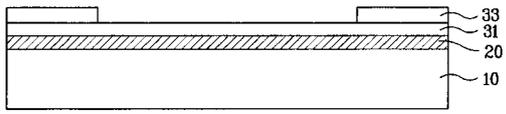
【 図 9 】



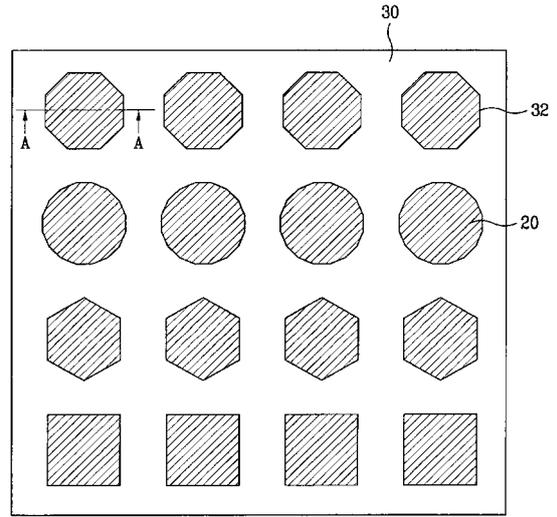
【 図 10 】



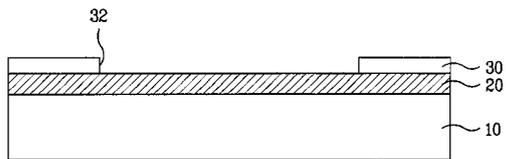
【図 1 1】



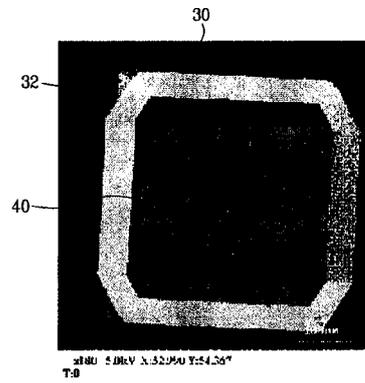
【図 1 2】



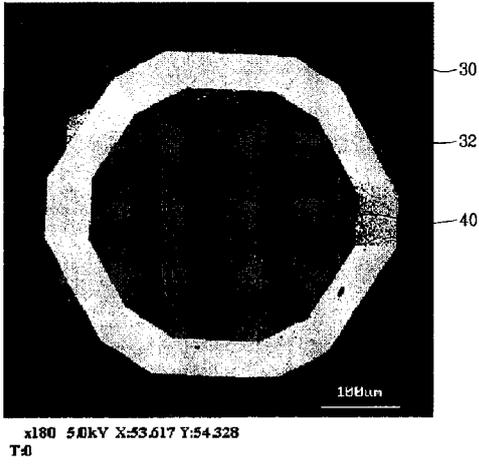
【図 1 3】



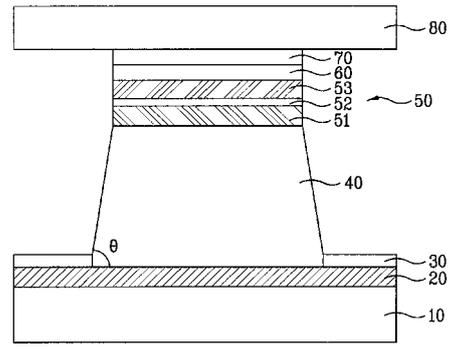
【図 1 4】



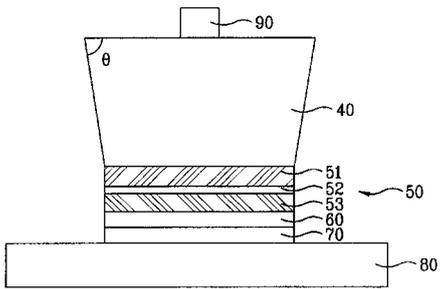
【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



フロントページの続き

- (72)発明者 ジョン ウーク キム
大韓民国, ギョンギ-ド, セオンナム-シ, プンダン-グ, ジェオンジャ-ドン, ジェ
オンデウンマエウル ドン-エ-2-ダンジ アpartment, 203-1306
- (72)発明者 ジェ ワン チョイ
大韓民国, ソウル, セオチョ-グ, ウミヨン-ドン 44-1, 202
- (72)発明者 ヒュン キョン チョ
大韓民国, ソウル, セオチョ-グ, ウミヨン-ドン 7-14, ピョンガン ヴィラ
301
- (72)発明者 ジョン ホ ナ
大韓民国, ソウル, セオチョ-グ, ヤンジャエ-ドン 9-21, 301
- (72)発明者 ジュン ホ ジャン
大韓民国, ソウル, ギョンギ-ド, アンヤン-シ, ドンガン-グ, ホジェ2-ドン,
ヒュンダイ ホームタウン アpartment, 102-1502

審査官 高椋 健司

- (56)参考文献 特開2002-100805(JP,A)
特開2000-012900(JP,A)
特開2005-259768(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 33/00-33/64