

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-181164
(P2015-181164A)

(43) 公開日 平成27年10月15日(2015. 10. 15)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 33/44 (2010.01)	HO 1 L 33/00 3 0 0	
HO 1 L 21/3065 (2006.01)	HO 1 L 21/302 1 0 5 A	

審査請求 有 請求項の数 20 O L 外国語出願 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2015-76060 (P2015-76060)
 (22) 出願日 平成27年4月2日(2015. 4. 2)
 (62) 分割の表示 特願2013-77709 (P2013-77709)
 の分割
 原出願日 平成15年3月31日(2003. 3. 31)
 (31) 優先権主張番号 10/118, 316
 (32) 優先日 平成14年4月9日(2002. 4. 9)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 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, ハンガン-テロ, 416, ソウ
 ル スクエア
 (74) 代理人 110002077
 園田・小林特許業務法人
 (72) 発明者 リー, ジョン-ラム
 大韓民国 ポハン 790-784, ナ
 ム-グ, ジゴク-ドン 756, ファ
 カルティ ハウジング イ-1401

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 縦方向構造を有するLEDの製作方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 製造時のウェーハ層の機械的な安定性を可能にし、縦形態の電気コンタクトの形成を可能にした、縦型LED構造を提供する。

【解決手段】 縦型GaNLED199は、金属支持層156と、金属支持層上のp-コンタクト150、p-GaNコンタクト層128、InGaN/GaN能動層126、n-GaN緩衝層124、及び、n型オームコンタクト層160からなり、不活性層162がn型オームコンタクト層と半導体構造の側面、及びp-コンタクトの側面を覆う。

【選択図】 図15

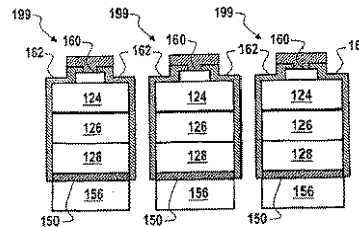


Figure 15.

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

発光デバイスであって、
支持構造と、

第 1 の型の半導体層、前記第 1 の型の半導体層上の発光層、及び、前記発光層上の第 2 の型の半導体層を含む半導体構造であって、前記支持構造に近接する第 1 の表面、前記第 1 の表面と向かい合う第 2 の表面、及び、前記第 1 の表面と前記第 2 の表面の間に配置される側面を含む半導体構造と、

前記半導体構造の前記第 1 の型の半導体層に電氣的に接続される第 1 の電極と、

前記半導体構造の前記第 2 の型の半導体層に電氣的に接続される第 2 の電極であって、
前記半導体構造の前記第 2 の表面上に配置される第 2 の電極と、

10

前記半導体構造の前記側面、及び、前記半導体構造の前記第 2 の表面上に配置される不活性層と、

を備え、

前記不活性層は、前記半導体構造の前記側面と接触する第 1 の領域、前記半導体構造の前記第 2 の表面と接触する第 2 の領域、前記第 2 の電極の側面と接触する第 3 の領域、及び、前記第 2 の電極の上部表面と接触する第 4 の領域を備え、

前記第 3 の領域の面積は、前記第 4 の領域より大きい、発光デバイス。

【請求項 2】

前記不活性層は、 SiO_2 及び Si_3N_4 の少なくとも 1 つを含む、請求項 1 に記載の発光デバイス。

20

【請求項 3】

前記発光層は、窒化ガリウムをベースにした材料を含む、請求項 1 又は 2 に記載の発光デバイス。

【請求項 4】

前記支持構造は、 Cu 、 Cr 、 Ni 、 Au 、 Ag 、 Mo 、 Pt 、 Pd 、 W 及び Al からなる群から選択される少なくとも 1 つの材料を含む金属層を含む、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の発光デバイス。

【請求項 5】

前記第 2 の電極は、 Al 又は Ti の少なくとも 1 つを含む、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の発光デバイス。

30

【請求項 6】

前記第 1 の電極は、多層を備え、前記多層は、 Pt 、 Pd 、 Ru 、 Ni 、 Cr 及び Au からなる少なくとも 1 つの層を含む、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の発光デバイス。

【請求項 7】

前記不活性層の前記第 2 の領域は、前記半導体構造の前記第 2 の表面の完全に露出した部分上に形成される、請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の発光デバイス。

【請求項 8】

前記不活性層の前記第 1 の領域は、前記半導体構造の前記側面の全体上に形成される、
請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の発光デバイス。

40

【請求項 9】

前記不活性層の前記第 1 の領域は、前記半導体構造の前記第 1 の型の半導体層と接触する第 1 の部分、及び、前記半導体構造の前記第 2 の型の半導体層と接触する第 2 の部分を含み、

前記第 1 の部分の面積は、前記第 2 の部分の面積より小さい、請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の発光デバイス。

【請求項 10】

前記不活性層の前記第 4 の領域は、前記第 2 の電極のオープンスペースを形成するようにパターン化される、請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の発光デバイス。

50

【請求項 1 1】

前記オープンスペース及び前記不活性層の前記第 4 の領域上に配置される金属パッドをさらに備える、請求項 1 0 に記載の発光デバイス。

【請求項 1 2】

前記金属パッドは、Cr 又は Au の少なくとも 1 つを含む、請求項 1 1 に記載の発光デバイス。

【請求項 1 3】

前記金属パッドの幅は、前記オープンスペースの幅より大きい、請求項 1 1 又は 1 2 に記載の発光デバイス。

【請求項 1 4】

前記金属パッドの厚さは、前記第 2 の電極の厚さより厚い、請求項 1 1 ~ 1 3 のいずれか一項に記載の発光デバイス。

【請求項 1 5】

前記第 1 の型の半導体層は、p 型の GaN をベースにした層であり、前記第 2 の型の半導体層は、n 型の GaN をベースにした層である、請求項 1 に記載の発光デバイス。

【請求項 1 6】

前記半導体構造の厚さは、5 μm より小さい、請求項 1 ~ 1 5 のいずれか一項に記載の発光デバイス。

【請求項 1 7】

前記第 1 の電極、及び、前記第 2 の電極は、前記半導体構造の厚さ方向で重なり合う、請求項 1 ~ 1 6 のいずれか一項に記載の発光デバイス。

【請求項 1 8】

前記第 1 の電極の幅は、前記第 2 の電極の幅より大きい、請求項 1 ~ 1 7 のいずれか一項に記載の発光デバイス。

【請求項 1 9】

前記第 2 の電極の幅は、前記支持構造の幅より小さい、請求項 1 ~ 1 8 のいずれか一項に記載の発光デバイス。

【請求項 2 0】

前記第 1 の電極と前記支持構造の間に金属層をさらに備える、請求項 1 ~ 1 9 のいずれか一項に記載の発光デバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、半導体デバイスの製作に関する。より詳細には、本発明は、金属支持層を使用して縦方向デバイスを製作する方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

発光ダイオード（「LED」）は、電流を光に変換する良く知られている半導体デバイスである。LED が放射する光の色（波長）は、LED を製作するために使用される半導体材料に依存する。それは、放射光の波長が半導体材料のバンドギャップに依存するからである。このバンドギャップエネルギーは、材料の価電子帯電子と伝導帯電子のエネルギー差を表す。

【0 0 0 3】

窒化ガリウム（GaN）は、LED 研究者から非常に注目された。その理由の 1 つは、GaN をインジウムと組み合わせて、緑色、青色および白色の可視光を放射する InGa_N/GaN 半導体層を生成することができることである。波長制御できることによって、LED 半導体設計者は、有益なデバイス特性を実現するように材料特性を調整することができる。例えば、GaN で、LED 半導体設計者は、光記録で有益な青色 LED を作ることができ、さらに白熱灯に取って代わることができる白色 LED を作ることができる。

【0 0 0 4】

10

20

30

40

50

前述および他の長所のために、GaNをベースにしたLEDの市場は急速に成長している。したがって、1994年の市場導入以来、GaNをベースにした光電子デバイス技術は急速に発展している。GaN発光ダイオードの効率は白熱灯の効率に優り、今や蛍光灯の効率と同等であるので、GaNをベースにしたLEDの市場は急速な成長を継続すると思われる。

【0005】

GaNデバイス技術の急速な進歩にもかかわらず、GaNデバイスは多くの用途で余りにも高価である。この理由の1つは、GaNをベースにしたデバイスを製造するコストが高いことであり、そして次に、このことは、GaNエピタキシャル層の成長および、その後、完成されたGaNをベースにしたデバイスをダイシングすることの困難さに関係している。

10

【0006】

GaNをベースにしたデバイスは、一般に、サファイア基板上に作られる。その理由は、サファイアウェーハはGaNをベースにしたデバイスの大量製造に適した寸法のもので市場で入手でき、サファイアは高品質GaNエピタキシャル層成長を支え、さらにサファイアの温度処理に耐える能力が高いからである。

【0007】

一般に、GaNをベースにしたデバイスは、厚さが330ミクロンか430ミクロンかどちらかで直径が2"のサファイアウェーハ上に作られる。そのような直径で、数千の個別デバイスの製作が可能になり、厚さは、過剰なウェーハ反りのないデバイス製作を支えるのに十分である。さらに、サファイア結晶は、化学的および熱的に安定であり、高温製作プロセスを可能にする高い溶融温度を有し、高い結合エネルギー(122.4 kcal/mol)を有し、さらに、高誘電率を有する。化学的には、サファイアは結晶酸化アルミニウム Al_2O_3 である。

20

【0008】

サファイア上の半導体デバイスの製作は、一般に、金属酸化物化学的気相成長法(MOCVD)または分子線エピタキシ(MBE)を使用して、サファイア基板上にn-GaNエピタキシャル層を成長することで行なわれる。そのとき、GaN LEDのような複数の個別デバイスが、通常の半導体加工技術を使用して、エピタキシャル層に製作される。個々のデバイスが製作された後で、個々のデバイスがサファイア基板からダイシングされる。しかし、サファイアは非常に硬く、化学的に耐性があり、さらに自然劈開角を有しないので、サファイア基板はダイシングし難い。実際、ダイシングするには、一般に、機械研削、研磨、および/またはバフ研磨によって、サファイア基板を約100ミクロンまで薄くすることが必要である。留意すべきことであるが、そのような機械的なステップは時間と費用がかかり、さらにそのようなステップでデバイス歩留りが低下する。薄くした後でも、サファイアは依然としてダイシングするのが困難である。したがって、薄くしバフ研磨した後で、通常、サファイア基板は支持テープに貼り付けられる。そして、ダイヤモンド鋸または針で、けがき線を個々のデバイスの間に形成する。そのようなけがきでは、一般に、1つの基板を処理するのに少なくとも30分かかり、さらにいっそう製造コストが高くなる。その上、けがき線は、その後でダイシングができるように比較的広くなければならないので、デバイス歩留りが下がり、さらにいっそう製造コストが高くなる。けがきの後で、サファイア基板は、個々の半導体デバイスをダイシングする応力クラックを生成するようにナイフの刃が当てられるか、ゴムローラを使用して圧延される。この機械加工で、歩留りはさらにいっそう下がる。

30

40

【0009】

注目すべきことには、サファイアは絶縁物であるので、サファイア基板(または、他の絶縁基板)を使用するとき利用できるLEDデバイス形態は、実際には、横方向と縦方向の形態に限られている。横形では、電流をLEDに注入するために使用される金属電気コンタクトは、両方とも上面(或いは基板の同じ側)にある。縦形では、一方の金属コンタクトが上面にあり、サファイア(絶縁)基板が除去され、他方のコンタクトは下面に位置

50

する。

【0010】

図1Aおよび1Bは、サファイア基板22に作られた代表的なGaNをベースにした横方向LED20を示す。ここで特に図1Aを参照すると、n-GaNバッファ層24が基板22上に形成される。比較的厚いn-GaN層26がバッファ層24の上に形成される。それから、アルミニウム-インジウム-窒化ガリウム(AlInGaN)またはInGaN/GaNの複数の量子井戸を有する能動層28が、n型GaN層26の上に形成される。そして、p-GaN層30が能動層28の上に形成される。それから、透明導電層32がp-GaN層30の上に形成される。透明導電層32は、Ru/Au、Ni/Auまたはインジウム-錫酸化物(ITO)のような任意の適切な材料で作ることができる。それから、p型電極34が、透明導電層32の1つの面に形成される。適切なp型電極材料には、Ni/Au、Pd/Au、Pd/NiおよびPtがある。次に、パッド36が、p型電極34の上に形成される。有利には、パッド36はAuである。透明導電層32、p-GaN層30、能動層28およびn-GaN層26の一部が、段状部を形成するようにエッチングされる。GaNをウェットエッチングすることが困難なために、通常ドライエッチングが使用される。このエッチングには、追加のリソグラフィプロセスおよび剥離プロセスが必要である。さらに、多くの場合、ドライエッチングプロセス中に、GaN段状部表面にプラズマ損傷を受ける。段状部にn電極パッド38(通常、Au)およびパッド40を形成して、LED20が完成する。

10

【0011】

図1Bは、LED20の上面図を示す。図から分かるように、両方の金属コンタクト(36と40)がLEDの同じ側にあることで光の放射に使用できる表面積がかなり少なくなる点で、GaNをベースにした横方向LEDは、大きな欠点を有する。図1Bに示すように、金属コンタクト36および40は物理的に互いに接近している。さらに、前に言及したように、パッド36は、多くの場合にAuである。外部ワイヤボンドがパッド36および40に取り付けられるとき、Auは広がることが多い。Auの広がり、電気コンタクトは互いにさらにいっそう近くなる。そのような接近して配置された電極34は、ESDの損傷を非常に受けやすい。

20

【0012】

図2Aおよび2Bは、サファイア基板の上に形成され、そのサファイア基板が実質的に除去されたGaNをベースにした縦方向LED50を示す。ここで特に図2Aを参照して、LED50は、底部側にn金属コンタクト56を有しもう一方の側に比較的厚いn-GaN層58を有するGaNバッファ層54を含む。n金属コンタクト56は、有利には、例えばAuを含む高導電率金属が上に横たわる高反射率層で形成される。複数の量子井戸を有する能動層60が、n型GaN層58の上に形成され、p-GaN層62が能動層60の上に形成される。それから、透明導電層64がp-GaN層62の上に形成され、p型電極66が透明導電層64の上に形成される。パッド68がp型電極66の上に形成される。様々な層の材料は、横方向LED20で使用されたものと同様である。GaNをベースにした縦方向LED50は、段状部をエッチングする必要がないという有利な点を有する。しかし、n金属コンタクト56をGaNバッファ層54の下に位置づけるために、サファイア基板(図示しない)が除去されなければならない。そのような除去は、特にデバイス歩留りが関心事である場合、困難であることがある。しかし、後で議論するように、レーザリフトオフを使用するサファイア基板除去が知られている。

30

40

【0013】

ここで図2Bを参照して、GaNをベースにした縦方向LEDは、1つの金属コンタクト(68)だけが光を妨げるという有利な点を有する。したがって、同じ量の光放射面積を与えるために、GaNをベースにした横方向LEDは、より大きな表面積を持たなければならない。これによってデバイス歩留りが低くなる。さらに、GaNをベースにした縦方向LEDのn型コンタクト56の反射層は、そうでなければGaNをベースにした横方向LEDで吸収される光を反射する。したがって、GaNをベースにした縦方向LEDと同

50

じ量の光を放射するために、GaNをベースにした横方向LEDは、かなりより大きな表面積を有しなければならない。これらの問題のために、直径2”のサファイアウェーハで、約35,000個のGaNをベースにした縦方向LEDを作ることができるが、約12,000個のGaNをベースにした横方向LEDを作ることができるだけである。さらに、主に、2つの電極(36と40)がそんなに互いに接近しているために、横形は、静電気に対していっそう弱い。その上、横形は絶縁基板上に製作されるので、また縦形はヒートシンクに取り付けることができるので、横形は熱放散が比較的悪い。したがって、多くの点で、縦形が動作的に横形よりも優っている。

【0014】

しかし、大抵のGaNをベースにしたLEDは横形である。これは、絶縁基板を除去すること、および支持基板のない状態でGaNウェーハを取り扱うことが難しいためである。これらの問題にもかかわらず、絶縁(成長)基板を除去し、さらにPd/In金属層を使用して、結果として得られたGaNをベースにしたウェーハを、後でSi基板上にウェーハボンディングすることが、ほぼ1cm×1cmの非常に小さな面積のウェーハで実証された。しかし、大面積ウェーハの基板除去およびその後のウェーハボンディングは、GaNウェーハと第2の(代替え)基板の間の不均一なボンディングのために、非常に困難なままで残っている。これは、主に、レーザーリフトオフ中およびその後のウェーハ湾曲のためである。

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0015】

したがって、縦形態のデバイスの新規な製造方法が有益であることは明らかである。特に、ウェーハ層の機械的な安定性を可能にし、縦形態の電気コンタクトの形成を可能にし、かつ熱放散を向上させる方法が、特にレーザーダイオードまたは大パワーLEDのような大電流注入を受けるデバイスにとって、非常に有用である。有利には、このような方法によって、絶縁基板上に複数の半導体層を形成し、上部電気コンタクトと構造的な安定を可能にする上部支持金属層を加え、絶縁基板を除去することが可能である。特に有益なのは、サファイア(又はその他絶縁)基板上に半導体装置を部分的に形成し、部分的に製造された半導体層の上に上部支持金属層を加え、サファイア(又はその他絶縁)基板を除去し、下部電気コンタクトを形成し、及び上部支持金属層をダイシングして複数のデバイスをつくる新規の方法である。特に有益なのは、GaNをベースにした縦形態のデバイスを製造するための製造工程である。

30

【0016】

本発明の次の要約は、本発明に固有の革新的な特徴のいくつかの理解を容易にするために与えられ、完全な記述であるように意図されていない。本発明の様々な態様の完全な評価は、全仕様書、特許請求の範囲、図面および要約を全体的に見て解釈することで得ることができる。

【課題を解決するための手段】

【0017】

本発明の原理は、最初に絶縁基板上に半導体層を形成し、次いで半導体層上に金属層を形成し、続いてこの絶縁基板を除去し、形成された半導体層及び金属層から構成される構造的に支持されたウェーハを分離することにより、絶縁基板上に半導体デバイスを製作する方法を可能にする。金属層が半導体層を支持することにより、曲がり及び/又はその他損傷が防止され、電気コンタクトが可能となる。有利には、金属層は、Cu、Cr、Ni、Au、Ag、Mo、Pt、Pd、W、又はAl等の金属を含むか、或いは窒化チタン等の材料を含む金属を含む。金属層の形成は、電気メッキ、弱電気メッキ、CVD、又はスパッタリング等の様々な方法により可能である。その後、半導体層に基部電気コンタクトを加え、その結果得られた構造から個々の半導体装置をダイシングすることができる。

40

【0018】

本発明の原理は、さらに、金属支持膜を使用し、その後の工程で絶縁基板を除去するこ

50

とによる、絶縁基板上にGaNをベースにした縦方向デバイスを製作する方法を可能にする。この方法に従って、GaNをベースにしたデバイスの半導体層は、通常の半導体製作技術を使用して、絶縁（サファイア）基板上に形成される。それから、半導体層を通して、個々のデバイスの境界を画定するトレンチが形成される。これらトレンチは絶縁基板中に形成してもよい。有利には、トレンチは、誘導結合プラズマ反応性イオンエッチング（ICPRIE）を使用して製作される。それから、トレンチを容易に除去することができる層（例えばフォトレジスト）で満たす。次いで金属支持構造を半導体層上に形成する。有利には、金属支持構造は、Cu、Cr、Ni、Au、Ag、Mo、Pt、Pd、W、又はAl等の金属か、或いは窒化チタン等の金属含有材料を含む。金属支持構造の形成は、例えば電気メッキ、弱電メッキ、CVD又はスパッタリング等、様々な方法で行うことができる。その後、有利にはレーザーリフトオフプロセスを使用して絶縁基板を除去する。次いで、電気コンタクト、不活性化層、及び金属パッドを個々のデバイスに加え、その後個々のデバイスをダイシングする。

10

20

30

40

50

【0019】

本発明の原理は、特に、GaNをベースにした縦形LEDをサファイア基板上に製作する方法を可能にする。この方法に従って、GaNをベースにした縦形LED用の半導体層が、通常の半導体製作技術を使用して、サファイア基板上に形成される。それから、個々のGaNをベースにした縦形LEDの境界を画定するトレンチが、半導体層を通して形成される。これらトレンチはサファイア基板中に形成することもできる。トレンチは、有利には、誘導結合プラズマ反応性イオンエッチング（ICPRIE）を使用して製作される。有利には、トレンチは、ICPRIEを使用して形成される。次いで、有利には、トレンチは容易に除去することができる層（例えばフォトレジスト）で満たされる。次いで金属支持構造を半導体層上に形成する。有利には、金属支持構造は、Cu、Cr、Ni、Au、Ag、Mo、Pt、Pd、W、又はAl等の金属か、或いは窒化チタン等の金属含有材料を含む。金属支持構造の形成は、例えば電気メッキ、弱電メッキ、CVD又はスパッタリング等、様々な方法で行うことができる。その後、有利にはレーザーリフトオフプロセスを使用してサファイア基板を除去する。次いで、電気コンタクト、不活性化層、及び金属パッドを個々のLEDに加え、その後個々のLEDをダイシングする。

【0020】

本発明の新たな特徴は、本発明の次の詳細な説明を考察するとき当業者には明らかになるであろうし、または本発明を実施することで習得することができる。しかし、理解すべきであるが、本発明の詳細な説明および示される特定の例は、本発明のある特定の実施例を示すが、例示の目的だけのために提供される。というのは、本発明の詳細な説明および後に続く特許請求の範囲から、本発明の精神および範囲内で、様々な変化および修正が当業者には明らかになるからである。

【0021】

異なる図全体を通して同様な参照数字が同一または機能的に類似の要素を参照し、さらに本明細書に組み込まれその一部を形成する添付の図は、本発明をさらに例示し、本発明の詳細な説明と共に、本発明の原理を説明する働きをする。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1A】代表的なGaNをベースにした横形LEDを示す断面図である。

【図1B】図1Aに示すGaNをベースにしたLEDを示す上面図である。

【図2A】代表的なGaNをベースにした縦形LEDを示す断面図である。

【図2B】図2Aに示すGaNをベースにしたLEDを示す上面図である。

【図3】本発明の原理に従った発光ダイオードを形成するステップを示す図である。

【図4】本発明の原理に従った発光ダイオードを形成するステップを示す図である。

【図5】本発明の原理に従った発光ダイオードを形成するステップを示す図である。

【図6】本発明の原理に従った発光ダイオードを形成するステップを示す図である。

【図7】本発明の原理に従った発光ダイオードを形成するステップを示す図である。

【図 8】本発明の原理に従った発光ダイオードを形成するステップを示す図である。

【図 9】本発明の原理に従った発光ダイオードを形成するステップを示す図である。

【図 10】本発明の原理に従った発光ダイオードを形成するステップを示す図である。

【図 11】本発明の原理に従った発光ダイオードを形成するステップを示す図である。

【図 12】本発明の原理に従った発光ダイオードを形成するステップを示す図である。

【図 13】本発明の原理に従った発光ダイオードを形成するステップを示す図である。

【図 14】本発明の原理に従った発光ダイオードを形成するステップを示す図である。

【図 15】本発明の原理に従った発光ダイオードを形成するステップを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

10

本発明の原理は、金属支持膜を使用して、GaNをベースにした縦方向LED等の半導体装置を、をサファイア基板等の絶縁基板上に作る方法を可能にする。その原理は、GaNをベースにした縦形LEDをサファイア基板上に製作する方法についての詳細な説明で例示するが、その原理はここに例示される方法よりも広い。したがって、本発明の原理は、米国特許法の下で理解されているように、添付の特許請求の範囲によってのみ制限されるべきである。

【0024】

図3～15は、サファイア基板上に、GaNをベースにした縦形発光ダイオード(LED)を製造する方法を例示する。サファイア基板は、適切なサイズで容易に入手することができ、熱的、化学的、さらに機械的に安定しており、比較的安価で、質の良いGaNエピタキシャル層の成長を支援する。添付図面の縮尺は正確でないことを理解されたい。

20

【0025】

図3に示すように、まず、GaNをベースにしたLEDの層構造が、厚さが330～430ミクロンで直径が2”(0001)のサファイア基板122上に形成される。GaNをベースにしたLEDの層構造は、n-GaN緩衝層124、緩衝層124上のInGaN/GaN能動層126(好ましくは青色光を放射する適切な組成を有する)、及び能動層126上のp-GaNコンタクト層128を含む。

【0026】

さらに図3に示すように、緩衝層124は、有利には、基板上に直接形成されたドーブ処理していない2μmのGaN層、及び厚さ1μmの、シリコンでドーブ処理したn型GaN層の両方を含む。p-GaNコンタクト層128は有利には約0.05μmの厚さで、Mgでドーブ処理されている。全体で、GaNをベースにしたLEDの層構造は、有利には、厚さが5ミクロンより薄い。気相エピタキシ、MOCVD、およびMBEのような様々な標準エピタキシャル成長技術を、適切なドーパントおよび他の材料と共に使用して、GaNをベースにしたLEDの層構造を製作することができる。

30

【0027】

図4に示すように、GaNをベースにした縦形LEDの層構造を通してトレンチ130が形成される。トレンチ130は、サファイア基板122中に延びていてもよい。トレンチ130は、製作される個々のLED半導体構造を画定する。各個々のLED半導体構造は、有利には、幅が約200ミクロンの正方形である。トレンチ130は、有利には、幅が約10ミクロンより小さく(好ましくは1ミクロン)、かつサファイア基板122中に約5ミクロンよりも深く延びている。トレンチ130は基板のチップ分離工程を補助する。

40

【0028】

サファイアおよびGaNが硬いために、トレンチ130は、有利には、反応性イオンエッチング、好ましくは誘導結合プラズマ反応性イオンエッチング(ICPRIE)を使用して図3の構造に形成される。ICPRIEを使用するトレンチの形成には、けがき線の形成とエッチングの2つの主要なステップがある。けがき線は、フォトレジストパターンを使用して図3の構造に形成され、このパターンで、トレンチ130を形成すべきサファイア基板122の部分が露出される。露出部分がけがき線であり、他の全ての部分は

50

フォトレジストで覆われている。フォトレジストパターンは、有利には、強力なプラズマに耐える比較的硬いフォトレジスト材料で作られる。例えば、フォトレジストはAZ9260でもよいし、けがき線を形成するようにフォトレジストを現像するために現像液はAZMIF500でもよい。

【0029】

例示の例では、フォトレジストは、有利には、約10ミクロンの厚さに回転塗布される。しかし、一般に、フォトレジストの厚さは、GaNをベースにした縦形LEDの層構造120の厚さとサファイア基板122中のエッチング深さとを加えたものとほぼ同じであるべきである。このことは、エッチング中にフォトレジストマスクが依然として完全な状態のままであることを保証するのに役立つ。一ステップで、厚いフォトレジスト塗膜を形成することは難しいので、フォトレジストは、各々約5ミクロン厚さの2回塗りで塗布される。第1のフォトレジスト塗膜が、回転塗布され、それから90°Fで約15分間ソフトベーキングされる。それから、第2のフォトレジスト塗膜が同様なやり方で塗られるが、例えば110°Fで約8分間ソフトベーキングされる。そして、フォトレジスト塗膜は、けがき線を形成するようにパターン形成される。これは、有利には、リソグラフィ技術および現像を使用して行なわれる。フォトレジスト塗膜の厚さのために、現像には比較的長い時間がかかる。現像後、フォトレジストパターンは、例えば、約80°Fで約30分間ハードベーキングされる。それから、ハードベーキングされたフォトレジストは、有利には、約3.5分間MCB（金属クロロベンゼン）処理剤に浸漬される。そのような浸漬でフォトレジストはさらに硬くなる。

10

20

【0030】

けがき線が画定された後で、図3の構造はエッチングされる。ここで図5を参照して、ICP RIEエッチングプロセスは、絶縁性の窓136（有利には、厚さ1cmの石英窓）を有するRIEチャンバ134内の下部電極132の上に、図3の構造を置いて行なわれる。下部電極132は、エッチングを可能にするように図3の構造をバイアスするバイアス電圧源138に接続されている。バイアス電圧源138は、有利には、13.56MHzのRFパワーおよび直流バイアス電圧を供給する。絶縁性窓136から下部電極132までの距離は、有利には、約6.5cmである。Cl₂とBCl₃および場合によってはArのガス混合物が、反応ガスポート140を通して、RIEチャンバ134中に注入される。さらに、電子がポート142を介してチャンバ中に注入される。2.5巻きまたはその程度の渦巻き状のCuコイル144が絶縁性窓136の上に位置づけられる。13.56MHzの無線周波（RF）パワーが、RF電源146からコイル144に加えられる。留意すべきことであるが、RFパワーによって、磁界が絶縁性窓136に対して直角に生成される。

30

【0031】

さらに図5を参照して、コイル144で生成される磁界中に存在する電子が、注入されたガスの中性粒子と衝突して、結果として、イオンおよび中性物を形成するようになり、これがプラズマを生成する。プラズマ中のイオンは、バイアス電圧源138によって下部電極132に加えられたバイアス電圧で、図3の構造の方に向かって加速される。加速されたイオンは、けがき線を通して、エッチング溝130を形成する（図4を参照されたい）。

40

【0032】

図6に示すように、トレンチ130が形成された後で、薄いp-コンタクト150が、GaNをベースにしたLEDの層構造の個々のLED半導体構造の上に形成される。これらのコンタクト150は、有利には、Pt/Au、Pd/Au、Ru/Au、Ni/Au、Cr/Au、またはインジウム錫酸化物（ITO）/Auで構成され、10nmよりも薄い。このようなコンタクトは、真空蒸着装置（電子ビーム、熱、スパッタ）を用いて形成した後中程度の温度（約300~700）で熱アニーリングすることができる。

【0033】

図7に示すように、コンタクト150が形成された後、トレンチ130を容易に除去す

50

ることができる材料（有利にはフォトレジスト）で満たし、ポスト154を形成する。

【0034】

図8に示すように、ポスト154を形成した後、約50 μ mの金属支持層156が支柱154及びp-コンタクト150を覆うように形成される。ポスト154は、金属支持層156を形成する金属がトレンチの中に入ることを防止する。金属支持層156は有利には導電率及び熱伝導率が良好で、電気メッキ、弱電メッキ、CVD、又はスパッタリング等により容易に形成できる金属からなる。電気メッキ又は弱電メッキの前に、表面をスパッタリング等により適切な金属でコートすることが有利である。例えば、金属支持層156はCu、Cr、Ni、Au、Ag、Mo、Pt、Pd、W、又はAlとすることができる。或いは、金属支持層156は窒化チタン等の金属含有材料から構成してもよい。

10

【0035】

次いで図9に示すように、エキサイマ層（波長350ナノメートル未満）からの光158を使用しながら残りの構造から離れる方向へとサファイア基板に（真空チャックを用いるなどして）バイアスを掛けることにより、サファイア基板122を残りの構造から取り除く。レーザービーム158がサファイア基板122を通過し、サファイア基板122とn-GaN緩衝層124の結合部を局所的に加熱する。この熱によりサファイア基板の境界においてGaNが分解し、バイアスが加わることで、サファイア基板122が分離する（図10参照）。有利には、レーザーリフトオフの間、構造の反対側を真空チャックで保持する。これにより分離のバイアスを加えるのが容易になる。

【0036】

レーザーリフトオフプロセスは、2000年6月6日に発行された「Separation of Thin Films From Transparent Substrates By Selective Optical Processing」という表題のCheungその他の米国特許6,071,795号およびKelly等による「Optical process for liftoff of group III-nitride films」、Physica Status Solidi(a) vol.159、1997年、R3~R4頁に記載されている。有利には、サファイア基板の分離の間及びその後、金属支持層156が個々のLED半導体構造を完全に支持する。

20

【0037】

さらに図10に示すように、次いでポスト154を除去し、トレンチ130を残す。

30

【0038】

ここで図11に示すように、図10の構造を逆さまにする。次いで、金属支持層156の反対側をHClで洗浄し、Gaの液滴を除去する（レーザービーム158による加熱によりGaNがGa+Nに分離する）。洗浄後、(Cl₂及び/又はCl₂+BCl₃を用いて)ICPRIE研磨を行い、(サファイア基板を分離したために粗い)露出面を平滑化する。研磨により、純粋なn-GaNの原子的に平坦な表面がn-GaN緩衝層124上に生成される。

【0039】

ここで図12に示すように、通常の半導体処理技術を用いてn-GaN緩衝層124上にn型オームコンタクト160が形成される。有利には、n型オームコンタクト160はTi/Al関連材料からなる。

40

【0040】

ここで図13に示すように、後の処理から半導体層を保護するために、n型オームコンタクト160上とトレンチ130内に不活性層162が形成される。SiO₂又はSi₃N₄からなる電氣的絶縁物が適切な不活性層の材料である。また、図示するように、不活性層162はn型オームコンタクト160の上部表面部分が露出するようにパターン化される。

【0041】

ここで図14に示すように、不活性層162を形成した後、金属パッド164をn型オ

50

ームコンタクト 160 上に形成する。図 14 に示すように、金属パッド 164 は不活性層 162 の一部を覆うように配置される。金属パッド 164 は有利には Cr 及び Au からなる。

【0042】

金属パッド 164 を形成した後、個々のデバイスをダイシングすることができる。図 15 に示すように、有利には、ダイシングは、写真平版技術を使用して、金属支持層 156 を通して不活性層 162 の下部を(トレンチ 130 の底で)エッチングし、不活性層 162 を除去することにより実行される。或いは、のこ引きにより行ってもよい。実際には、約 0 未満でのこ引きを行う方がよいと思われる。これにより、縦型 GaN LED 199 が導電基板上に形成される。

10

【0043】

上述にトレンチ 130 の形成とそれに続くサファイア基板 122 のレーザーリフトオフを記載したが、これは必須ではない。最初にサファイア基板 122 を除去し、その後トレンチ 130 を形成してもよい。

【0044】

本明細書で明らかにされた実施例および例は、本発明および本発明の実際の応用を最良に説明するように、またそれによって当業者が本発明を作りまた使用することができるように示した。しかし、当業者は認めるであろうが、前述の説明および例は、例示および例だけの目的で示した。本発明の他の変形物および修正物は当業者には明らかであろう。さらに、そのような変形物および修正物を含むことは、添付の特許請求の範囲の意図である。明らかにされたような説明は、網羅的である意図でなく、または本発明の範囲を制限する意図でない。次の特許請求の範囲の精神および範囲から逸脱することなく、上述の教示を考慮して多くの修正物および変形物が可能である。本発明の使用は異なる特性を有する部品を伴うことができることは予期している。本発明の範囲は、添付の特許請求の範囲によって定義される意図であり、全ての点で同等物を十分に認識している。

20

【図 1A】

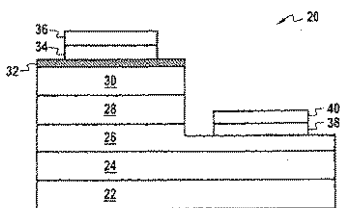


Figure 1A

【図 2A】

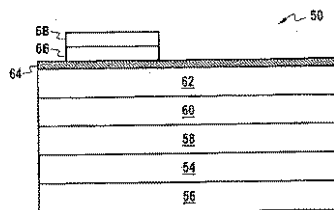


Figure 2A

【図 1B】

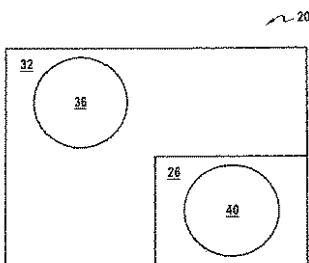


Figure 1B

【図 2B】

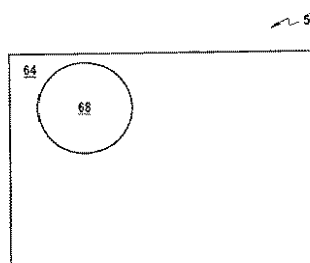


Figure 2B

【 図 3 】

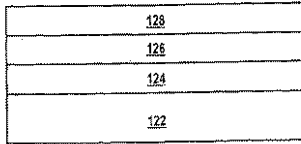


Figure 3

【 図 6 】

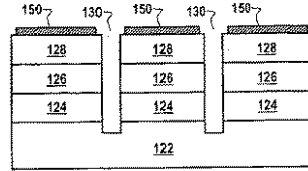


Figure 6

【 図 4 】

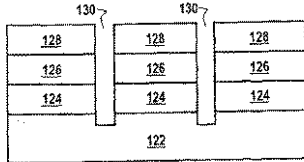


Figure 4

【 図 7 】

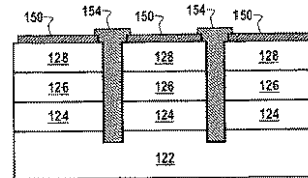


Figure 7

【 図 5 】

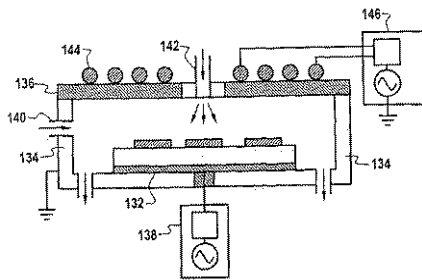


Figure 5

【 図 8 】

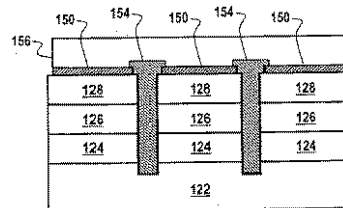


Figure 8

【 図 9 】

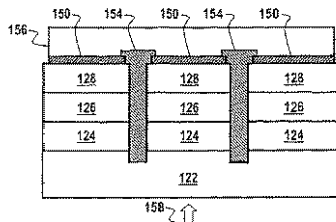


Figure 9

【 図 1 2 】

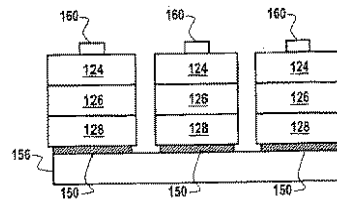


Figure 12

【 図 1 0 】

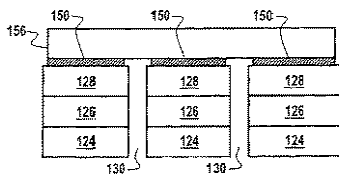


Figure 10

【 図 1 3 】

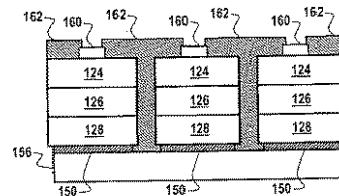


Figure 13

【 図 1 1 】

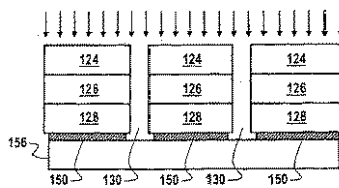


Figure 11

【 図 1 4 】

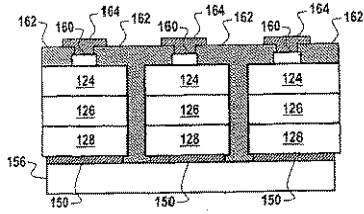


Figure 14

【 図 1 5 】

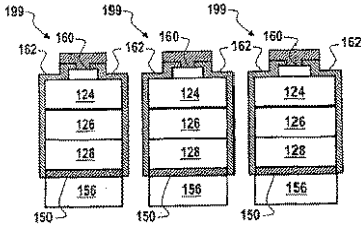


Figure 15

フロントページの続き

- (72)発明者 ジョン, イン - クォン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 8 7 , サニーベール, グリニッチ アヴェニュー
9 5 7
- (72)発明者 ヨー, ミュン チョル
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 6 6 , プレザントン, カミーノ デル ラゴ 6
3 2 1

【外国語明細書】
2015181164000001.pdf