

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5676396号
(P5676396)

(45) 発行日 平成27年2月25日(2015.2.25)

(24) 登録日 平成27年1月9日(2015.1.9)

(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 31 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2011-177042 (P2011-177042)	(73) 特許権者	592054856
(22) 出願日	平成23年8月12日(2011.8.12)		クリー インコーポレイテッド
(62) 分割の表示	特願2007-557010 (P2007-557010) の分割		C R E E I N C .
原出願日	平成17年9月15日(2005.9.15)		アメリカ合衆国 ノースカロライナ州 2
(65) 公開番号	特開2011-223049 (P2011-223049A)		7703 ダラム シリコン ドライブ
(43) 公開日	平成23年11月4日(2011.11.4)	(74) 代理人	100092093
審査請求日	平成23年9月12日(2011.9.12)		弁理士 辻居 幸一
審判番号	不服2013-23544 (P2013-23544/J1)	(74) 代理人	100082005
審判請求日	平成25年12月2日(2013.12.2)		弁理士 熊倉 禎男
(31) 優先権主張番号	11/064,798	(74) 代理人	100067013
(32) 優先日	平成17年2月23日(2005.2.23)		弁理士 大塚 文昭
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100086771
			弁理士 西島 孝喜

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高光抽出LED用の基板除去方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

キャリアと、

少なくとも1つのn型層を含み、前記キャリア上でフリップチップ配向に配列された複数の半導体層であって、前記複数の半導体層の最上部として前記n型層が露出した、複数の半導体層と、

前記キャリアと前記複数の半導体層との間に挟まれた金属層構造体であって、前記複数の半導体層のうち1つの上の透明なオーミックコンタクト層と、前記オーミックコンタクト層上のミラー層と、前記オーミックコンタクト層および前記ミラー層を覆い囲むバリア層とを含む、金属層構造体と、を有することを特徴とする発光ダイオード(LED)素子。

【請求項2】

前記キャリアは導電性であることを特徴とする請求項1に記載の発光ダイオード素子。

【請求項3】

前記n型層の上にコンタクトをさらに有することを特徴とする請求項1に記載の発光ダイオード素子。

【請求項4】

前記コンタクトの上にボンドパッドをさらに有することを特徴とする請求項3に記載の発光ダイオード素子。

【請求項5】

10

20

前記複数の半導体層は発光可能であり、前記オーミックコンタクト層は、前記複数の半導体層からの光を透過するために透明であることを特徴とする請求項 1 に記載の発光ダイオード素子。

【請求項 6】

前記複数の半導体層は発光可能であり、前記オーミックコンタクト層は、前記複数の半導体層からの光を少なくとも 50% 透過するものであることを特徴とする請求項 1 に記載の発光ダイオード素子。

【請求項 7】

前記オーミックコンタクト層は白金を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の発光ダイオード素子。

10

【請求項 8】

前記複数の半導体層は発光可能であり、前記ミラー層は、前記複数の半導体層からの光を反射することを特徴とする請求項 1 に記載の発光ダイオード素子。

【請求項 9】

前記ミラー層は、銀を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の発光ダイオード素子。

【請求項 10】

前記バリア層は、前記ミラー層の材料が、周囲の金属および半導体材料に浸入するのを防止するように配列されていることを特徴とする請求項 1 に記載の発光ダイオード素子。

【請求項 11】

前記金属層構造体の上に金属層をさらに有し、前記バリア層は、前記金属層が前記ミラー層と反応するのを防止することを特徴とする請求項 1 に記載の発光ダイオード素子。

20

【請求項 12】

前記バリア層は、前記ミラー層および前記オーミックコンタクト層を覆い取り囲むことを特徴とする請求項 1 に記載の発光ダイオード素子。

【請求項 13】

前記バリア層は、チタン、タングステン、白金、またはそれらの組み合わせから形成されることを特徴とする請求項 1 に記載の発光ダイオード素子。

【請求項 14】

キャリア層と、前記キャリア層の上の前記複数の半導体層と、前記キャリア層と前記複数の半導体層との間の前記金属層構造体と、をさらに有することを特徴とする請求項 1 に記載の発光ダイオード素子。

30

【請求項 15】

前記露出した n 型層は、テクスチャが付けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の発光ダイオード素子。

【請求項 16】

お互いに配列され、導電性のキャリア上にフリップチップ実装された複数の半導体層であって、前記複数の半導体層の最上部が露出している、複数の半導体層と、

前記複数の半導体層と前記キャリアとの間に配列された金属層構造体であって、前記複数の半導体層のうち 1 つの上の透明なオーミックコンタクト層と、前記オーミックコンタクト層の上のミラー層と、前記オーミックコンタクト層および前記ミラー層を覆い囲むバリア層とを含む、金属層構造体と、を有することを特徴とする半導体素子。

40

【請求項 17】

前記複数の半導体層は、複数の発光ダイオード (LED) を有することを特徴とする請求項 16 に記載の半導体素子。

【請求項 18】

前記複数の半導体層の前記最上部の上にコンタクトをさらに有することを特徴とする請求項 16 に記載の半導体素子。

【請求項 19】

前記コンタクトの上にボンドパッドをさらに有することを特徴とする請求項 18 に記載の半導体素子。

50

【請求項 20】

前記複数の半導体層は発光可能であり、前記オーミックコンタクト層は、前記複数の半導体層からの光を透過するために透明であることを特徴とする請求項 16 に記載の半導体素子。

【請求項 21】

前記複数の半導体層は発光可能であり、前記オーミックコンタクト層は、前記複数の半導体層からの光を少なくとも 50% 透過するものであることを特徴とする請求項 16 に記載の半導体素子。

【請求項 22】

前記複数の半導体層は発光可能であり、前記ミラー層は、前記複数の半導体層からの光を反射することを特徴とする請求項 16 に記載の半導体素子。

10

【請求項 23】

前記バリア層は、前記ミラー層の材料が、周囲の金属および半導体材料に浸入するのを防止するように配列されていることを特徴とする請求項 16 に記載の半導体素子。

【請求項 24】

前記金属層構造体の上に金属層をさらに有し、前記バリア層は、前記金属層が前記ミラー層と反応するのを防止することを特徴とする請求項 16 に記載の半導体素子。

【請求項 25】

前記バリア層は、前記ミラー層および前記オーミックコンタクト層を覆い取り囲むことを特徴とする請求項 16 に記載の半導体素子。

20

【請求項 26】

前記複数の半導体層の表面は、テクスチャが付けられていることを特徴とする請求項 16 に記載の半導体素子。

【請求項 27】

前記複数の半導体層の前記露出した最上部は、テクスチャが付けられていることを特徴とする請求項 16 に記載の半導体素子。

【請求項 28】

お互いに配列され、導電性のキャリア上にフリップチップ実装された複数の半導体層であって、前記複数の半導体層の最上部が露出している、複数の半導体層と、

前記複数の半導体層と前記キャリアとの間に配列された金属層構造体であって、ミラー層と、前記ミラー層の上のバリア層とを有し、前記バリア層が、前記ミラー層の少なくとも 2 つの側面を覆っている、金属層構造体と、

30

前記ミラー層と前記複数の半導体層との間の透明なオーミックコンタクト層と、を有することを特徴とする半導体素子。

【請求項 29】

前記バリア層が、前記オーミックコンタクト層の少なくとも 2 つの側面を覆っていることを特徴とする請求項 28 に記載の半導体素子。

【請求項 30】

前記複数の半導体層の前記露出した最上部は、テクスチャが付けられていることを特徴とする請求項 28 に記載の半導体素子。

40

【請求項 31】

お互いに配列され、導電性のキャリア上にフリップチップ実装された複数の半導体層であって、前記複数の半導体層の最上部が露出し、前記半導体層の表面にテクスチャが付けられている、複数の半導体層と、

前記複数の半導体層と前記キャリアとの間に配列された金属層構造体と、を有し、

前記金属層構造体は、前記複数の半導体層のうち 1 つの上の透明なオーミックコンタクト層と、前記オーミックコンタクト層の上のミラー層と、前記オーミックコンタクト層および前記ミラー層を覆い囲むバリア層と、を有することを特徴とする半導体素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【0001】

本発明は、半導体素子を製造する方法に関し、より詳細には導電キャリア上の発光半導体素子を製造する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

第III族窒化物材料系の半導体材料の製造における改良は、高効率の青色、緑色、および紫外(UV)光発光ダイオード(LED)およびレーザなどのGaN/AlGaNオプトエレクトロニクス素子、および大電力マイクロ波トランジスタなどの電子素子の開発の進歩の助けとなっている。GaNのいくつかの利点としては、3.4 eVの広い直接バンドギャップ、高い電子速度(2×10^7 cm/s)、高い降伏電界(2×10^6 V/cm)、およびヘテロ構造が利用可能であることが挙げられる。

10

【0003】

通常のLEDは、p型ドープ層とn型ドープ層を備え、ドープ層の間にバイアスが印加されるとLEDは光を放出するようになる。他のLEDは、n型ドープ層とp型ドープ層の間に挟まれた活性領域を備えることができ、ドープ層の間にバイアスが印加されると、電子およびホールが活性領域内に注入され、そこでそれらは再結合して光を発生する。LED光は、通常、「発光球」内で全方向に発生され、光はLED構造体を構成する材料内のすべての方向に放射する。LEDは、光を発生するには効率が良いが、LED材料と周囲の間の屈折率の違いにより、光がLEDから周囲へ放出するのに困難さがある。通常の厚さの層および領域を有するLEDは、表面の方向に約20°の円錐中で形成された光子だけが、構造体を出る。残りの光は、LEDの構造体内に拘束され、最終的に半導体材料中に吸収され、それによりLEDの全体的な発光効率が低下し得る。

20

【0004】

通常のLEDの発光効率を改善するための様々な方法が開発されてきており、そのいくつかは、非平面形状LEDの使用、およびLEDの発光面の粗面化を含む。これら両方の手法は、様々な角度を有するLED表面をもたらし、それによりLEDの活性領域からの光が、光線と表面の間で様々な角度を有して表面に到達するようになることにより、発光効率を改善する。これにより、光が表面に到達するときに、光が20°の円錐内に入り、それにより光がLEDから放出されるようになる可能性が増大する。光が20°の円錐内でない場合は、光は様々な角度で反射され、次に光が表面に到達するときに光が円錐内に入る可能性が高くなる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】米国特許第Re. 34, 861号明細書

【特許文献2】米国特許第4, 946, 547号明細書

【特許文献3】米国特許第5, 200, 022号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

LEDは、SiCなどの基板上に製造され、次いでフリップチップ実装され、それにより基板がLEDの主な発光表面となる。LEDの活性領域から発生された光の大部分は、SiC基板のより高い屈折率の箇所に結合され、次いでそこから抽出されなければならない。光は、内部全反射(TIR)によって基板内に拘束され、それにより素子の全体的な発光効率が低下し得る。

40

【0007】

光抽出は、基板側壁をテーパ形状にするなど、SiC基板を成形することによって改善することができる。この手法の1つの欠点は、基板の成形により、局所的に断面積を縮小することが必要となり、直列抵抗が高くなることである。さらに基板の成形は、チップの横方向寸法が増加するのに従って、すべての寸法でスケールアップしなければならない。こ

50

れによりチップの横方向寸法が、比例して長くなる側壁のテーパに適合するように大きくなるので、SiC基板をより厚くする必要がある。SiC基板を有することには、n型層との接触が難しいなど他の欠点がある。さらに、SiC基板を有する一部の実施形態では、電流をn型層へ広げるために、基板とn型層の間に導電バッファ層が含まれる。しかし、このバッファ層は、LED動作時に電力を吸収し得る。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、LEDなどの固体発光素子を製造する方法であって、基板が取り除かれ、それにより以下に詳述するようないくつかの利点をもたらされる方法を提供する。本発明による半導体ベースの発光素子を製造する方法の一実施形態は、基板ウェハ上に複数の半導体発光素子を設けるステップを含み、前記発光素子のそれぞれは、エピタキシャル層を備える。キャリアが設けられ、発光素子はキャリア上にフリップチップ実装され、それにより発光素子はキャリアと基板ウェハの間に挟まれるようになる。基板ウェハは発光素子から取り除かれ、キャリアは各部分に分離され、それにより発光素子のそれぞれは他から分離され、発光素子のそれぞれはキャリアのそれぞれの部分に実装されるようになる。

10

【0009】

本発明による方法は、LEDを製造するのに用いることができ、そのような1つの方法は、SiC基板ウェハ上に複数のLEDを設けるステップを含み、LEDのそれぞれはn型層とp型層を有し、n型層は基板ウェハとp型層の間に挟まれる。LEDを保持するための外側面を有するキャリアが、用意される。LEDは、キャリアの外側面上にフリップチップ実装され、それによりLEDは、基板ウェハとキャリアの間に挟まれるようになる。SiC基板は、LEDから取り除かれ、それにより前記n型層が最上層となり、LEDのそれぞれのn型層上に、それぞれのコンタクトが堆積される。キャリアは各部分に分離され、それによりLEDのそれぞれは他から分離され、LEDのそれぞれはキャリアのそれぞれの部分に実装されるようになる。

20

【0010】

本発明による方法によって製造された後、LED（およびその他の半導体発光素子）は通常、封止材料中に入れられる。LEDを備える半導体材料は、封止材料との屈折率の整合がSiCに比べて優れており、それにより本来的に、LEDから封止材料への光抽出の改善が得られる。本発明による方法は、第III族窒化物LED、および特にGaN LEDの製造に適用可能である。基板を取り除くことにより、n-GaNに直接、良好なオーミックコンタクトを作製することが可能になる。これは、SiC-GaN境界面の導電バッファ層を不要にし、それによりその境界面での電力損失をなくし、LEDの壁コンセント効率を改善することができる。また、基板を取り除くことにより、側壁のテーパを有するLEDのために、チップの横方向寸法が増加するのに従って基板を厚くする必要がなくなる。

30

【0011】

本発明の上記その他の特徴および利点は、当業者には、添付の図面と共に以下の詳細な説明から明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

40

【0012】

【図1】本発明による製造方法の一実施形態の流れ図である。

【図2】LEDの一実施形態の断面図であり、本発明により基板ウェハ上に形成された様子を示す図である。

【図3】キャリアへの取り付けの準備としてLEDおよび基板が反転された、図2のLEDおよび基板ウェハ、ならびにキャリアの断面図である。

【図4】LEDがキャリアにフリップチップ実装された、図3のLED、基板ウェハ、およびキャリアの断面図である。

【図5】LEDから基板ウェハが取り除かれた、図4の構造体の断面図である。

【図6】LED上にコンタクトが堆積された、図5の構造体の断面図である。

50

【図7】LEDを分離するためにキャリアが切断された後の、図6の構造体の断面図である。

【図8】LEDパッケージとして取り付けられた、図7中の1つのLEDの断面図である。

【図9】LEDの本発明によるもう1つの実施形態の断面図であり、半導体キャリア上にフリップチップ実装された様子を示す図である。

【図10】LEDの本発明による別の実施形態の断面図であり、導電性キャリア上にフリップチップ実装され、LEDがテクスチャ付き表面を有する様子を示す図である。

【図11】LEDの本発明による他の実施形態の断面図であり、導電性キャリア上にフリップチップ実装され、キャリアが静電放電保護用の接合ダイオードを有する様子を示す図である。

10

【図12】いくつかのLED構造体内における、本発明によるミラー層の一実施形態の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

図1は、発光半導体素子を製造するための本発明による方法10の一実施形態を示し、方法10は特に、個片化され、各LED上の基板が取り除かれた、サブマウント/キャリア(「キャリア」)上の垂直形状発光ダイオード(LED)の製造に適合する。方法10の一実施形態では、LEDは、AlGaIn/GaNなどの第III族窒化物材料系から作られ、導電性キャリア上に作製される。ステップ12では、外側面の1つの上に複数のLEDを取り付けられるような寸法を有する導電性キャリアが用意される。キャリアの望ましい特性としては、低コスト、低抵抗率、良好な熱伝導率、およびボンディングされた素子との相対的な熱膨張率が良好であることである。

20

【0014】

様々な構造を有する、多くの異なるタイプのキャリアを用いることができる。一実施形態では、キャリアは、低抵抗率特性を実現するために、SiCまたはSiなどの半導体材料を含むことができる。半田付けによってLED素子にボンディングするための、キャリアの外側面は、低抵抗率材料により金属被覆されるべきである。半導体キャリアの側面の金属被覆は、それぞれの側にオーミックコンタクトを形成する。ボンディングされるキャリアの外側面はまた、半田ボンディングが側面へのオーミックコンタクトを劣化させないように処理されるべきである。たとえば、半田付けされる表面上の金属は、チタンなどのオーミックコンタクトと、その後続くNi、TiW、またはWなどの半田バリア、その後続くNi、Ni/Au、Ni/AuSn、Ni/Snなどの半田付け可能な層からなるものとすることができる。半導体キャリアは、スパッタリングなどの、既知の方法を用いて金属被覆することができる。

30

【0015】

他の実施形態ではキャリアは、これに限定するものではないが、Cu、Cu-W、またはCu-Mo-Cuを含む金属材料からなるものとすることができる。これらの金属材料は、低抵抗率を有し、その結果、外側面の金属被覆は必要ない。キャリアはまた、1つの単一構造とすることができ、またはいくつかの異なる構成要素を含むことができ、キャリアは、それに取り付けられたLEDを駆動するためのパッシブおよびアクティブ電子部品を含むことができる。

40

【0016】

ステップ14では、ウェハ/基板に取り付けられたLEDが用意される。LEDは、SiC上での成長に適合する様々な材料系から作製することができ、上述のように好ましい材料系は、第III族窒化物材料系である。SiCの結晶格子は、第III族窒化物との整合性が高く、一般に高品質の第III族窒化物被膜が得られる。SiCはまた、熱伝導率が高く、したがってSiC上の第III族窒化物素子の総出力は、(サファイア上に形成された一部の素子のように)基板の熱損失によって制限されることはない。SiC基板は、ノースカロライナ州ダーラムのCree Research社から入手可能であり、

50

その製造方法は、科学文献等に記載されている（たとえば、特許文献1、特許文献2、特許文献3参照）。LEDと共に用いることができる第III族窒化物材料のいくつかの例は、窒化ガリウム（GaN）、窒化インジウムガリウム（InGaN）、および窒化アルミニウムガリウム（AlGaN）である。

【0017】

方法10でLED用に用いることができる市販の素子の例としては、これに限定するものではないが、XB900（商標）Power Chip、XBright（登録商標）LED、XBright（登録商標）Plus LEDであり、すべてノースカロライナ州ダーラムのCree Research社から入手可能である。方法10で用いられる通常のLEDは、SiC基板上のn型層、n型層上のp型層、n型層とp型層の間に挟まれた任意の活性領域を有して製造される。また、最終的に製造された素子からの光抽出を、さらに高めるように構成されたミラー層を含むことができる。

10

【0018】

個々のLEDは、まずSiC基板の上にn型層およびp型層（およびミラー層）を堆積させることによって形成される。次いで各層は、好ましくは、知られているメサエッチングの方法、または機械的切断、レーザ切断、およびウォータージェット切断によってSiC上の個々の素子に分割され、これらすべてはn型層およびp型層を切断するが、SiC基板は切断しない。個々の素子は、様々な寸法を有することができ、適当な寸法範囲は250～300ミクロン四方であり、基板の寸法によっては、ウェハ上に20,000を超える素子を含むことができる。本発明による代替実施形態では、後述のように、n型層およびp型層は連続な層として基板に残され、次いでフリップチップ実装後に個々の素子に分割される。

20

【0019】

ステップ16では、LEDを有する基板は反転され、キャリアの外側面上にフリップチップ実装され、好ましい実施形態ではLEDは、所定位置にボンディングされる。LEDは、LED間のキャリアの切断を可能にするために、隣接LED間に余裕があるように配置されるべきである。それによりLEDのそれぞれを他から分離し、LEDのそれぞれが、それ自体のキャリアの区域を有するようにすることが可能になる。

【0020】

本発明による一実施形態では、LEDは、半田によってキャリアにボンディングされる。半田材料は、（XBright（登録商標）、およびXBright（登録商標）Plus LEDの場合のように）予めLED上に堆積させることができ、あるいはLEDがキャリアに取り付けられる前に、キャリアの表面上に表面堆積させることができる。上述のように、金属被覆された層を有する半導体キャリアの場合は、キャリアは、半田ボンディングがオーミックコンタクトを劣化させないように処理されるべきである。

30

【0021】

フリップチップ実装後はSiC基板が最上層となり、ステップ18では各LEDから基板が取り除かれる。多くの異なる除去方法を用いることができ、本発明による一実施形態では、すべてまたはほとんどのSiC基板を取り除くために、LEDを機械研削することができる。機械研削された後にLED上に残るSiCを取り除くために、フッ素ベースのプラズマなどの選択的エッチングを用いることができる。Al-F化合物が不揮発性であることにより、比較的低いAl組成の層を、各LEDのn型層内、またはSiC基板のn型層との境界面に含めることもできる。Al組成は、プラズマエッチングが、Al_xGa_{1-x}Nのn型層上で、またはSiC基板境界面のAlで選択的に停止するのを可能にする。

40

【0022】

別法としてLEDは、SiC基板と残りのn型層の間に配置することができるリフトオフ層を含むことができる。リフトオフ層は、実質的にエピタキシャル層をエッチングせずにリフトオフ層をエッチングする光電気化学エッチング（PEC）にさらすことができる。本発明による一実施形態ではPECエッチングは、半導体素子を溶液中に浸漬するステ

50

ップと、溶液を光で照射するステップとを含み、溶液の組成と光の波長により、エピタキシャル層をエッチングせずにリフトオフ層がエッチングされる。この実施形態ではリフトオフ層は、InGa_nN、AlInGa_nN、およびAlInGaAsなどの材料、およびemersionを含むことができ、好ましい溶液は、(1:3)のKOHと水を含むことができ、それだけでは、実質的にリフトオフ層または第III族窒化物エピタキシャル層をエッチングしない。しかし溶液が光で照射されると、溶液は、エピタキシャル層はエッチングせずにリフトオフ層をエッチングすることができる。様々な波長の光を用いることができ、適当な波長は約400ナノメートル(nm)である。400nmの光は、リフトオフ層内の材料に電子ホール対を形成させ、In原子上のホール位置が水酸化物イオンの結合を可能にすると考えられる。これによりH₂ガスを副生成物としてIn₂O₃が形成され、Inの除去が始まり、リフトオフ層構造を迅速に分解する。InGa_nNリフトオフ層のエッチングをさらに増進させるために、1つのプローブを基板上に、もう1つのプローブを溶液中に配置することにより、KOHと水の溶液にバイアスをかけることができる。リフトオフ層がPECエッチングされた後、LEDのそれぞれのSiC基板は、そのLEDの残りの部分から分離される。

10

【0023】

本発明によるもう1つの実施形態では、各LEDはGaNベースであり、またそのn型層とSiC基板の間にリフトオフ層を備え、リフトオフ層はInGa_nNなどの材料から作製される。リフトオフ層は、リフトオフ層をエッチングするためにPECエッチングの代わりに、レーザ照射にさらされる。レーザは、SiC基板またはGaNエピタキシャル層に吸収されず、InGa_nNリフトオフ層に吸収される波長の光を発生するべきである。SiCは、約390nm以下の波長の光を吸収し、GaNは、約360nm以下の波長の光を吸収し、InGa_nNは、約450nm以下の波長の光を吸収する。本発明によるレーザ照射は、約390nmと450nmの間の波長を有するべきであり、適当な波長は、約400nmである。この波長のレーザ照射に対して、SiC基板およびGaN層は透明であり、照射がリフトオフ層に当たると光は吸収される。これによりリフトオフ層が加熱および放散し、エピタキシャル層とサブマウントの分離が可能になる。約390nmと450nmの間の他の多くの波長のレーザ照射を用い得ることが理解されるべきである。

20

【0024】

本発明の他の実施形態では、LEDを三フッ化窒素エッチングにさらすことができ、これは第III族窒化物エピタキシャル層のエッチングより数倍速い速度で、炭化珪素をエッチングする。三フッ化窒素のイオンは、炭化珪素を、その第III族窒化物材料との境界面まで容易に取り除く。炭化珪素が取り除かれた後は、エピタキシャル層のエッチング速度は非常に遅いため、エッチングはほぼ停止する。

30

【0025】

上述した、n型層およびp型層が基板上に連続して残される実施形態では、層を個々の発光素子に分割するために、基板が取り除かれた後に連続層を切断またはエッチングすることができる。この積層されたものを個々の素子に分割するには、知られているメサエッチング方法、または機械的切断、レーザ切断、およびウォータージェット切断を用いることができる。

40

【0026】

SiCの除去に続いてステップ20では、ここでは露出されているn型GaN表面上に、オーミックコンタクトまたはワイヤボンドが堆積される。n型第III族窒化物に直接、良好なオーミックコンタクトを作製できることは実証されており、SiC基板を取り除くことによってn型層に直接、良好なコンタクトを作製することができる。また、SiC基板を取り除くことで、SiCのn型第III族窒化物層との境界面での導電バッファが不要になり、バッファによる電力損失もなくなる。バッファおよび基板でのこの電力損失がなくなることにより、LEDの効率が向上し、より良い光抽出が実現され、LEDの壁コンセント効率が改善されることになる。

【0027】

50

また、コンタクトの上部を覆って、ボンディングパッドを堆積させることができる。この目的を果たす積層体の一実施例は、それぞれボンディングパッド上の、コンタクト用のTiまたはAl、その後続くPt/AuまたはTi/Pt/Auを含む。好ましい実施形態ではコンタクトは、反射率が高いAlを含む。コンタクトおよびボンディングパッドは、スパッタリングなどの知られている技法を用いて堆積させることができる。

【0028】

ステップ22では、素子は個片化すなわち分離され、多くの異なる分離の方法/装置を用いることができる。本発明による一実施形態では、LEDは、取り付けられたLEDの間のキャリアを切断する、ダイヤモンドソーを用いて分離される。別の実施形態では、キャリアは、素子の間でスクライピングすなわち刻み目を付けられ、素子は、ばらばらにされる。

10

【0029】

次いでステップ24では、個々のLED素子は、銀エポキシを用いてまたは、半田付けによって、従来のパッケージ内に取り付けられる。半田が用いられる場合は、素子-キャリア半田のボンディングは、等しいか、より高い溶融温度をもたなければならない。溶融温度を高くするための、ボンディング用の半田のいくつかの実施例は、 $Pb_{0.37}Sn_{0.63}$ 、その後続く $Sn_{0.965}Ag_{0.035}$ 、Sn、 $Sn_{0.8}Au_{0.2}$ である。キャリア上にあるLEDを、パッケージにボンディングするための半田は、キャリア上に堆積させるか、またはLEDおよびそのキャリアが取り付けられるリードフレーム上に分注することができる。またLEDへのバイアス印加用に、LEDおよび/またはそのキャリアへのワイヤボンディングが含まれる。

20

【0030】

各LEDとキャリアの組合せがパッケージ内に取り付けられた後、これを封止材料中に入れることができる。方法10に従ってLEDからSiC基板を取り除くことの別の利点は、LED材料とエポキシなどの封止材料の間の屈折率の整合が、SiC基板の場合より良く、それによってLEDと封止材料の間の境界面に到達する光の、より大きな割合が脱出することが可能になることにより、改善された光抽出が実現される。

【0031】

方法10は、多くの異なる厚さをもつ多くの異なる材料からなるエピタキシャル層を有する、多くの異なる半導体素子の製造に用いることができる。しかし上述のように方法10は、LEDの製造に特に適している。

30

【0032】

図2は、上記方法10の中間ステップで、基板ウェハ42上に形成された、LED40の一実施形態を示す。LED40は好ましくは第III族窒化物材料系から作製され、基板42は好ましくはSiCから作製されるが、共に様々な材料から作製することができる。LED40のそれぞれは、それ自体のn型層46とp型層48を備え、n型層46は、基板44とp型層48の間にある。LED40の他の実施形態は、また、n型層46とp型層48の間に挟まれた活性領域(図示せず)を備えることができる。p型層48上に、第1および第2の金属層43、44を形成することができ、第III族窒化物のp型層との関連において、光反射およびオーミックコンタクトの目的に最良の金属(または合金、または金属の層状の組合せ)から選択することができる。2つの金属層43、44が示されているが、本発明によれば層の数は増し得ることが理解されよう。

40

【0033】

一実施形態ではLEDは、まず基板ウェハ42上に、基板ウェハ42の上部表面をほぼ覆う連続したn型層、p型層、金属層46、48、43、44として形成することができる。次いで積層されたものは、メサエッチング、または上述したその他の方法の1つを用いて、基板42上の個々の素子に分離することができる。LED40を3個だけ有する基板ウェハ42が示されているが、実際には基板ウェハは、数千個のLED40を保持することができるが理解されよう。LED40を導電性キャリアにボンディングするボンディング層50を、金属層43、44上に含むことができる。好ましい実施形態ではボンディング層

50

は、キャリア半田とすることができる。

【0034】

代替実施形態では、n型層、p型層、金属層46、48、43、44は、製造プロセスにおいて後で切断するために、基板42上に連続したままとすることができる。それらの実施形態では素子間の層の各部分(破線で示す)は、後のステップまで残される。一実施形態では層46、48、43、44は、フリップチップ実装および基板42の除去後に切断されるが、製造プロセスの他の段階でそれらを切断することもできる。

【0035】

図3には、キャリア45と、方法10の別の中間ステップでキャリア45に取り付ける準備のために方向が反転された、図2の基板ウェハ42およびLED40が示される。キャリア45は、導電性材料から作製することができ、上述のように適当な材料には、これに限定するものではないが、Cu、Cu-W、Cu-Mo-Cu、SiCまたはSiが含まれる。図3に示されるキャリア45は、それに3個のLED40が取り付けられる寸法となっているが、基板ウェハ42と同様に、基板ウェハに取り付けられた数千個のLEDを収容できる寸法とすることができる。

10

【0036】

図4は、方法10の別の中間ステップでの、図3のLED40、基板42、およびキャリア45を示し、LED40は、キャリア45上にフリップチップ実装されている。図示の実施形態では、LED40のそれぞれは、半田50によってキャリアに取り付けられるが、他の実装方法および材料を用いることができることが理解されよう。メサエッチングの結果、LED40は、LED間のキャリア45を切断できるように、隣接するLED40の間に余裕があるように配置される。これにより、LED40を損傷せずにLED40のそれぞれを他から分離することが可能になり、次いでLED40のそれぞれが、それ自体のキャリア45の区域に取り付けられる。

20

【0037】

図5は、LED40からSiC基板42が取り除かれた後の、図4のLED40とキャリア45の構造体を示す。図1の方法10のステップ18に関連して上述した方法を含む、多くの異なる除去方法を用いることができる。説明した方法のいくつかにおいては基板42とn型層46の間にリフトオフ層(図示せず)を含むことができ、一方、他の方法では基板との接合においてn型層46中にAl組成を含めることができる。基板が取り除かれた後では、LED40のそれぞれのn型層46が最上層となり、n型層の表面が露出されている。層46、48、43、44が連続したまま残される実施形態では、これらの層は基板42が取り除かれた後に、別々の素子に切断することができる。

30

【0038】

図6は、各LEDのn型層46上にコンタクト52が堆積された状態の、図5のLED40とキャリア45の構造体を示し、コンタクトは、方法10のステップ20に関連して上述した材料を含む。上述のようにコンタクトの上部を覆って、ボンディングパッドを堆積させることもできる。

【0039】

図7は、ダイヤモンドソーを用いて、または素子間にスクライビング/刻み目付けを行い、素子をばらばらに割ることを含む、方法10のステップ22で上述した方法の1つを用いて、LED40のそれぞれの間でキャリア45が切断された後の、図6のLED40とキャリア45の構造体を示す。LED40のそれぞれは他から分離され、それぞれが、それ自体のキャリア45の区域を有する。

40

【0040】

図8は、次いでLED40のそれぞれがLEDパッケージ54内に、どのように配置することができるかを示す概略図であり、LEDは、コンタクト52への第1の導電性リード56を有して、リードフレーム55内に取り付けられる。キャリア45は、リードフレーム55を通して、またはキャリア45への第2の導電性リード58を通して接触をとることができる。リード56、58に印加されるバイアスが、LED40を発光させる。L

50

LED 40のそれぞれは、そのパッケージに銀エポキシを用いてまたは、半田付けによってボンディングすることができ、次いで素子は、透明エポキシなどの材料を用いてそのパッケージ内に封止することができる。ミラーは、n型層およびp型層46、48から放出する光をLED 40の上部表面に向かって反射し、それにより全体的な放出に寄与できるようにする。リードフレーム55の表面も光を反射することができ、それによりパッケージ54の全体の光放出に寄与する。

【0041】

図9は、方法10に従ってキャリア64上にフリップチップ実装されたLED 62を備える、本発明による構造体60の他の実施形態を示す。基板ウェハ(図示せず)は取り除かれ、それぞれのコンタクト72が堆積され、各n型層66との良好なオーミックコンタクトとなる。LED 62のそれぞれはまた、p型層68、第1および第2のミラー層69、70、およびLEDをキャリア64にボンディングするための、半田72を備える。

【0042】

キャリア64は、SiC、またはSiなどの半導体材料から作製されるが、他の半導体材料を用いることもできる。方法10のステップ12で上述したように、低抵抗率特性を実現するために、キャリア64は両側に、第1および第2の金属被覆層65a、65bを有することができ、層65a、65bのそれぞれは、低抵抗率材料を含む。半導体キャリアの両面への金属被覆は、それぞれの側へのオーミックコンタクトを形成することになる。また、方法10のステップ12で上述したように、半田付けによってLED素子、またはパッケージにボンディングされる半導体キャリアの両側は、半田ボンディングが表面のオーミックコンタクトを劣化させないように処理されるべきである。キャリア64は、キャリア64の一部分上に乗った個々のLEDを得るために、LED 62の間で切断することができ、個々のLEDはリードフレーム内に取り付けることができる。

【0043】

図10は、キャリア84上にフリップチップ実装され、半田86などでキャリアにボンディングされたLED 82を備える、本発明による構造体80の他の実施形態を示す。基板(図示せず)は、LED 84から取り除かれている。図示のキャリア84は導電性であるが、キャリア84はまた、金属被覆層を有する半導体材料を含み得ることが理解されよう。LED 82のそれぞれは、やはりn型層88、p型層90、n型層88上に堆積されたコンタクト92、およびミラー層94、96を備える。LED 82のそれぞれからの光抽出をさらに高めるために、コンタクト92の周りおよび/または下の、LEDの表面83に、テクスチャを付けることができる。表面にテクスチャを付けるには、これに限定するものではないが、プラズマ、化学、または電気化学エッチングなどの知られているプロセスを含む多くの異なるプロセスを用いることができる。テクスチャ付き表面は、LEDからテクスチャ付き表面に向かって放出される光に対して様々な表面角度をもたらす。様々な角度により、光がその発光円錐内で表面に到達し、内部全反射(TIR)によって反射される代わりに、LEDから脱出する可能性が高くなる。本発明による他の実施形態では、LED 82の他の表面にテクスチャを付けることができ、個々のLEDを得るためにキャリア84が切断される前または後に、表面にテクスチャを付けることができる。

【0044】

図11は、キャリア104にフリップチップ実装され、半田106によって所定位置にボンディングされたLED 102を有する、本発明による構造体100の他の実施形態を示す。LED 102のそれぞれは、第1のn型層108、第1のp型層110、コンタクト112、第1および第2のミラー114、116を備える。キャリア104は、その上に形成されたp-n接合ダイオード118をさらに備え、ダイオード118は、第2のp型材料層122に隣接して、第2のn型材料層120を備える。LED 102のそれぞれは、キャリア104が切断されてLED 102が分離される前または後に、接合ダイオード118に結合される。一実施形態では、それぞれのLED 102のアノードは、ダイオード118の第2のn型層120に結合され、それぞれのLEDのカソードは、第2のp型層122に結合される。この構成によって各接合ダイオード118は、LED 102の

10

20

30

40

50

それぞれと並列に、ただし反対極性で結合される。ダイオード 118 は、逆バイアス状態に対して保護するダイオード 118 により、静電放電 (ESD) 保護をもたらす。キャリア 104 は、導電性をもたらすために金属被覆層 (図示せず) を含むことができる。

【0045】

ダイオード 118 は、LED 102 と同じまたは異なる材料系から作製することができる。LED 102 が分離されると、各 LED は、キャリアの一部として、それ自体のダイオード 118 の部分を有する。また、LED 102 は光抽出を高めるためにテクスチャ付き表面を有することができ、ダイオード 118 は導電性または半導体キャリアの一部として含めることができる。

【0046】

図 12 は、図 2 ~ 8 に示され、図 9 ~ 11 では異なる参照番号で示された、金属層 43、44 についての詳細を示す。図 15 は概略的に斜線を用いて層 43 および 44 を示し、曲線によって半導体層 48 の位置を示す。好ましい実施形態では、金属層 43 は、オーミックコンタクト 130 を形成する白金 (Pt) 層によって形成される 3 層構造である。白金オーミックコンタクト層 130 は、透明となるように、すなわち入射光の少なくとも 50% を透過するように十分薄いことが好ましい。オーミックコンタクト 130 上に、光反射のための銀 (Ag) ミラー層 132 が有り、バリア層 134 は、オーミックコンタクト層およびミラー層 130、132 を、覆うだけでなく取り囲む。冶金および半導体分野の技術者には良く知られているように、銀は、他の一部の金属および半導体材料の間でマイグレーションを起こし、次いで比較的急速にそれらと反応する傾向がある。本発明では、このようなマイグレーションは極めて有害であり、したがってバリア層 134 は、銀がミラー層 132 を超えてマイグレーションするのを防止し、同様に金属層 44 が銀ミラー層 132 と反応するのを防ぐために含まれる。

【0047】

構造体のこの部分には、すでに述べたものの代わりに、またはそれに加えて、他の金属を用いることができる。たとえば、バリア層 134 は、複数の層から形成することができ、各層は単一の金属、または 2 つ以上の金属の組合せまたは合金とすることができる。好ましい実施形態では、バリア層 134 は、チタン、タングステン、および白金の、そのような組合せまたは合金から形成される。したがって図 12 に関連して説明した金属は、本発明を例示するものであり、限定するものではない。

【0048】

図 12 は、オーミックコンタクト層 130 およびミラー層 132 が所定位置に配置されて、バリア層 134 によって封止されているのを示し、さらに、他方の金属層 44 がバリア層 134 上に有ることを示している。好ましい実施形態では、金属層 44 は、優れた導電率と、他の構造層との確実なボンディングの両方を実現するために、金 (Au) とスズ (Sn) の合金としている。

【0049】

以上、本発明についてその特定の好ましい構成に即して、かなり詳細に説明してきたが、他の変形形態が可能である。他の実施形態では、LED は他から分離されず、単一のキャリア上に残る。LED は、発光させるために同時にバイアスすることができる。本発明による方法は、多くの異なる素子を製造するために用いることができ、上述した素子は、多くの異なる層構成を有することができる。したがって、添付の特許請求の範囲および趣旨は、明細書中の好ましい実施形態に限定されるべきではない。

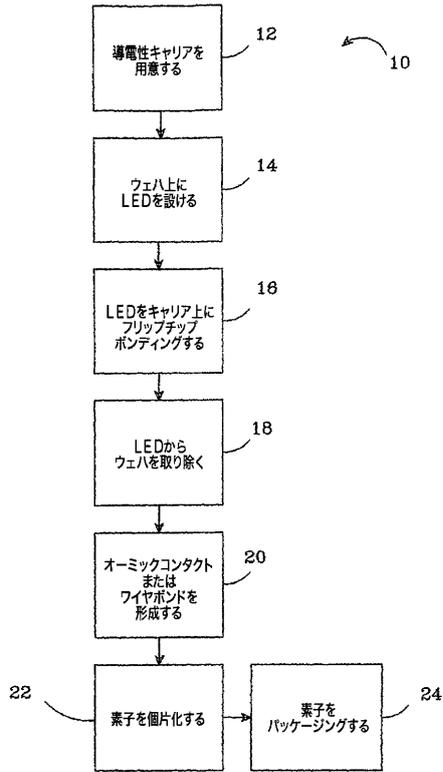
10

20

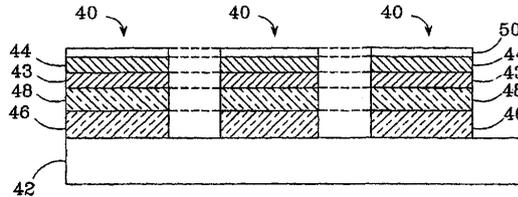
30

40

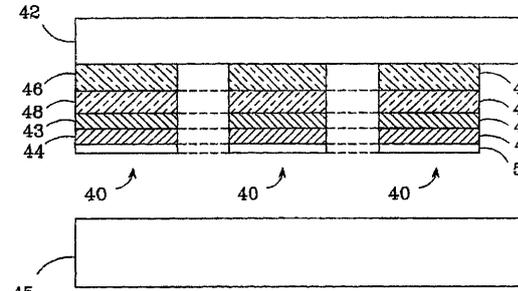
【図1】



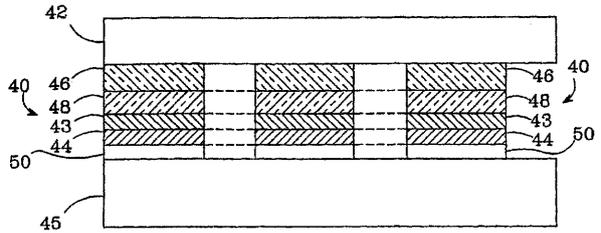
【図2】



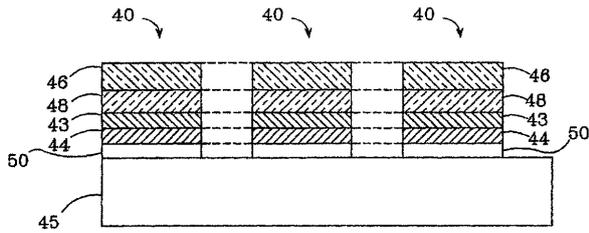
【図3】



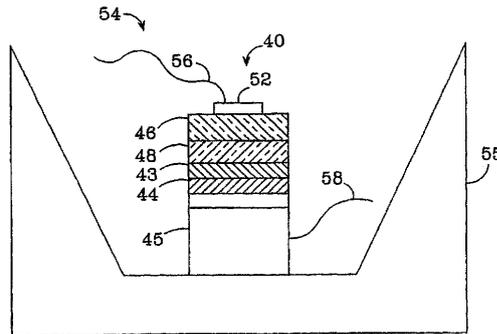
【図4】



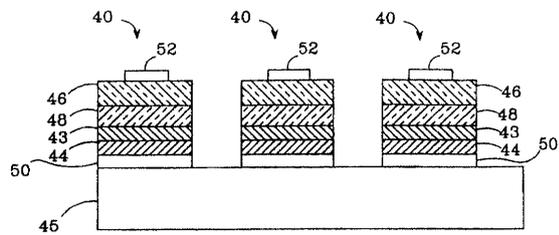
【図5】



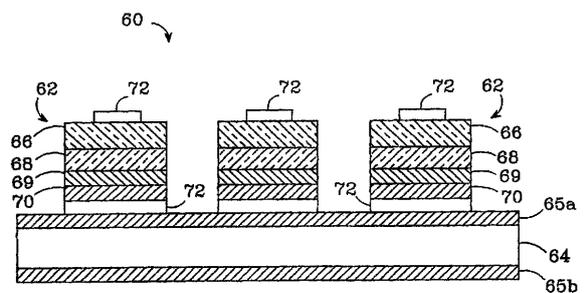
【図8】



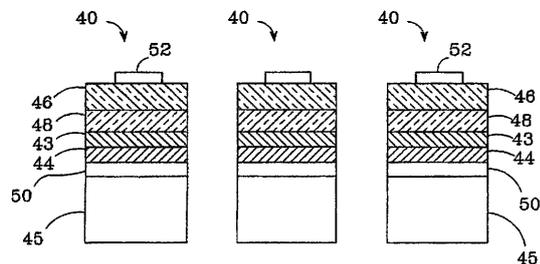
【図6】



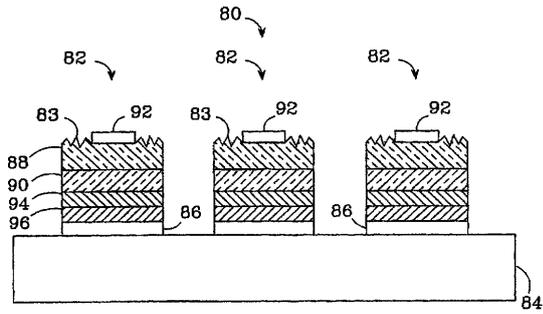
【図9】



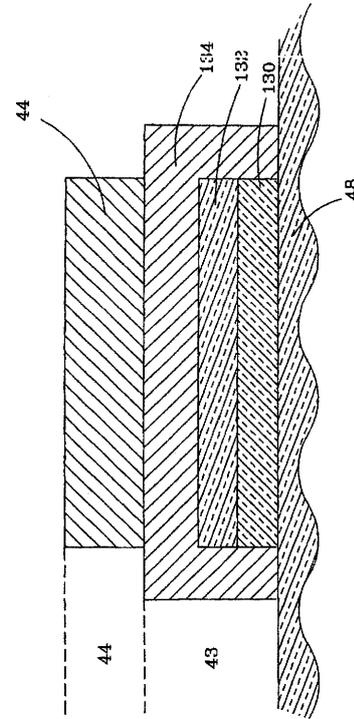
【図7】



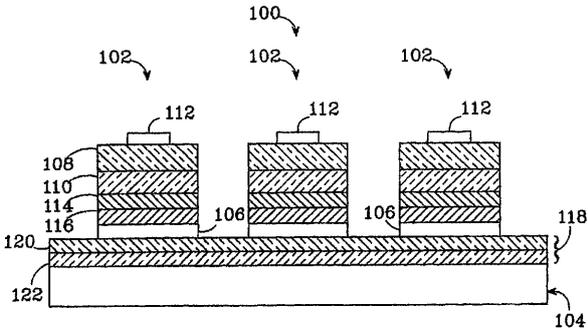
【図10】



【図12】



【図11】



フロントページの続き

(74)代理人 100109070

弁理士 須田 洋之

(74)代理人 100109335

弁理士 上杉 浩

(74)代理人 100121979

弁理士 岩崎 吉信

(72)発明者 ジョン エドモンド

アメリカ合衆国 27511 ノースカロライナ州 カリー ウェスト ジュールズ パーン ウ
エイ 206

合議体

審判長 吉野 公夫

審判官 鈴木 肇

審判官 松川 直樹

- (56)参考文献 特開2004-266240(JP,A)
特開2004-281863(JP,A)
特開2005-033197(JP,A)
特開2008-171884(JP,A)
特開2009-049266(JP,A)
国際公開第03/065464(WO,A1)
特開2004-221112(JP,A)
特開2000-133837(JP,A)
特開2005-045038(JP,A)
特開2004-336021(JP,A)
特開2005-039197(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 33/00-33/64