

(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2010-283354

(P2010-283354A)

(43) 公開日 平成22年12月16日(2010.12.16)

(51) Int.Cl.

H01L 33/12 (2010.01)

F I

H01L 33/00 140

テーマコード (参考)

5F041

審査請求 未請求 請求項の数 21 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2010-129948 (P2010-129948)
 (22) 出願日 平成22年6月7日(2010.6.7)
 (31) 優先権主張番号 098119155
 (32) 優先日 平成21年6月8日(2009.6.8)
 (33) 優先権主張国 台湾(TW)

(71) 出願人 598061302
 晶元光電股▲ふん▼有限公司
 台湾新竹科学工业园区新竹市力行五路5号
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 (74) 代理人 100091214
 弁理士 大貫 進介
 (74) 代理人 100107766
 弁理士 伊東 忠重
 (72) 発明者 チュン-イン チャン
 台湾新竹科学工业园区新竹市力行五路5号
 (72) 発明者 ウェン-ジア フアン
 台湾新竹科学工业园区新竹市力行五路5号
 (72) 発明者 チャオ-シュウ ライ
 台湾新竹科学工业园区新竹市力行五路5号
 最終頁に続く

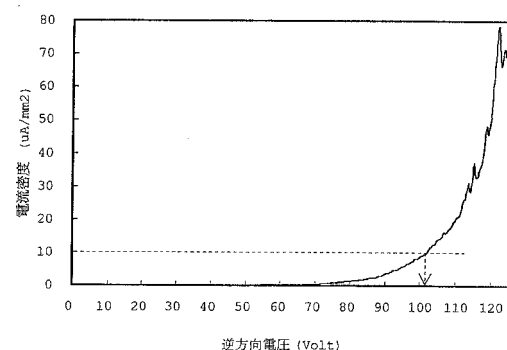
(54) 【発明の名称】 発光ダイオード及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 発光ダイオード及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 発光エピタキシー構造を含む発光ユニットを提供し、前記発光エピタキシー構造は、逆方向バイアスの条件の下で、負の $10 \mu\text{A}/\text{mm}^2$ の電流密度の下で、その対応する逆方向電圧値が 50V より大きく、また、前記発光エピタキシー構造は、順方向バイアスの条件の下で、 $150 \mu\text{A}/\text{mm}^2$ の電流密度で駆動されるときに、少なくとも $50 \text{lm}/\text{W}$ の発光効率を有する。また、発光ダイオードの製造方法を提供する。この製造方法は、基板を提供し、第一成長条件の下で前記基板の上に第一エピタキシー層を成長させ、第二成長条件の下で前記第一エピタキシー層上にプロセス転換層を成長させ、第三成長条件の下で前記プロセス転換層上に第二エピタキシー層を成長させるステップを含む。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも一つの発光ユニットを含み、高逆方向電圧値を有する発光素子であって、
前記発光ユニットは、発光エピタキシー構造を含み、
前記発光エピタキシー構造は、逆方向バイアスの条件の下で、負の $10 \mu\text{A} / \text{mm}^2$ の電流密度の下で、その対応する逆方向電圧値が 50V より大きい、
発光素子。

【請求項 2】

前記発光エピタキシー構造は、順方向バイアスの条件の下で、 $150 \mu\text{A} / \text{mm}^2$ の電流密度で駆動されるときに、少なくとも $50 \text{lm} / \text{W}$ の発光効率を有する、

10

請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 3】

前記発光エピタキシー構造は、接触層と、 n 型半導体層と、 p 型半導体層と、該 n 型半導体層と該 p 型半導体層との間に位置する活性層と、を含む、

請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 4】

前記発光エピタキシー構造は、前記 n 型半導体層と前記活性層との間、又は、前記接触層と前記 n 型半導体層との間に位置するプロセス転換層を更に含み、

前記プロセス転換層の導電度は、前記 n 型半導体層及び前記活性層の導電度より大きい、

20

請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 5】

基板と、

前記基板上に共に形成される少なくとも二つの前記発光ユニットを含む発光アレー構造と、

を更に含む、

請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 6】

前記発光アレー構造は、

複数の整流発光アレー構造と、

30

少なくとも一つの直流発光アレー構造と、

を含み、

前記整流発光アレー構造の各々は、直列接続される第一数量の前記発光ユニットを含み

、

前記複数の整流発光アレー構造は、ホイートストンブリッジの形式に配列され、且つ、交流電源を受けるための二つの入力端と、直流電源を出力するための二つの出力端とを含み、

前記直流発光アレー構造は、前記二つの出力端に接続される第二数量の前記発光ユニットを含む、

40

請求項 5 に記載の発光素子。

【請求項 7】

前記第二数量が前記第一数量と前記第二数量との総和に対する比は、少なくとも 50% より大きい、

請求項 6 に記載の発光素子。

【請求項 8】

前記発光アレー構造は、逆方向の並列接続の形式に配列され、且つ、交流電源を受けるための二つの入力端を有する、

請求項 5 に記載の発光素子。

【請求項 9】

発光素子の製造方法であって、

50

基板を提供するステップと、
第一成長条件の下で、前記基板上に第一エピタキシー層を成長させるステップと、
第二成長条件の下で、前記第一エピタキシー層上にプロセス転換層を直接成長させるステップと、

第三成長条件の下で、前記プロセス転換層上に第二エピタキシー層を直接成長させるステップと、

を含み、

前記第一成長条件の少なくとも一つのプロセスパラメータ値と、前記第三成長条件の、
該プロセスパラメータに対応するプロセスパラメータ値とは、少なくとも、3%の差を有し、

前記プロセス転換層の導電度は、前記第一エピタキシー層及び／又は前記第二エピタキシー層の導電度より大きい、

発光素子の製造方法。

【請求項10】

前記プロセスパラメータは、温度、圧力及び気体流量からなるグループから選択される、

請求項9に記載の発光素子の製造方法。

【請求項11】

前記第一エピタキシー層は、接触層であり、前記第二エピタキシー層は、n型クラッド層である、

請求項9に記載の発光素子の製造方法。

【請求項12】

第四成長条件の下で、前記第二エピタキシー層上に第二プロセス転換層を直接形成するステップと、

第五成長条件の下で、前記第二プロセス転換層上に第三エピタキシー層を直接形成するステップと、

を含み、

前記第三成長条件の少なくとも一つのプロセスパラメータ値と、前記第五成長条件の、
該プロセスパラメータに対応するプロセスパラメータ値とは、少なくとも、3%の差を有し、

前記第二プロセス転換層の導電度は、前記第二エピタキシー層及び／又は前記第三エピタキシー層の導電度より大きい、

請求項9に記載の発光素子の製造方法。

【請求項13】

前記第三エピタキシー層は、活性層である、

請求項12に記載の発光素子の製造方法。

【請求項14】

前記プロセス転換層は、不純物と、前記第一エピタキシー層及び／又は前記第二エピタキシー層の不純物濃度より大きい不純物濃度と、を有する、

請求項9に記載の発光素子の製造方法。

【請求項15】

前記第二プロセス転換層は、不純物と、前記第二エピタキシー層及び／又は前記第三エピタキシー層の不純物濃度より大きい不純物濃度と、を有する、

請求項12に記載の発光素子の製造方法。

【請求項16】

前記第一成長条件の少なくとも一つのプロセスパラメータ値と、前記第三成長条件の、
該プロセスパラメータに対応するプロセスパラメータ値とは、少なくとも、10%の差を有する、

請求項9に記載の発光素子の製造方法。

【請求項17】

10

20

30

40

50

前記第三成長条件の少なくとも一つのプロセスパラメータ値と、前記第五成長条件の、該プロセスパラメータに対応するプロセスパラメータ値とは、少なくとも、10%の差を有する、

請求項12に記載の発光素子の製造方法。

【請求項18】

複数の発光ユニットを含む発光ウェハであって、

前記複数の発光ユニットの各々は、夫々、発光エピタキシー構造を含み、

負の $10\mu\text{A}/\text{mm}^2$ の電流密度の下で、前記複数の発光ユニットの閾値逆方向電圧の絶対値の平均値は、少なくとも、50Vより大きい、

発光ウェハ。

10

【請求項19】

前記複数の発光ユニットから測定された前記閾値逆方向電圧の絶対値の平均値は、閾値逆方向電圧の絶対値がその大小による分布の前後25%の範囲内にある発光ユニットを除くことにより算出される、

請求項18に記載の発光ウェハ。

【請求項20】

前記発光エピタキシー構造は、接触層と、n型半導体層と、p型半導体層と、該n型半導体層と該p型半導体層との間に位置する活性層と、を含む、

請求項19に記載の発光ウェハ。

【請求項21】

前記発光エピタキシー構造は、前記n型半導体層と前記活性層との間、又は、前記接触層と前記n型半導体層との間に位置するプロセス転換層を更に含み、

前記プロセス転換層の導電度は、前記n型半導体層及び前記活性層の導電度より大きい、

20

請求項20に記載の発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高閾値逆方向電圧を有する発光ダイオード及びその製造方法に関する。

【背景技術】

30

【0002】

発光ダイオードは、その素子の特性により、整流と発光の効果を兼ね備える。順方向バイアス(forward bias)を発光ダイオードに印加するときに、発光ダイオードは、印加された順方向バイアスの増加につれて電流値が急速に上昇し、特定波長の光線を発し、この電流が急速に上昇し始めた時の電圧値は、発光ダイオードの順方向電圧値(forward voltage: V_f)と称され、また、逆方向バイアスを発光ダイオードに印加するときに、印加された逆方向バイアスが所定の閾値に達すると電流値が急速に上昇し、この電流値が急速に上昇し始めた時の電圧値は、発光ダイオードの逆方向電圧値(reverse voltage: V_r)と称される。

【0003】

40

一般的に、窒化ガリウム系発光ダイオードの逆方向電圧値は、通常、負の15~20Vの範囲内にある。逆方向電圧値が高くない原因は、エピタキシー薄膜自体が、例えば、転位、不純物などの欠陥を有することであり、このような欠陥は、電流の漏れ径路を来し、これにより、素子は高い逆方向バイアスを受けることができず、且つ、操作時に突然の高電圧により崩壊し失効することがある。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明の目的は、高閾値逆方向電圧を有する発光ダイオード及びその製造方法を提供することにある。

50

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の一側面によれば、発光エピタキシー構造を有する発光素子が提供される。この発光エピタキシー構造は、逆方向バイアスの条件の下で、負の $10 \mu\text{A} / \text{mm}^2$ の電流密度の下で、その対応する閾値逆方向電圧の絶対値が 50V より大きい。また、この発光エピタキシー構造は、順方向バイアスの条件の下で、 $150 \mu\text{A} / \text{mm}^2$ の電流密度で駆動されるときに、少なくとも $50 \text{lm} (\text{ルーメン}) / \text{W}$ の発光効率を有する。なお、本発明が指す「閾値逆方向電圧」は、発光エピタキシー構造が逆方向バイアスの条件の下で、負の $10 \mu\text{A} / \text{mm}^2$ の電流密度の下で測定された逆方向電圧値と定義される。

【0006】

本発明の他の側面によれば、複数の発光ユニットを含む発光ウェハが提供される。負の $10 \mu\text{A} / \text{mm}^2$ の電流密度の下で、この複数の発光ユニットの閾値逆方向電圧の絶対値の平均値は、少なくとも、 50V より大きい。

【0007】

本発明の他の側面によれば、基板上に形成される複数の発光アレー構造を含む交流型発光ダイオードが提供される。この複数の発光アレー構造の各々は、少なくとも、一つの発光ユニットからなる。前述の発光アレー構造は、複数の整流発光アレー構造と、少なくとも一つの直流発光アレー構造とを含む。前述の複数の整流発光アレー構造の各々は、第一数量の前述の発光ユニットを含み、且つ、前述の複数の整流発光アレー構造は、ホイートストンブリッジの形式に配列され、且つ、交流電源を受けるための二つの入力端と、直流電源を出力するための二つの出力端とを有する。前述の直流発光アレー構造は、前述の二つの出力端に接続される第二数量の前述の発光ユニットを含む。前述の直流発光アレー構造の発光ユニットの数量が前述の交流型発光素子の全ての発光ユニットの数量に対する比は、少なくとも、 50% より大きい。

【0008】

本発明の他の側面によれば、発光ダイオードの製造方法が提供される。この製造方法は、基板を提供するステップと、第一成長条件の下で前述の基板上に第一エピタキシー層を成長させるステップと、第二成長条件の下で前述の第一エピタキシー層上にプロセス転換層を成長させるステップと、第三成長条件の下で前述のプロセス転換層上に第二エピタキシー層を成長させるステップとを含む。前述の第一成長条件及び前述の第三成長条件は、プロセス変化を有し、且つ、前述のプロセス転換層の導電度（導電率）は、前述の第一エピタキシー層及び／又は前述の第二エピタキシー層の導電度より大きい。

【0009】

本発明の他の実施例において、前述の発光素子の製造方法は、更に、第四成長条件の下で前述のプロセス転換層上に第二プロセス転換層を形成するステップと、第五成長条件の下で前述の第二プロセス転換層上に第三エピタキシー層を形成するステップとを含む。前述の第三成長条件及び前述の第五成長条件は、プロセス変化を有し、且つ、前述の第二プロセス転換層の導電度は、前述の第二エピタキシー層及び／又は前述の第三エピタキシー層の導電度より大きい。

【発明の効果】

【0010】

本発明は、高閾値逆方向電圧を有する発光ダイオード及びその製造方法を提供する。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の発光素子における発光エピタキシー構造の第一実施例を示す図である。

【図2】本発明の発光素子における発光エピタキシー構造の第二実施例を示す図である。

【図3】本発明の発光素子における発光エピタキシー構造の第三実施例を示す図である。

【図4】本発明の発光素子の第一実施例を示す図である。

【図5】本発明の発光素子の第二実施例を示す図である。

【図6】本発明の実施例における電圧 電流曲線図である。

10

20

30

40

50

【図 7 A】本発明の交流型発光素子の上面図である。

【図 7 B】本発明の交流型発光素子の回路を示す図である。

【図 8】本発明の発光ウェハを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

次に、添付した図面を参照しながら、本発明の好適な実施形態を詳細に説明する。

【0013】

図 1 は、本発明の発光素子における発光エピタキシー構造の第一実施例を示す図である。発光エピタキシー構造 1 は、成長基板 10、成長基板 10 上に形成される接触層 20、接触層 20 上に形成されるプロセス転換層 31、プロセス転換層 31 上に形成される n 型クラッド層 40、n 型クラッド層 40 上に形成される活性層 50、及び、活性層 50 上に形成される p 型クラッド層 60 を含む。発光エピタキシー構造 1 の形成方法は、成長基板 10 を提供し、次に、成長基板 10 上に有機金属気体堆積法を用いて接触層 20 を成長させ、この時に、接触層 20 と成長基板 10 との間の格子定数が相違を有する場合、接触層 20 と成長基板 10 との間に格子緩衝層（図示せず）を成長させても良く、この格子緩衝層の格子定数が接触層 20 と成長基板 10 との間にあり、これにより、格子の欠陥を低減し、エピタキシー層の品質を向上できる。接触層 20 を成長させる条件は、例えば、反応器の温度設定値が 900 ~ 1200 であり、反応器の圧力設定値が 300 ~ 450 mbar であり、また、その同時に、接触層 20 に n 型不純物を、この n 型不純物の濃度が $1 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ になるように添加する。接触層 20 の成長が完了後、続いて、プロセス転換層 31 及び n 型クラッド層 40 を成長させ、n 型クラッド層 40 は、n 型不純物及び不純物濃度を有する。そのうち、n 型クラッド層 40 及び接触層 20 は、成長条件にプロセス変化を有し、又は好ましくは、劇的な変化であるが、これにより、接触層 20 に n 型クラッド層 40 を直接成長させるときに、薄膜に欠陥を生じさせ、エピタキシー層の品質が低くなってしまう。よって、プロセス転換層 31 の目的は、プロセス転換層 31 の前後の層の成長条件のプロセス変化による欠陥を補修することにより、エピタキシー層の品質を向上できる。なお、本発明における「成長条件」とは、温度、圧力及び気体流量の中から選択される少なくとも一つのプロセスパラメータ設定値、及び、他のプロセスパラメータ設定値からなるグループを含むといい、「プロセス変化」とは、プロセス転換層 31 の前の層の成長条件と、その後の層の成長条件との間に少なくとも 3 % の相違を有するといい、「劇的な変化」とは、プロセス転換層 31 の前の層の成長条件と、その後の層の成長条件との間に少なくとも 10 % の相違を有するという。例えば、n 型クラッド層 40 の反応器の温度設定値が 700 ~ 1000 であり、反応器の圧力設定値が 200 ~ 350 mbar であり、且つ、その温度設定値又は圧力設定値のうち少なくとも一つと、接触層 20 の対応する設定値との相違は、少なくとも、3 % であり、又は好ましくは、少なくとも、10 % である。プロセス転換層 31 の成長条件は、約、接触層 20 の成長条件と、n 型クラッド層 40 の対応する成長条件との間にあり、好ましくは、n 型クラッド層 40 の成長条件に近く、更に好ましくは、n 型クラッド層 40 の成長条件と同じであり、且つ、プロセス転換層 31 は、n 型不純物及び不純物濃度を有し、この不純物濃度は、接触層 20 及び n 型クラッド層 40 の何れか一つの不純物濃度より大きく、例えば、 $5 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ であり、好ましくは、プロセス転換層 31 の不純物濃度は、接触層 20 及び n 型クラッド層 40 の不純物濃度より大きく、これにより、プロセス転換層 31 の導電度は、接触層 20 及び / 又は n 型クラッド層 40 の導電度より大きくなる。プロセス転換層 31 の不純物の添加方法は、均一的に添加する均一添加であり、又は好ましくは、変調添加 (modulation-doping) であり、又は更に好ましくは、漸進添加 (graded-doping) である。n 型クラッド層の成長が完了後、続いて、活性層 50 及び p 型クラッド層 60 を成長させ、発光素子の発光エピタキシー構造を完成させる。

【0014】

図 2 は、本発明の発光素子における発光エピタキシー構造の第二実施例を示す図である

10

20

30

40

50

。発光エピタキシー構造 2 は、成長基板 10、成長基板 10 上に形成される接触層 20、接触層 20 上に形成される n 型クラッド層 40、n 型クラッド層 40 上に形成されるプロセス転換層 32、プロセス転換層 32 上に形成される活性層 50、及び、活性層 50 上に形成される p 型クラッド層 60 を含む。前述の第一実施例（図 1）との相違点は、プロセス転換層 32 が n 型クラッド層 40 と活性層 50 との間に形成されることにある。発光エピタキシー構造 32 の形成方法は、先ず成長基板 10 を提供するステップを含む。次に、成長基板 10 上に有機金属気体堆積法を用いて接触層 20 を成長させ、この時に、接触層 20 と成長基板 10 との間の格子定数が相違を有する場合、接触層 20 と成長基板 10 との間に格子緩衝層（図示せず）を成長させても良く、この格子緩衝層の格子定数が接触層 20 と成長基板 10 との間にあり、これにより、格子の欠陥を低減し、エピタキシー層の品質を向上できる。接触層 20 の成長が完了後、続いて、n 型クラッド層 40 を成長させ、n 型クラッド層 40 は、n 型不純物及び不純物濃度を有する。n 型クラッド層 40 の成長条件は、例えば、反応器の温度設定値が 700 ~ 1000 であり、反応器の圧力設定値が 200 ~ 350 mbar であり、また、その同時に、n 型クラッド層 40 に n 型不純物を、この n 型不純物の濃度が $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ になるように添加する。n 型クラッド層 40 の成長が完了後、続いて、プロセス転換層 32 及び活性層 50 を成長させ、そのうち、n 型クラッド層 40 及び活性層 50 は、成長条件にプロセス変化を有し、又は好ましくは、劇的な変化であるが、これにより、n 型クラッド層 40 に活性層 50 を直接成長させるときに、薄膜に欠陥を生じさせ、エピタキシー層の品質が低くなってしまう。よって、プロセス転換層 32 の目的は、プロセス転換層 32 の前後の層の成長条件のプロセス変化による欠陥を補修することにある、これにより、エピタキシー層の品質を向上できる。なお、活性層 50 の反応器の温度設定値は 850 ~ 1100 であり、反応器の圧力設定値は 200 ~ 350 mbar であり、且つ、その温度設定値又は圧力設定値の少なくとも一つと、n 型クラッド層 40 の対応する設定値との相違は、少なくとも 3 % であり、又は好ましくは、10 % である。プロセス転換層 32 の成長条件は、約、n 型クラッド層 40 の成長条件と、活性層 50 の対応する成長条件との間にあり、好ましくは、活性層 50 の成長条件に近く、更に好ましくは、活性層 50 の成長条件と同じである。プロセス転換層 32 は、n 型不純物及び不純物濃度を有し、この不純物濃度は、n 型クラッド層 40 及び活性層 50 の何れか一つの不純物濃度より大きく、例えば、 $5 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ であり、好ましくは、プロセス転換層 32 の不純物濃度は、n 型クラッド層 40 及び活性層 50 の不純物濃度より大きく、これにより、プロセス転換層 32 の導電度は、n 型クラッド層 40 及び / 又は活性層 50 の導電度より大きくなる。プロセス転換層 32 の不純物の添加方法は、均一的に添加する均一添加であっても良く、又は好ましくは、変調添加（modulation-doping）であり、又は更に好ましくは、漸進添加（graded-doping）である。活性層 50 の成長が完了後、続いて、p 型クラッド層 60 を成長させ、発光素子の発光エピタキシー構造を完成させる。そのうち、活性層構造は、多重井戸構造を含み、これにより、発光素子の内部量子効率を向上することができる。

【0015】

図 3 は、本発明の発光素子における発光エピタキシー構造の第三実施例を示す図である。前述の第一及び第二実施例に比べ、その相違点は、発光エピタキシー構造 3 が、第一実施例のような、接触層 20 と n 型クラッド層 40 との間に形成される第一プロセス転換層 33 と、第二実施例のような、n 型クラッド層 40 と活性層 50 との間に形成される第二プロセス転換層 34 とを同時に含むことにある、これにより、発光素子のエピタキシー層の品質を更に向上することができる。

【0016】

図 4 は、本発明の発光素子の第一実施例を示す図である。発光素子 4 は、前述の実施例による発光エピタキシー構造（図 3 に示すエピタキシー構造 3 を例として）に対して、ダイオード製造プロセスにより、基板上に複数の互いに分けられる発光ユニットを生成し、例えば、図示の発光ユニット 4a 及び 4b であり、且つ、露出した接触層 20 上に第一電

10

20

30

40

50

極 2 1 を、p 型クラッド層 6 0 上に第二電極 6 1 をそれぞれ形成するものである。ダイオード製造プロセスが完了後、成長基板に対して切断を行う（例えば、ドット線に示すように）ことにより、発光ユニット 4 a と 4 b を分割し、個別の発光素子を生成する。本発明の他の実施例において、前述の発光素子は、前述の第二電極と前述の p 型クラッド層との間に形成される接触層を更に含み、これにより、前述の第二電極と前述の p 型クラッド層との間の接触抵抗を低減し、或いは、電流分散層を更に含み、これにより、電流を前述の発光エピタキシー構造に均一に分散させることができる。

【0017】

本発明の実施例による発光素子によれば、その前述の成長基板のサイズは、例えば、10mil かける 10mil であり、逆方向バイアスの条件の下で、負の $10\mu\text{A}/\text{mm}^2$ の電流密度の下で、測定された閾値逆方向電圧の絶対値が、少なくとも、50V より大きく、且つ、順方向バイアスの条件の下で、 $150\mu\text{A}/\text{mm}^2$ の電流密度で駆動されるときに、少なくとも、50ルーメン/W の発光効率を得られる。本発明の他の実施例によれば、前述の発光素子は、プロセス転換層の成長条件及び不純物濃度を調整することにより、好適な閾値逆方向電圧を得ることができ、例えば、60V より大きく、又は好ましくは 70V より大きく、又は更に好ましくは 100V より大きい閾値逆方向電圧を得ることができる。

【0018】

図 6 は、本発明の実施例による発光素子から測定された電圧 電流曲線図である。本発明の発光素子における発光エピタキシー構造は、逆方向バイアスの条件の下で、負の $10\mu\text{A}/\text{mm}^2$ の電流密度の下で、その対応する電圧値の絶対値が約 102V（ドット線が示すようであり、図中の数値は、既に、正の値に変換された）であり、且つ、順方向バイアスの条件の下で、 $150\mu\text{A}/\text{mm}^2$ の電流密度で駆動するとき、少なくとも、50ルーメン/W の光線を発することができる。よって、本発明の発光素子は、高閾値逆方向電圧値と高輝度の特性を兼ね備える。

【0019】

図 5 は、本発明の実施例による直列接続型発光素子を示す図である。直列接続型発光素子 5 の形成方法は、図 4 に示す実施例に類似し、ダイオード製造プロセスが完了後、各発光ユニットに対して電気接続を行い、図 5 に示すように、発光ユニット 4 a の第一電極と発光ユニット 4 b の第二電極との間に導電層 7 0 を形成し、これにより、発光ユニット 4 a と 4 b が直列接続される発光アレー構造に形成される。発光素子 5 は、導電層 7 0 と、発光ユニット 4 a 及び 4 b との間に形成される絶縁層 8 0 を更に含み、これにより、発光素子の短絡を避けることができる。

【0020】

図 7 A と図 7 B は、本発明の交流型発光素子を示す図である。交流型発光素子 7 は、主に、交流型電源に応用され、成長基板 1 0 上に共に形成される複数の整流発光アレー構造 R 1 ~ R 4 及び少なくとも一つの直流発光アレー構造 E 1 を含み、前述の各整流又は直流発光アレー構造は、図 5 に示す複数の互いに直列接続される発光ユニットからなり、整流発光アレー構造 R 1 ~ R 4 は、第二接続層 7 1 と第一 ~ 第四導線パッド 9 1 ~ 9 4 とをホイートストンブリッジの形式で電氣的に接続することにより形成される整流構造である。図 7 B を同時に参照する。整流発光アレー構造 R 1 は、第一導線パッド 9 1 と第四導線パッド 9 4 との間に接続され、整流発光アレー構造 R 2 は、第一導線パッド 9 1 と第二導線パッド 9 2 との間に接続され、整流発光アレー構造 R 3 は、第三導線パッド 9 3 と第四導線パッド 9 4 との間に接続され、整流発光アレー構造 R 4 は、第二導線パッド 9 2 と第三導線パッド 9 3 との間に接続され、第一導線パッド 9 1 と第三導線パッド 9 3 は、交流電圧信号を受けるために、夫々、外部の交流型電源の正端と負端に接続され、且つ、整流発光アレー構造 R 1 ~ R 4 により整流された後に、第二導線パッド 9 2 と第三導線パッド 9 4 に直流電圧信号が出力される。直流発光アレー構造 E 1 は、第二導線パッド 9 2 と第四導線パッド 9 4 との間に接続され、出力された前述の直流電圧信号を受ける。交流電圧信号の正の半周期において、電流が順に交流型発光素子 7 の発光アレー構造 R 1、E 1 及び

R 4 (図 7 A のドット線に示すように) を流れ、また、光線が発せられ、交流電圧信号の負の半周期において、電流が順に交流型発光素子 7 の発光アレー構造 R 3、E 1 及び R 2 を流れ、また、光線が発せられ、そのうち、整流発光アレー構造 R 1 ~ R 4 は、各自に順方向バイアスの半周期に発光し、もう一つの半周期には、逆方向バイアスのため、発光せず、即ち、整流発光アレー構造 R 1 ~ R 4 は、交流電圧信号が印加された期間において断続的に発光し、直流発光アレー構造 E 1 は、整流後の前述の直流電圧信号を受けているため、順方向及び逆方向の半周期において全て発光する。

【 0 0 2 1 】

本発明の実施例による発光ユニットは、高閾値逆方向電圧値を有するため、発光ユニットが逆方向バイアスを受ける能力を有効に向上でき、前述の整流発光アレー構造の発光ユニットの数量を大幅に減らすと同時に、前述の直流発光アレー構造の発光ユニットの数量を増やすことにより、発光効率を向上する目的を達成できる。電圧が 1 1 0 V であり、周波数が 6 0 H z である交流型電源を例とし、各発光ユニットは、例えば、G a N 系を主とする発光エピタキシー構造であり、且つ、同じ面積を有し、各発光ユニットは、約 3 V の電圧降下をもたらす、また、閾値逆方向電圧値の絶対値 y を有し、各順方向又は逆方向の半周期には、総数が約 3 7 個である発光ユニット (異なる発光アレー構造を亘る) を流れ、これにより、1 1 0 V の供給電源に符合する。整流発光アレー構造 R 1 ~ R 4 の各々は、同様に、 m 個の発光ユニットを有し、直流発光アレー構造 E 1 は、 n 個の発光ユニットを有すると、直流発光アレー構造 E 1 の発光ユニットの数量が発光素子の全ての発光ユニットの数量に対する比は、約 $n / (4 m + n) \times 1 0 0 \%$ である。順方向の半周期の時には、導線パッド 9 1 と 9 2 の両端を亘る整流発光アレー構造 R 2 (逆方向バイアスにある) の電位差が、同様に導線パッド 9 1 と 9 2 の両端を亘る整流発光アレー構造 R 1 と直流発光アレー構造 E 1 (全て順方向のバイアスにある) の電位差と同じのはずであり、即ち、 $3 \times (m + n)$ V であり、逆方向バイアスにある整流発光アレー構造 R 2 を崩壊させず失効させないために、 y は、 $\{ 3 \times (m + n) \} / m$ より大きくなかなければならず、少なくとも、3 5 以上であり、このようにすると、電気操作の変化やその他の外在的な要因で素子が失効することを避けることができ、即ち、 y は、次の式を満足しなかなければならない。

【 0 0 2 2 】

$$y > 3 \times (m + n) / m + 3 5$$

次の表には、本発明の実施例による交流型発光素子における各発光アレー構造の数量の組合せが示されている。

【 0 0 2 3 】

【 表 1 】

	m	n	$n / (n + 4 m) \times 1 0 0 \%$	$3 \times (m + n) / m + 3 5$
組合せその 1	1	3 5	9 0 %	1 4 3
組合せその 2	2	3 3	8 0 %	8 7 . 5
組合せその 3	3	3 1	7 2 %	6 9
組合せその 4	4	2 9	6 4 %	6 0
組合せその 5	5	2 7	5 7 %	5 4
組合せその 6	6	2 5	5 1 %	5 1

10

20

30

40

50

例示の各組合せの実施例によれば、直流発光アレー構造の発光ユニットの数量が交流型発光素子の全ての発光ユニットの数量に対する比は、少なくとも50%より大きく、好ましくは、60%より大きく、更に好ましくは、70%又は80%より大きく、一番好ましくは、90%より大きく、これにより、より良い発光効率を有する実施例を得ることができる。本発明の他の側面において、発光ユニットの閾値逆方向電圧値は、少なくとも50Vより大きく、好ましくは60Vより大きく、更に好ましくは70Vより大きく、一番好ましくは100Vより大きく、これにより、発光素子の信頼性を向上することができる。本発明の他の実施例において、各前述の整流発光アレー構造の前述の発光ユニットの面積は、各前述の直流発光アレー構造の前述の発光ユニットの面積より小さく、これにより、発光素子の逆方向バイアスの効能を更に向上することができる。また、図7Aと図7Bに例示のブリッジ接続型交流型発光素子以外、本発明の交流型発光素子は、その他の形式の接続の交流型発光素子、例えば、逆方向並列接続型などの交流型発光素子を含んでも良い。

【0024】

図8は、本発明による発光ウェハを示す図である。発光ウェハ8は、複数の発光ユニット81を含み、各発光ユニット81は、発光エピタキシー構造を有し、例えば、図4に示す発光ユニット4a又は4bと同じものである。各発光ユニット81は、負の $10\mu\text{A}/\text{mm}^2$ の電流密度の下で、閾値逆方向電圧を有し、また、各発光ユニット81は、 $150\mu\text{A}/\text{mm}^2$ の電流密度で駆動されるときに、発光効率を有し、且つ、複数の発光ユニット81の閾値逆方向電圧の絶対値の平均値は、少なくとも50より大きく、好ましくは、60Vより大きく、更に好ましくは、70Vより大きく、一番好ましくは100Vより大きく、また、複数の発光ユニット81の発光効率の平均値は、少なくとも50ルーメン/Wである。他の実施例において、前述の複数の発光ユニットの前述の閾値逆方向電圧値は、その大小により分布を呈し、且つ、閾値逆方向電圧の絶対値がその分布の前後の25%にある発光ユニットを除いた後に、中間の50%にある残りの発光ユニットの閾値逆方向電圧値の絶対値の平均値は、少なくとも50Vより大きく、好ましくは60Vより大きく、更に好ましくは70Vより大きく、一番好ましくは100Vより大きく、且つ、順方向バイアスの条件の下で、 $150\mu\text{A}/\text{mm}^2$ の電流密度で駆動される時に、中間の50%にある残りの発光ユニットの発光効率の平均値は、少なくとも50ルーメン/Wである。

【0025】

前述の諸実施例において、前述の接触層、n型クラッド層、プロセス転換層、p型クラッド層、及び活性層の材料は、III-V族化合物を含み、例えば、GaN系又はGaP系の材料である。前述の成長基板は、例えば、サファイア、SiC、GaN及びAlNからなるグループから選択された少なくとも一つの材料を含む。前述の接触層、n型クラッド層、p型クラッド層、及び活性層は、単層又は多層の構造であってもよく、例えば、超格子構造である。また、本発明の前述の発光エピタキシー構造は、成長方法で前述の成長基板に成長されることに限られず、その他の方法、例えば、接合方法で直接接合され、又は、媒質を介して導熱又は導電基板に接合されるなどの方法も、本発明の範囲内に属する。

【0026】

以上、本発明の好ましい実施形態を説明したが、本発明はこの実施形態に限定されず、本発明の趣旨を離脱しない限り、本発明に対するあらゆる変更は本発明の範囲に属する。

【符号の説明】

【0027】

- 1、2、3 発光エピタキシー構造
- 4、5、7 発光素子
- 4a、4b 発光ユニット
- 10 成長基板
- 20 接触層

10

20

30

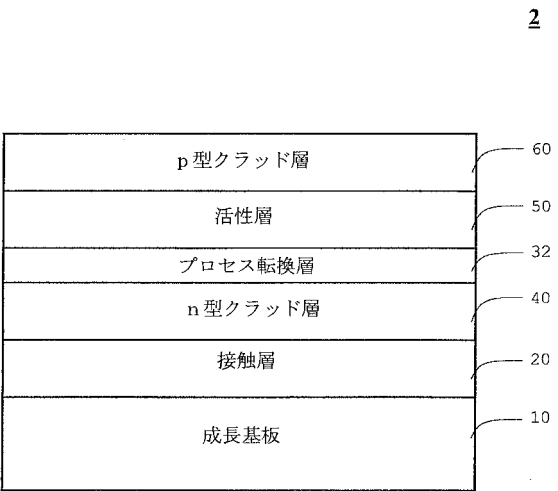
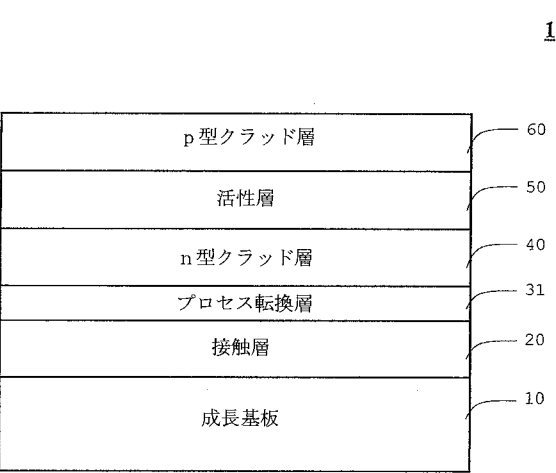
40

50

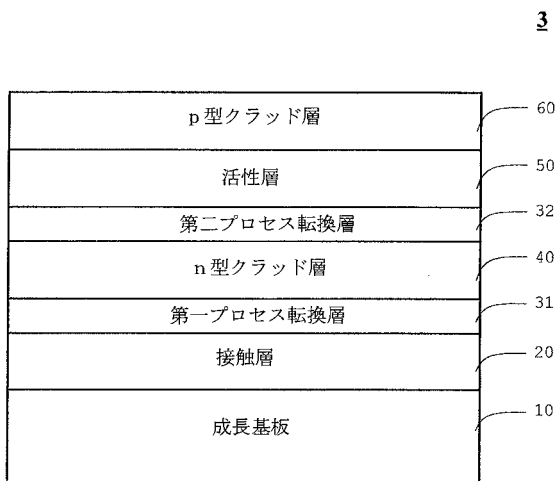
- 2 1 第一電極
- 3 1、3 3 プロセス転換層
- 3 2、3 4 第二プロセス転換層
- 4 0 n型クラッド層
- 5 0 活性層
- 6 0 p型クラッド層
- 7 0 第一接続層
- 7 1 第二接続層
- 8 0 絶縁層
- 8 発光ウェハ
- 8 1 発光ユニット
- 9 1 ~ 9 4 第一 ~ 第四導線パッド
- R 1、R 2、R 3、R 4 整流発光アレー構造
- E 1 直流発光アレー構造

【 図 1 】

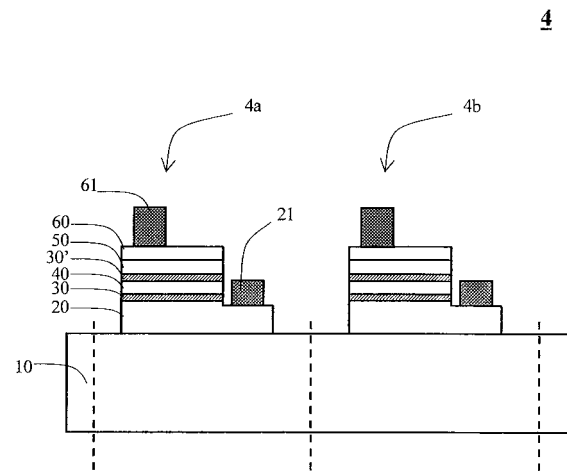
【 図 2 】



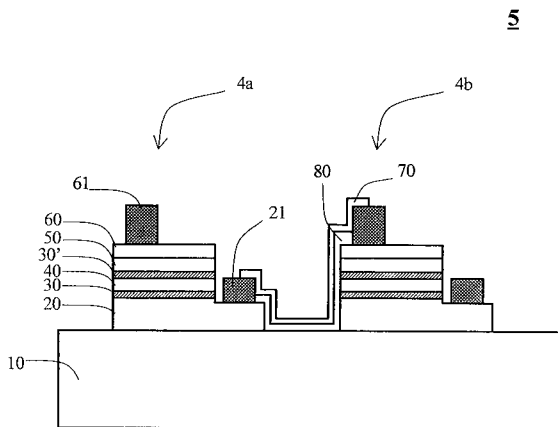
【図 3】



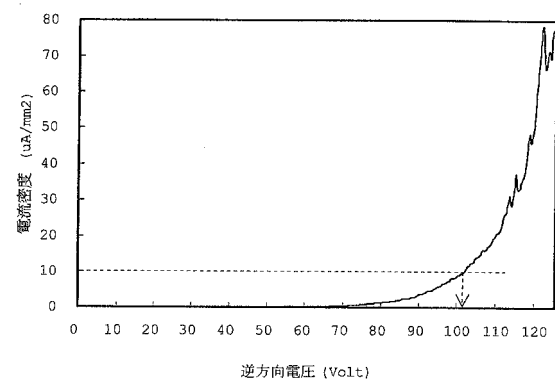
【図 4】



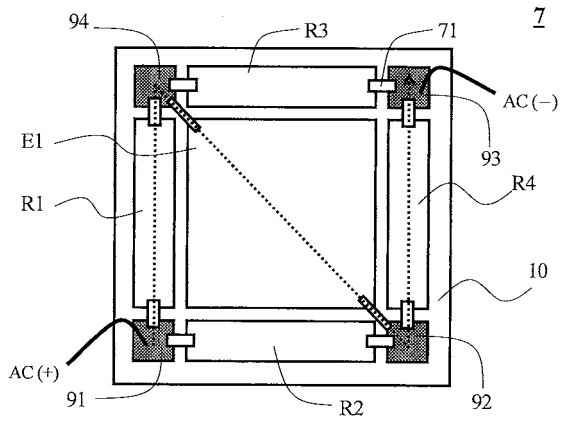
【図 5】



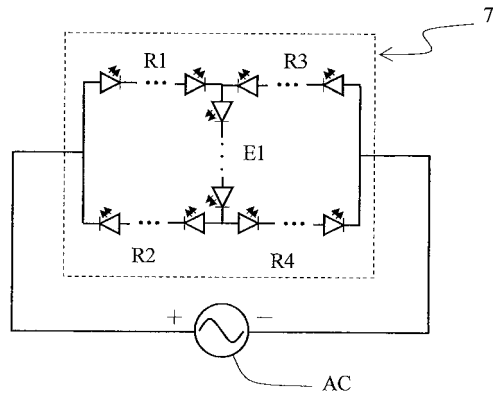
【図 6】



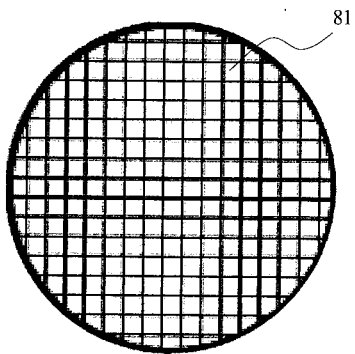
【図 7 A】



【図 7 B】



【図 8】

8

フロントページの続き

(72)発明者 ティエン - カン リン

台湾新竹科学工业园区新竹市力行五路5号

Fターム(参考) 5F041 AA21 CA04 CA12 CA58 CB11 CB25