

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5774784号
(P5774784)

(45) 発行日 平成27年9月9日(2015.9.9)

(24) 登録日 平成27年7月10日(2015.7.10)

(51) Int.Cl. F I
H O 1 L 33/14 (2010.01) H O 1 L 33/00 1 5 0

請求項の数 13 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2014-523924 (P2014-523924)	(73) 特許権者	000003078
(86) (22) 出願日	平成24年6月7日(2012.6.7)		株式会社東芝
(65) 公表番号	特表2014-522120 (P2014-522120A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公表日	平成26年8月28日(2014.8.28)	(74) 代理人	100108062
(86) 国際出願番号	PCT/US2012/041243		弁理士 日向寺 雅彦
(87) 国際公開番号	W02013/019311	(74) 代理人	100168332
(87) 国際公開日	平成25年2月7日(2013.2.7)		弁理士 小崎 純一
審査請求日	平成26年2月13日(2014.2.13)	(74) 代理人	100146592
(31) 優先権主張番号	13/198,664		弁理士 市川 浩
(32) 優先日	平成23年8月4日(2011.8.4)	(74) 代理人	100157901
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 白井 達哲
		(74) 代理人	100144211
			弁理士 日比野 幸信

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体層と、
前記半導体層上に形成され、四角形状の複数の開口部を有する電極と、
前記電極の真下に設けられた第1電流ブロッキング構造と、
前記複数の開口のそれぞれにおいて、前記開口部の周囲に沿って前記第1電流ブロッキング構造に並設された円形の複数の第2電流ブロッキング構造と、
前記電極と、前記第1電流ブロッキング構造と、の間に形成された少なくとも1つの介在層と、
を備え、
前記複数の第2電流ブロッキング構造は、前記開口部の四辺に沿って並設され、前記第1電流ブロッキング構造側に配置された第1列と、前記第1列の前記第1電流ブロッキング構造とは反対側に配置された第2列と、を含み、
前記第1電流ブロッキング構造と前記第1列との距離は、前記第1列と前記第2列との距離よりも小さく、
前記第2電流ブロッキング構造の前記半導体層における単位面積当たりの専有率は、前記第1電流ブロッキング構造から遠ざかるほど小さくなり、
前記第1電流ブロッキング構造および前記複数の第2電流ブロッキング構造は、前記半導体層にプラズマ損傷を与えた領域である発光素子。

【請求項2】

半導体層と、
 前記半導体層上に形成され、少なくとも1つの開口部を有する電極と、
 前記電極の真下に設けられた第1電流ブロッキング構造と、
 前記開口部の周囲に沿って前記第1電流ブロッキング構造に並設された第1列および第2列を含む複数の第2電流ブロッキング構造と、
 を備え、
 前記第1列の第2電流ブロッキング構造は、前記第1電流ブロッキング構造と、前記第2列の第2電流ブロッキング構造と、の間に配置され、
 前記第2電流ブロッキング構造の前記半導体層における単位面積当たりの専有率は、前記第1電流ブロッキング構造から遠ざかるほど小さくなる発光素子。

10

【請求項3】

半導体層と、
 前記半導体層上に形成され、少なくとも1つの開口部を有する電極と、
 前記電極の真下に設けられた第1電流ブロッキング構造と、
 前記開口部の周囲に沿って前記第1電流ブロッキング構造に並設された第1列および第2列を含む複数の第2電流ブロッキング構造と、
 を備え、
 前記第1列の第2電流ブロッキング構造は、前記第1電流ブロッキング構造と、前記第2列の第2電流ブロッキング構造と、の間に配置され、
 前記半導体層における電流が流れる領域の単位面積当たりの割合は、前記第1電流ブロッキング構造から遠い領域ほど大きくなる発光素子。

20

【請求項4】

前記第1電流ブロッキング構造と前記第1列との距離は、前記第1列と前記第2列との距離よりも小さい請求項2または3に記載の発光素子。

【請求項5】

前記電極は、複数の開口部を有し、
 前記複数の第2電流ブロッキング構造は、それぞれの開口部に設けられる請求項2～4のいずれか1つに記載の発光素子。

【請求項6】

第1導電型半導体層と、前記第1導電型半導体層上の活性領域と、前記活性領域上の第2導電型半導体層と、を含む半導体層と、
 前記第2導電型半導体層上において、少なくとも1つ開口部を有し、長辺と、短辺と、を有する長方形の形状に設けられた電極と、
 前記活性領域と前記電極との間であって、前記電極の真下に設けられた第1電流ブロッキング構造と、
 前記活性領域の上方において前記第1電流ブロッキング構造に並設され、前記半導体層を上面側から見た場合に、前記開口部内に、前記開口部の周囲に沿って設けられた複数の第2電流ブロッキング構造と、

30

を備え、

前記第2電流ブロッキング構造の前記半導体層における単位面積当たりの専有率は、前記長辺に沿った方向に前記第1電流ブロッキング構造から遠ざかるほど小さくなる発光素子。

40

【請求項7】

前記半導体層を上面側から見た場合に、前記複数の第2電流ブロッキング構造は、前記開口部内に形成される請求項2～5のいずれか1つに記載の発光素子。

【請求項8】

前記半導体層の上面側を見た場合に、前記開口部は、四角形状に設けられる請求項2～7のいずれか1つに記載の発光素子。

【請求項9】

前記半導体層の上面側を見た場合に、前記複数の第2電流ブロッキング構造は、前記開

50

口部の四辺に沿って並設される請求項 8 に記載の発光素子。

【請求項 1 0】

前記半導体層の上面側を見た場合に、前記複数の第 2 電流ブロッキング構造のそれぞれは、円形に設けられる請求項 2 ~ 9 のいずれか 1 つに記載の発光素子。

【請求項 1 1】

前記電極を介して前記半導体層に流れる電流は、前記複数の第 2 電流ブロッキング構造の間を通り、前記半導体層のうちの前記電極の真下以外の領域において、その電流は不均一である請求項 2 ~ 1 0 のいずれか 1 つに記載の発光素子。

【請求項 1 2】

前記電極と、前記第 1 電流ブロッキング構造と、の間に形成された少なくとも 1 つの介在層をさらに備えた請求項 2 ~ 1 1 のいずれかに記載の発光素子。

10

【請求項 1 3】

前記第 1 電流ブロッキング構造および前記複数の第 2 電流ブロッキング構造は、前記第 2 導電型半導体層にプラズマ損傷を与えた領域である請求項 2 ~ 1 2 のいずれか 1 つに記載の発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本開示は、全体として半導体発光素子に関し、詳細には、半導体発光素子内での、効率的な光の生成に関する。

20

【背景技術】

【0 0 0 2】

発光ダイオード (LED) は、電気エネルギーを光に変換する固体素子である。光は、ドープ層の両端間に電圧が印加されるとき、正反対にドープされた層の間に挟みこまれた、半導体材料の活性層から放射される。エネルギーを光に変換する際の LED 構造の効率により、その LED が特定の用途に関して好適であるか否かが決定される。例えば、照明用途での LED の使用には、高い効率、信頼性、及び低コストが必要とされる。半導体材料の進歩、及び LED のアーキテクチャの改善により、効率の改善がもたらされている。

【0 0 0 3】

30

米国特許第 6, 1 2 1, 6 3 5 号 (Watanabe) は、LED の発光効率を増大させるための、頂部電極の下方に配置される電流ブロッキング層を開示している。

この電流ブロッキング層は、頂部電極の下方にあり、光透過性であり、頂部電極の外辺部を越えて延在するため、電流ブロッキング層は、あらゆる放射光が不透明な頂部電極によってブロックされることとなる、LED の一領域内での、高い電流密度を防止する。この Watanabe の開示は、効率の増大が、不透明な電極の下での光の放射を防止することによって達成されることを示している。電流は、得られる生成光が、その装置から脱出することができるように、他の場所へと方向付けられる。米国特許第 7, 2 4 7, 9 8 5 号 (Koneko) は、同様に、LED 内に 2 つの電流ブロッキング構造を提供することによる、電気エネルギーの変換の改善を示唆している。第 1 の電流ブロッキング構造は、中央領域内の、頂部電極の直下に配置される。第 2 の電流ブロッキング構造は、中央領域内を取り囲む、外側領域内に配置される。この第 2 の領域は、発光領域の形状を画定するように機能し、Koneko によれば、発光性能の改善が達成される。これらの特許で開示されるような、1 つの電流ブロッキング構造、又は 1 対の電流ブロッキング構造の使用により、ある程度の効率の上昇を生じさせることができるが、これらの従来技術の構造もまた、限界を有する。

40

【0 0 0 4】

図 1 (従来技術) は、従来の横方向 LED 装置 1 の断面側面図である。横方向 LED 装置 1 は、ボンドワイヤ 2、p 電極 3、酸化インジウムスズ (「ITO」) 透明導電層 4、電流ブロッキング層 5、p++GaN 層 6、p-GaN 層 7、活性層 8、n-GaN 層 9

50

、成長基板層 10、n 電極 11、及び不均一な光生成 12 の領域を含む。p 電極 3 及び n 電極 11 は、不透明な金属層である。横方向 LED 装置 1 の動作中、横方向 LED 装置 1 の p 電極 3 と n 電極 11 との両端間に、電圧が印加されることにより、p 電極 3 から n 電極 11 に電流が流れる。この電流の流れが、活性層 8 内で光を生成させる。電流ブロッキング層 5 は、透明な絶縁層であり、p 電極 3 と発光活性層 8 との間に配置されることにより、不透明な金属 p 電極 3 の下での光の放射を防止する。電流ブロッキング層 5 は、それゆえ、上を覆う金属 p 電極 3 が放射光を遮ることとなる、活性層 8 の一部分内での、電流の流れ及び発光を防止する。電流の流れは、それゆえ、活性層 8 の他の部分へと方向付けられ、このことが、その装置の発光効率を増大させる。ITO 層 4 及び p - GaN 層 7 の抵抗は、n - GaN 層 9 よりも高いため、p 電極 3 から n - GaN 層 9 を通過して流れる電流は、p 電極 3 に最も近い、電流ブロッキング層 5 の縁部に集中する傾向がある。p 電極 3 から遠い電流の流れは、密度が低く、この不均衡により、不均一な光生成 12、電流の集中による局所加熱をもたらし、及び横方向 LED 装置 1 へ潜在的損傷を与える。

10

【0005】

図 2 (従来技術) は、従来の垂直型 LED 装置 20 の断面側面図である。垂直型 LED 装置 20 は、n 電極 21、n - GaN 層 22、活性層 23、p - GaN 層 24、p + + GaN 層 25、電流ブロッキング層 26、高反射層 27、封入材料層 28、バリアメタル 29、接合金属層 30、接着層 31、導電キャリア 32、p 電極 34、及び不均一な光生成領域 35 を含む。

垂直型 LED 装置 20 の動作中、装置の両端間に電圧が印加されることにより、金属 p 電極 34 から金属 n 電極 21 に電流が流れる。電流が、活性層 23 を通過して流れる際に、光が生成される。

20

電流ブロッキング層 26 は、p 電極 34 と活性層 23 との間に配置されることにより、不透明な金属 n 電極 21 の下での、電流の流れ及び発光を防止する。高反射層 27 は、高導電性であるため、電流ブロッキング層 26 の右側の、p + + GaN 領域 25 の全体は、本質的に等電位である。しかしながら、上を覆う n - GaN 層 22 は、ある程度抵抗性であり、電流拡散を制限する。より n 電極 21 に近い領域内の電流密度は、それゆえ、より n 電極 21 から遠く離れた領域内での電流密度よりも大きい。この電流密度の不均衡が、垂直型 LED 装置 20 内での、不均一な光生成 35 を引き起こす。更には、n 電極 21 に最も近い、高い電流密度が、LED 装置 20 への局所加熱及び損傷を引き起こす恐れがある。改善された発光効率及び均一な光生成を有する、LED 装置が望まれている。

30

【発明の概要】

【0006】

第 1 の新規態様では、LED 装置は、帯状電極、帯状電流ブロッキング構造、複数個の電流ブロッキング構造、及び発光活性層を含む。複数個の電流ブロッキング構造は、帯状電極への / 帯状電極からの、電流の流れが、帯状電流ブロッキング構造に直接隣接する区域内、又は帯状電極の下の区域内に集中することを防止するような方式で、分散される。その代わりに、複数個の電流ブロッキング構造は、発光活性層内の電流の流れが、帯状電極の真下にはない活性層の諸部分内で、実質的に均一となるように、配置及び分散される。

40

【0007】

第 2 の新規態様では、LED 装置は、帯状電極、帯状電流ブロッキング構造、複数個の電流ブロッキング構造、高反射金属層、p - GaN 層、及び p + + GaN 層を含む。帯状電流ブロッキング構造及び複数個の電流ブロッキング構造は、p + + GaN 層の選択部分をエッチング除去して、高反射金属層と p - GaN 層との間に、比較的低い導電性の非オーミック接触を作り出すことによって形成される。この p + + GaN 層の諸部分のエッチング除去は、反応性イオンエッチング (RIE) などの標準的な半導体プロセス技術、又は任意の他の好適なプロセス方法によって実行される。p + + GaN が、p - GaN の表面からエッチング除去される区域内では、電流の流れは、抑制又はブロックされる。

【0008】

50

第3の新規態様では、LED装置は、帯状電極、帯状電流ブロッキング構造、複数個の分散型電流ブロッキング構造、及びp-GaNの層を含む。帯状電流ブロッキング構造及び複数個の分散型電流ブロッキング構造は、p-GaN層の選択部分に損傷を加えて、p-GaN層内部に比較的高抵抗の部分を作り出すことによって形成される。高密度プラズマを利用して、p-GaN層の選択部分を局所加熱することによって、この比較的高抵抗の部分形成することができる。電界が印加されると、損傷したp-GaN部分の区域は、電流ブロッキング層を通過する電流の流れが、分散及び拡散されるような方式で、電流の流れを抑制又はブロックする。帯状電極の真下にはない活性層の部分を通る電流の流れは、実質的に均一であるが、その一方で、帯状電流ブロッキング構造は、電流が、帯状電極の真下にある活性層の部分を通り流れることを、有効にブロックする。活性層を通過する電流の流れは、この方式で実質的に均一であるため、実質的に均一な光生成が、帯状電極の下の区域の外側の、活性層内で発生する。

10

【0009】

電流ブロッキング層の全体は、一体として考察することができ、この層の各単位面積は、空隙率（合計面積と比較した、いずれの電流ブロッキング構造によっても覆われることなく、ブロックもされない、面積の量）を有する。この空隙率は、LEDの活性層を通過する電流の流れが、実質的に電流の流れが存在しない、不透明な物体（金属電極などの）の直下に配置される活性層の区域を除いて、活性層の全区域内で実質的に均一となるように、層の全域にわたって変更される。

【0010】

20

更なる詳細並びに実施形態及び技術は、以下の「発明を実施するための形態」で、説明される。この「発明の概要」は、本発明を規定することを意図するものではない。本発明は、特許請求の範囲によって規定される。

【図面の簡単な説明】

【0011】

添付図面は、同様の符号が同様の構成要素を示し、本発明の実施形態を例示する。

【0012】

【図1】（従来技術）横方向発光ダイオード（LED）装置内の光生成の断面図である。

【0013】

【図2】（従来技術）垂直型LED装置内の光生成の断面図である。

30

【0014】

【図3】一新規態様によるLED装置の見下ろし図である。

【0015】

【図4】一新規態様による一般的LED装置構造の、簡略化された概念的断面図である。

【0016】

【図5】図4の一般的LED装置構造の見下ろし図である。

【0017】

【図6】図5の一般的LED装置構造内の、区域A、区域B、及び区域Cの抵抗を示す、簡略化された概念図である。

【0018】

40

【図7】均一な量の光が、活性層の全域にわたって（電流ブロッキング層が、光生成を有効に防止する、不透明な電極の下の活性層の部分内を除いて）生成されるように、サイズ決定及び分散された、複数個の電流ブロッキング構造を有する、垂直型LED装置の断面側面図である。

【0019】

【図8】分散型電流ブロッキング構造が、p++GaN層及びp-GaN層の選択部分に損傷を加えることによって形成される、垂直型LED装置の断面側面図である。

【0020】

【図9】分散型電流ブロッキング構造が、p++GaN層の選択部分をエッチング除去することによって形成される、垂直型LED装置の断面側面図である。

50

【 0 0 2 1 】

【図 1 0】複数個の分散型電流ブロッキング構造を有する、横方向 L E D 装置の断面図である。

【 0 0 2 2 】

【図 1 1】一新規態様による方法のフローチャート図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 3 】

本発明の幾つかの実施形態が詳細に言及され、それらの実施例が添付の図面で例示される。以下の説明及び特許請求の範囲では、第 1 層が、第 2 層の「上に」配置されているとして言及される場合には、その第 1 層は、第 2 層上に直接存在し得るか、又は介在層が、第 1 層と第 2 層との間に存在し得ることを理解されたい。「上」、「下」、「下側」、「上方」、「下方」、「頂部」、「底部」、「上向き」、「下向き」、「垂直方向に」、及び「横方向に」などの用語は、本明細書では、説明されている L E D の種々の部分間の、相対配向を説明するために使用されるものであり、説明されている L E D 構造の全体は、実際には、3 次元空間内で、任意の方式で配向することができる点を理解されたい。

【 0 0 2 4 】

図 3 は、L E D 装置 4 0 の見下ろし図である。L E D 装置 4 0 は、帯状電極 4 1、帯状電流ブロッキング構造 4 2、及び複数個の電流ブロッキング構造 4 3 を含む。複数個の電流ブロッキング構造 4 3 は、ディスク形状の電流ブロッキング構造「ディスク」の、複数の列であり、電極 4 1 の各辺の横に配置される。帯状電流ブロッキング構造 4 2 及び複数個の電流ブロッキング構造 4 3 は、電極 4 1 の金属の層の下方にある、L E D 装置 4 0 の層内に配置される。電極 4 1 の帯状部分から、垂直方向で外向きに延びる、切断線 A - A が、図 3 に示される。切断線 B - B もまた、図 3 に示され、線 B - B は、電極 4 1 の別の帯状部分を、垂直方向で切断する。

【 0 0 2 5 】

図 4 は、一般的 L E D 装置の、簡略化された概念的断面図である。この L E D 装置は、垂直型 L E D 装置又は横型 L E D 装置のいずれかとすることができる。図 4 の L E D が垂直型 L E D 装置である場合には、電流 4 4 は、図示の構造の下方の p 電極（図示せず）から、電流ブロッキング層 4 5 を通過して上に流れ、次いで、p - G a N 層（図示せず）、発光活性層（図示せず）、n - G a N 層（図示せず）を通過して、帯状電極 4 1 へと流れる。図 4 の L E D が横型 L E D 装置である場合には、電流 4 4 は、帯状電極 4 1 から、透明な導電体層（図示せず）を横方向に通過して流れ、次いで、電流ブロッキング層 4 5 を通過して垂直下降し、次いで p - G a N 層（図示せず）、活性層（図示せず）、n - G a N 層（図示せず）を通過して、n 電極（図示せず）へと流れる。双方の場合とも、電流ブロッキング層 4 5 は、帯状電流ブロッキング構造 4 2 及び複数個の電流ブロッキング構造 4 3 を含む。複数個の電流ブロッキング構造のうち 4 つ（4 6、5 0、5 4、5 8）が、図 4 の断面図に示される。帯状電流ブロッキング構造 4 2 は、金属の帯状電極 4 1 の真下に配置されるが、帯状電極 4 1 よりも若干幅広である。帯状電流ブロッキング構造 4 2 は、電流が、帯状電極 4 1 の真下の活性層の部分（図示せず）を通過して流れることをブロックする。その結果、帯状電極 4 1 の真下の活性層の部分内では、実質的に光が放射されない。

【 0 0 2 6 】

図 5 は、図 4 の L E D 装置の見下ろし図である。帯状電極 4 1 及び帯状電流ブロッキング構造 4 2 は、第 1 方向 6 2 において、長さ方向に延在する。図 5 はまた、3 つの正方形区域、区域 A 6 3、区域 B 6 4、及び区域 C 6 5 も示す。これらの 3 つの正方形区域、A、B、及び C は、互いに当接して、帯状電流ブロッキング構造 4 2 の右縁部 6 6 から離れる方向で、列を成して延在する。これらの 3 つの正方形区域は、第 1 方向 6 2 に垂直な第 2 方向 6 7 で、図の右側へと延びる列を成して延在する。帯状電流ブロッキング構造 4 2 及び複数個の電流ブロッキング構造 4 6 ~ 6 1 は、絶縁材料の層から形成される、個別機構である。電流ブロッキング構造 4 6 ~ 6 1 は、図示のような 2 次元配列で配置される。

一実施例では、これらの個別機構は、厚さ200nmの二酸化珪素の個別機構である。他の実施形態では、帯状電流ブロッキング構造42及び電流ブロッキング構造46~61は、窒化珪素の個別機構である。帯状電流ブロッキング構造46~61はまた、他の絶縁材料でも作製することができる。

【0027】

図示の実施例では、電流ブロッキング構造46~61は、直径が約5マイクロメートルのディスクである。ディスク46~49は、図示のように、第1方向62と平行に延びる第1の列として位置合わせされる。ディスク50~53は、図示のように、第1の列と平行に延びる第2の列として位置合わせされる。ディスク54~57は、図示のように、第1及び第2の列と平行に延びる第3の列として位置合わせされる。ディスク58~61は、図示のように、第1、第2、及び第3の列のそれぞれと平行に延びる第4の列として位置合わせされる。第1のディスクの列は、第2方向67で、帯状電流ブロッキング構造42の右縁部66から離れる方向に、第1の距離D1で離間配置される。第2のディスクの列は、第2方向67で、第1のディスクの列から第2の距離D2で離間配置される。第3のディスクの列は、第2方向67で、第2の列から第3の距離D3で離間配置される。第4のディスクの列は、第2方向67で、第3の列から第4の距離D4で離間配置される。一実施形態では、D4はD3よりも大きく、D3はD2よりも大きく、D2はD1よりも大きい。

10

【0028】

区域A63、区域B64、及び区域C65は、正方形の形状の区域である。特定の例示的实施形態では、これらの区域のそれぞれは、400平方マイクロメートルのサイズの正方形区域である。複数個の電流ブロッキング構造43のうちの、少なくとも第1の電流ブロッキング構造は、区域Aの一部を覆う(区域AのXパーセントを覆う)。複数個の電流ブロッキング構造43のうちの、少なくとも第2の電流ブロッキング構造は、区域Bの一部を覆う(区域BのYパーセントを覆う)。複数個の電流ブロッキング構造43のうちの、少なくとも第3の電流ブロッキング構造は、区域Cの一部を覆う(区域CのZパーセントを覆う)。図示の場合には、XパーセントはYパーセントよりも大きく、YパーセントはZパーセントよりも大きい。

20

【0029】

図6は、区域A63、区域B64、及び区域C65の抵抗を示す、簡略化された概念図である。この図では、3つの区域、A、B、及びCのそれぞれは、2つの抵抗器を含む。各区域内の、第1の抵抗器の値1Rは、電流ブロッキング構造の平面の上方(電流ブロッキング構造の頂部の平面と、帯状電極の底部の平面との間)に配置された導電層を通る、横方向の抵抗を表す。この装置が垂直型LED装置である実施例では、電流ブロッキング構造の層45の上方の導電層は、p++GaN層、p-GaN層、活性層、及びn-GaN層を含む。この装置が横型LED装置である実施例では、電流ブロッキング構造の層の上方の導電層は、透明な導電体層(例えば、酸化インジウムスズ)を含む。

30

【0030】

各区域内の第2の抵抗器は、電流が電流ブロッキング層45の機構間を垂直方向に流れる際に通過する、垂直方向の抵抗を表す。区域Aは、最も高い電流ブロッキングディスクの面積百分率、Xパーセントを含み、区域Aの垂直方向の抵抗は、この図では3Rである。この値3Rは、区域Bの垂直方向の抵抗である2R、及び区域Cの垂直方向の抵抗である1Rよりも大きい。横方向に配向された1Rの抵抗を、垂直方向に配向された抵抗3R、2R、及び1Rと共に考慮すると、帯状電極41と、3つの区域A、B、及びCのいずれかとの間の全体抵抗は、4Rに等しい。それゆえ、LED装置の活性発光領域を通過して、それらの3つの区域のいずれかから流れる電流の量、又はいずれかの区域へと流れる電流の量は、実質的に同じである。図6での抵抗値、1R、2R、及び3Rは、実測値ではなく、むしろ、この図では、単に概念的な説明目的のために提示される。

40

【0031】

図7は、垂直型LED装置100の一部の断面図である。図7の断面図は、例えば、

50

図3の構造での断面B-Bを表し得る。垂直型LED装置100は、金属n電極101、n-GaN層102、活性層103、p-GaN層104、p++GaN層105、高反射層106、封入材料層107、バリアメタル層108、接合金属層109、接着層110、キャリア基板111、p電極112、帯状電流ブロッキング構造113、及び複数個の分散型電流ブロッキング構造114~121を含む。n-GaN層102は、厚さ約5000nmであり、n電極101と接触する。活性層103は、厚さ約130nmであり、n-GaN層102と、厚さ300nmのp-GaNの層104との間に配置される。p-GaN層104は、厚さ20nmのp++GaN層105の直上にある。電流ブロッキング構造113~121は、p++GaN層105と高反射層106との間に配置されており、p++GaN層105上に、厚さ200nmの二酸化珪素又は窒化珪素の絶縁層を堆積させ、次いで、RIEなどの標準的なプロセス技術を使用して、その絶縁層をパターンニング及びエッチングすることによって作り出される。

10

【0032】

絶縁層をエッチングして電流ブロッキング構造を形成した後、厚さ200nmの高反射層106が、電流ブロッキング構造の上に形成される。厚さ100nmの封入材料107の層が、高反射層106の上に形成される。次いで、バリアメタル層108が追加される。バリアメタル層は、厚さ50nm超のチタンの単一層である。接合金属109が提供され、その接合金属層の下方の構造に接合金属層の上方の構造を接合する。この接合金属層の下方の構造は、接着層110、キャリア基板111、及びp電極112を含む。接着層110は、厚さ200nmである。キャリア基板111は、厚さ150,000nmである。金属p電極112は、図示のように、キャリア基板111の底面全体を覆い、厚さ約200nmである。

20

【0033】

図7の垂直型LED装置100が光を放射する際、金属電極112と金属電極101との間には、電圧が存在する。電流は、金属p電極112から、キャリア基板111を通過して上に流れ、接着層110、接合金属層109、バリアメタル層108、封入材料層107、高反射層106、p++GaN層105、及びp-GaN層104を通過して、発光活性層103内へと流れる。電流は、帯状電流ブロッキング構造113によって、n電極109の下の、活性層103の部分内に流れ込むことをブロックされる。それゆえ、n電極101の真下の活性層の部分内では、光が生成されない。活性層103の全ての他の部分内では、実質的に均一な量の光が放射される。電流ブロッキング構造114~121は、帯状電流ブロッキング構造113に近いほど、互いに、より近く離間配置され、隣り合う電流ブロッキング構造間の間隔は、帯状電流ブロッキング構造113から、横方向に離れる方向に延びて増大する。例えば、電流ブロッキング構造118は、帯状電流ブロッキング構造113の右縁部に、比較的近く離間配置されるが、その一方で、電流ブロッキング構造121は、電流ブロッキング構造120の右縁部から離れる方向で、比較的遠く離間配置されることに留意されたい。電流ブロッキング構造113~121の層は、活性層103から320nmしか離れておらず、その一方で、活性層103は、n電極101から約5000nm離れている。

30

横方向の電流の流れが、主として厚いn-GaN層102を通過して発生する。

40

【0034】

図8は、電流ブロッキング構造が、p++GaN材料及びp-GaN材料に損傷を加えることによって形成される、垂直型LED装置130の実施形態の断面図である。例えば、n-GaN層132、活性層133、p-GaN層134、及びp++GaN層135が形成された後に、高密度プラズマを利用して、p++GaN135及びp-GaN134の層を、所望の場所で局所加熱することができる。このことは、選択された場所内での、p++GaN層及びp-GaN層への損傷を引き起こし、これらの所望の場所内での、p++GaN材料及びp-GaN材料の抵抗率を増大させる。このLED製造プロセスの残りのプロセスで、高反射層136がp++GaN層135の上に形成される。次いで、この高反射層の上に封入材料の層137が形成され、その封入材料の上に、バリアメタル

50

層 138 が形成されることにより、素子ウェーハ構造が形成される。次いで、キャリア 141 が、接合金属 139 を介して、素子ウェーハ構造にウェーハボンディングされる。次いで、層 132 ~ 135 を上に成長させた、最初の基板が除去され、電極 142 及び電極 131 が追加される。

【0035】

図 8 の $p++GaN$ 層及び $p-GaN$ 層の損傷部分は、参照番号 144 ~ 152 によって特定される。これらの損傷部分は、 $p-GaN$ 層及び $p++GaN$ 層の他の非損傷部分よりも、比較的導電性が小さい。これらの比較的導電性が小さい部分 144 ~ 152 の、横方向の配置及び間隔により、横方向寸法内での電流の流れは、活性層を通過する電流の流れが存在しない、電極 131 の真下に配置される活性層の部分を除いて、電流が活性層 133 を垂直方向に通過して流れる場所では、均等に分散される。それゆえ、光生成は、電極 131 の下の区域を除く、活性層の全区域内で実質的に均一である。

10

【0036】

図 9 は、電流ブロッキング構造が、 $p++GaN$ 層の選択部分をエッチング除去することによって形成される、垂直型 LED 装置 130 の実施形態の断面図である。上述のように、LED のエピタキシャル層 162 ~ 165 を基板上に成長させ、素子ウェーハ構造を作製する。 $p++GaN$ 層 165 が形成された後に、高濃度でドーパされた $p++GaN$ 層 165 の選択部分をエッチング除去し、金属 166 と $p-GaN$ 層 164 との間に非オーミック接触領域を作り出すことによって、電流ブロッキング構造 173 ~ 181 が形成される。 $p++GaN$ 層 165 の諸部分のエッチング除去は、反応性イオンエッチング (RIE) などの標準的な半導体プロセス技術、又は別の好適なプロセス方法によって実行される。電流ブロッキング構造 173 ~ 181 の形成の後に、高反射層 166 が、 $p++GaN$ 層 165 の上に形成され、この高反射層の上に、封入材料の層 167 が形成され、その封入材料の上に、バリア層 168 が形成されることにより、素子ウェーハ構造が形成される。次いで、キャリア 171 が、接合金属 169 の層を介して、素子ウェーハ構造にウェーハボンディングされる。次いで、素子ウェーハ構造の最初の基板が除去され、電極 172 及び電極 161 が追加される。

20

【0037】

$p++GaN$ 層がエッチング除去された領域内では、電流の流れは、高反射層 166 の金属と $p-GaN$ 層 164 との接触不良により、ブロック又は抑制される。しかしながら、電流は、高導電性の金属層 166 が、 $p++GaN$ 層 165 と良好に低抵抗オーミック接触する場所では、流れが促進される。

30

【0038】

図 10 は、一新規態様による、分散型電流ブロッキング構造を含む横型 LED 装置 190 の一部の断面図である。横型 LED 装置 190 は、金属 p 電極 191、透明な導電体層 192 (例えば、酸化インジウムスズ)、 $p++GaN$ 層 193、 $p-GaN$ 層 194、活性層 195、 $n-GaN$ 層 196、成長基板 197、金属 n 電極 198、帯状電流ブロッキング構造 199、及び複数個の電流ブロッキング構造 200 ~ 203 を含む。隣り合う電流ブロッキング構造 199 ~ 203 の間を下に通過する、電流 204 の分散した流れが示される。光生成 205 の区域もまた示される。これらの光生成 205 の区域は、p 電極 191 の直下には存在しない。

40

【0039】

図 10 の横型 LED 装置 190 に光を放射させるために、金属 p 電極 191 と n 電極 198 との両端間に電圧が印加される。電流は、p 電極 191 から、ITO 層 192、 $p++GaN$ 層 193、 $p-GaN$ 層 194、活性層 195、及び $n-GaN$ 層 196 を通過して、n 電極 198 へと流れる。電流ブロッキング構造 199 ~ 203 は、 $p++GaN$ 層 193 の平面表面 206 の全域にわたって分散される。帯状電流ブロッキング構造 199 は、金属 p 電極 191 の直下であり、p 電極 191 から、帯状電流ブロッキング構造 199 の下方の活性層の領域内への、電流の流れを阻止する。その代わりに、電流は、ITO 層 192 を横方向に通過して、電流ブロッキング構造によって覆われていない区域内の p

50

++ GaN層193内へと流れ込む。電流ブロッキング構造199~203は、p電極191の真下にはない活性層195の部分内での光生成205が、実質的に均一となる一方で、p電極191の真下にある活性層195の部分内では、光生成が実質的に存在しないように、互いに離間配置される。

【0040】

図11は、第1の新規態様による方法200のフローチャート図である。帯状電流ブロッキング構造を形成することによって、LEDを製造する(工程201)。帯状電流ブロッキング構造は、第1方向に延在し、第1の正方形区域A、第2の正方形区域B、及び第3の正方形区域Cが、互いに当接して、第1方向に垂直な第2方向で、かつ帯状電流ブロッキング構造から離れる方向で、A、B、Cの順序で列を成して延在する。区域A、B、及びCのそれぞれは、400平方マイクロメートルの正方形区域である。

10

【0041】

複数個の電流ブロッキング構造のうちの、少なくとも第1の電流ブロッキング構造が、Aの少なくとも一部を覆い、複数個の電流ブロッキング構造のうちの、少なくとも第2の電流ブロッキング構造が、Bの少なくとも一部を覆い、複数個の電流ブロッキング構造のうちの、少なくとも第3の電流ブロッキング構造が、Cの少なくとも一部を覆うように、複数個の電流ブロッキング構造を形成する(工程202)。複数個の電流ブロッキング構造は、AのXパーセントを覆い、BのYパーセントを覆い、CのZパーセントを覆う。一具体実施例では、 $X > Z$ である。例えば、 $X > Y > Z$ である、図5のディスク形状の電流ブロッキング構造の特定の分散を参照されたい。

20

【0042】

帯状電極を、その帯状電極が帯状電流ブロッキング構造の真上に配置されるように形成する(工程203)。

この帯状電極を通過する電流の流れが、LEDから光を放射させる。

【0043】

図11の方法200の一実施例では、帯状電流ブロッキング構造は、図5の帯状電流ブロッキング構造42であり、複数個の電流ブロッキング構造は、図5の複数個の電流ブロッキング構造46~61であり、帯状電極は、図5の帯状電極41である。帯状電極41は、下に重なる帯状電流ブロッキング構造42よりも幅が狭い。帯状電極は、図11のフローでは、帯状電流ブロッキング構造の後に、かつ複数個の電流ブロッキング構造の後に形成されるように示されるが、このフローは例示的なものであって、単に説明目的のために提示される。一部の実施例では、帯状電極は、帯状電流ブロッキング構造の形成の前に、かつ複数個の電流ブロッキング構造の形成の前に形成される。

30

【0044】

一実施例では、工程201の帯状電流ブロッキング構造の形成、及び工程202の複数個の電流ブロッキング構造の形成は、p++GaN層及びp-GaN層の選択区域を損傷若しくは破壊することによって達成される。別の実施例では、工程201の帯状電流ブロッキング構造の形成、及び工程202の複数個の電流ブロッキング構造の形成は、p++GaN層の選択区域をエッチング除去して、非オーミック接触の選択区域を形成することによって達成される。

40

【0045】

特定の具体的実施形態が、指示目的のために上述されているが、本特許文書の教示は、一般的な適用性を有するものであり、上述の具体的実施形態に限定されるものではない。複数個の電流ブロッキング構造は、多くの方式でサイズ決定及び離間配置することができる。複数個の電流ブロッキング構造のうちの一部は、同一サイズのものとすることができるが、その一方で、他のものは別サイズのものとするすることができる。複数個の電流ブロッキング構造のうちの一部は、同一形状のものとするすることができるが、その一方で、他のものは別形状のものとするすることができる。一実施例では、区域の電流密度は、ブロッキング構造のサイズを増大させることによって(それらの構造間の、中心間の距離が一定である場合)減少する。別の実施例では、区域の電流密度は、同じサイズの隣り合う電流ブロッ

50

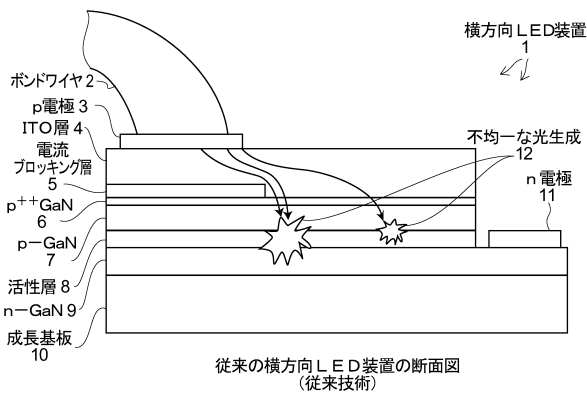
キング構造間の空隙を減少させることによって減少する。図5には示されないが、垂直方向に伸びる列の、隣り合う電流ブロッキング構造間の離隔距離は、その列が、帯状電流ブロッキング構造42の垂直方向に伸びる縁部66から、どの程度遠く離隔するかに応じて、増大させることができる。その列が、縁部66から遠く離隔するほど、その列の電流ブロッキング構造間の離隔距離は大きくなる。

【0046】

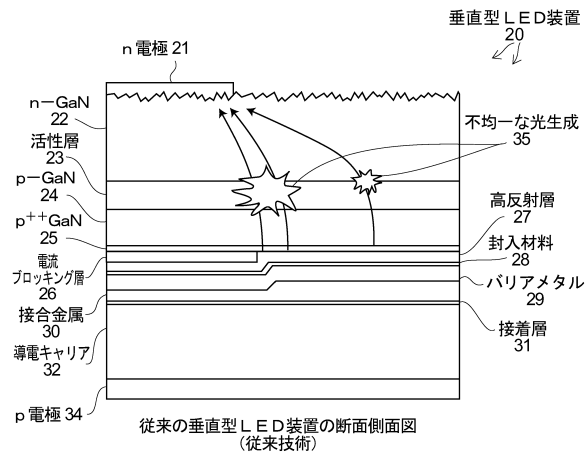
一実施例では、電流ブロッキング層は、複数個の個別機構ではなく、メッシュ、又は穴を有する他の一体構造である。そのようなメッシュ電流ブロッキング層の空隙率は、実質的に電流の流れが存在しない、不透明な金属電極の真下に配置される活性層の区域内を除いて、LEDの活性層を通過する電流の流れが、実質的に均一となるように、LEDの全域にわたって横方向に伸びて変更される。したがって、説明される実施形態の様々な特徴の、様々な修正、応用、及び組み合わせは、特許請求の範囲に記載されるような、本発明の範囲から逸脱することなく、実践することができる。

10

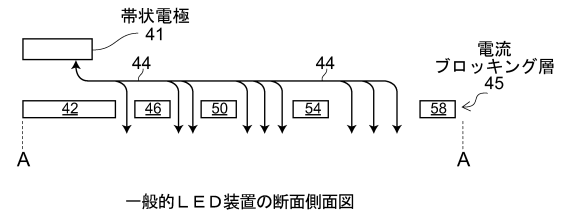
【図1】



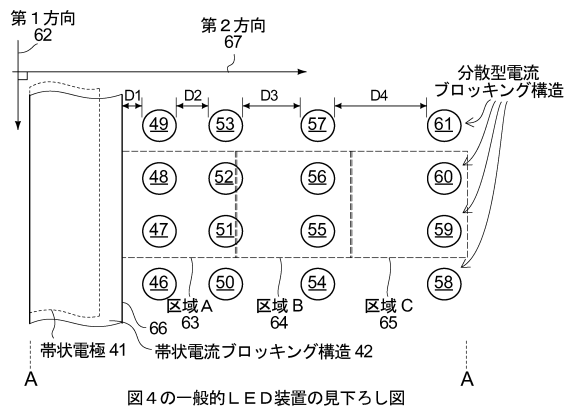
【図2】



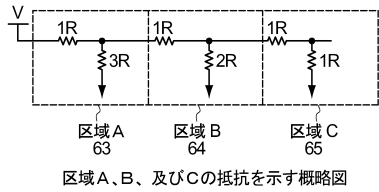
【図4】



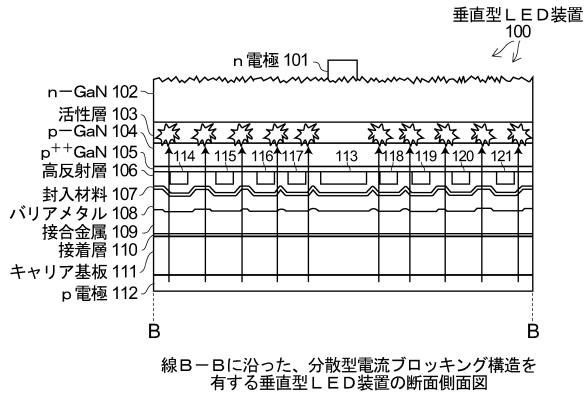
【図5】



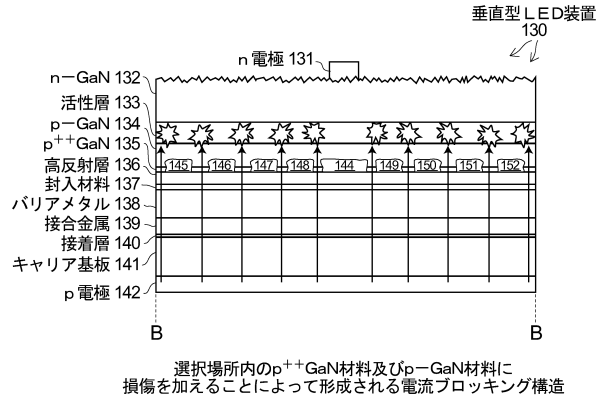
【図6】



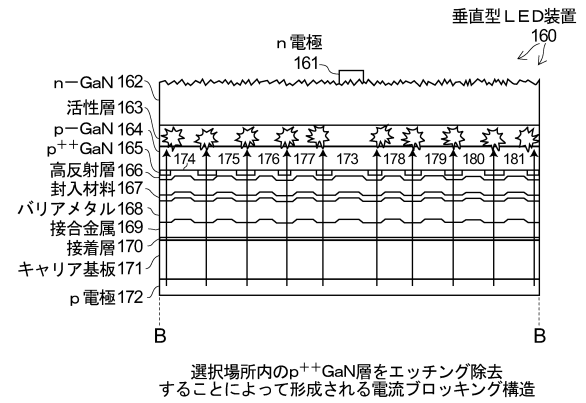
【図7】



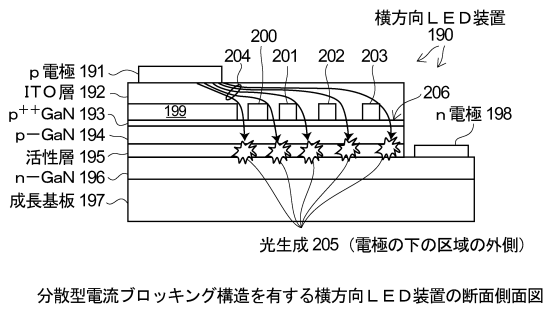
【図8】



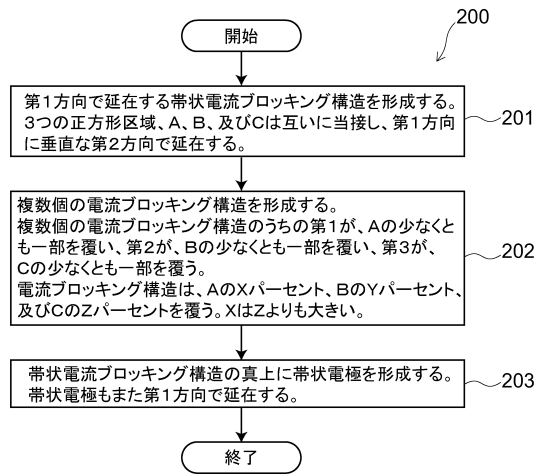
【図9】



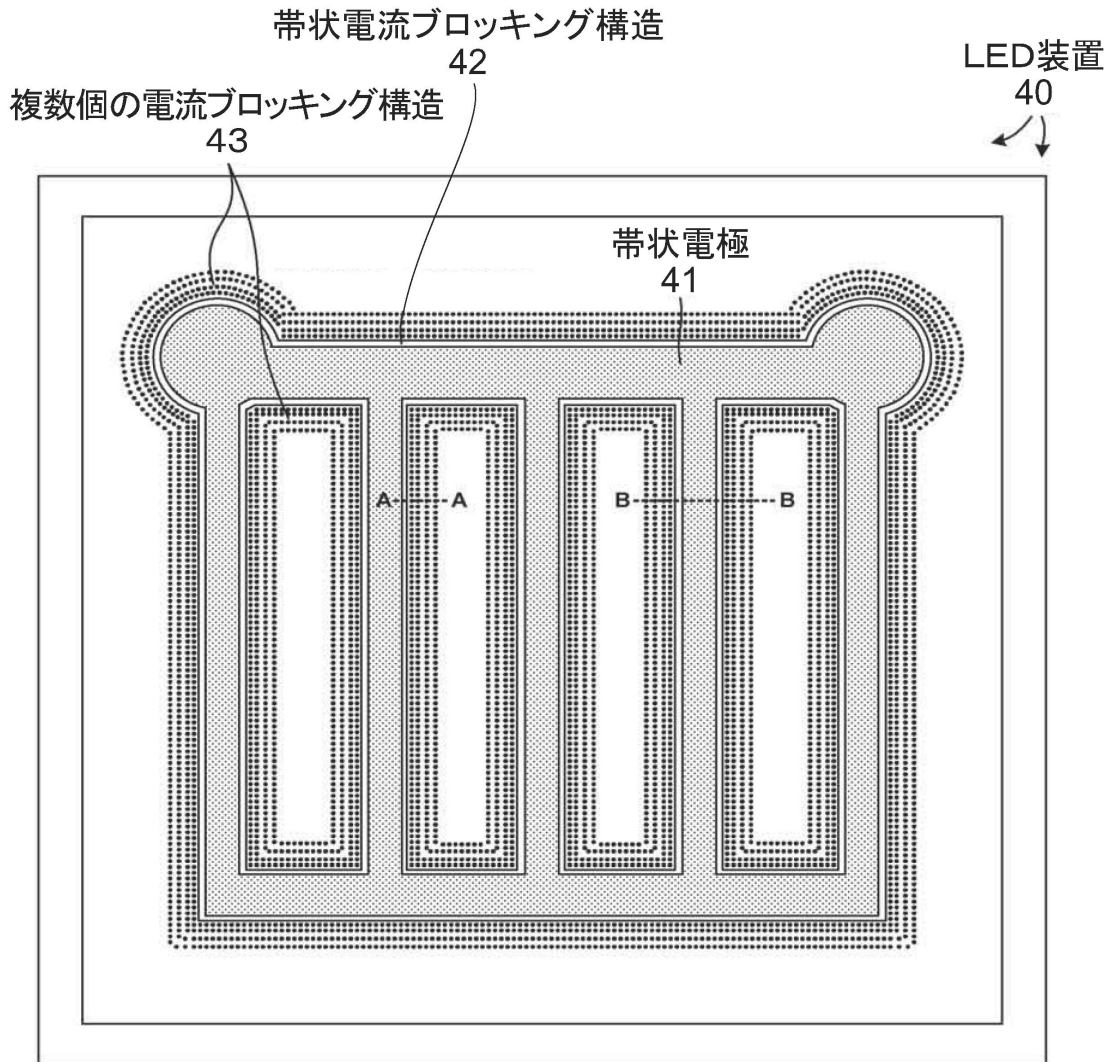
【図10】



【図11】



【図3】



分散型電流ブロッキング構造を有するLED装置の見下ろし図

フロントページの続き

- (72)発明者 チュン, チーウェイ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94706, アルバニー, コーネル アヴェニュー 8
25
- (72)発明者 リン, チャオ-クン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95129, サンノゼ, ウンデルリヒ ドライブ 11
99

審査官 佐藤 俊彦

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2008/0246047(US, A1)
特開2001-274456(JP, A)
特開2007-165515(JP, A)
特開平05-291620(JP, A)
特開2004-179491(JP, A)
特開2003-133588(JP, A)
特開2004-247635(JP, A)
特開2002-217450(JP, A)
特開2003-174197(JP, A)

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