(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2012-248893
(P2012-248893A)
(43)公開日　平成24年12月13日(2012.12.13)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H01L 33/22	***(2010.01)***	H01L	33/00	172	5F141
H01L 33/48	***(2010.01)***	H01L	33/00	400	5F142

審査請求 有　請求項の数 4　OL　外国語出願　（全 26 頁）

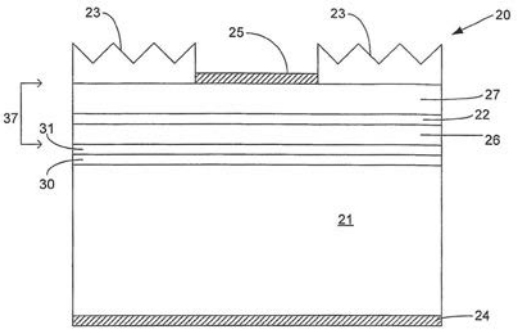
(21)出願番号　特願2012-194695 (P2012-194695)
(22)出願日　平成24年9月5日 (2012.9.5)
(62)分割の表示　特願2007-533544 (P2007-533544)の分割
原出願日　平成17年9月15日 (2005.9.15)
(31)優先権主張番号　10/951,042
(32)優先日　平成16年9月22日 (2004.9.22)
(33)優先権主張国　米国 (US)
(31)優先権主張番号　11/082,470
(32)優先日　平成17年3月17日 (2005.3.17)
(33)優先権主張国　米国 (US)

(71)出願人　592054856
クリー　インコーポレイテッド
ＣＲＥＥ　ＩＮＣ.
アメリカ合衆国　ノースカロライナ州　２７７０３　ダラム　シリコン　ドライブ　４６００
(74)代理人　110000855
特許業務法人浅村特許事務所
(72)発明者　エドモンド、ジョン・アダム
アメリカ合衆国ノース・カロライナ州２７５１１、ケアリー、ウエスト・ジュールズ・ヴァーン・ウェイ　２０６

最終頁に続く

(54)【発明の名称】レンズ状表面を有する高効率ＩＩＩ族窒化物ＬＥＤ

(57)【要約】
【課題】効率の高いＩＩＩ族窒化物発光ダイオードを開示する。
【解決手段】このダイオードは、半導体及び導体材料からなる群から選択した基板と、基板の上又は上方にあるＩＩＩ族窒化物発光領域と、発光領域の上又は上方にあり炭化珪素を含有するレンズ状表面とを含む。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
高効率ＩＩＩ族窒化物発光ダイオードであって、
半導体及び導体材料からなる群から選択された基板と、
前記基板上にあるＩＩＩ族窒化物系発光領域と、
前記発光領域上にあり、炭化珪素を含有するレンズ状表面と、
を備えていることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項２】
請求項１記載の発光ダイオードにおいて、前記レンズ状表面は、単結晶炭化珪素からなることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項３】
請求項１記載の発光ダイオードであって、更に、前記基板に対するオーミック・コンタクトと、前記ＩＩＩ族窒化物発光領域に対するオーミック・コンタクトとを備えていることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項４】
請求項３記載の発光ダイオードにおいて、表面実装用途に組み込むのに適するように、前記オーミック・コンタクトを含めて厚さが１５０ミクロン以下であることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項５】
請求項３記載の発光ダイオードにおいて、表面実装用途に組み込むのに適するように、前記レンズ状表面を含めて厚さが１５０ミクロン以下であることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項６】
請求項１記載の発光ダイオードであって、更に、前記発光領域からの発光を、白色を生成する周波数に変換するための、前記レンズ状表面に隣接する、燐光体含有構造を備えていることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項７】
請求項１記載の発光ダイオードにおいて、前記レンズ状表面は、複数の円錐からなることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項８】
請求項１記載の発光ダイオードにおいて、前記レンズ状表面は、複数の三角錐からなることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項９】
請求項８記載の発光ダイオードにおいて、前記三角錐は、四面及び六面三角錐からなる群から選択されていることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項１０】
請求項１記載の発光ダイオードにおいて、前記レンズ状表面は、炭化珪素の非レンズ状層によって、前記発光領域から分離されていることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項１１】
請求項１記載の発光ダイオードにおいて、前記レンズ状表面は、前記発光領域まで達するが、これを超過しないことを特徴とする発光ダイオード。
【請求項１２】
請求項１記載の発光ダイオードにおいて、前記レンズ状表面は、前記発光領域内部まで達していることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項１３】
請求項１記載の高効率発光ダイオードであって、前記発光領域における電流注入及びキャリア再結合のために、少なくとも１つのｐ型ＩＩＩ族窒化物層と、少なくとも１つのｎ型ＩＩＩ族窒化物層とを備えていることを特徴とする高効率発光ダイオード。
【請求項１４】
請求項１３記載の発光ダイオードにおいて、前記ＩＩＩ族窒化物系発光領域は、前記ｐ

型又はｎ型層の少なくとも一方を備えていることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項１５】
請求項１記載の発光ダイオードにおいて、前記ＩＩＩ族窒化物系発光領域は、メサ構造を備えていることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項１６】
請求項１５記載の発光ダイオードであって、前記メサの少なくとも一部の上にパシベーション層を備えていることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項１７】
請求項１５記載の発光ダイオードであって、前記メサの少なくとも一部、及び前記レンズ状表面の少なくとも一部の上にパシベーション層を備えていることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項１８】
請求項１記載の発光ダイオードであって、
導電性炭化珪素基板と、
前記基板上にある、窒化アルミニウム・インディウム・ガリウム発光領域と、
を備えていることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項１９】
請求項１８記載の発光ダイオードにおいて、前記窒化アルミニウム・インディウム・ガリウム発光領域は、前記ｐ型又はｎ型層の少なくとも一方を備えていることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項２０】
請求項１８記載の発光ダイオードにおいて、前記窒化アルミニウム・ガリウムは、$Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$（ただし、０≦ｘ、ｙ≦１、ｘ＋ｙ≦１）からなることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項２１】
請求項１８記載の発光ダイオードにおいて、前記窒化アルミニウム・ガリウムは、$Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$（ただし、０＜ｘ、ｙ＜１、ｘ＋ｙ＜１）からなることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項２２】
請求項１８記載の発光ダイオードにおいて、前記窒化アルミニウム・インディウム・ガリウム系発光領域は、メサ構造を備えていることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項２３】
請求項２２記載の発光ダイオードであって、前記メサの少なくとも一部の上にパシベーション層を備えていることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項２４】
請求項１記載の発光ダイオードであって、
前記基板の一方の表面上にある、少なくとも１つの金属接合層と、
前記金属層からみて前記基板の反対側の面に対するオーミック・コンタクトと、
前記基板上の前記少なくとも１つの金属層の上にある、ＩＩＩ族窒化物系に基づく発光構造と、
前記基板に対向する前記発光構造上にあるオーミック・コンタクトと、
を備えており、
前記レンズ状表面は、前記オーミック・コンタクトを除く、前記発光構造の部分の上にある
ことを特徴とする発光ダイオード。
【請求項２５】
請求項２４記載の発光ダイオードにおいて、前記ＩＩＩ窒化物発光構造は、少なくとも、ｐ型ＩＩＩ族窒化物及びｎ型ＩＩＩ族窒化物のそれぞれの層を含むことを特徴とする発光ダイオード。
【請求項２６】

請求項２５記載の発光ダイオードであって、更に、前記ｐ型及びｎ型ＩＩＩ族窒化物層の間に、第３の発光ＩＩＩ族窒化物層を備えており、該第３のＩＩＩ族窒化物層は、前記ｐ型層及び前記ｎ型層に対して都合良く前記発光層におけるキャリアの再結合を促進するために、前記ｐ型、ｎ型層のいずれのバンドギャップよりも小さいバンドギャップを有することを特徴とする発光ダイオード。

【請求項２７】

請求項２４記載の発光ダイオードであって、前記ダイオードからの光抽出を増補するために、前記発光構造と前記金属接合層との間にミラー層を備えていることを特徴とする発光ダイオード。

【請求項２８】

請求項２４記載の発光ダイオードにおいて、前記発光構造への前記オーミック・コンタクトは、ワイヤ・ボンド・パッドを備えていることを特徴とする発光ダイオード。

【請求項２９】

請求項２４記載の発光ダイオードにおいて、前記レンズ状表面は、全体的に炭化珪素で形成されており、前記レンズ状表面及び前記発光構造を規定する造作の間に、非レンズ状炭化珪素の部分を含むことを特徴とする発光ダイオード。

【請求項３０】

請求項２４記載の発光ダイオードにおいて、前記レンズ状表面は、全体的に炭化珪素で形成されており、前記レンズ状表面を規定する前記造作は、前記発光構造において開始するがこれを含まないことを特徴とする発光ダイオード。

【請求項３１】

請求項２４記載の発光ダイオードにおいて、前記レンズ状表面は、炭化珪素の部分及び前記発光構造の部分で形成されていることを特徴とする発光ダイオード。

【請求項３２】

請求項２４記載の発光ダイオードにおいて、前記基板は炭化珪素からなることを特徴とする発光ダイオード。

【請求項３３】

請求項２４記載の発光ダイオードにおいて、前記基板は、シリコン、ガリウム砒素、及び銅－タングステンからなる群から選択されていることを特徴とする発光ダイオード。

【請求項３４】

請求項３２記載の発光ダイオードにおいて、前記炭化珪素は、単結晶であり、炭化珪素の３Ｃ、４Ｈ、６Ｈ、及び１５Ｒプロトタイプからなる群から選択されたプロトタイプを有することを特徴とする発光ダイオード。

【請求項３５】

請求項３２記載の発光ダイオードにおいて、前記炭化珪素基板はｎ型であることを特徴とする発光ダイオード。

【請求項３６】

請求項２４記載の発光ダイオードにおいて、前記レンズ状表面は、複数の円錐で形成されていることを特徴とする発光ダイオード。

【請求項３７】

請求項２４記載の発光ダイオードにおいて、前記レンズ状表面は、四面三角錐、六面三角錐、及びその組み合わせからなる群から選択された複数の三角錐で形成されていることを特徴とする発光ダイオード。

【請求項３８】

請求項３６記載の発光ダイオードにおいて、前記円錐は、高さが約５～１０ミクロンであり、中心対中心測定値が約５～１０ミクロンの幾何学的パターンに配列されていることを特徴とする発光ダイオード。

【請求項３９】

請求項３７記載の発光ダイオードにおいて、前記三角錐は、高さが約５～１０ミクロンであり、中心対中心測定値が約５～１０ミクロンの幾何学的パターンに配列されているこ

とを特徴とする発光ダイオード。
【請求項４０】
請求項１記載の発光ダイオードであって、
炭化珪素基板と、
前記ダイオードへの１つの電気的接続を設けるために、前記基板の一方の表面上にある背面オーミック・コンタクトと、
前記基板と前記ダイオードの別の部分との間において物理的及び電気的遷移を生じさせるために、前記基板の反対側の面にある金属接合層と、
前記ダイオードからの光抽出を補強するために、前記金属接合層上にあるミラー層と、
前記ミラー上にあるｐ型ＩＩＩ族窒化物層と、
前記ｐ型層上にあり、前記ｐ型層のバンドギャップよりも小さいバンドギャップを有する発光ＩＩＩ族窒化物層と、
前記発光層上にあり、前記発光層のバンドギャップよりも大きいバンドギャップを有するｎ型ＩＩＩ窒化物層と、
前記ダイオードに第２の電気的接続を設けるために前記ｎ型層上にあるワイヤ・ボンド・パッド・オーミック・コンタクトと、
を備えており、
前記レンズ状表面が、前記ｎ型層の前記ワイヤ・ボンド・パッド以外の部分の上にあることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項４１】
請求項４０記載の発光ダイオードにおいて、前記炭化珪素基板は、単結晶であり、炭化珪素の３Ｃ、４Ｈ、６Ｈ及び１５Ｒプロトタイプから選択されたプロトタイプを有することを特徴とする発光ダイオード。
【請求項４２】
請求項４０記載の発光ダイオードにおいて、前記レンズ状表面は、炭化珪素の非レンズ状層によって、前記発光領域から分離されていることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項４３】
請求項４０記載の発光ダイオードにおいて、前記レンズ状表面は、前記発光領域まで達するが、これを超過しないことを特徴とする発光ダイオード。
【請求項４４】
請求項４０記載の発光ダイオードにおいて、前記レンズ状表面は、前記発光領域内まで達することを特徴とする発光ダイオード。
【請求項４５】
発光ダイオード・パッケージであって、
リード・フレームと、
前記リード・フレーム上にある請求項１記載の発光ダイオードと、
前記基板と前記リード・フレームとの間にあるオーミック・コンタクトと、
前記発光領域へのオーミック・コンタクトと、
を備えていることを特徴とする発光ダイオード・パッケージ。
【請求項４６】
請求項４５記載の発光ダイオード・パッケージにおいて、前記レンズ状表面は、単結晶炭化珪素からなることを特徴とするパッケージ。
【請求項４７】
請求項４５記載のパッケージにおいて、前記ダイオード全体の厚さは、２つの前記オーミック・コンタクトの間で、該オーミック・コンタクトを含んで、約１５０ミクロン以下であることを特徴とするパッケージ。
【請求項４８】
請求項４５記載のパッケージにおいて、前記ダイオード全体の厚さは、２つの前記レンズ状表面の間で、当該レンズ状表面を含んで、約１５０ミクロン以下であることを特徴とするパッケージ。

【請求項４９】
請求項４５記載の発光ダイオードであって、更に、前記ダイオードを前記リード・フレームに接着するために、前記ダイオードと前記リード・フレームとの間に導電性ペーストを備えており、前記基板は、前記ペーストが、前記ＩＩＩ窒化物系発光領域に接触するのを防止する十分の厚さを有することを特徴とする発光ダイオード。
【請求項５０】
請求項４５記載の発光ダイオードにおいて、前記基板は、炭化珪素の３Ｃ、４Ｈ、６Ｈ及び１５Ｒプロトタイプから選択したプロトタイプを有する単結晶ｎ型炭化珪素であることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項５１】
請求項４５記載の発光ダイオードであって、前記ダイオードにおける電流注入及びキャリア再結合のために、少なくとも１つのｐ型ＩＩＩ窒化物エピタキシャル層と、少なくとも１つのｎ型ＩＩＩ族窒化物エピタキシャル層とを備えていることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項５２】
請求項４５記載の発光ダイオードにおいて、前記レンズ状表面は、炭化珪素の非レンズ状層によって、前記発光領域から分離されていることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項５３】
請求項４５記載の発光ダイオードにおいて、前記レンズ状表面は、前記発光領域まで達するが、これを超過しないことを特徴とする発光ダイオード。
【請求項５４】
請求項５１記載の発光ダイオードにおいて、前記レンズ状表面は、前記発光領域内まで達することを特徴とする発光ダイオード。
【請求項５５】
高効率ＩＩＩ族窒化物発光ダイオード先駆体用ウェハ構造であって、
導電性炭化珪素基板ウェハと、
前記基板上にあるＩＩＩ族窒化物エピタキシャル層と、
前記ＩＩＩ族窒化物エピタキシャル層の表面上にある複数の離散オーミック・コンタクトであって、複数の離散発光ダイオード先駆体を規定する、オーミック・コンタクトと、
前記ＩＩＩ族窒化物エピタキシャル層上にあり、炭化珪素を含有するレンズ状表面と、
を備えていることを特徴とするウェハ構造。
【請求項５６】
請求項５５記載のウェハ構造において、前記レンズ状表面は、単結晶炭化珪素からなることを特徴とするウェハ構造。
【請求項５７】
請求項５５記載のウェハ構造において、前記オーミック・コンタクト間での、当該オーミック・コンタクトを含む全体の厚さが１５０ミクロン以下であることを特徴とするウェハ構造。
【請求項５８】
請求項５５記載のウェハ構造において、前記基板は、炭化珪素の３Ｃ、４Ｈ、６Ｈ及び１５Ｒプロトタイプから選択されたプロトタイプを有する単結晶ｎ型炭化珪素であることを特徴とするウェハ構造。
【請求項５９】
請求項５５記載のウェハ構造において、前記基板は、シリコン、ガリウム砒素、及び銅－タングステンからなる群から選択されていることを特徴とするウェハ構造。
【請求項６０】
請求項５５記載のウェハ構造であって、前記ダイオードにおける電流注入及びキャリア再結合のために、少なくとも１つのｐ型ＩＩＩ窒化物エピタキシャル層と、少なくとも１つのｎ型ＩＩＩ族窒化物エピタキシャル層とを備えていることを特徴とする発光ダイオード。

【請求項６１】
請求項５５記載のウェハ構造において、前記レンズ状表面は、炭化珪素の非レンズ状層によって、前記発光領域から分離されていることを特徴とするウェハ構造。
【請求項６２】
請求項５５記載のウェハ構造において、前記レンズ状表面は、前記発光領域まで達するが、これを超過しないことを特徴とするウェハ構造。
【請求項６３】
請求項５５記載のウェハ構造において、前記レンズ状表面は、前記発光領域内まで達することを特徴とするウェハ構造。
【請求項６４】
垂直配向を有する発光ダイオードであって、該ダイオードの上面の一部にオーミック・コンタクトを有し、前記ダイオードの発光領域に隣接してミラー層を有する発光ダイオードにおいて、
前記ダイオードの前記上面オーミック・コンタクトの幾何学的突出の直下にある前記前記発光領域の一部が、前記ダイオードの前記ミラー層と前記発光領域との間に、導電性が低い区域を規定して、前記パシベーション部分における以外での電流の流れを促進することにより、前記オーミック・コンタクト直下における発光再結合の回数を減少させ、前記ダイオードの透明度が高い部分における発光再結合の回数を増大させることからなる
ことを特徴とする発光ダイオード。
【請求項６５】
請求項６４記載の発光ダイオードにおいて、前記導電性が低い区域は、前記発光領域の内パシベートされた部分であることを特徴とする発光ダイオード発光ダイオード。
【請求項６６】
請求項６４記載の発光ダイオードにおいて、前記導電性が低い区域は、前記上面オーミック・コンタクトの幾何学的突出の直下にある前記ミラー層に、前記ダイオードを貫通する開口を備えており、該開口は前記ミラー層と前記発光領域と間に非接触区域を規定することを特徴とする発光ダイオード発光ダイオード。
【請求項６７】
請求項６６記載の発光ダイオードにおいて、前記非接触区域のサイズは、前記上面オーミック・コンタクトのサイズと実質的に同一であることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項６８】
請求項６６記載の発光ダイオードにおいて、前記開口に、前記発光領域に対してオーム性でない金属を充填することにより、前記ミラー層からの追加の反射を得ることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項６９】
請求項６４記載の発光ダイオードにおいて、前記上面オーミック・コンタクトは、前記ダイオードの前記上面の面積の半分未満の面積を有するワイヤ・ボンド・パッドからなることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項７０】
請求項６４記載の発光ダイオードであって、基板上に形成され、該基板に対して、前記上面オーミック・コンタクトよりも面積が大きいオーミック・コンタクトを有することを特徴とする発光ダイオード。
【請求項７１】
請求項７０記載の発光ダイオードにおいて、前記ミラー層は、前記基板と前記発光領域との間に位置することを特徴とする発光ダイオード。
【請求項７２】
請求項６４記載の発光ダイオードにおいて、前記パシベートした部分のサイズは、前記上面オーミック・コンタクトのサイズと実質的に同じ面積であることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項７３】

請求項６４記載の発光ダイオードにおいて、前記ミラー層は複数の金属層を備えていることを特徴とする発光ダイオード。
【請求項７４】
請求項６４記載の発光ダイオードにおいて、前記発光領域は、複数のＩＩＩ族窒化物層を備えており、少なくとも１つのｐ型層と少なくとも１つのｎ型層とを含むことを特徴とする発光ダイオード。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、発光ダイオード（「ＬＥＤ」）に関し、特に、炭化珪素基板上においてＩＩＩ族窒化物アクティブ構造で形成された高明度発光ダイオードに関する。
【背景技術】
【０００２】
半導体時代では、多くの種類の電気デバイスがソリッド・ステートの相当物に置き換えられてきた。恐らく、最も明白なのは、真空管（現在の若年世代には殆ど知られていない）がトランジスタに取って代わられたことである。ソリッド・ステート・デバイスは、その特色(nature)及び動作のために、早期の電子デバイスよりも本質的に遥かに信頼性が高く、著しく長い寿命を有することができ、通常、少なくとも１００倍である。このような成熟した技術と比較すると、ソリッド・ステート・デバイスの方が長持ちし、物理的に堅牢であり、使用電力が少なくて済み、しかも効率的である。
【０００３】
発光ダイオード（ＬＥＤ）は、ｐ－ｎ接合部間に電流を注入して（順方向にバイアスして）電子及び正孔の再結合、及び同時に起こる光子の生成を進めると光を放出するｐ－ｎ接合半導体デバイスである。つまり、発光ダイオードは、半導体材料における電子の移動に基づいて光を生成する。したがって、ＬＥＤは蒸気も燐光体も不要である（しかし、これらと共に用いることはできる）。これらは殆どの半導体系デバイスの望ましい特性を共有しており、その中には、高効率（その発光は比較上殆ど発熱しない）、高信頼性、及び超寿命が含まれる。例えば、典型的なＬＥＤの平均稼働時間は約１００，０００～１，０００，０００時間の間であり、ＬＥＤの半減期は控えめでも５０，０００時間程度であることを意味する。
【０００４】
ＬＥＤが放出する光の周波数（一方、周波数は、周知の物理法則にしたがって波長及び色に直接関係する）は、材料における許容エネルギ・レベル間のエネルギ差、即ち、バンドギャップと呼ばれている特性に基づく。バンドギャップは、半導体材料及びそのドーピングの基礎的な固有性(property)である。例えば、燐化砒化ガリウム（ＧａＡｓＰ）は、発光ダイオードとして定評のある材料系である。Ｇａ及びＡｓの分子分率に応じて、これらの材料のバンドギャップは、約１．４２及び１．９８電子ボルト（ｅＶ）の間となり、電磁スペクトルの赤外線、赤、及びオレンジ色部分で発光する。
【０００５】
しかしながら、発光ダイオードの用途で商品化するためには、赤、オレンジ色、及び黄色以外の色も入手可能でなければならない。特に、白色又は全色ディスプレイを作成するためには、青色及び緑色発光ダイオードが（赤色ダイオードと共に）必要となる。これらの色は可視スペクトルのエネルギが高い部分を表すので、これらはシリコン又はガリウム砒素のバンドギャップが提供可能なよりも大きな遷移を必要とする。
【０００６】
一方、緑、青、及び紫外（ＵＶ）光子は、可視スペクトル以内（及びそれを超える）において周波数が高い方の色（Ｅ＝ｈｖ）を表すので、これらは、バンドギャップが少なくとも２．２ｅＶのＬＥＤでなければ生成することができない。このような材料は、ダイアモンド（５．４７ｅＶ）、炭化珪素（２．９９ｅＶ）、及びＧａＮ（３．４ｅＶ）のようなＩＩＩ族窒化物を含む。緑、青、又は紫外線光自体を生成することに加えて、広バンド

ギャップＬＥＤを赤及び緑ＬＥＤと組み合わせると、白色を生成することができ、あるいは燐光体と組み合わせて、青又はＵＶ光あるいは双方によって励起すると、白色を生成する。

【０００７】

様々な理由のために、ＩＩＩ族窒化物化合物（即ち、周期表のＩＩＩ族）、特に、ＧａＮ、ＡｌＧａＮ、ＩｎＧａＮ、及びＡｌＩｎＧａＮは、スペクトルの紫外線（ＵＶ）から緑色部分までで発光するＬＥＤに有用である。１つの利点は、これらが「直接」バンドギャップ材料であることであり、これが意味するのは、電子遷移がバンドギャップを横切って発生すると、エネルギの多くが光として放出されるということである。これに対して、「間接」材料（炭化珪素のような）は、そのエネルギを部分的に光（光子）として放出し、主に振動エネルギ（光子）として放出する。このように、ＩＩＩ族窒化物は、間接遷移材料に対して効率上で有利である。

【０００８】

別の利点として、三元及び四元ＩＩＩ族材料（例えば、ＡｌＧａＮ、ＩｎＧａＮ、ＡｌＩｎＧａＮ）は、含まれるＩＩＩ族元素の原子分率によって左右されることがあげられる。つまり、発光の波長（色）は、三元又は四元窒化物における各ＩＩＩ族元素の原子分率を制御することにより（制限範囲内で）自由に選ぶことができる。

【０００９】

しかしながら、広バンドギャップ半導体は、以前から、ガリウム砒素又は燐化ガリウム（ＧａＰ）よりも、生産及び加工が困難であった。その結果、ＵＶ発光ＬＥＤは、ＧａＰ系ＬＥＤよりも市場への登場が遅れている。例えば、炭化珪素は、物理的に非常に硬質であり、溶解相がなく、エピタキシャル又は昇華成長のためには高温が必要となる（約１５００～２０００℃程度）。ＩＩＩ族窒化物は、その融点において、比較的高い窒素蒸気圧を有し、このため溶融物から成長することが同様に困難又は不可能である。加えて、ｐ型窒化ガリウム（及びその他のＩＩＩ族窒化物）を得ることが困難であるために、長年にわたってダイオードの生産に対する障壁となっていた。このため、青色及び白色発光ＬＥＤが市販されるようになったのは、ＧａＰ系及びＧａＡｓ系ＬＥＤの対応する市販よりも最近のことである。

【００１０】

本願と同一譲受人に譲渡され同時係属中の多数の特許出願も、同様に、発光ダイオードの理論及び特質(nature)について論じており、米国特許第６，４５９，１００号、第６，３７３，０７７号、第６，２０１，２６２号、第６，１８７，６０６号、第５，９１２，４７７号、第５，４１６，３４２号、及び第５，８３８，７０６号、ならびに公開米国特許出願第２００２００２２２９０号、第２００２００９３０２０号、及び第２００２０１２３１６４号が含まれるが、これらだけに限定されるのではない。

【００１１】

青色ＬＥＤ及びそれに関連する派生デバイスが、増々消費者用電子デバイス、特に小型ディスプレイに含まれる頻度が高まっている。広く行き渡っている例には、コンピュータ画面、パーソナル・ディジタル・アシスタント（「ＰＤＡ」）、及びセルラ・フォンが含まれる。一方、これらの小型デバイスのため、サイズ（「フットプリント」）を縮小したＬＥＤが求められることになった。しかしながら、このようなＬＥＤであっても、低順方向電圧（Ｖｆ）及び高光出力で動作しなければならないことに変わりはない。今日まで、生憎、ＩＩＩ族窒化物デバイスのサイズを縮小すると、その順方向電圧が増大し、その放射束が減少する傾向があった。

【００１２】

青、緑、又は白色（及び紫外線範囲における発光）に加えて、ＩＩＩ族窒化物発光ダイオードには、白熱及び蛍光照明のような長年にわたって存続する照明技術に取って代わる潜在的な利用可能性がある。しかしながら、従来より、ＬＥＤは、白熱、蛍光、又は蒸気放電光に比肩する明度に欠け、したがってこれら従前からの技術がこの分野を占有し続けていた。近年になってようやく、白色ＬＥＤ（又はＬＥＤに基づく白色発光デバイス）が

商用照明用途に参入し始めたが、これらの殆どは、点滅灯や関連品目というような小規模な用途におけるものである。

【００１３】

発光ダイオードの商用実施形態（例えば、本願の譲受人、ノース・カロライナ州、DurhamのCree Inc.が提供するＸＢＲＩＧＨＴ™ダイオード）において、最近の進歩には反転デバイス設計(inverted device design)が含まれる。米国特許第６，７４０，９０６号は、この設計の態様について、米国特許出願公開第２００２０１２３１６４号記載のように、論じている。この種の設計では、ＩＩＩ族アクティブ層を炭化珪素基板上に成長させる。次いで、この種の発光ダイオードを実装する際に、そのエピタキシャル層（「エピ層」）を上向きではなく「下向き」とする。即ち、炭化珪素部分が実装デバイスの表示面を形成する。この配向では、エピタキシャル層を、ダイオードに電気的接続を設ける回路、即ち、「リード・フレーム」に面するように実装する。米国特許出願公開第２００２０１２３１６４号に明記されているように、炭化珪素上側配向により、デバイスからの光抽出が増大する。

【００１４】

炭化珪素は、ドーピングによって導電性とすることもできる。これにより、サファイアを基板とするＩＩＩ族窒化物ダイオードと比較して、利点が得られる。サファイアは絶縁体であるので、通常、動作するサファイア系ダイオードの上面に２つのワイヤ・ボンドを取り付ける必要がある。これと比較して、炭化珪素デバイスは「垂直に」配向することができ、オーミック・コンタクトをデバイスの対向する端面上に設けることができる。このような垂直配向は、ガリウム砒素（ＧａＡｓ）のような他の導電性半導体材料において形成されるダイオードと直接的に類似しており、したがって同じ実装配向及び技法を用いることができる。

【００１５】

これらの「反転」デバイスが実用上及び商業上著しい改善をもたらすことに成功したが、これらの「エピ層下向き」配向は、リード・フレームに対して、異なる実装が必要となり、しかも、ある程度精巧度を高めなければならない。即ち、アクティブ部分（ｐ－ｎ接合部、多重量子ウェル等）がリード・フレームに近接して隣り合うので、アクティブ部分とリード・フレームとの間における短絡やその他の望ましくない相互作用を回避することが一層困難となる。

【００１６】

例えば、従来のＬＥＤ（ＳｉＣデバイス上のＩＩＩ族窒化物を含む）は、導電性銀エポキシを用いてリード・フレーム上に実装されることが多い。銀エポキシは、約５０重量％よりも多い極微小銀粒子と、エポキシ樹脂先駆体との混合物である。電子デバイスを回路（又は回路基板）に接続するために用いる場合、銀エポキシは柔軟性があり、取り扱いが比較的容易であり、導電性及び優れた熱伝導固有性がある。銀エポキシは（故意に）粘性液体として塗布されるので、このため、他の処置を講じなければ、流動する可能性があり、そして流動するので、実装されている任意のダイオードは、低い部分が銀エポキシによって包囲される傾向がある。先に注記したように、アクティブ部分がリード・フレームに隣接する場合、流動する銀エポキシがアクティブ部分に接触する可能性があり、短絡又はその他の望ましくない相互作用を引き起こす可能性がある。

【００１７】

その結果、従来の発光ダイオード実装技法の多くが、反転ＩＩＩ族窒化物炭化珪素デバイスには、難しすぎるか、信頼性が低すぎるか、あるいは単に利用できないかのいずれかとなる。これらの問題を回避するためには、他の特定的な技法を組み込むとよい、又は組み込まなければならない。

別の潜在的に可能性がある解決策として、反転デバイスをある種の下位構造上に配置すると、この下位構造をリード・フレームに取り付けることができる。その例に、米国特許出願公開第２００３０２１３９６５号が含まれる。下位構造は、アクティブ部分をリード・フレーム及びその銀エポキシ又は関係する材料から引き離すのに十分な厚さを加えるよ

うに含まれる。しかしながら、米国特許出願公開第２００３０２１３９６５号に明記されているように、デバイスを下位基板にはんだ付けすると、下位基板に対してデバイスが傾いてしまい、これによって短絡問題が悪化する可能性があり、望ましくない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【００１８】

【特許文献１】米国特許第６，４５９，１００号公報
【特許文献２】米国特許第６，３７３，０７７号公報
【特許文献３】米国特許第６，２０１，２６２号公報
【特許文献４】米国特許第６，１８７，６０６号公報
【特許文献５】米国特許第５，９１２，４７７号公報
【特許文献６】米国特許第５，４１６，３４２号公報
【特許文献７】米国特許第５，８３８，７０６号公報
【特許文献８】米国特許出願第２００２００２２２９０号公報
【特許文献９】米国特許出願第２００２００９３０２０号公報
【特許文献１０】米国特許出願第２００２０１２３１６４号公報
【特許文献１１】米国特許第６，７４０，９０６号公報
【特許文献１２】米国特許出願公開第２００２０１２３１６４号公報
【特許文献１３】米国特許出願公開第２００３０２１３９６５号公報
【特許文献１４】米国特許出願第１０／９５１，０４２
【特許文献１５】米国特許出願第２００３０１９７１７０号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【００１９】

したがって、反転発光ダイオードの電流容量、光出力（パワー）、及び光抽出（ジェオメトリ）能力を高めつつ、同時にそのサイズを縮小し、特にその厚さを縮小することは、今もなお課題であることに変わりはない。

【課題を解決するための手段】

【００２０】

一形態では、本発明は、高効率のＩＩＩ族窒化物発光ダイオードであり、半導体及び導体材料からなる群から選択された基板と、基板の上又は上方にあるＩＩＩ族窒化物発光領域と、発光領域の上又は上方にあり高珪素を含有するレンズ状表面とを含む。

【００２１】

別の態様では、本発明は、導電性炭化珪素基板と、基板上にある、窒化アルミニウム・インディウム・ガリウム発光領域と、発光領域上にある炭化珪素の薄いレンズ状表面とを含む、高効率ＩＩＩ族窒化物発光ダイオードである。

【００２２】

別の態様では、本発明は、半導体及び導体材料からなる群から選択した基板と、基板の表面上にある少なくとも１つの金属接合層と、金属層から基板の反対側の表面へのオーミック・コンタクトと、基板上の少なくとも１つの金属層の上にあり、ＩＩＩ族窒化物系に基づく発光構造と、基板と対向する、発光構造上のオーミック・コンタクトと、レンズ状表面とを含み、少なくともその一部が、オーミック・コンタクト以外の発光構造の部分の上に、炭化珪素で形成されている高効率ＩＩＩ族窒化物発光ダイオードである。

【００２３】

別の態様では、本発明は、炭化珪素基板と、ダイオードへの１つの電気的接続を設けるために、基板の一方の表面上にある背面オーミック・コンタクトと、前記基板と前記ダイオードの別の部分との間において物理的及び電気的遷移を生じさせるために、前記基板の反対側の面にある金属接合層と、前記ダイオードからの光抽出を補強するために、前記金属接合層上にあるミラー層と、前記ミラー上にあるｐ型ＩＩＩ窒化物層と、前記ｐ型層上にあり、前記ｐ型層のバンドギャップよりも小さいバンドギャップを有する発光ＩＩＩ族

窒化物層と、前記発光層上にあり、前記発光層のバンドギャップよりも大きいバンドギャップを有するｎ型ＩＩＩ窒化物層と、ダイオードに第２の電気的接続を設けるためにｎ型層上にあるワイヤ・ボンド・パッド・オーミック・コンタクトと、少なくとも一部が炭化珪素で形成され、ｎ型層のワイヤ・ボンド・パッド以外の部分の上にあるレンズ状表面とを含む、高効率ＩＩＩ族窒化物発光ダイオードである。

【００２４】

別の態様では、本発明は、リード・フレームと、リード・フレーム上にある発光ダイオードとを含む高効率ＩＩＩ族窒化物発光ダイオード・パッケージであり、発光ダイオードは、半導体及び導体材料からなる群から選択した基板と、基板上にあるＩＩＩ族窒化物系発光領域と、発光領域上にあり、炭化珪素を含有するレンズ状表面と、基板とリード・フレームとの間にあるオーミック・コンタクトと、発光領域へのオーミック・コンタクトとを含む。

【００２５】

別の態様では、本発明は、導電性炭化珪素基板ウェハと、基板上にあるＩＩＩ族窒化物エピタキシャル層と、ＩＩＩ族窒化物エピタキシャル層の表面上にある複数の離散オーミック・コンタクトであって、複数の離散発光ダイオード先駆体を規定する、オーミック・コンタクトと、ＩＩＩ族窒化物エピタキシャル層上にあり、炭化珪素を含有するレンズ状表面とを含む、高効率ＩＩＩ族窒化物発光ダイオード先駆体用ウェハ構造である。

本発明の前述のならびにその他の目的及び利点、更にこれらを遂行する方法は、添付図面と関連付けた以下の詳細な説明に基づいて明確となるであろう。

【図面の簡単な説明】

【００２６】

【図１】本発明によるダイオードの断面模式図である。

【図２】本発明によるダイオードの第２実施形態の断面模式図である。

【図３】本発明によるダイオードの第３実施形態の断面模式図である。

【図４】本発明によるダイオード及びリード・フレームの模式断面図である。

【図５】本発明による半導体ウェハの断面模式図である。

【図６】本発明によるダイオードの走査電子顕微鏡（ＳＥＭ）写真である。

【図７】本発明によるダイオードの表面のＳＥＭ写真である。

【図８】本発明によるダイオードの表面のＳＥＭ写真である。

【図９】本発明によるダイオードを切断して撮影したＳＥＭ写真である。

【図１０】本発明によるダイオードの別の実施形態の模式断面図である。

【図１１】図１０の線１１－１１に沿った断面図である。

【図１２】本発明によるダイオードの付加的実施形態の付加的断面図である。

【図１３】本発明によるダイオードの付加的実施形態の付加的断面図である。

【図１４】本発明によるメサ構造を有するダイオードの断面図である。

【発明を実施するための形態】

【００２７】

第１の態様では、本発明は、高効率のＩＩＩ族窒化物発光ダイオードである。図１は、本発明によるダイオードの断面における模式図であり、ダイオード全体を２０で示す。このダイオードは、半導体及び導電性基板からなる群から選択した基板２１と、基板２１上又は上方にあるＩＩＩ族窒化物系発光層２２と、炭化珪素を含有し発光層２２上又は上方にあるレンズ状表面２３とを含む。これらのＩＩＩ族窒化物層全体が、発光領域３７を規定する。

【００２８】

殆どの実施形態では、レンズ状表面２３の炭化珪素は単結晶である。炭化珪素及び結晶構造に精通している者には言うまでもないが、「単結晶」という記述的用語は炭化珪素材料を指し、ここに記載するレンズ状表面において、多数の個別構造を含み、その各々が単結晶炭化珪素で形成されていることが明白であるものと全体的に一致する。基板も同様に、単結晶炭化珪素とすることができるが、シリコン（Ｓｉ）、ガリウム砒素（ＧａＡｓ）

、又は銅－タングステン（Ｃｕ－Ｗ）のような他の材料から選択されていることもできる。

【００２９】

本発明の関連で用いる場合、互いに「重なっている」材料層の記述は、互いに離れて上下にある層（間に何かがある）、及び直接互いに接触している層のいずれをも指すことができる。それぞれの意味は、特に当業者には、文脈から明らかとなるであろう。

【００３０】

更に図１に示すように、ダイオードは、基板２１及び２５、発光領域３７、又はエピタキシャル層２７への、それぞれのオーミック・コンタクト２４を含む。この種のダイオードの多くには典型的であるが、背面オーミック・コンタクト２４は、ダイオード２０を通過する電流を促進するために相対的に大きく、一方発光領域３７へのオーミック・コンタクト２５の方が小さいのが通常であり、オーミック・コンタクト２５が、光がダイオードから出ていくのを邪魔する程度を最小限に抑えるために、ワイヤ・ボンド・パッドの形態を取っている。

【００３１】

また、図１は、様々な実施形態において、ダイオードがｐ－ｎ接合部を横切る電流注入のため、そして発光層２２におけるキャリアの再結合を促進するために、ＩＩＩ族窒化物のｐ型及びｎ型層双方を含むことも示す。図１は、このような層を、ｎ型層２７及びｐ型層２６として示す。したがって、図１は、３つのＩＩＩ族窒化物層（２２、２６、２７）を示すが、他の実施形態（図示せず）では、１つのｐ型層及び１つのｎ型層のみを含む。

【００３２】

このように、図１を例示とする実施形態では、好ましいＩＩＩ族窒化物材料は、窒化アルミニウム・インディウム・ガリウム（$Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$、ここで、０≦ｘ、ｙ≦１、ｘ＋ｙ≦１）であり、各層におけるアルミニウム、インディウム、及びガリウムの原子分率は、発光層２２のバンドギャップが隣接する層２６又は２７のいずれよりも小さくなるように選択されている。

【００３３】

所望のバンドギャップを得るためのＩＩＩ族元素の原子分率（即ち、ｘ及びｙ）の調節は、当技術分野では周知であり、必要以上の実験を行わなくても遂行可能である。所望のバンドギャップに基づいて原子分率を選択されていることに加えて、結晶構造、安定性、及び所望の又は必要な製造工程というような他の要因も考慮するのが通常である。

【００３４】

好適な実施形態では、基板２１は単結晶炭化珪素（ＳｉＣ）で形成され、炭化珪素の３Ｃ、４Ｈ、６Ｈ、及び１５Ｒプロトタイプの内の１つで形成される。本発明はこれらのプロトタイプに限定されるのではないが、これらは、相応しい熱膨張及び熱電導率の特性を有する。

【００３５】

基板２１は、下位実装構造とすることもできる。いずれの場合（炭化珪素基板又は下位実装構造基板）でも、通常、製造工程の便宜上、金属接合層３０を組み込めることが相応しい。金属層３０は、無鉛組立プロセスに役立つ（又は場合によっては必要となる）高温接合部（例えば約２６０℃以上）を形成する金属を含むことが好ましい。現時点における好適な実施形態では、金属層３０は、金（Ａｕ）及び錫（Ｓｎ）を、共唱配合として又は個別の層として用いる。

【００３６】

ダイオード２０は、金属層３１も含むことができる。ミラー及び金属接合層は、導電性である以外にダイオード２０の残りの部分及びその元素(elements)と構造及び機能が相容れる（干渉しない）のであれば、いずれの適した金属から選択されていることもできる。ミラーを銀（Ａｇ）で作る場合、追加の金属の構造層を任意に含めると、銀の隣接層へのマイグレーションを防止しつつ、その反射固有性を利用することができる。このようなバリア層は、通常（しかし限定的ではなく）チタン－タングステン（ＴｉＷ）合金、ＴｉＷ

合金の窒化物、又はＴｉＷ及びプラチナ（Ｐｔ）の複合体で形成する。

【００３７】

図２は、ダイオードの別の実施形態を示し、全体的に２８の番号でしめしている。図２の要素の多くは図１におけるものと同一であり、したがってこれらには同じ参照番号を付し、ここでは再度説明しない。しかしながら、図２が特に示すように、ここでは３２と付番したレンズ状表面が、発光領域３７まで達しているが、これを超えてはいない。

【００３８】

このように、図２では、レンズ状表面３２は、発光層２２上に直接ではなく、ｎ型ＩＩＩ族窒化物層２７上にあるものとして示されている。別の言い方をすれば、図１では、レンズ状炭化珪素基板２３は、レンズ状造作(feature)とダイオード２０の残り部分との間に、少なくとも何らかのレンズ状ではい炭化珪素を含む。図２では、レンズ状造作は、ダイオードの残り部分の上に直接位置し、その間に炭化珪素はない。いずれの実施形態でも（図１又は図２）、レンズ状造作２３、３２は、互いに直接隣接することができ、あるいはこれらは、間にレンズ状でない部分を入れて、互いから離間することも可能である。

【００３９】

図３は、ダイオードの更に別の実施形態を示し、全体的に３４と付番している。この場合も、図１及び図２と共通の要素には同じ参照番号を付している。更に別の説明及び図示として、実施形態の全てにおいて、複数の層が全体で発光領域を構成する場合、層の数には関係なく、全体的に１単位と見なすことができる。図３では、これに３７と付番している。つまり、この中の図１～図４において、発光層には２２と付番し、一方、発光領域（発光層２２を含む）には３７と付番している。発光構造に精通する者であれば、発光領域は、単にｐ－ｎ接合部だけでも可能であり、あるいは数層で形成すること（図示のように）、又は超格子又は多重量子ウェルのような更に複雑な構造で形成することもできることが認められよう。

【００４０】

しかしながら、図３では、レンズ状造作は、炭化珪素部分３５、及びダイオード３４の残りの部分の中まで達する造作３６の双方によって規定されている。即ち、図３に示す実施形態では、レンズ状造作３５及び３６が発光領域３７内部まで達しており、この実施形態では、ダイオード３４がｎ型エピタキシャル層２７を含むので、造作３６がこのような層２７の内部まで達している。

【００４１】

図４は、リード・フレーム４０上に位置する、図１のダイオード２０の別の断面模式図である。図４におけるダイオード２０は図１のダイオード２０と同一であるので、その要素全てには同じ参照番号を付している。更に、図４は、模式的に図示する便宜上、同じ拡縮率で描かれているのではないことも理解されよう。図４に示すように、オーミック・コンタクト２４が、リード・フレーム４０とダイオード２０との間にしかるべき電気的接触を設けるために、基板２１とリード・フレーム４０との間に配置されている。発光ダイオードを実装し封入するための多くの製造技法におけると同様、導電性ペースト４１がダイオード２０をリード・フレームに取り付けるのを補助する。図４に示すように、そして同時係属中の米国特許出願第１０／９５１，０４２に明記されているように、基板は、導電性ペースト４０がＩＩＩ族窒化物領域３７や発光領域２２に接触する（したがって、電気的に短絡する）のを防止するために十分な厚さがある。

【００４２】

更に、図４はダイオード２０を相対的に大きく示すが、オーミック・コンタクト２４及び２５間でこれらも含む全体の厚さが１５０ミクロン以下となるように、構造的な利点を組み込むことが好ましい。また、これに関して、ワイヤ・ボンド・パッド・オーミック・コンタクト２５が、レンズ上表面２３の上面よりも下に位置するように示されていることも理解されよう。このような場合、ダイオード２０の圧者は、背面オーミック・コンタクト２４及びレンズ上造作２３も含めて、１５０ミクロン以下となる。

【００４３】

図１～図４までは、模式的であり、特許請求する発明によるダイオードを限定するものではないことは言うまでもない。例えば、この種のダイオードに精通する者であれば、多くの場合発光領域を含むダイオードの部分は、図１～図４に示す、全体的に垂直な側面ではなく、メサとして形成されることが認められよう。加えて、図示の構造又は関連するメサ構造は、通常、種々の周知の目的のためにパシベーションを含むことができる。本発明の特質は、メサ構造と共に又はメサ構造は用いずに、そして補足的なパシベーションと共に又はこれを用いずに、組み込むことができるようになっているので、これらの代替構造を具体的に図示していないが、特許請求の範囲の発明には該当する。

【００４４】

図５は、ウェハ構造に関する発明を示す。ある意味では、ウェハ構造は、ウェハによって形成される個々のダイオードの延長とすることができる。つまり、図５は、全体的に４３と付番したウェハを示し、ウェハは、好ましくは単結晶ｎ型炭化珪素基板である基板４４と、１つ以上の発光層又は、電流を注入したときに全体として光を放出するように機能する層の組み合わせを含むことができる発光領域３７と、全体に４６で付番し、ガイドライン４７で分離された複数のダイオードを規定する複数の離散オーミック・コンタクト４５とを含むことができる。ウェハは、５０と付番したレンズ上炭化珪素表面造作を、ＩＩＩ族窒化物アクティブ領域３７上に含む。

【００４５】

図６～図１０は、本発明によるダイオード及びダイオードの一部の走査電子顕微鏡（ＳＥＭ）写真である。

図６は、本発明による単一の発光ダイオードの斜視図である。基板の上面上において、レンズ上表面及び上位ワイヤ・ボンド・パッド双方をはっきりと視認することができる。基板は、他の写真において最良に示されている。

【００４６】

図７及び図８は、レンズ状表面が複数の円錐(cone)を備えることができることを示す。この造作は、円錐状と言えば、一層正確に記述することができる。何故なら、幾何学的意味では、その脚部の１本を中心に正三角形を回転させることにより、適正な立体円錐ができるからである。図７及び図８における円錐の多少丸みを帯びた形状は、したがって、立体円錐とは多少異なるが、この記述は、当業者には、そして写真との関連で理解されよう。他の実施形態では、レンズ状表面は、複数の三角錐で形成することもでき、これらも同様に、１つの面から１つの点に構成される変に含まれる立体図形として規定される。四面及び六面三角錐の双方を組み込むことができる。

【００４７】

レンズ状表面に合う他の形状も、これらの造作を形成又は作成するために用いられるマスキング及びエッチング技法によっては、殆ど無限の様々な形状に形成することができる。つまり、本発明は、円錐、円錐状造作、そして三角錐にも限定されるのではなく、必要以上の実験を行うことなく当業者が選択可能であるその他のレンズ状表面を包含するものとする。

【００４８】

図９は、図１～図４に模式的に示した造作の一部の実例を示す断面図である。

図９では、レンズ状部分を５２で示す（図１～図４の模式図から区別するため）。レンズ状造作５２の下にある追加の炭化珪素部分には５３と付番する。数層を含む発光領域には５４と付番し、図３及び図４における領域３７に対応する。基板を５５で示す。

【００４９】

他の技法及び構造と比較すると、本発明は、様々な利点を提供する。例えば、半導体（したがって、得られるダイオード）の厚さを減少するための種々のレーザ・リフトオフ技法（例えば、公開米国特許出願第２００３０１９７１７０号）は、ウェハのクラックを誘発することなく遂行するのは、実際には困難である。このため、本発明と相容れる基板除去研磨技法の方が高い歩留まりをもたらすことが期待される。加えて、レーザ・リフトオフは、窒素ガスを放出する。しかし、窒素の放出は、これらの材料系では、主要な亀裂発

生メカニズムである。

【００５０】

別の便益として、炭化珪素において通常では欠点である吸収が最少となる効果がある。何故なら、レンズ形状の体積も同様に最少となるからである。

別の利点として、窒化ガリウムのエピタキシャル層の吸収率（吸収）を直接バルク炭化珪素結晶と比較することはできないという条件を付けると、窒化ガリウムの吸収係数は、一般に炭化珪素のそれよりも高いことがあげられる。

【００５１】

別の利点として、窒化ガリウムが亀裂の問題を呈し始めるのは、炭化珪素を基板に用いる場合では約３及び４ミクロンの間の厚さにおいてであり、サファイアを基板に用いる場合では約５ミクロンにおいてである。したがって、レンズ状造作に一層堅牢なＳｉＣを用いれば、構造的な利点が得られる。

【００５２】

別の利点として、窒化ガリウムは、通常、１立方センチメートル（cm^{-3}）当たり10^{8}から10^{9}の範囲の欠陥密度を有する。一方、欠陥は、望ましくない吸収の中心として作用する可能性がある。対照的に、炭化珪素における典型的な欠陥密度は、約10^{3}及び10^{4} cm^{-3}の間である。したがって、炭化珪素を組み込むことによって、結晶の品質が向上し、欠陥吸収の低下が認められる。これは、発光ダイオードの効率にとって有利である。

【００５３】

別の利点として、ｎ型窒化ガリウムの所与の厚さに対して、炭化珪素が存在すると、常に電流の拡散(current spreading)が改善する。加えて、炭化珪素は、レンズ状表面を一致させる又は形成する際に、最大のゆとり(latitude)を与える。

【００５４】

また、炭化珪素は、窒化ガリウムよりも屈折率が高い。この要因には、総合的に欠点がなく、追加の利点が得られることもある。

図９は、本発明によるダイオードの一部を断面で撮影した走査電子顕微鏡写真である。ダイオードの種々の要素には、写真に隣接する括弧形の矢印で示している。つまり、図９は、レンズ状表面５２と、炭化珪素５３のレンズ状ではない部分とを示す。発光領域にはここでも３７と付番し、ミラー（及び関連するバリア金属）には３１、そして金属接合層には３０と付番する。基板の一部には、写真の一番下の所に５５と付番してある。写真に隣接する５ミクロンの目盛は、レンズ状造作の相対的なサイズと、層の相対的な厚さとを示す。

【００５５】

図１０は、本発明の別の実施形態の断面模式図であり、ダイオード間に印加される所与の電流量に対して抽出発光量を増大させるダイオード構造６０の一部を示す。可能でありしかも有用である場合には、図１０における参照番号を図１～図４までに用いられていたものと同一とする。つまり、図１０は、ｎ型ＩＩＩ族窒化物層２７上にワイヤ・ボンド・パッド２５を含む。また、図１０は、発光層２２、及びｐ型ＩＩＩ族窒化物層２６も示す。レンズ状造作には、ここでも２３と付番している。

【００５６】

しかしながら、ミラー層には、ここでは６１と付番している。図１０に示す実施形態では、ミラー層６１はもはやミラー金属の完全な層ではない（アクティブ領域３７への電気的コンタクトの一部も形成する）。代わりに、ミラーの一部及びコンタクト金属を除去し（又は単に含ませず）、ダイオード６０の上面にある、ワイヤ・ボンド・パッド２５の幾何学的突出の直下にある層２６に隣接して開口（６２と付番する）を規定する。ワイヤ・ボンド・パッド２５から突出した幾何学的位置における金属製コンタクト、又はその上での金属製コンタクトを避けることにより、ミラー（及び関連する金属）層６１とワイヤ・ボンド・パッド２５との間にあるダイオード６０の透明度が高い部分に直接電流が流入し易くする。ミラー６１の一部を排除することにより、この設計は、ワイヤ・ボンド・パッ

ド２５の直下で発生する発光再結合の回数を減少させ、ダイオード６０の透明度が高い部分の下における再結合の回数を増大させる。これにより、ミラー及びコンタクト系統６１がダイオードの一方側（又は一方側の大部分）を完全に覆うダイオードと比較して、所与の電流量に対するダイオード６０からの光抽出が増加する。

【００５７】

図１１は、図１０における線１１－１１に沿ったダイオード６０の平面図である。層２６は、ここでも交差斜線で示されているが、そのミラーに含まれない区域（例えば、開口）は、黒い円６２で示す。開口６２は、更に黒い陰影で示す。何故なら、これは、ダイオードが図１０の実施形態において作成されると、外観が黒くなるからである。

【００５８】

図１２は、６４と付番したダイオードの別の実施形態を示し、開口６２に反射金属６５を充填しているが、これは層２６とのオーミック・コンタクトを形成しない。その結果、ダイオード６４からの光抽出は、図１０に示したダイオード６０のそれよりはいくらか向上する。何故なら、ミラー６１に含まれる反射区域の方が広く、しかもワイヤ・ボンド・パッド２５の直下で発生する再結合及び発光事象の回数を最小限に抑えるからである。

【００５９】

図１３は、６６と付番したダイオードの更に別の実施形態を示し、ここでは、ｐ型ＩＩＩ窒化物層２６の一部７０に、好ましくは、プラズマを用いて、パシベートして、導電性を低めるか、又は絶縁性にする。パシベーション部分７０は、電流の流れを妨げるので、ワイヤ・ボンド２５直下で起こる再結合を最小限に抑えるように機能しつつ、ミラー層６７全体をダイオード６６に含ませることができる。

【００６０】

尚、図１０～図１３は開口６２を示すが、代わりの金属部分６５、ワイヤ・ボンド・パッド２５とサイズ及び幾何学的形状が同一のパシベーション部分７０、開口６２のサイズの変化、代わりの金属部分６５のサイズ変化、又はパシベーション層７０のサイズ変化も、特許請求する発明の範囲から逸脱することなく、同じ目的のために実施することができる。

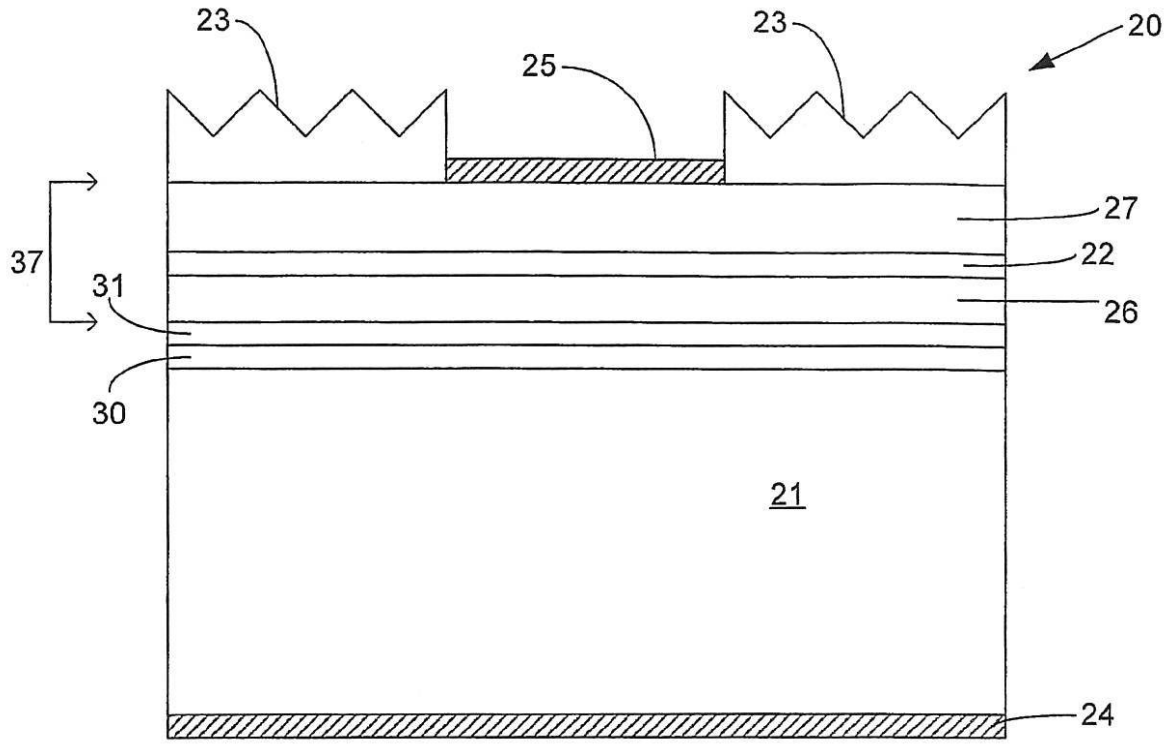
【００６１】

図１４は、本発明によるダイオードの別の実施形態であり、全体的に７０と付番する。７０で示す実施形態は、他の図に示した実施形態と非常に類似しているが、発光領域３７がメサ形態であり、一方、このメサがパシベーション層７１を含み、他の実施形態では露出されていたミラー３１（及び任意の関連する封入金属）や接合金属（又は複数の金属）層３０の部分を覆っていることが異なる。他の図と類似しているので、図１４は、妥当な場合にはいつでも、同じ参照番号を含む。典型的な実施形態では、パシベーション層は、メサの壁、及び炭化珪素レンズ状表面２３の双方を覆う。適したパシベーション材料には、窒化シリコン（化学量論Si_3N_4及び非化学量論双方）及び二酸化シリコン（SiO_2）が含まれる。尚、これら又はその他のパシベーション材料、ならびにこれらが覆う又は含む幾何学的形状は、ダイオードとの機能的両立性に合わせて選択し、ダイオードからの光の抽出と干渉しない、又はその外部効率を低下させないような比較的高い透明度が含まれる。

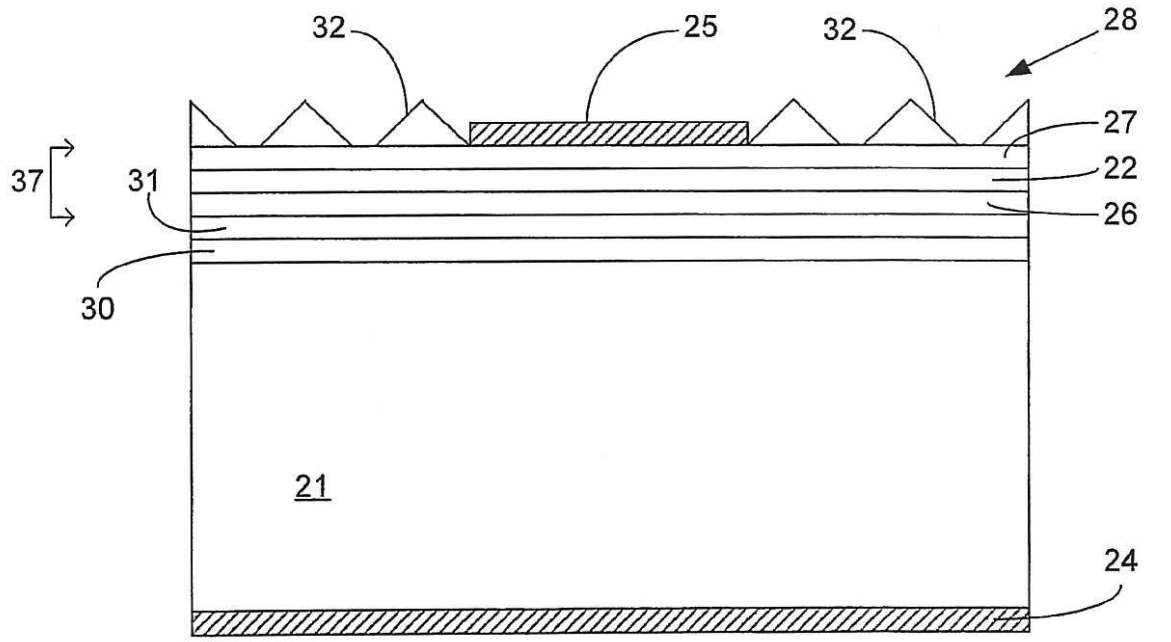
【００６２】

図面及び明細書において、本発明の奥手異な実施形態を明記し、特定的な用語を用いたが、これらは包括的及び記述的な意味で用いたに過ぎず、限定を主旨とするのではなく、発明の範囲は特許請求の範囲に規定されるものとする。

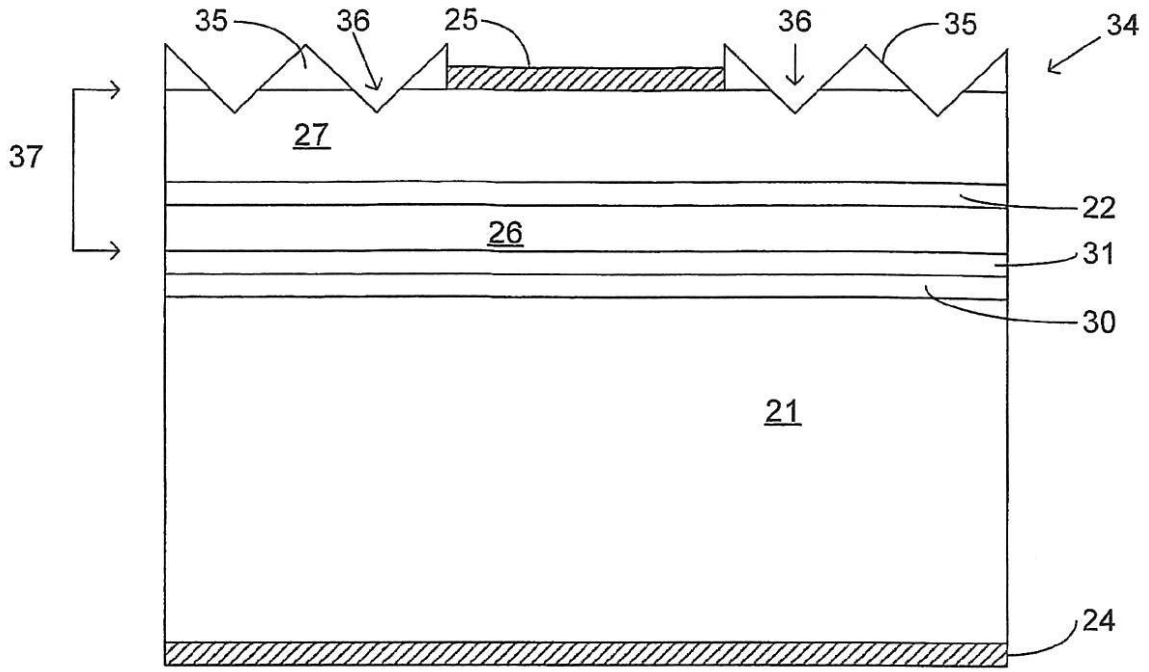
【図１】



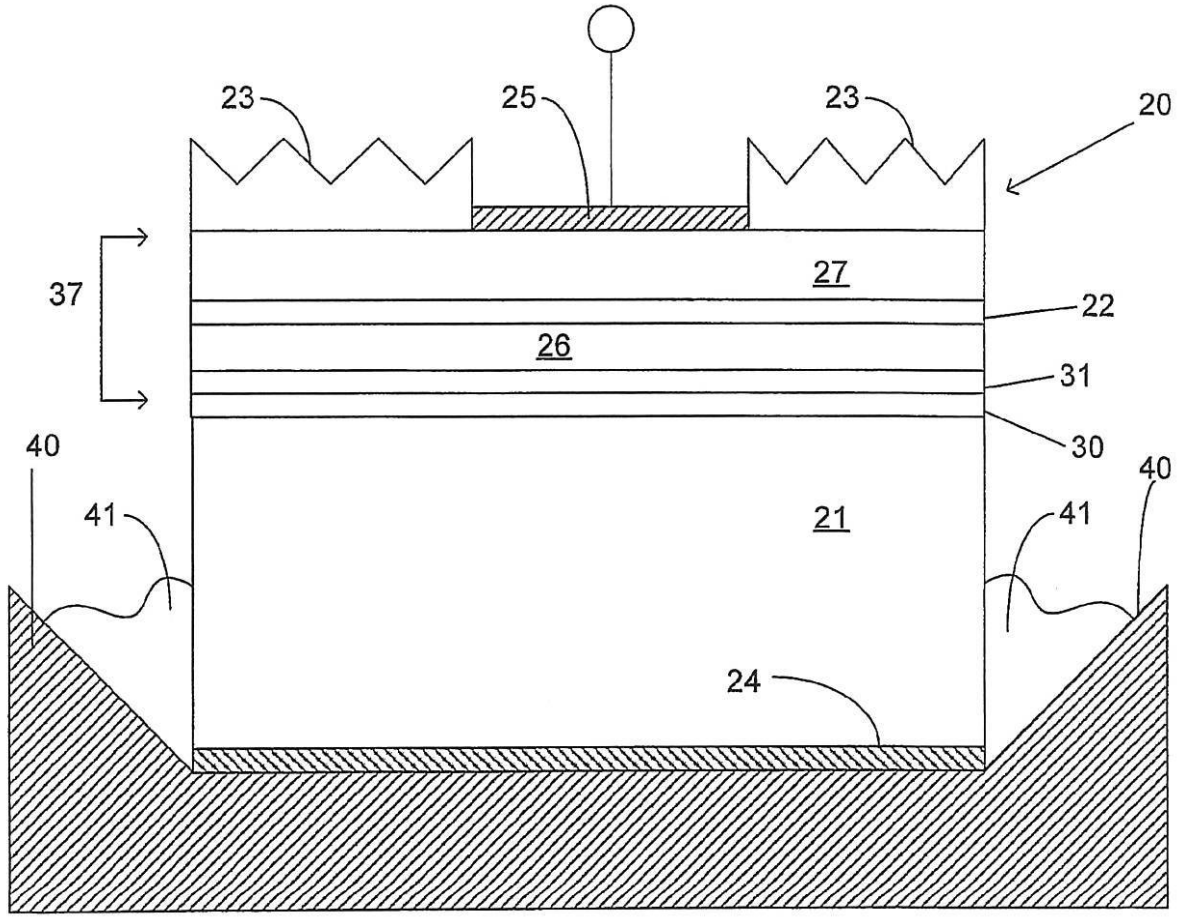
【図２】



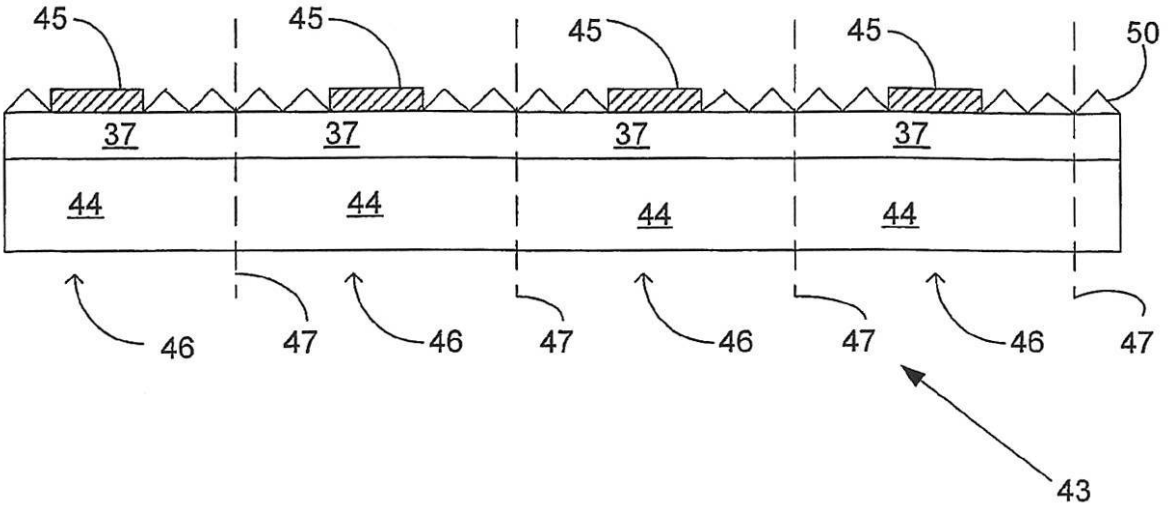
【図３】


35
36
25
36
35
34
37
27
22
26
31
30
21
24

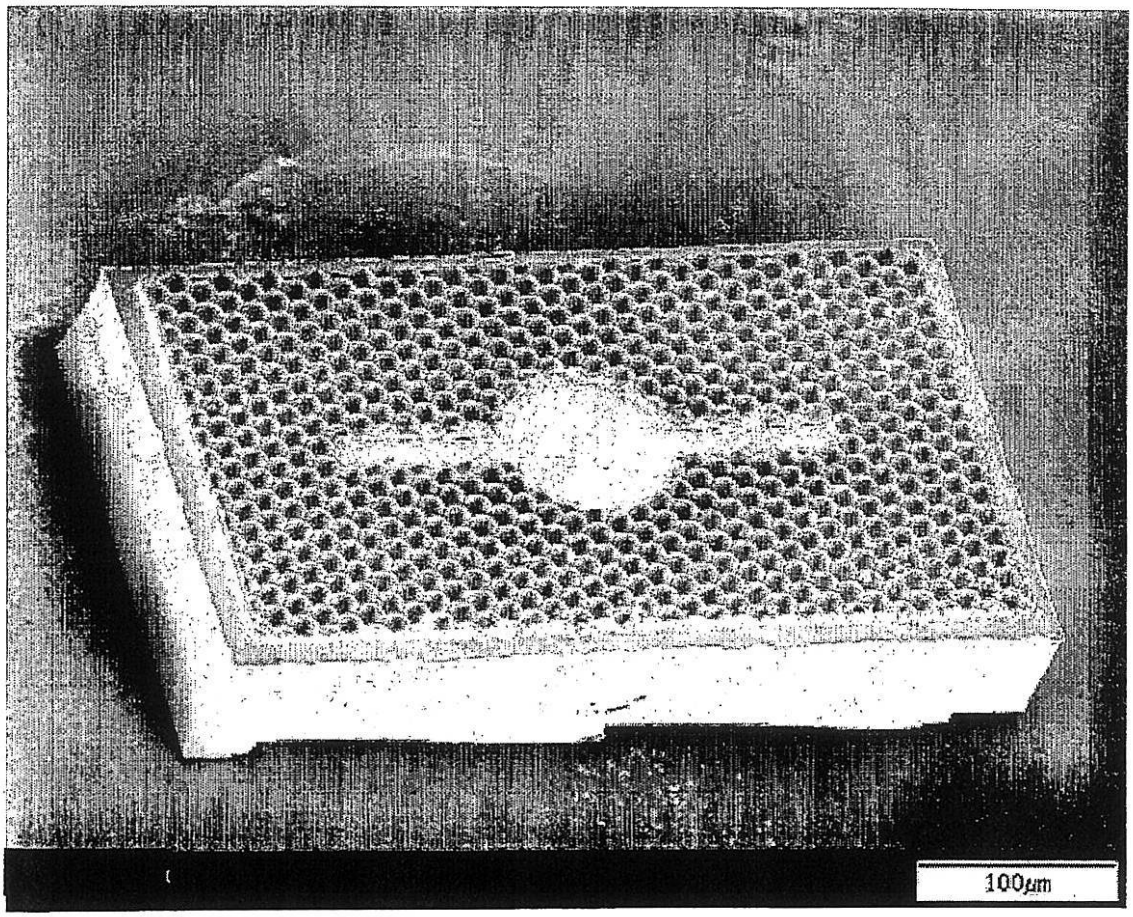
【図４】


23
25
23
20
37
27
22
26
31
30
40
41
21
41
40
24

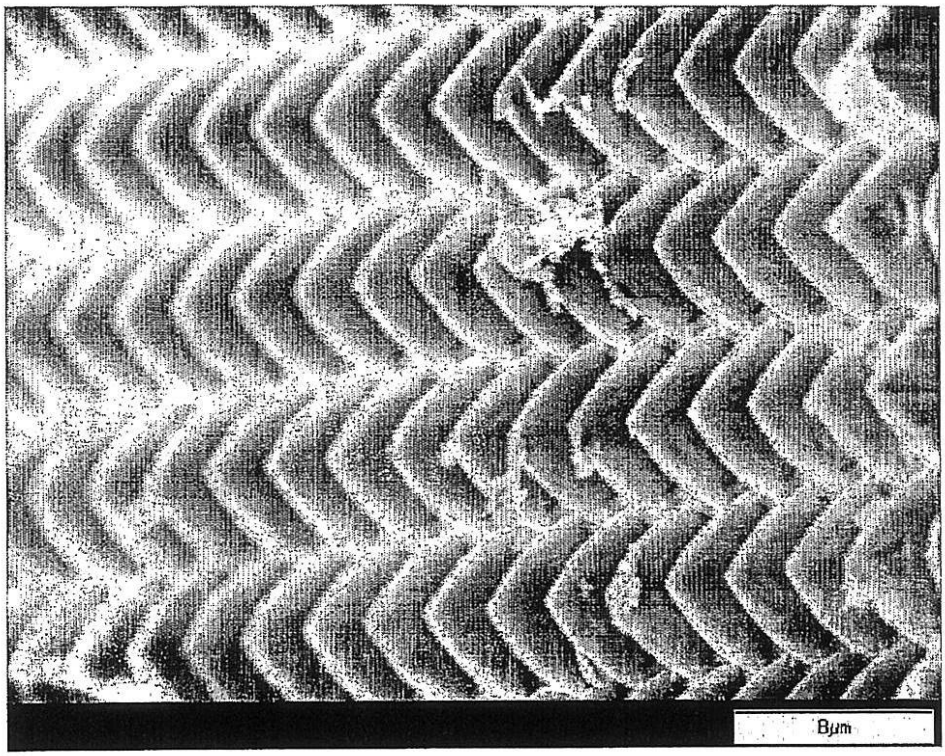
【図５】



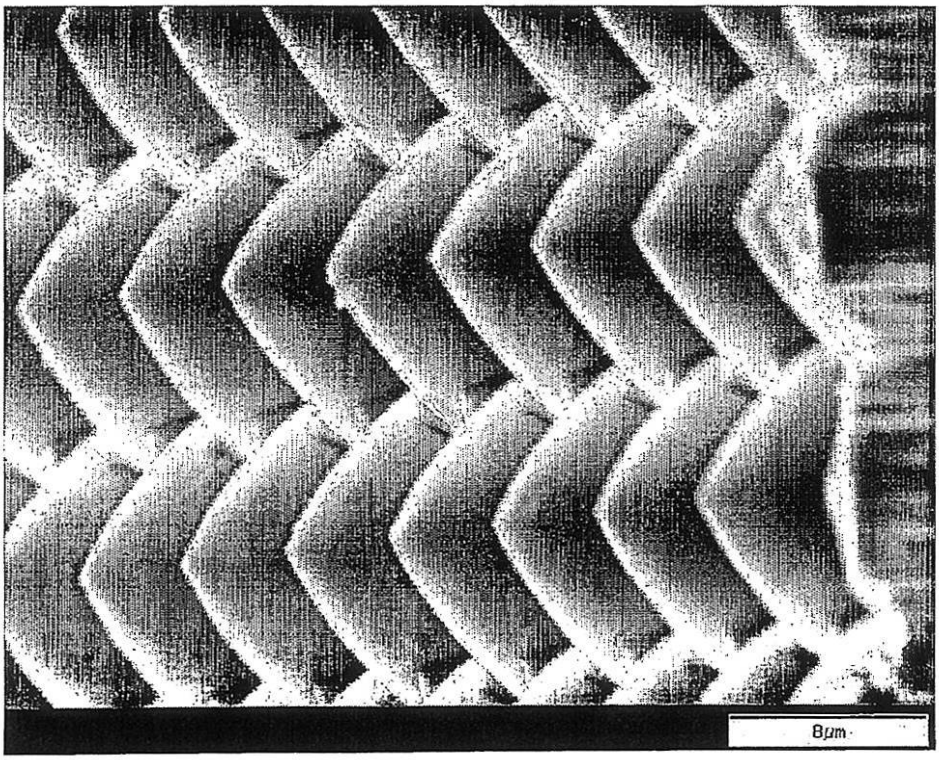
【図６】



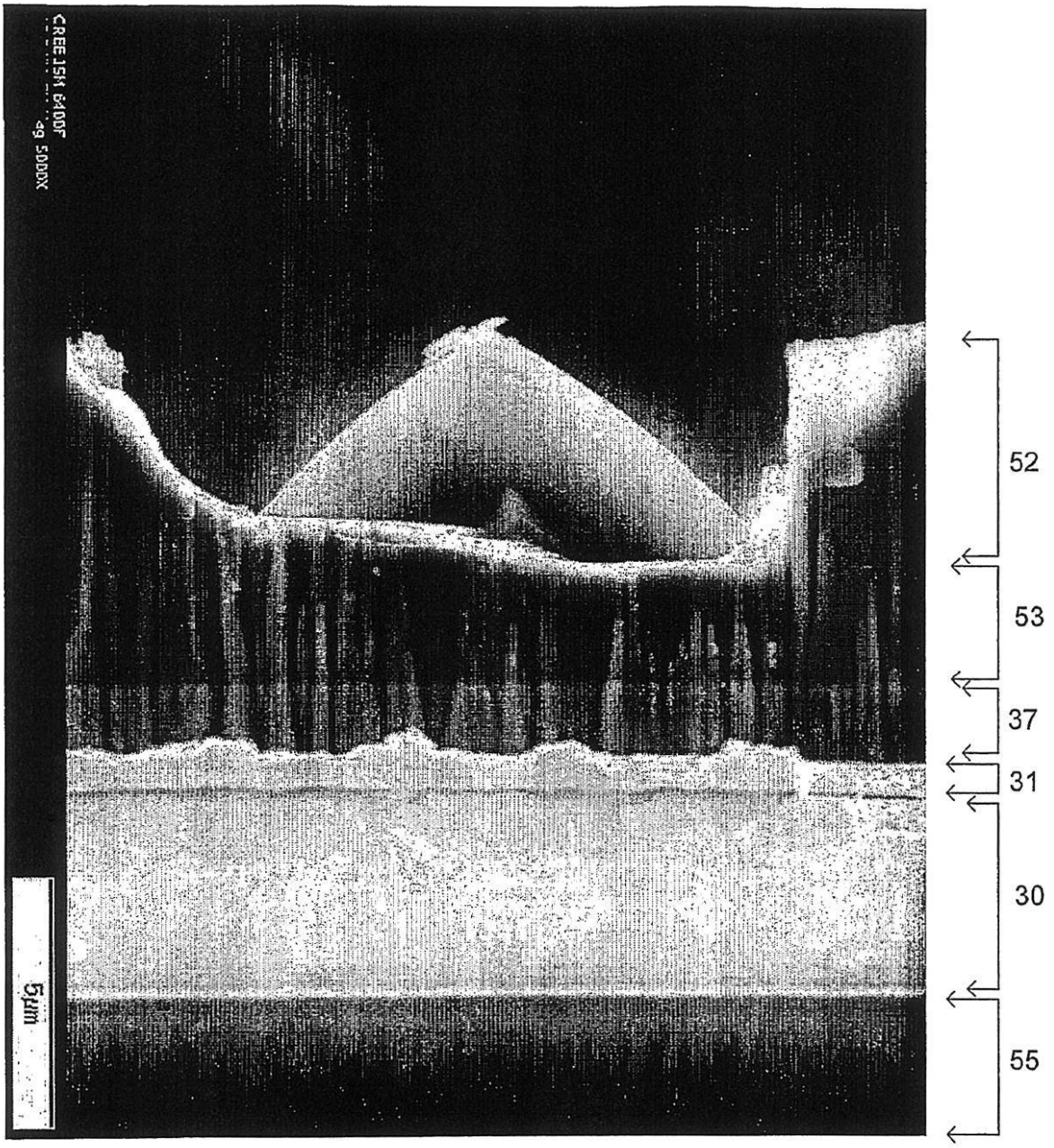
【図７】



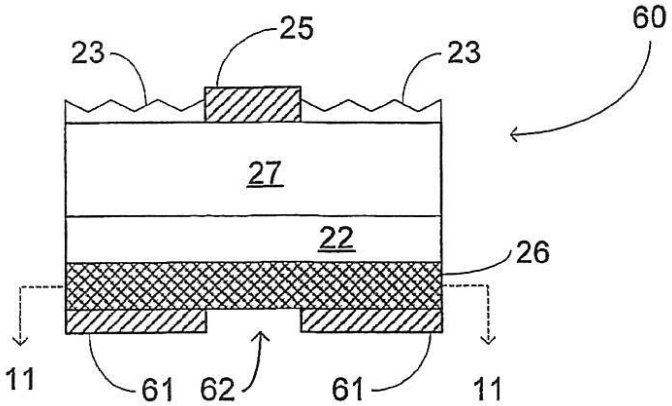
【図８】



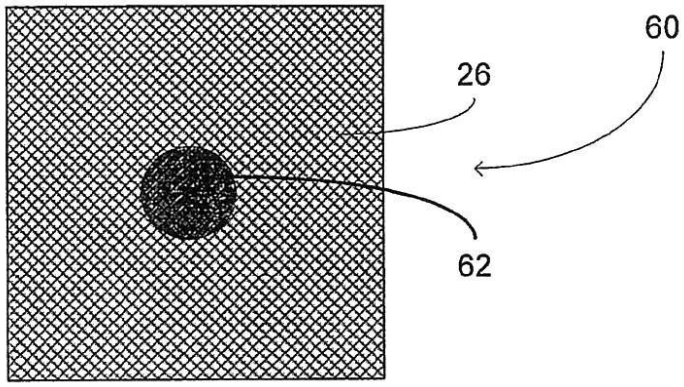
【図９】



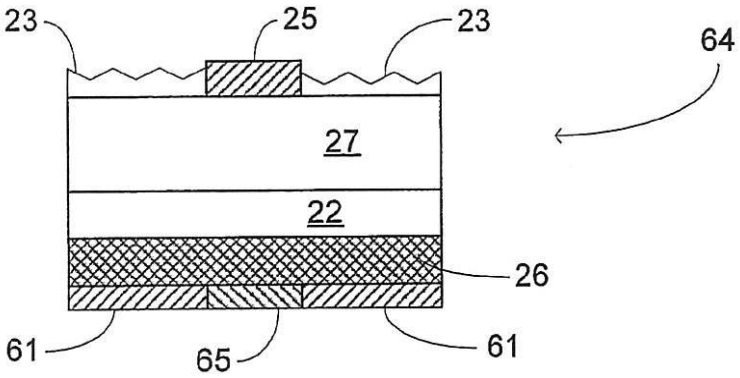
【図１０】



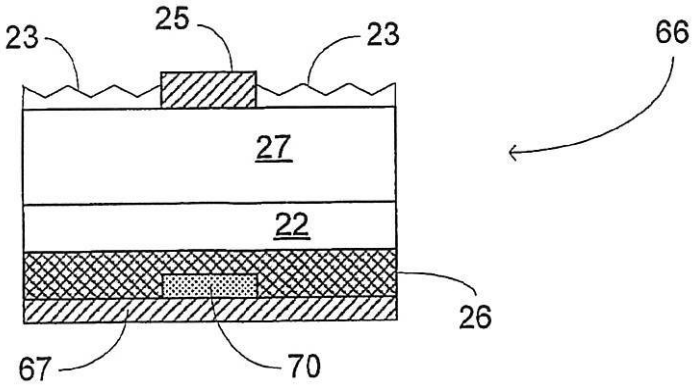
【図１１】



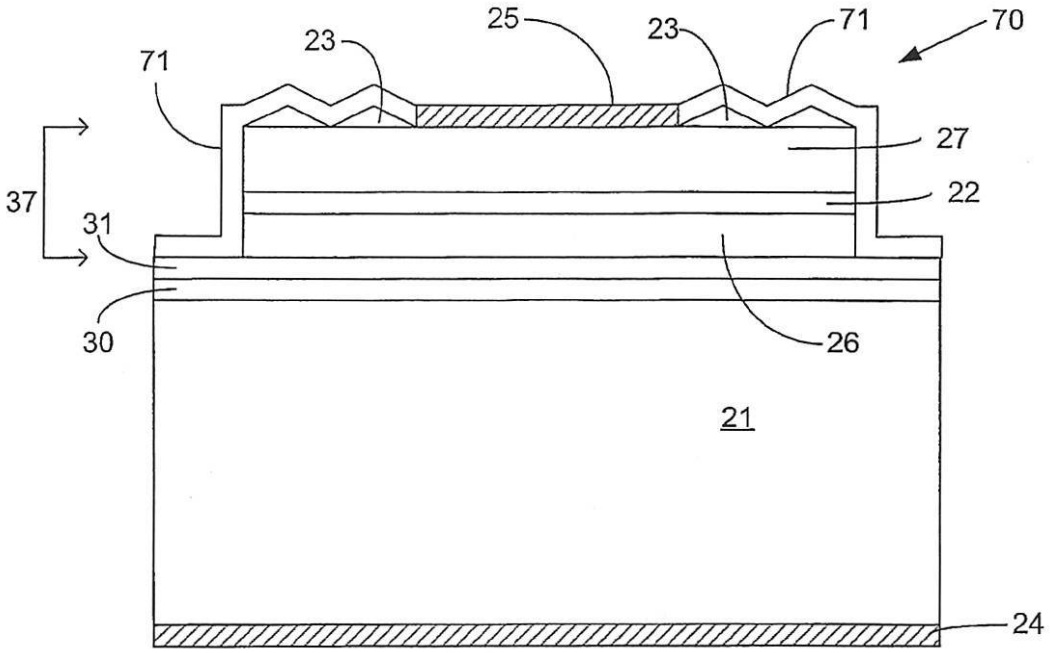
【図１２】



【図１３】



【図１４】



【手続補正書】
【提出日】平成24年9月18日(2012.9.18)
【手続補正１】
【補正対象書類名】特許請求の範囲
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
ｐ型半導体層と、ｎ型半導体層と、前記ｎ型半導体層と前記ｐ型半導体層との間の活性領域と、
前記ｐ型半導体層の反対側の前記ｎ型半導体層上の不透明なフィーチャと、
前記ｎ型半導体層の反対側の前記ｐ型半導体層の表面上の金属接触と
を備える発光デバイスであって、
前記金属接触は、前記不透明なフィーチャと位置合わせされる前記ｐ型半導体層の前記表面の導電率低減区域以外の領域において前記ｐ型半導体層へのオーム接触上に形成され、前記発光デバイスは前記ｐ型半導体層の前記表面上に非オーム接触をさらに含み、前記非オーム接触は前記ｐ型半導体層とオーム接触を形成しない金属を含むことを特徴とする発光デバイス。
【請求項２】
前記不透明な領域は、ボンドパッド、パッシベーション領域、及び／又は電流拡散フィンガを含むことを特徴とする請求項１に記載の発光デバイス。
【請求項３】
前記ｐ型半導体層中にあって前記不透明なフィーチャ及び前記導電率低減区域と位置合わせされた導電率低減領域をさらに含み、前記導電率低減領域が前記ｐ型半導体層の前記表面から前記活性領域の方に延びることを特徴とする請求項１に記載の発光デバイス。
【請求項４】
前記ｎ型半導体層中にあって前記不透明なフィーチャと位置合わせされた導電率低減領域をさらに含み、前記導電率低減領域が前記ｐ型半導体層の反対側の前記ｎ型半導体層の表面から前記活性領域の方に延びることを特徴とする請求項１に記載の発光デバイス。

フロントページの続き

(72)発明者　スレイター、デーヴィッド・ビアズリー、ジュニアー
アメリカ合衆国ノース・カロライナ州２７７０３、ダーラム、ノース・エクセター・ウェイ　１２３１６
(72)発明者　バラサン、ジェイシュ
アメリカ合衆国ノース・カロライナ州２７５１３、ケアリー、バーウィック・ヴァリー・レイン１０１１
(72)発明者　ドノフリオ、マシュー
アメリカ合衆国ノース・カロライナ州２７６１３、ローリ、ノース・クリーク・ラン　８１２０

Ｆターム(参考) 5F141 AA04 AA47 CA33 CA40 CA46 CB15
5F142 BA22 CA13 CB01

【外国語明細書】
2012248893000001.pdf