

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2013-516781
(P2013-516781A)

(43) 公表日 平成25年5月13日(2013.5.13)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 33/04 (2010.01)	HO 1 L 33/00 1 1 0	5 F 0 4 5
HO 1 L 33/32 (2010.01)	HO 1 L 33/00 1 8 6	5 F 1 4 1
HO 1 L 21/205 (2006.01)	HO 1 L 21/205	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 34 頁)

(21) 出願番号 特願2012-547950 (P2012-547950)
 (86) (22) 出願日 平成23年1月3日 (2011.1.3)
 (85) 翻訳文提出日 平成24年9月4日 (2012.9.4)
 (86) 国際出願番号 PCT/KR2011/000002
 (87) 国際公開番号 W02011/083940
 (87) 国際公開日 平成23年7月14日 (2011.7.14)
 (31) 優先権主張番号 10-2010-0113666
 (32) 優先日 平成22年11月16日 (2010.11.16)
 (33) 優先権主張国 韓国 (KR)
 (31) 優先権主張番号 10-2010-0052861
 (32) 優先日 平成22年6月4日 (2010.6.4)
 (33) 優先権主張国 韓国 (KR)
 (31) 優先権主張番号 10-2010-0052860
 (32) 優先日 平成22年6月4日 (2010.6.4)
 (33) 優先権主張国 韓国 (KR)

(71) 出願人 506029004
 ソウル オプト デバイス カンパニー
 リミテッド
 大韓民国 425-851 キョンギード
 アンサン-シ ダンウォン-グ ウォン
 シードン 727-5 ブロック 1-3
 6
 (74) 代理人 110000408
 特許業務法人高橋・林アンドパートナーズ
 キム, カン ジュン
 (72) 発明者
 大韓民国 425-851, キョンギード
 , アンサン-シ, タノン-グ, ウォンシ
 ドン, 727-5, 1B-36

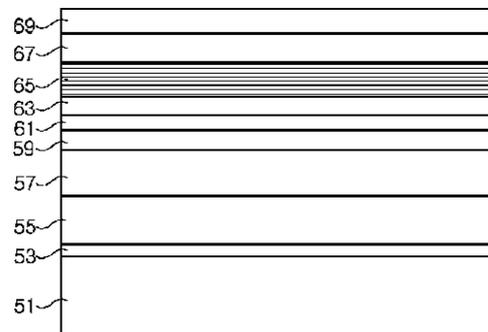
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光ダイオード及びその製造方法

(57) 【要約】

信頼性のある発光ダイオード及びその製造方法が開示される。本発明の一態様による発光ダイオードは、シリコンがドーピングされたn型コンタクト層と、p型コンタクト層と、n型コンタクト層とp型コンタクト層との間に介在する活性領域と、n型コンタクト層と活性領域との間に介在する超格子層と、超格子層とn型コンタクト層との間に介在する非ドーブ中間層と、非ドーブ層と超格子層との間に介在する電子補強層と、を備える。超格子層は、活性領域に最も近い最終層にのみ意図的にシリコンがドーピングされ、最終層のシリコンドーピング濃度は、n型コンタクト層のシリコンドーピング濃度よりも高い。活性領域に近く位置する超格子層の殆ど全ての層にシリコンを意図的にドーピングしていないので、漏れ電流を減少させることができ、活性領域に最も近い最終層に高濃度のシリコンをドーピングすることにより、接合特性が悪くなることを防ぎ、静電放電特性を改善できる。

[Fig. 2]



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

シリコンがドーブされた n 型コンタクト層と、
 p 型コンタクト層と、
 前記 n 型コンタクト層と p 型コンタクト層との間に介在する活性領域と、
 前記 n 型コンタクト層と前記活性領域との間に介在する超格子層と、
 前記超格子層と前記 n 型コンタクト層との間に介在する非ドーブ中間層と、
 前記非ドーブ層と前記超格子層との間に介在する電子補強層と、を備え、
 前記超格子層は、前記活性領域に最も近い最終層にのみ意図的にシリコンがドーブされ、
 前記最終層のシリコンドーピング濃度は、前記 n 型コンタクト層のシリコンドーピング濃度よりも高いことを特徴とする発光ダイオード。 10

【請求項 2】

前記超格子層の最終層が、活性領域に接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。

【請求項 3】

前記電子補強層には、シリコンがドーブされ、前記電子補強層のシリコンドーピング濃度が、前記 n 型コンタクト層のシリコンドーピング濃度よりも高いことを特徴とする請求項 1 に記載の発光ダイオード。

【請求項 4】

前記電子補強層が、前記超格子層に接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。 20

【請求項 5】

前記電子補強層が GaN で形成され、前記超格子層が GaN と InGa_N を交互に積層して形成され、前記超格子層の最終層が GaN で形成されたことを特徴とする請求項 4 に記載の発光ダイオード。

【請求項 6】

前記 n 型コンタクト層が GaN 層を有し、前記非ドーブ層が GaN で形成されたことを特徴とする請求項 5 に記載の発光ダイオード。

【請求項 7】

前記超格子層の最終層のシリコンドーピング濃度が、前記電子補強層のシリコンドーピング濃度と同一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。 30

【請求項 8】

基板上にバッファ層を形成し、
 前記バッファ層上にシリコンがドーブされた n 型コンタクト層を形成し、
 前記 n 型コンタクト層上に非ドーブ中間層を形成し、
 前記中間層上に電子補強層を形成し、
 前記電子補強層上に超格子層を形成し、
 前記超格子層上に活性領域を形成することを含み、
 前記超格子層が、最終層にのみシリコンがドーブされ、前記最終層のシリコンドーピング濃度が、n 型コンタクト層のシリコンドーピング濃度よりも高いことを特徴とする発光ダイオードの製造方法。 40

【請求項 9】

チャンパー内に窒素ソースガス及び金属ソースガスを供給し、第 1 の温度で窒化ガリウム系半導体層の電子補強層を成長させ、

前記金属ソースガスの供給を中断し、前記成長された n 側窒化ガリウム系半導体層を前記第 1 の温度の基板上で第 1 の時間維持し、

前記第 1 の時間が経過した後、前記基板の温度を第 2 の温度に下げ、

前記チャンパー内に金属ソースガスを供給し、前記第 2 の温度で前記超格子層を成長させることを含むことを特徴とする請求項 8 に記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項 10】

前記第 1 の時間が 3 分乃至 10 分の範囲内であることを特徴とする請求項 9 に記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項 11】

前記超格子層上に活性層を成長させた後、金属ソースガスの供給を中断し、前記基板の温度を、第 2 の時間第 3 の温度に上げ、前記第 3 の温度で前記活性層上に p 型窒化ガリウム系半導体層を成長させることを含むことを特徴とする請求項 9 に記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項 12】

前記第 2 の時間が 5 分乃至 15 分の範囲内であることを特徴とする請求項 11 に記載の発光ダイオードの製造方法。

10

【請求項 13】

シリコンがドーブされた n 型コンタクト層と、p 型コンタクト層と、前記 n 型コンタクト層と p 型コンタクト層との間に介在する活性領域と、前記 n 型コンタクト層と前記活性領域との間に介在する超格子層と、前記超格子層と前記 n 型コンタクト層との間に介在する非ドーブ中間層と、前記非ドーブ層と前記超格子層との間に介在する電子補強層と、を備え、前記 n 型コンタクト層が、n 型 GaN 層及び前記 n 型 GaN 層間に介在する n 型 AlGaIn 層を有することを特徴とする発光ダイオード。

【請求項 14】

基板と、前記基板上に位置する低温バッファ層と、前記低温バッファ層と前記 n 型コンタクト層との間に介在する非ドーブ GaN 層をさらに有することを特徴とする請求項 13 に記載の発光ダイオード。

20

【請求項 15】

前記超格子層が、前記活性領域に最も近い最終層にのみ意図的にシリコンがドーブされ、前記最終層のシリコンドーピング濃度が、前記 n 型コンタクト層のシリコンドーピング濃度よりも高いことを特徴とする請求項 13 に記載の発光ダイオード。

【請求項 16】

前記超格子層の最終層が、活性領域に接することを特徴とする請求項 15 に記載の発光ダイオード。

30

【請求項 17】

前記超格子層が、GaN と InGaN を交互に積層して形成されるが、前記超格子層の最終層が GaN で形成されたことを特徴とする請求項 16 に記載の発光ダイオード。

【請求項 18】

前記超格子層の最終層のシリコンドーピング濃度が、前記電子補強層のシリコンドーピング濃度と同一であることを特徴とする請求項 13 に記載の発光ダイオード。

【請求項 19】

前記超格子層の最終層のシリコンドーピング濃度が、前記電子補強層のシリコンドーピング濃度と同一であることを特徴とする請求項 13 に記載の発光ダイオード。

40

【請求項 20】

前記電子補強層が、前記超格子層に接することを特徴とする請求項 13 に記載の発光ダイオード。

【請求項 21】

n 型コンタクト層と、前記 n 型コンタクト層の上部に形成された p 型コンタクト層と、前記 n 型コンタクト層と前記 p 型コンタクト層との間に介在する多重量子井戸構造の活性領域と、前記 n 型コンタクト層と前記活性領域との間に介在するスペーサ層と、を備え、前記スペーサ層は、n 型不純物がドーブされており、前記 n 型不純物のドーピング濃度

50

は、前記 n 型コンタクト層の不純物ドーピング濃度よりも相対的に高く、
前記活性領域は、n 型不純物が非ドーブされたことを特徴とする発光ダイオード。

【請求項 22】

前記スペーサ層は、In を含み、前記 In 含量は、前記活性領域の障壁層での In 含量よりも低く、前記井戸層での In 含量よりは高いことを特徴とする請求項 21 に記載の発光ダイオード。

【請求項 23】

前記活性領域が、InGa_N層を有する多重量子井戸構造であることを特徴とする請求項 21 に記載の発光ダイオード。

【請求項 24】

前記スペーサ層が、InGa_N層を有することを特徴とする請求項 21 に記載の発光ダイオード。

【請求項 25】

前記スペーサ層が、In_xGa_{1-x}N (0 < x < 1) と In_yGa_{1-y}N (0 < y < 1) が交互に積層されたことを特徴とする請求項 24 に記載の発光ダイオード。

【請求項 26】

前記スペーサ層が、互いに交互に積層された超格子層を有することを特徴とする請求項 21 に記載の発光ダイオード。

【請求項 27】

前記スペーサ層が、複数層からなり、前記活性領域と隣接した少なくとも一つの層には、n 型不純物がドーブされており、その残りの層は、n 型不純物が非ドーブされているが、前記 n 型不純物のドーピング濃度が、前記 n 型コンタクト層の不純物ドーピング濃度よりも相対的に高いことを特徴とする請求項 21 に記載の発光ダイオード。

【請求項 28】

前記スペーサ層と前記 n 型コンタクト層との間に形成された中間層をさらに有し、
前記中間層は、n 型不純物が、前記 n 型コンタクト層の不純物ドーピング濃度よりも相対的に高く、前記スペーサ層での前記 n 型不純物濃度よりは相対的に低くドーブされた層を有することを特徴とする請求項 21 に記載の発光ダイオード。

【請求項 29】

前記中間層が、n 型 AlGa_N層を有することを特徴とする請求項 28 に記載の発光ダイオード。

【請求項 30】

前記 n 型 AlGa_N層が、前記活性領域に近いほど、Al の組成が次第にまたは段階的に低くなることを特徴とする請求項 29 に記載の発光ダイオード。

【請求項 31】

前記 n 型 AlGa_N層が、AlGa_N/Ga_Nまたは AlGa_N/InGa_Nの多層膜構造で形成されたことを特徴とする請求項 29 に記載の発光ダイオード。

【請求項 32】

前記中間層が、前記スペーサ層と n 型 AlGa_N層との間に n Ga_N層をさらに有することを特徴とする請求項 29 に記載の発光ダイオード。

【請求項 33】

前記中間層が、前記 n 型 AlGa_N層と前記 n 型コンタクト層との間に、非ドーブされた Ga_N層、ロードドーブされた n Ga_N層の少なくとも一つをさらに有することを特徴とする請求項 29 に記載の発光ダイオード。

【請求項 34】

前記活性領域と前記 p 型コンタクト層との間に形成された p 型クラッド層をさらに含むことを特徴とする請求項 21 に記載の発光ダイオード。

【請求項 35】

前記 p 型クラッド層が、p 型 AlGa_N層を有することを特徴とする請求項 34 に記載の発光ダイオード。

10

20

30

40

50

【請求項 36】

前記 p 型 AlGaIn 層が、AlGaIn/GaN または AlGaIn/InGaIn の多層膜構造で形成されたことを特徴とする請求項 35 に記載の発光ダイオード。

【請求項 37】

前記 p 型 AlGaIn 層は、前記活性領域に隣接した層が AlGaIn で形成されたことを特徴とする請求項 36 に記載の発光ダイオード。

【請求項 38】

前記 p 型 AlGaIn 層は、前記活性領域に隣接した前記 AlGaIn 層が、前記 p 型クラッド層内の他の層に比べて薄いことを特徴とする請求項 36 に記載の発光ダイオード。

【請求項 39】

前記 p 型 AlGaIn 層は、前記 p 型コンタクト層に行くほど Al の組成が次第にまたは段階的に低くなることを特徴とする請求項 35 に記載の発光ダイオード。

【請求項 40】

前記活性領域と前記 p 型クラッド層との間に InAlN 層をさらに有することを特徴とする請求項 34 に記載の発光ダイオード。

【請求項 41】

前記 InAlN 層が、InN/AlN の超格子構造で形成されたことを特徴とする請求項 40 に記載の発光ダイオード。

【請求項 42】

前記 InAlN 層が、InN/AlN の超格子構造において、InN 層に p 型不純物がドーピングされたことを特徴とする請求項 41 に記載の発光ダイオード。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、発光ダイオード及びその製造方法に関し、より詳しくは、静電放電特性及び/または発光効率が向上した信頼性のある発光ダイオード及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、窒化ガリウム系半導体は、フルカラーディスプレイ、交通信号灯、一般照明、及び光通信機器の光源として、紫外線、青・緑色発光ダイオードまたはレーザダイオードに広く用いられている。このような窒化ガリウム系発光素子は、n 型及び p 型窒化ガリウム半導体層間に位置した InGaIn 系多重量子井戸構造の活性層を有し、前記活性層内の量子井戸層において電子と正孔が再結合する原理により、光を生成し放出させる。

【0003】

図 1 は、従来発光ダイオードを説明するための断面図である。

【0004】

図 1 を参照すると、前記発光ダイオードは、基板 11、低温バッファ層、または核層 13、非ドーピング GaN 層 15、n 型コンタクト層 17、活性領域 25、及び p 型コンタクト層 27 を有する。

【0005】

このような従来発光ダイオードは、n 型コンタクト層 17 と p 型コンタクト層 27 との間で多重量子井戸構造の活性領域 25 を有し、発光効率を改善しており、多重量子井戸構造内の InGaIn 井戸層の In 含量を調節し、所望の波長の光を放出することができる。

【0006】

前記 n 型コンタクト層 17 は、通常、 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ の範囲内のドーピング濃度を有し、電子を供給する役割をする。発光ダイオード内における電流分散性能は、発光ダイオードの発光効率に大きな影響を与える。前記 n 型コンタクト層 17 及び p 型コンタクト層 27 に、それぞれ n⁻電極及び p⁻電極（図示せず）を形成する場合、n⁻電極及び p⁻電極がコンタクト層 17、27 に接触する面積の大きさ及び

10

20

30

40

50

位置等により、電流集中現象が発生する。静電放電のような高電圧が発光ダイオードに印加される場合、電流集中に起因して発光ダイオードが破壊されやすい。しかも、低温バッファ層13で生成した貫通転位(threading dislocation)が、非ドープGa_{0.5}In_{0.5}N層15、n型コンタクト層17、活性領域25、及びp型コンタクト層27に転写され、これらの貫通転位を通じて電流が集中的に流れるため、静電放電特性がさらに悪くなる。

【0007】

また、Ga_{0.5}In_{0.5}NとIn_{0.5}Nとの間に約11%の格子不整合が存在しているため、InGa_{0.5}N系多重量子井戸構造では、量子井戸と量子障壁との界面に強力な歪みが発生してしまう。このような歪みは、量子井戸内に圧電場を引き起こし、内部量子効率の低下を招く。特に、緑色発光ダイオードの場合、量子井戸に含有されるInの量が増加するため、圧電場により内部量子効率がさらに減少する。

10

【0008】

InGa_{0.5}N発光ダイオードにおいて、多重量子井戸構造の活性領域は、一般に、InGa_{0.5}N井戸層とInGa_{0.5}N障壁層が交互に積層されて形成される。前記井戸層は、障壁層に比べてバンドギャップの小さな半導体層で形成され、前記井戸層において、電子と正孔の再結合が発生する。また、駆動電圧V_fを低めるために、障壁層にSiがドープされてもよい。しかしながら、Siドーピングは、活性領域の結晶質に悪影響を及ぼす。また、エピタキシャル成長技術の限界により、Siをドープすることにより、多重量子井戸構造の活性領域が相対的に厚くなるという問題点があった。特に、Inが含まれた活性領域にSiをドープする場合、活性領域表面及び内部に結晶欠陥が多く発生し、分極電場により、空間電荷分離現象が発生し、波長シフトが発生し易い。

20

【0009】

一方、低電流下では、注入電流を増加させることにより、外部量子効率が高くなるが、高電流下では、注入電流を増加させることにより、かえって、外部量子効率が低くなる現象が発見される。このような現象は、効率ドループと呼ばれ、特に、高出力発光ダイオードの高効率化を制限する。

【0010】

効率ドループを引き起こす原因としては、熱振動、オージェ再結合、多重量子井戸構造内における内部電場、結晶構造による非再結合率等が挙げられる。

【0011】

熱またはジュール加熱による熱振動により、電子と正孔が活性層領域に長く留まらず、効率低下が起こり、高電流注入の際、キャリア濃度の増加によるオージェ再結合の発生により、効率低下が起こり得る。また、高電圧印加による電子オーバーフローのため、非再結合率が増加することにより、効率低下を引き起こされ、半導体結晶内の欠陥による非発光再結合率の増加により、効率低下を引き起こされる。

30

【0012】

一方、電子が活性層の外部に放出されることを防ぐために、活性層上にAlGa_{0.5}N電子ブロック層(EBL)が形成される。しかしながら、活性層と電子ブロック層内に自発分極及びピエゾ分極により、内部電場が発生され得る。活性層及び電子ブロック層内における内部電場により、電子が多重量子井戸構造の活性層を通過するためには、高い印加電圧が必要である。特に、350mAの高出力ダイオードにおいて、印加電圧がビルトイン電圧よりも大きくなると、活性層を中心として、n側における伝導バンドがp側での伝導バンドよりも高いエネルギー準位を有し、電子ブロック層のエネルギー準位が低くなり、漏れ電流が増加する結果を招く。電子ブロック層のエネルギー準位を高くするためには、電子ブロック層内におけるAl組成を増加させてもよいが、このような方法は、結晶質を低くする。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

本発明は、上記問題点に鑑みなされたものであり、その目的は、改善した静電放電特性

50

を有する発光ダイオードを提供することにある。

【0014】

また、他の目的は、電流漏れの低い発光ダイオードを提供することにある。

【0015】

また、また他の目的は、電流分散性能を改善した発光ダイオードを製造する方法を提供することにある。

【0016】

また、また他の目的は、内部電場の発生を緩和し、駆動電圧を低くすることができる発光ダイオードを提供することにある。

【0017】

また、さらに他の目的は、効率ドループを緩和することができる発光ダイオードを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0018】

上記目的を達成するために、本発明の一態様による発光ダイオードは、シリコンがドーブされたn型コンタクト層と、p型コンタクト層と、前記n型コンタクト層とp型コンタクト層との間に介在する活性領域と、前記n型コンタクト層と前記活性領域との間に介在する超格子層と、前記超格子層と前記n型コンタクト層との間に介在する非ドーブ中間層と、前記非ドーブ層と前記超格子層との間に介在する電子補強層と、を備える。また、前記超格子層は、前記活性領域に最も近い最終層にのみ意図的にシリコンがドーブされ、前記最終層のシリコンドーピング濃度は、前記n型コンタクト層のシリコンドーピング濃度よりも高い。活性領域に近く位置する超格子層の殆ど全ての層にシリコンを意図的にドーブしていないので、漏れ電流を減少させることができ、活性領域に最も近い最終層に高濃度のシリコンをドーブすることにより、接合特性が悪くなることを防ぎ、静電放電特性を改善することができる。特に、前記超格子層の最終層は、前記活性領域に接することができる。

【0019】

一方、前記電子補強層には、シリコンがドーブされてもよく、この際、前記電子補強層のシリコンドーピング濃度は、前記n型コンタクト層のシリコンドーピング濃度よりも高いことが好ましい。さらには、前記電子補強層は、前記超格子層に接することができる。また、前記電子補強層は、GaNで形成され、前記超格子層は、GaNとInGaNを交互に積層して形成することができる。この際、前記超格子層の最終層は、GaNで形成される。一方、前記超格子層の最終層のシリコンドーピング濃度は、前記電子補強層のシリコンドーピング濃度とほぼ同一であってもよい。

【0020】

一方、前記n型コンタクト層は、GaN層を有してもよい。また、前記非ドーブ中間層は、GaNで形成されてもよい。前記非ドーブ中間層は、n型コンタクト層に比べて相対的に高い比抵抗を有する。したがって、前記非ドーブ中間層をn型コンタクト層上に配置することにより、前記n型コンタクト層内において電子が均一に分散され得る。

【0021】

本発明の他の態様によると、発光ダイオードの製造方法が提供される。この方法は、基板上にバッファ層を形成し、前記バッファ層上にシリコンがドーブされたn型コンタクト層を形成し、前記n型コンタクト層上に非ドーブ中間層を形成し、前記中間層上に電子補強層を形成し、前記電子補強層上に超格子層を形成し、前記超格子層上に活性領域を形成することを含む。ここで、前記超格子層は、最終層にのみシリコンがドーブされ、前記最終層のシリコンドーピング濃度は、n型コンタクト層のシリコンドーピング濃度よりも高い。

【0022】

さらには、前記方法は、チャンパー内に窒素ソースガス及び金属ソースガスを供給し、第1の温度で窒化ガリウム系半導体層の前記電子補強層を成長させ、前記金属ソースガス

10

20

30

40

50

の供給を中断し、前記成長された n 側窒化ガリウム系半導体層を前記第 1 の温度の基板上で第 1 の時間維持し、前記第 1 の時間が経過した後、前記基板の温度を第 2 の温度に下げ、前記チャンパー内に金属ソースガスを供給し、前記第 2 の温度で前記超格子層を成長させることができる。前記第 1 の時間は、3 分乃至 10 分の範囲内であってもよい。

【0023】

また、前記超格子層上に活性層を成長させた後、金属ソースガスの供給を中断し、前記基板の温度を、第 2 の時間第 3 の温度に上げ、前記第 3 の温度で前記活性層上に p 型窒化ガリウム系半導体層を成長させることができる。前記第 2 の時間は、5 分乃至 15 分の範囲内であってもよい。

【0024】

電子補強層を、超格子層の成長温度に下げる前に、電子補強層の成長に好適な温度またはその付近の温度で、第 1 の時間維持することにより、前記第 1 の時間、チャンパー内に残留する金属ソースガスが外部に排出され、超格子層成長温度に基板温度を下げる間、電子補強層上に結晶品質のよくない窒化物層が生成することを防止することができる。さらには、前記第 1 の時間、基板上に成長された n 側窒化ガリウム系半導体層が熱処理されて結晶品質が向上する。

【0025】

本発明の他の態様による発光ダイオードは、シリコンがドーブされた n 型コンタクト層と、p 型コンタクト層と、前記 n 型コンタクト層と p 型コンタクト層との間に介在する活性領域と、前記 n 型コンタクト層と前記活性領域との間に介在する超格子層と、前記超格子層と前記 n 型コンタクト層との間に介在する非ドーブ中間層と、前記非ドーブ層と前記超格子層との間に介在する電子補強層と、を備える。また、前記 n 型コンタクト層は、n 型 GaN 層及び前記 n 型 GaN 層間に介在する n 型 AlGaIn 層を有する。

【0026】

また、前記発光ダイオードは、基板と、前記基板上に位置する低温バッファ層と、前記低温バッファ層と前記 n 型コンタクト層との間に介在する非ドーブ GaN 層をさらに有してもよい。

【0027】

前記 n 型 GaN 層間に n 型 AlGaIn 層を挿入することにより、低温バッファ層で生成した貫通転位が活性領域に転写されることを遮断して漏れ電流を低くし、静電放電特性を改善することができる。

【0028】

また、前記超格子層は、前記活性領域に最も近い最終層にのみ意図的にシリコンがドーブされ、前記最終層のシリコンドーピング濃度は、前記 n 型コンタクト層のシリコンドーピング濃度よりも高くてもよい。活性領域に近く位置する超格子層の殆ど全ての層に、シリコンを意図的にドーブしていないので、漏れ電流を減少させることができ、活性領域に最も近い最終層に高濃度のシリコンをドーブすることにより、接合特性が悪くなることを防止し、静電放電特性を改善することができる。特に、前記超格子層の最終層は、前記活性領域に接してもよい。

【0029】

一方、前記電子補強層には、シリコンがドーブされてもよく、この際、前記電子補強層のシリコンドーピング濃度は、前記 n 型コンタクト層のシリコンドーピング濃度よりも高いことが好ましい。さらには、前記電子補強層は、前記超格子層に接することができる。また、前記電子補強層は、GaN で形成され、前記超格子層は、GaN と InGaIn を交互に積層して形成されてもよい。この際、前記超格子層の最終層は、GaN で形成される。一方、前記超格子層の最終層のシリコンドーピング濃度は、前記電子補強層のシリコンドーピング濃度とほぼ同一であってもよい。

【0030】

一方、前記非ドーブ中間層は、GaN で形成されてもよい。前記非ドーブ中間層は、n 型コンタクト層に比べて相対的に高い比抵抗を有する。したがって、前記非ドーブ中間層

10

20

30

40

50

を n 型コンタクト層上に配置することにより、前記 n 型コンタクト層内において電子が均一に分散され得る。

【0031】

本発明の他の態様によると、n 型コンタクト層と、前記 n 型コンタクト層の上部に形成された p 型コンタクト層と、前記 n 型コンタクト層と前記 p 型コンタクト層との間に介在する多重量子井戸構造の活性領域と、前記 n 型コンタクト層と前記活性領域との間に介在するスペーサ層と、を備え、前記スペーサ層は、n 型不純物がドーピングされており、前記 n 型不純物のドーピング濃度は、前記 n 型コンタクト層の不純物ドーピング濃度よりも相対的に高く、前記活性領域は、n 型不純物が非ドーピングされたダイオードが提供される。

【0032】

前記スペーサ層は、In を含み、前記 In 含量は、前記活性領域の障壁層での In 含量よりも低く、前記井戸層での In 含量よりは高くてもよい。

【0033】

前記活性領域は、InGa_N層を有する多重量子井戸構造であってもよい。

【0034】

前記スペーサ層は、InGa_N層を有してもよく、In_xGa_{1-x}N (0 < x < 1) と In_yGa_{1-y}N (0 < y < 1) が交互に積層されたものであってもよい。前記スペーサ層は、互いに交互に積層された超格子層を有してもよい。

【0035】

前記スペーサ層は、複数層からなり、前記活性領域と隣接した少なくとも一つの層には、n 型不純物がドーピングされており、その残りの層は、n 型不純物が非ドーピングされているが、前記 n 型不純物のドーピング濃度は、前記 n 型コンタクト層の不純物ドーピング濃度よりも相対的に高くてもよい。

【0036】

前記発光ダイオードは、前記スペーサ層と前記 n 型コンタクト層との間に形成された中間層をさらに有し、前記中間層は、前記 n 型コンタクト層の不純物ドーピング濃度よりも相対的に高く、前記スペーサ層での前記 n 型不純物濃度よりは相対的に低く、n 型不純物がドーピングされた層を有してもよい。

【0037】

前記中間層は、n 型 AlGa_N層を有してもよい。前記 n 型 AlGa_N層は、前記活性領域に近いほど、Al の組成が次第にまたは段階的に低くなってもよい。前記 n 型 AlGa_N層は、AlGa_N/Ga_Nまたは AlGa_N/InGa_Nの多層膜構造で形成されてもよい。前記中間層は、前記スペーサ層と n 型 AlGa_N層との間に n Ga_N層をさらに有してもよい。前記中間層は、前記 n 型 AlGa_N層と前記 n 型コンタクト層との間に、非ドーピングされた Ga_N層、ロードーピングされた n Ga_N層の少なくとも一つをさらに有してもよい。

【0038】

前記発光ダイオードは、前記活性領域と前記 p 型コンタクト層との間に形成された p 型クラッド層をさらに有してもよい。前記 p 型クラッド層は、p 型 AlGa_N層を有してもよい。前記 p 型 AlGa_N層は、AlGa_N/Ga_Nまたは AlGa_N/InGa_Nの多層膜構造で形成されてもよい。前記 p 型 AlGa_N層は、前記活性領域に隣接した層が、AlGa_Nで形成されてもよい。前記 p 型 AlGa_N層は、前記活性領域に隣接した前記 AlGa_N層が、前記 p 型クラッド層内の他の層に比べて薄くてもよい。前記 p 型 AlGa_N層は、前記 p 型コンタクト層に行くほど Al の組成が次第にまたは段階的に低くなってもよい。

【0039】

前記発光ダイオードは、前記活性領域と前記 p 型クラッド層との間に InAl_N層をさらに有してもよい。前記 InAl_N層は、InN/AlN の超格子構造で形成されてもよい。前記 InAl_N層は、InN/AlN の超格子構造において、InN 層に p 型不純物がドーピングされてもよい。

10

20

30

40

50

【発明の効果】

【0040】

本発明によると、活性領域の近くに配置された超格子層内の大部分の領域に不純物を意図的にドーピングせず、その最終層に高濃度のシリコンをドーピングすることにより、漏れ電流特性及び静電放電特性を向上させることができる。また、前記超格子層とn型コンタクト層との間に非ドーピング中間層と電子補強層とを介在させることにより、電流を分散させることができ、順方向電圧の増加を防止することができる。

【0041】

さらには、電子補強層を成長させた後、電子補強層の成長温度で所定の時間維持することにより、電子補強層の結晶品質を向上させることができ、また、活性層を成長させた後、金属ソースガスの供給を中断し、p側窒化ガリウム系半導体層を成長させるのに好適な温度に基板温度を上昇させる時間を相対的に長くすることにより、漏れ電流を低くすることができる。

10

【0042】

また、前記n型Ga_{0.9}N層間にn型AlGa_{0.1}N層を挿入することにより、低温バッファ層で生成した貫通電位が活性領域に転写されることを遮断し、漏れ電流を低くし、静電放電特性を改善することができる。

【0043】

また、活性領域の結晶質を改善し、活性領域内においてキャリアの再結合を高くすることができる。また、複数層からなるスペーサ層を、コンタクト層と活性領域との間に形成することにより、活性領域で発生する歪みを緩和することができる。また、活性領域と隣接した層にのみ選択的にn型不純物がドーピングされたスペーサ層を介して活性領域での駆動電圧を低くすることができる。さらには、電子ブロック層の役割を増加させ、活性領域でのキャリア再結合率を増加させることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0044】

【図1】従来の発光ダイオードを説明するための断面図である。

【図2】本発明の一実施例による発光ダイオードを説明するための断面図である。

【図3】本発明の一実施例による発光ダイオードのシリコンドーピングプロファイルを説明するための概略図である。

30

【図4】本発明の他の実施例による発光ダイオードを説明するための断面図である。

【図5】本発明の一実施例による発光ダイオードの製造方法を説明するための概略的な温度プロファイルである。

【図6】本発明の他の実施例による発光ダイオードを説明するための断面図であり、シリコンドーピングプロファイル及びスペーサ層の構造を示す図である。

【図7】本発明の他の実施例による発光ダイオードを説明するための断面図であり、シリコンドーピングプロファイル及びスペーサ層の構造を示す図である。

【図8】本発明の他の実施例による発光ダイオードを説明するための断面図であり、シリコンドーピングプロファイル及びスペーサ層の構造を示す図である。

【図9】本発明の他の実施例による発光ダイオードを説明するための断面図及びシリコンドーピングプロファイルを示す図である。

40

【図10】本発明の他の実施例による発光ダイオードを説明するための断面図及びシリコンドーピングプロファイルを示す図である。

【図11】本発明の他の実施例による発光ダイオードを説明するための断面図である。

【図12】本発明の他の実施例による発光ダイオードを説明するための断面図である。

【図13】本発明の他の実施例による発光ダイオードを説明するための断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0045】

以下、添付した図面に基づき、本発明の好適な実施例について詳述する。以下に紹介される実施例は、本発明の思想を当業者に充分伝達するために、例として提供されるもので

50

ある。従って、本発明は、後述する実施例に限定されず、他の形態に具体化され得る。なお、図面において、構成要素の幅、長さ、厚さ等は、説明の便宜のために誇張して表現されることもある。明細書の全体にわたって、同一の参照番号は、同一の構成要素を示す。

【0046】

図2は、本発明の一実施例による発光ダイオードを説明するための断面図であり、図3は、前記発光ダイオードの概略的なシリコンドーピングプロファイルを示す。

【0047】

図2及び図3を参照すると、前記発光ダイオードは、n型コンタクト層57、非ドープ中間層59、電子補強層61、超格子層63、活性領域65、及びp型コンタクト層69を有する。また、前記発光ダイオードは、基板51、低温バッファ層、または核層53及びバッファ層55を有してもよく、p型クラッド層67を有してもよい。

10

【0048】

前記基板51は、窒化ガリウム系半導体層を成長させるための基板であって、サファイア、SiC、スフィネル等、特に制限されず、例えば、パターニングされたサファイア基板(PSS)であってもよい。

【0049】

前記核層53は、基板51上にバッファ層55を成長させるために、400~600の低温で、(Al、Ga)Nで形成されてもよく、好ましくは、GaNまたはAlNで形成される。前記核層は、約25nmの厚さで形成されてもよい。バッファ層55は、基板51とn型コンタクト層57との間で、電位のような欠陥発生を緩和するための層であり、相対的に高温で成長される。前記バッファ層55は、例えば、非ドープGaNで形成されてもよい。

20

【0050】

前記n型コンタクト層57は、n型不純物、例えば、Siがドープされた窒化ガリウム系半導体層で形成される。前記n型コンタクト層57は、GaN層を有してもよく、単一層または多重層で形成されてもよい。図4に示すように、前記n型コンタクト層57は、n型の第1のGaN層57a、n型のAlGaN層57b、第2のGaN層57cを有してもよい。すなわち、AlGaN層57bがGaN層57a、57c間に介在する。前記n型コンタクト層にドープされるSiドーピング濃度は、 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ の範囲内であってもよい。

30

【0051】

例えば、図4に示すように、第1のn型GaN層57aを成長させた後、n型AlGaN層57bを成長させると、n型AlGaN層57bにより、二軸応力が発生する。その上に、さらに第2のGaN層57cを成長させると、圧縮応力により前記二軸応力が緩和し、このような応力変化に起因して、貫通電位を減少させることができる。したがって、n型AlGaN層57bをn型GaN層57a、57c間に配置することにより、核層53及び高温バッファ層55を介して転写された貫通電位が活性領域65側に転写されることを防ぐことができる。

【0052】

非ドープ中間層59は、意図的に不純物がドープされていないGaN層であり、100~5000の厚さで形成されてもよい。非ドープ中間層59は、不純物がドープされていないので、n型コンタクト層に比べて相対的に比抵抗が高い。したがって、n型コンタクト層57から活性領域65に流入する電子が非ドープ中間層59を通過する前に、n型コンタクト層57内において均一に分散され得る。

40

【0053】

非ドープ中間層59上に電子補強層61が形成される。前記電子補強層61は、Siが高濃度でドープされたGaN層で10~2000の厚さで形成されてもよく、発光ダイオードの順方向電圧を低くする。図3に示すように、電子補強層61にドープされるSiのドーピング濃度は、n型コンタクト層57のシリコンドーピング濃度よりも高い。電子補強層61内のシリコンドーピング濃度は、n型コンタクト層57のシリコンドーピング

50

濃度の4倍以上であってもよい。

【0054】

前記n型コンタクト層57、非ドーブ中間層59、及び電子補強層61は、チャンパー内に金属ソースガスを供給して連続的に成長されてもよい。金属ソースガスの原料としては、Al、Ga、Inの有機物、例えば、TMA、TMG、及び/またはTMI等が用いられる。これらの層は、第1の温度、例えば、1050 ~ 1150 で成長されてもよい。

【0055】

前記電子補強層61上に超格子層63が形成される。超格子層63は、GaN層とInGaN層を、例えば、それぞれ20 の厚さで交互に積層して形成されてもよい。前記超格子層63の第1層は、GaNまたはInGaNで形成されてもよいが、最終層は、GaNで形成されることが好ましい。前記超格子層63の最終層には、Siが高濃度でドーブされる。前記最終層にドーブされるSiのドーピング濃度は、n型コンタクト層57にドーブされるSiの濃度よりも、例えば、約4倍乃至5倍高くてもよい。また、前記超格子層63の最終層にドーブされるSi濃度は、電子補強層61のドーピング濃度とほぼ同一であってもよい。したがって、前記超格子層63の最終層と前記超格子層63下の電子補強層61が高濃度でドーブされた層で形成され、その間に位置する超格子層63の残りの層は、非ドーブ層で形成される。

10

【0056】

超格子層63の大部分の層が非ドーブ層で形成されるので、発光ダイオードの漏れ電流を減少させることができる。また、超格子層63の最終層を高濃度でドーブすることにより、超格子層63と活性領域との間の接合特性を向上させることができる。

20

【0057】

一方、前記超格子層63は、電子補強層61に比べて相対的に低い温度で成長されてもよい。図5に示すように、前記超格子層63を成長させる前、前記電子補強層61が成長された後、前記金属ソースガスの供給を中断し、前記成長された電子補強層61を前記第1の温度T1の基板21上で、第1の時間t1の間維持する。第1の時間t1は、チャンパー内に残留する金属ソースガスが十分に排出される時間であって、約3分乃至10分、好ましくは、約5分乃至7分であってもよい。また、前記第1の時間t1の間、電子補強層61を含めてn型コンタクト層57及び中間層59が熱処理され、n側半導体層の結晶品質が向上する。

30

【0058】

次いで、基板21の温度を第1の温度T1から第2の温度T2に下げる。前記第2の温度T2は、超格子層63を成長させるのに好適な温度に設定される。前記第2の温度T2、例えば、650 ~ 800 の範囲内であってもよい。

【0059】

前記超格子層63の成長が完了した後、超格子層63上に活性領域65が成長される。活性領域65は、超格子層63と同一または相対的にさらに低温、例えば、650 ~ 750 の範囲内で成長されてもよい。例示を簡略化するために、図5において、活性領域65が超格子層63の成長温度である第2の温度T2で成長されるものと示している。

40

【0060】

活性領域65は、障壁層とInGaN量子井戸層が交互に積層された多重量子井戸構造を有してもよい。前記障壁層は、量子井戸層に比べてバンドギャップの広い窒化ガリウム系半導体層、例えば、GaN、InGaN、AlGaN、またはAlInGaNで形成されてもよい。InGaN量子井戸層内のIn組成比は、所望の光波長によって決定される。活性領域65は、超格子層63の最終層に接してもよい。前記活性領域65の障壁層及び量子井戸層は、活性領域の結晶品質を向上させるために、不純物がドーブされていない非ドーブ層で形成されてもよいが、順方向電圧を低くするために、一部または全体の活性領域内に不純物がドーブされてもよい。

【0061】

50

前記活性領域 6 5 上に p 型コンタクト層 6 9 が位置し、前記活性領域 6 5 と p 型コンタクト層 6 9 との間に p 型クラッド層 6 7 が介在してもよい。例えば、活性領域 6 5 の成長が完了した後、金属ソースガスの供給を中断し、基板 5 1 の温度を第 2 の時間 t 2 第 3 の温度 T 3 に上げる。前記第 2 の時間 t 2 はチャンパー内に残留する金属ソースガスが十分に排出される時間に設定される。例えば、前記第 2 の時間 t 2 は、5 分～15 分の範囲内であってもよい。または、前記活性領域 6 5 の成長が完了した後、金属ソースガスの供給を中断し、基板 5 1 の温度を第 3 の時間、活性領域成長温度、例えば、第 2 の時間 t 2 で第 3 時間維持してもよい。前記第 3 の時間は、例えば、第 1 の時間と同一の時間、すなわち、3 分～10 分の範囲内であってもよい。活性領域 6 5 の成長が完了した後、第 3 の時間、第 2 の温度で維持することと、第 2 の時間 t 2 の間、第 2 の温度から第 3 の温度に上げることは、互いに代替手段として用いられているが、これに限定されず、互いに補充して用いられてもよい。

10

【0062】

次いで、第 3 の温度 T 3 で、チャンパー内に金属ソースガスが供給され、p 側窒化ガリウム系半導体層、例えば、p 型クラッド層 6 7 または p 型コンタクト層 6 9 が成長される。前記 p 型クラッド層 6 7 は、AlGaInN であってもよい。また、前記 p 型コンタクト層 6 9 は、GaN の単一層または GaN 層を有する多層構造であってもよい。

【0063】

発光ダイオードのエピタキシャル層の成長が完了した後、前記エピタキシャル層を用いて個別の発光ダイオードチップが製造される。

20

【0064】

(実験例 1)

MOCVD 装置を用いて、図 2 及び図 3 を参照して、上述した構造のエピタキシャル層を成長させた。ここで、他の条件は、全て同一であり、GaN/InGaN 超格子層における Si ドーピング位置を異ならせた。非ドーブ GaN バッファ層 5 5 上に、n 型コンタクト層 5 7、非ドーブ中間層 5 9、高濃度でドーブされた GaN 電子補強層 6 1 を順次成長させ、前記電子補強層 6 1 上に前記超格子層を成長させ、超格子層上に多重量子井戸構造の活性領域 6 5、p 型 AlGaInN クラッド層 6 7、p 型 GaN コンタクト層 6 9 を順次成長させた。

【0065】

比較例は、超格子層内の全ての GaN 層に Si をドーブし、実施例は、超格子層の最終層である GaN 層にのみ、電子補強層 6 1 と同一の高濃度で Si をドーブした。成長されたエピタキシャル層を基板と一緒に分割し、光学特性及び電気的特性を測定しており、その結果を表 1 に示した。ここで、静電放電 (ESD) 特性は、同一のウエハにおいて作製された良好な発光ダイオードに対して、1000 V の逆方向電圧を用いて、静電放電試験を行った後の不良発生を確認し、ESD パス比率を示し、光出力及び電気的特性値は、ESD 試験前に測定された値を、比較例を基準として百分率で示した。

30

【0066】

【表 1】

	ESD パス 比率	ピーク 波長 (nm)	順方向 電圧 (Vf)	光出力	漏れ電流 @-5V	逆方向 電圧 (Vr)@10 μA
比較例	0%	456.6	100	100	100	100
実施例	92%	451.5	100.6	97.4	11.61	118.6

40

【0067】

表 1 を参照すると、本発明による実施例は、比較例と対比して、ピーク波長が少し減少

50

し、順方向電圧が少し増加しており、光出力が少し減少しているが、大きさ差を示さない。しかし、実施例は、比較例に比べて漏れ電流が急に減少するものと示され、ESD特性が極めて向上したことを示している。

【0068】

(実験例2)

MOCVD装置を用いて、図3及び図4を参照して、上述した構造のエピタキシャル層を成長させた。ここで、他の条件は、全て同一であり、n型コンタクト層をn型GaNのみで形成した場合(比較例)と、n型GaN層間にn型AlGaN層を介在させた場合(実施例)とを比較した。

【0069】

成長されたエピタキシャル層を基板と一緒に分割し、光学特性及び電気的特性を測定しており、その結果を表2に示した。ここで、静電放電(ESD)特性は、同一のウエハにおいて作製された良好な発光ダイオードに対して、1000Vの逆方向電圧を用いて、静電放電試験を行った後の不良発生を確認し、ESDパス比率を示し、光出力及び漏れ電流は、ESD試験後、良好な発光ダイオードにおいて測定された値を、比較例を基準として百分率で示した。

【0070】

【表2】

	ESD パス比率	ピーク波長 (nm)	光出力	漏れ電流 @-5V
比較例	69.34%	454.0	100	100
実施例	87.68%	453.64	98.9	100

【0071】

表2を参照すると、本発明による実施例は、比較例と対比してピーク波長が少し減少し、光出力が少し減少するものと示された。しかし、実施例は、比較例に比べてESD特性が相当に向上したものと示され、ESDを通過した発光ダイオードの漏れ電流は、比較例と実施例において差がなかった。

【0072】

図6は、本発明の一実施例による発光ダイオードを説明するための断面図であり、図7は、前記発光ダイオードの概略的なシリンドーピングプロファイルを示し、図8は、前記発光ダイオードのスペーサ層の構造を示す図である。

【0073】

図6乃至図8を参照すると、前記発光ダイオードは、基板121、n型コンタクト層126、スペーサ層128、多重量子井戸構造の活性領域129、p型コンタクト層133を有する。また、核層123及び非ドーパGaN層(u-GaN)125が、前記基板121とn型コンタクト層126との間に介在してもよい。

【0074】

前記基板121は、窒化ガリウム系半導体層を成長させるための基板であって、サファイア、SiC、スフィネル等、特に制限されず、例えば、パターンニングされたサファイア基板(PSS)であってもよい。

【0075】

前記核層123は、基板121上にu-GaN層125を成長させるために、400~600の低温で、(Al、Ga)Nで形成されてもよく、好ましくは、AlNで形成される。前記核層は、約25nmの厚さで形成されてもよい。

【0076】

u-GaN層125は、基板121とn型コンタクト層126との間で、電位のような欠陥発生を緩和するための層であり、相対的に高温、例えば、900~1200で成長

10

20

30

40

50

される。

【0077】

前記n型コンタクト層126は、n⁻電極139が形成される層であり、SiまたはGeのようなn型不純物がドーピングされてもよい。例えば、前記n型コンタクト層126の不純物濃度は、例えば、 $5 \times 10^{18} \text{ atm/cm}^3$ であってもよく、相対的に高温、第1の温度T1、例えば、900~1200で、例えば、2 μm 以下に成長されるu-GaNであってもよい。

【0078】

スペーサ層128は、活性領域129の障壁層に比べてバンドギャップが小さく、井戸層に比べてバンドギャップの大きな(Al、In、Ga)N系III族窒化物半導体層からなってもよい。例えば、スペーサ層28は、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 1$)を含んでもよい。

10

【0079】

スペーサ層128は、n型不純物が高濃度でドーピングされ、発光ダイオードの順方向電圧を低くする。図7に示すように、スペーサ層128にドーピングされるn型不純物のドーピング濃度は、n型コンタクト層126のn型不純物のドーピング濃度よりも高い。

【0080】

スペーサ層128のIn組成比は、InGaN量子井戸層内のIn組成比よりも少ないことが好ましいが、この場合、電荷を活性領域内に取り込むことができ、発光効率を向上させることができる。

20

【0081】

この際、前記スペーサ層128の成長方向を基準とするとき、活性領域129と隣接した一部の厚さの領域にn型不純物をドーピングするようにする。また、n型不純物がドーピングされた厚さの領域を除いた残りの厚さの領域は、n型不純物を非ドーピングするようにする。スペーサ層128の全厚さの領域中において、活性領域129に隣接した一部の厚さの領域にのみn型不純物がドーピングされることにより、スペーサ層128から活性領域129内に電子を円滑に注入することができる。また、前記n型不純物がドーピングされた領域でのドーピング濃度は、前記n型コンタクト層126の不純物ドーピング濃度よりも相対的に高い、例えば、 $9 \times 10^{19} \text{ atm/cm}^3$ であってもよい。これにより、スペーサ層128の抵抗増加を防止することができ、その内部で生成した電子により、活性領域129内への電子注入効率を高めることができる。一方、スペーサ層128は、図8に示すように、活性領域129の障壁層に比べてバンドギャップが小さく、井戸層に比べてバンドギャップの大きい(Al、In、Ga)N系III族窒化物半導体層128a、128bが交互に積層された構造を有してもよい。例えば、スペーサ層128は、異なる組成の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 1$)128aと $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 < y < 1$)128bが交互に積層されてもよい。 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 1$)28aは、例えば、30~40の厚さで、 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 < y < 1$)28bは、15~20の厚さで形成されてもよい。

30

【0082】

$\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 1$)128aと $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 < y < 1$)128bの積層構造を有するスペーサ層128は、スペーサ層128上に形成される活性領域129の結晶性を向上させることができ、歪みを減少させることができる。スペーサ層128は、7~15周期で形成されてもよいが、7周期未満である場合、スペーサ層128が活性領域において引き起こされる歪みを緩和させる効果が弱く、15周期を超えると、工程時間が増加して好ましくない。

40

【0083】

この際、前記スペーサ層128において、活性領域129に隣接した少なくとも一つの層128a及び128bには、n型不純物がドーピングされる。また、n型不純物がドーピングされた層を除いた残りの層は、n型不純物を非ドーピングする。スペーサ層128のうち、活性領域129に隣接したInGaN層128a及び/またはInGaN層128bのみがn

50

型不純物でドーピングされていることにより、スペーサ層 128 から活性領域 129 内に電子を円滑に注入することができる。また、前記 n 型不純物ドーピングされた InGa_{1-x}N_x 層 128 a のドーピング濃度は、前記 n 型コンタクト層 126 の不純物ドーピング濃度よりも相対的に高い、例えば、 $9 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ であってもよい。これにより、スペーサ層 128 の抵抗増加を防止することができ、その内部で生成した電子により、活性領域 129 内への電子注入効率を高めることができる。

【0084】

スペーサ層 128 の大部分の層が非ドーピング層で形成されるので、発光ダイオードの漏れ電流を減少させることができる。また、活性領域 129 と隣接した少なくとも一つの層 128 a、128 b にのみ n 型不純物を高濃度でドーピングすることにより、スペーサ層 128 と活性領域 129 との間の接合特性を向上させることができる。

10

【0085】

一方、活性領域 129 に隣接したスペーサ層 128 c は、スペーサ層 128 を構成する他の半導体層よりも In をさらに含む InGa_{1-x}N_x 層とすることができる。この際、前記活性領域 129 に隣接したスペーサ層 128 c に含まれた In の量は、活性領域 129 の量子井戸層よりも高くてもよいが、この場合、n 型不純物のドーピングは、n 型コンタクト層 126 のドーピング濃度程度にドーピングし、前記スペーサ層 128 c 内において n 型コンタクト層 126 側にドーピングすることが好ましい。

【0086】

活性領域 129 は、量子障壁層と量子井戸層が交互に積層された多重量子井戸構造を有し、量子井戸層は、InGa_{1-x}N_x 層を含む。前記障壁層は、量子井戸層に比べてバンドギャップの広い窒化ガリウム系半導体層、例えば、Ga₂O₃、InGa_{1-x}N_x、AlGa_{1-x}N_x、または AlInGa_{1-x-y}N_x で形成されてもよい。InGa_{1-x}N_x 量子井戸層内の In 組成比は、所望の光波長によって決定される。活性領域 129 は、n 型不純物、例えば、Si や Ge がドーピングされていない。

20

【0087】

前記活性領域 129 上に p 型コンタクト層 133 が位置する。p 型コンタクト層 133 は、活性領域 129 上に、例えば、Ga₂O₃ で形成されてもよい。

【0088】

また、前記 p 型コンタクト層 133 上に Ni/Au またはインジウムスズ酸化膜 (ITO) のような透明電極 (図示せず) が形成され、その上に、p⁺ 電極 134 が、例えば、リフトオフ工程で形成されてもよい。また、前記 n 型コンタクト層 126 上に Ti/Al 等の n⁺ 電極 135 がリフトオフ工程で形成されてもよい。

30

【0089】

上述した実施例では、活性領域 129 は、量子障壁層と量子井戸層に n 型不純物がドーピングされておらず、活性領域 129 は、ほとんど n 型不純物が含まれていない In_{1-x}Ga_xN_{1-y} (0 < x < 1) 128 a と In_yGa_{1-y}N_{1-x} (0 < y < 1) 128 b の積層構造を有するスペーサ層 128 上において成長される。そのため、活性領域 129 の結晶性が向上し、歪みが減少される。また、スペーサ層 128 のうち、活性領域 129 に隣接した InGa_{1-x}N_x 層 128 a 及び/または InGa_{1-x}N_x 層 128 b にのみ n 型不純物がドーピングされていることにより、スペーサ層 128 から活性領域 129 内に電子を円滑に注入ことができ、活性領域 129 におけるキャリアの再結合率を高めることができる。その結果、発光ダイオードにおける発光効率が向上する。

40

【0090】

図 9 及び図 10 は、それぞれ本発明のまた他の実施例による発光ダイオードを説明するための断面図及びシリコンドーピングプロファイルを示す図である。

【0091】

図 9 及び図 10 を参照すると、本実施例による発光ダイオードは、図 6 乃至図 8 に示して説明された発光ダイオードの積層構造とほぼ同じであり、単に、スペーサ層 128 と n 型コンタクト層 126 との間に n 型不純物がドーピングされた中間層 127 をさらに有してお

50

り、活性領域 129 と p 型クラッド層 133 との間に p 型クラッド層 131 が介在している。

【0092】

前記中間層 127 は、図 10 に示すように、前記 n 型コンタクト層 126 の不純物ドーピング濃度よりも相対的に高く、前記スペーサ層 128 における前記 n 型不純物濃度よりは相対的に低い、例えば、 $2.5 \times 10^{19} \text{ atom/cm}^3$ の濃度で n 型不純物がドーピングされ、例えば、n-AlGaIn 層を有してもよい。

【0093】

n-AlGaIn 層は、活性領域 129 に近いほど Al の組成がだんだん低くなり、または、Al の組成が段階別に低くなるようにする。この際、Al の組成範囲は、10 ~ 15 % となり、10 ~ 100 nm の厚さで積層され、好ましくは、30 ~ 60 nm の厚さとすることができる。n-AlGaIn 層内における Al の組成がだんだんまたは段階別に低くなるように設定されることにより、中間層 127 のエネルギー準位は、活性領域 129 に近いほどだんだん低くなり、中間層 127 とスペーサ層 128 の境界面において最も低い値を有することができる。

【0094】

また、n-AlGaIn 層は、多層膜構造で形成されてもよい。例えば、n-AlGaIn 層は、AlGaIn/GaN または AlGaIn/InGaIn の多層膜で形成されてもよい。n-AlGaIn 層が多層膜で形成される場合、AlGaIn 層の結晶性をよくするための目的を有する。例えば、n-AlGaIn 層は、活性領域 129 に行くほど Al の組成が次第にまたは段階的に低くなってもよい。

【0095】

一方、中間層 127 は、図 11 に示すように、n-AlGaIn 層 127b とスペーサ層 128 との間に 200 ~ 300 の厚さで積層された n-GaN 27a を有してもよい。

【0096】

また、中間層 127 は、図 12 に示すように、非ドーピングされた GaN 層 127c、ロードドーピングされた n-GaN 層 127d を有してもよく、n-AlGaIn 層 127b と n 型コンタクト層 126 との間に、例えば、1000 ~ 2000 の厚さで積層されてもよい。図面では、ロードドーピングされた n-GaN 層 127d 上に非ドーピングされた GaN 層 127c が形成されたものと示されているが、本発明は、これに限定されず、必要に応じて、非ロードドーピングされた GaN 層 127c 上に n-GaN 層 127d が形成されてもよい。また、非ロードドーピングされた GaN 層 127c またはロードドーピングされた n-GaN 層 127d のいずれか一つの層のみを形成してもよい。

【0097】

また、中間層 127 は、図 13 に示すように、スペーサ層 128 と n 型コンタクト層 126 との間に、n-GaN 127a、n-AlGaIn 層 127b、非ドーピングされた GaN 層 127c、ロードドーピングされた n-GaN 層 127d を有してもよい。非ドーピングされた GaN 層 127c は、意図的に不純物がドーピングされていない GaN であり、100 ~ 5000 の厚さで形成されてもよい。非ドーピングされた GaN 層 127c は、不純物がドーピングされていないので、n 型コンタクト層 126 に比べて相対的に比抵抗が高い。したがって、n 型コンタクト層 126 から活性層 129 に流入する電子が、非ロードドーピングされた GaN 層 127c を通過する前に、n 型コンタクト層 126 内において均一に分散され得る。

【0098】

ロードドーピングされた n-GaN 層 127d は、n 型コンタクト層 126 に比べて不純物が低い濃度でドーピングされるので、n 型コンタクト層 126 に比べて相対的に比抵抗が高い。したがって、n 型コンタクト層 126 から活性層 129 に流入する電子が、ロードドーピングされた n-GaN 層 127c を通過する前に、n 型コンタクト層 126 内において均一に分散され得る。

【0099】

一方、前記 p 型クラッド層 131 は、電子ブロック層として機能し、AlGaIn で形成

10

20

30

40

50

されてもよく、多層膜構造で形成されてもよい。例えば、p型クラッド層131は、AlGa_N/Ga_NまたはAlGa_N/InGa_Nの多層膜で形成されてもよい。p型クラッド層131が多層膜で形成される場合、AlGa_N層の結晶性を向上させることができる。例えば、前記p型クラッド層131は、活性領域129に隣接した層がAlGa_Nで形成され、前記AlGa_N層がp型コンタクト層133に行くほどAlの組成がだんだん低くなってよい。これは、p型クラッド層131とp型コンタクト層133との界面による分極化現象を減らすためのものである。また、活性領域129に隣接した第一のAlGa_N層は、p型クラッド層131内の他の層に比べて薄いことが好ましい。一方、前記p型クラッド層131のAlGa_N層は、前記n-AlGa_N層127bよりもエネルギー準位が高いことが好ましい。すなわち、Alの組成において、前記p型クラッド層131のAlGa_N層が、前記n-AlGa_N層127bに比べて高く設定される。前記p型クラッド層131のAlGa_N層が、前記n-AlGa_N層127bに比べてAlの組成が高く設定されることにより、順方向電圧の印加時、活性層を中心として、n側での伝導バンドがp側での伝導バンドよりも高くなるので、これを緩和するためのものである。

10

20

30

【0100】

また、活性領域129とp型クラッド層131との間にInGa_N層をさらに含んでもよい。この場合、InAl_N層において、Inの組成は、約0.10~0.20間程度となり、好ましくは、Inの組成は、約0.17~0.18であってもよい。この際、InAl_N層の成長温度は、例えば、845度であってもよく、InN/Al_Nの超格子構造で形成されてもよい。また、InAl_N層の厚さは、約10~30nm程度であり、好ましくは約18~22nm程度で形成されてもよい。p型クラッド層131を形成するAlGa_N層の厚さよりも薄く形成されてもよい。例えば、InAl_N層の厚さは、p型クラッド層131を形成するAlGa_N層に比べて、3:2程度の厚さで薄く形成することができる。InAl_N層におけるp型不純物のドーピング濃度は、約 $8 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 程度であり、ドーピングの際は、InN/Al_Nの超格子構造でInNにドーピングすることが好ましい。この場合、InAl_N層は、正孔濃度を増加させる役割をする。活性領域129とp型クラッド層131との間に形成されるInAl_N層は、電子ブロックとして機能するp型クラッド層131を成長させるとき、活性領域129に対する温度の影響を減らすことができる。

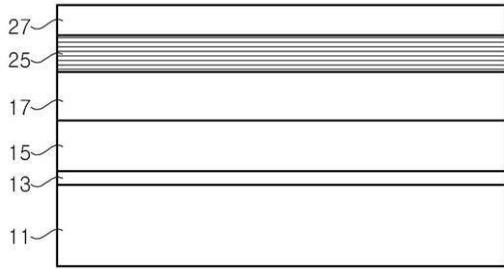
【0101】

上述した本発明の実施例において、スペーサ層128におけるn型不純物がドーピングされる層の個数、及びn型不純物のドーピング濃度、積層厚さ、積層回数と、前記中間層127、非ドーピング層、n型クラッド層の厚さは、互いに関連し、必要に応じて調整される。

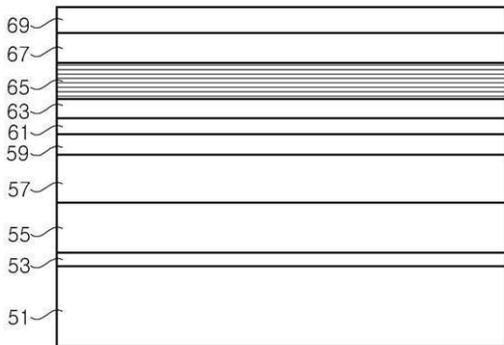
【0102】

以上、本発明は、上述した実施例により限定されず、当業者によって様々な変形及び変更が可能であり、これは、添付の請求項において定義される本発明の趣旨と範囲に含まれる。

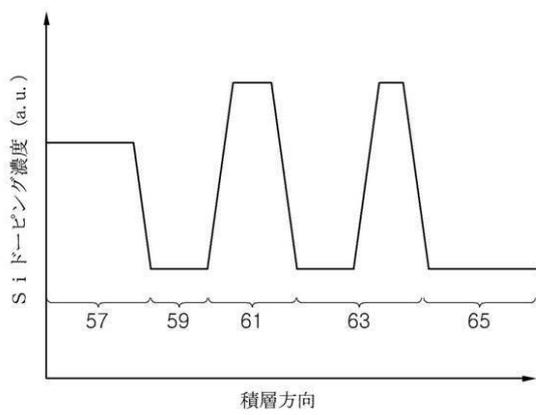
【 図 1 】



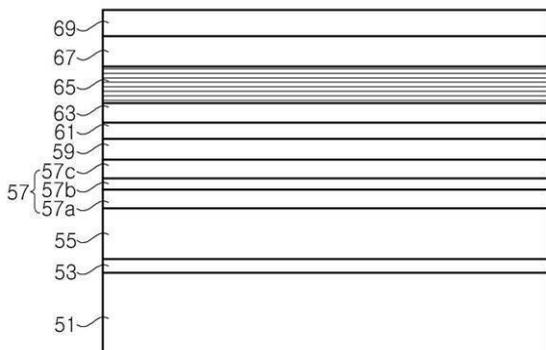
【 図 2 】



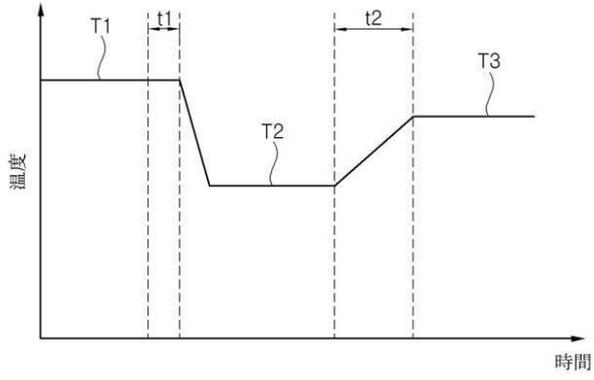
【 図 3 】



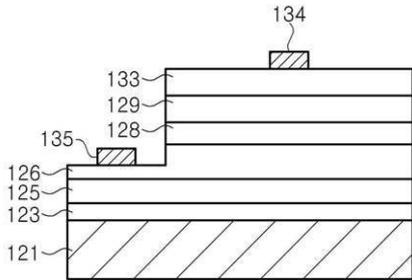
【 図 4 】



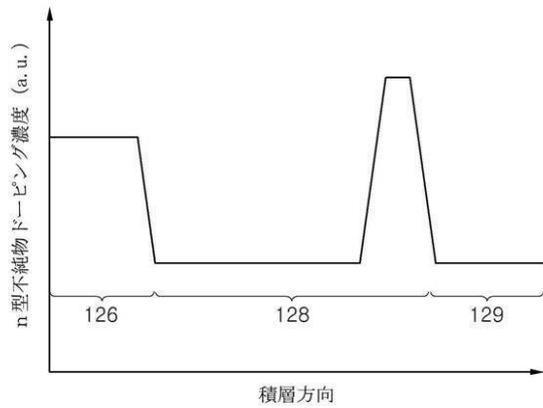
【 図 5 】



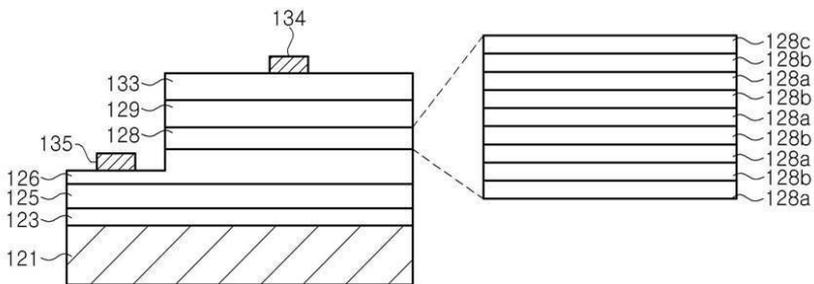
【 図 6 】



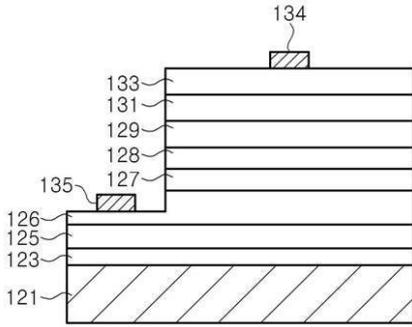
【 図 7 】



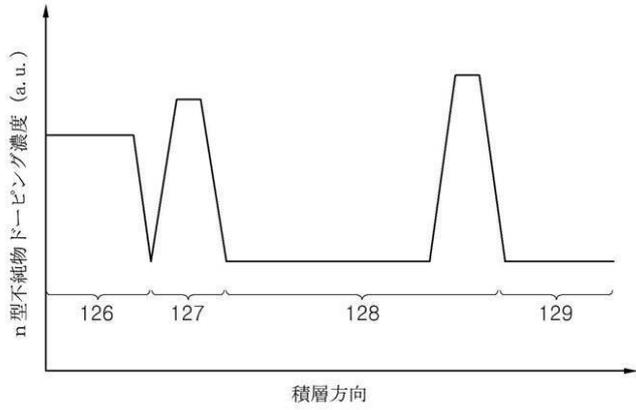
【 図 8 】



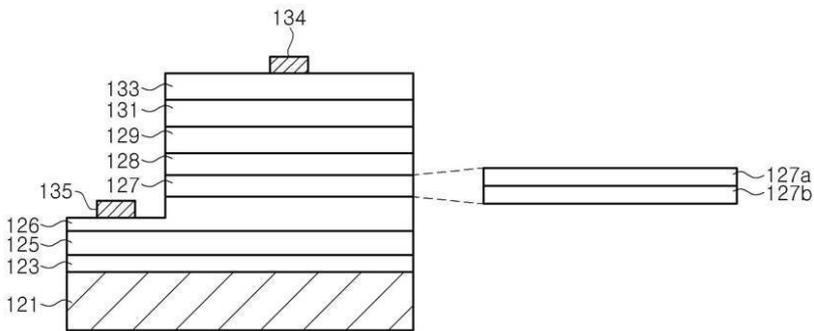
【 図 9 】



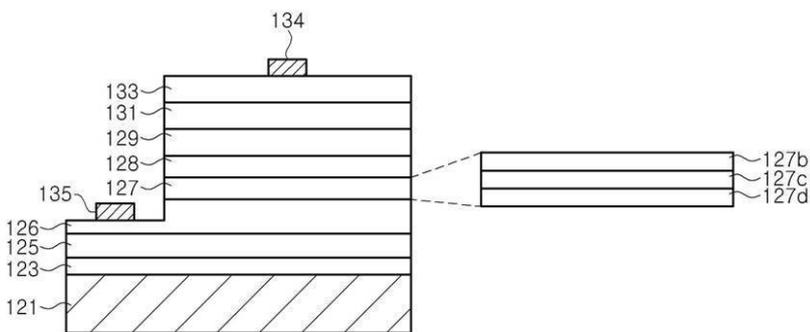
【 図 1 0 】



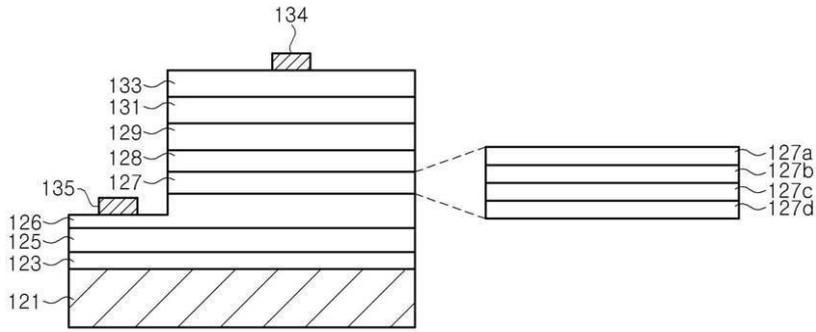
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2011/000002

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01L 33/04(2010.01)i, H01L 33/12(2010.01)i, H01L 33/14(2010.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01L 33/00-H01L 33/64; H01L 29/778; H01L 21/338; H01S 5/20 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: doping, density, silicone, GaN, AlGaN		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-2009-0004493 A (SONY CORPORATION) 12 January 2009 See claims 1-11	1-42
A	JP 2002-033509 A (HITACHI CABLE LTD.) 31 January 2002 See claims 1-8	1-42
A	KR 10-2009-0034169 A (EPIVALLEY CO., LTD.) 07 April 2009 See claims 1-13	1-42
A	JP 2001-298215 A (NICHIA CHEM IND. LTD.) 26 October 2001 See claims 1-7	1-42
A	KR 10-2004-0029165 A (NICHIA CORPORATION) 03 April 2004 See claims 13-27	1-42
A	KR 10-2008-0064061 A (SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS CO., LTD.) 08 July 2008 See claims 1-9	1-42
A	KR 10-0835116 B1 (SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS CO., LTD.) 05 June 2008 See claims 1-11	1-42
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 16 SEPTEMBER 2011 (16.09.2011)		Date of mailing of the international search report 19 SEPTEMBER 2011 (19.09.2011)
Name and mailing address of the ISA/KR  Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon, 139 Seonsa-ro, Daejeon 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2011/000002

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-274376 A (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 05 October 2001 See claims 1-2	1-42
A	KR 10-2009-0095657 A (PHILIPS LUMILEDS LIGHTING COMPANY, LLC et al.) 09 September 2009 See abstract	1-42
A	KR 10-0674862 B1 (SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS CO., LTD.) 29 January 2007 See abstract	1-42

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2011/000002**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The invention of group 1: Claims 1-12 relate to a light-emitting diode wherein a lattice layer is doped with silicon on a last layer which is the closest to an active region, and the doping concentration of the last layer is higher than the silicon doping concentration of an n-type contact layer and a manufacturing method thereof.

The invention of group 2: Claims 13-20 relate to a light-emitting diode wherein an n-type contact layer has n-type AlGaIn layers which is interposed between n-type GaN layers and n-type GaN layers.

The invention of group 3: Claims 21-42 relate to a light-emitting diode wherein a spacer layer is doped with n-type impurities of which the doping concentration is relatively higher than the impurity doping concentration of n-type contact layer, and an active region with n-type impurities is undoped.

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2011/000002

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2009-0004493 A	12.01.2009	CN 101339970 A	07.01.2009
		JP 2009-016467 A	22.01.2009
		TW 200915618 A	01.04.2009
		US 2009-0008648 A1	08.01.2009
JP 2002-033509 A	31.01.2002	NONE	
KR 10-2009-0034169 A	07.04.2009	CN 101404315 A	08.04.2009
		CN 101404315 B	15.09.2010
		EP 2045845 A2	08.04.2009
		JP 2009-088505 A	23.04.2009
		JP 2009-088506 A	23.04.2009
		KR 10-2009-0034163 A	07.04.2009
		TW 200917540 A	16.04.2009
		US 2009-0085054 A1	02.04.2009
		US 2009-0085057 A1	02.04.2009
		WO 2009-045005 A2	09.04.2009
		WO 2009-045005 A3	09.04.2009
		JP 2001-298215 A	26.10.2001
KR 10-2004-0029165 A	03.04.2004	CA 2322490 A1	16.09.1999
		CA 2322490 C	26.10.2010
		CN 100367520 C0	06.02.2008
		CN 100449808 C0	07.01.2009
		CN 100536182 C	02.09.2009
		CN 101188266 A	28.05.2008
		CN 101188266 B	23.06.2010
		CN 101188266 C0	28.05.2008
		CN 1292934 A0	25.04.2001
		CN 1933199 A	21.03.2007
		CN 1933200 A	21.03.2007
		CN 1933200 C0	24.12.2008
		CN 1933201 A	21.03.2007
		CN 1933201 C0	15.10.2008
		CN 1941436 A	04.04.2007
		CN 1941436 C0	04.04.2007
		EP 1063711 A1	27.12.2000
		EP 2273571 A2	12.01.2011
		EP 2273572 A2	12.01.2011
		JP 11-330554 A	30.11.1999
		JP 11-340509 A	10.12.1999
		JP 2000-232236 A	22.08.2000
		JP 2000-232237 A	22.08.2000
		JP 2000-244013 A	08.09.2000
		JP 2000-244072 A	08.09.2000
		JP 2000-286451 A	13.10.2000
		JP 2000-286509 A	13.10.2000
		JP 2001-168390 A	22.06.2001

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2011/000002

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
		JP 2003-204078 A	18.07.2003
		JP 2004-343147 A	02.12.2004
		JP 3063756 B1	12.05.2000
		JP 3063756 B2	12.07.2000
		JP 3063757 B1	12.05.2000
		JP 3063757 B2	12.07.2000
		JP 3271661 B2	02.04.2002
		JP 3271661 B2	25.01.2002
		JP 3424629 B2	07.07.2003
		JP 3424629 B2	02.05.2003
		JP 3427265 B2	16.05.2003
		JP 3622562 B2	23.02.2005
		JP 3680558 B2	10.08.2005
		JP 4356555 B2	04.11.2009
		JP 4356555 B2	14.08.2009
		JP 4629178 B2	19.11.2010
		KR 10-0589622 B1	27.09.2006
		KR 10-0611352 B1	27.09.2006
		KR 10-0683234 B1	15.02.2007
		KR 10-0753147 B1	30.08.2007
		TW 437103 A	28.05.2001
		US 2007-0063207 A1	22.03.2007
		US 2008-0191195 A1	14.08.2008
		US 7193246 B1	20.03.2007
		US 7402838 B2	22.07.2008
		US 7947994 B2	24.05.2011
		WO 99-46822 A1	16.09.1999
KR 10-2008-0064061 A	08.07.2008	NONE	
KR 10-0835116 B1	05.06.2008	JP 2008-270805 A	06.11.2008
		TW 200849676 A	16.12.2008
		US 2008-0251781 A1	16.10.2008
		US 7888670 B2	15.02.2011
JP 2001-274376 A	05.10.2001	NONE	
KR 10-2009-0095657 A	09.09.2009	CN 101663766 A	03.03.2010
		EP 2126985 A2	02.12.2009
		JP 2010-514193 A	30.04.2010
		TW 200843147 A	01.11.2008
		US 2008-0153192 A1	26.06.2008
		US 7951693 B2	31.05.2011
		WO 2008-078301 A2	03.07.2008
		WO 2008-078301 A3	03.07.2008
KR 10-0674862 B1	29.01.2007	JP 2007-059913 A	08.03.2007
		US 2007-0045655 A1	01.03.2007

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2011/000002

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2009-0004493 A	12.01.2009	CN 101339970 A	07.01.2009
		JP 2009-016467 A	22.01.2009
		TW 200915618 A	01.04.2009
		US 2009-0008648 A1	08.01.2009
JP 2002-033509 A	31.01.2002	NONE	
KR 10-2009-0034169 A	07.04.2009	CN 101404315 A	08.04.2009
		CN 101404315 B	15.09.2010
		EP 2045845 A2	08.04.2009
		JP 2009-088505 A	23.04.2009
		JP 2009-088506 A	23.04.2009
		KR 10-2009-0034163 A	07.04.2009
		TW 200917540 A	16.04.2009
		US 2009-0085054 A1	02.04.2009
		US 2009-0085057 A1	02.04.2009
		WO 2009-045005 A2	09.04.2009
		WO 2009-045005 A3	09.04.2009
		JP 2001-298215 A	26.10.2001
KR 10-2004-0029165 A	03.04.2004	CA 2322490 A1	16.09.1999
		CA 2322490 C	26.10.2010
		CN 100367520 C0	06.02.2008
		CN 100449808 C0	07.01.2009
		CN 100536182 C	02.09.2009
		CN 101188266 A	28.05.2008
		CN 101188266 B	23.06.2010
		CN 101188266 C0	28.05.2008
		CN 1292934 A0	25.04.2001
		CN 1933199 A	21.03.2007
		CN 1933200 A	21.03.2007
		CN 1933200 C0	24.12.2008
		CN 1933201 A	21.03.2007
		CN 1933201 C0	15.10.2008
		CN 1941436 A	04.04.2007
		CN 1941436 C0	04.04.2007
		EP 1063711 A1	27.12.2000
		EP 2273571 A2	12.01.2011
		EP 2273572 A2	12.01.2011
		JP 11-330554 A	30.11.1999
		JP 11-340509 A	10.12.1999
		JP 2000-232236 A	22.08.2000
		JP 2000-232237 A	22.08.2000
		JP 2000-244013 A	08.09.2000
		JP 2000-244072 A	08.09.2000
		JP 2000-286451 A	13.10.2000
		JP 2000-286509 A	13.10.2000
JP 2001-168390 A	22.06.2001		

국제조사보고서		국제출원번호 PCT/KR2011/000002
A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))		
H01L 33/04(2010.01), H01L 33/12(2010.01), H01L 33/14(2010.01)		
B. 조사된 분야		
조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) H01L 33/00-H01L 33/64; H01L 29/778; H01L 21/338; H01S 5/20		
조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국특실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본특실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC		
국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 도핑, 농도, 실리콘, GaN, AlGaN		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	KR 10-2009-0004493 A (소니 가부시끼가이샤) 2009.01.12 청구항 1-11 참조	1-42
A	JP 2002-033509 A (HITACHI CABLE LTD.) 2002.01.31 청구항 1-8 참조	1-42
A	KR 10-2009-0034169 A (주식회사 에피벨리) 2009.04.07 청구항 1-13 참조	1-42
A	JP 2001-298215 A (NICHIA CHEM IND. LTD.) 2001.10.26 청구항 1-7 참조	1-42
A	KR 10-2004-0029165 A (니치아 카가쿠 코교 가부시끼가이샤) 2004.04.03 청구항 13-27 참조	1-42
A	KR 10-2008-0064061 A (삼성전기주식회사) 2008.07.08 청구항 1-9 참조	1-42
A	KR 10-0835116 B1 (삼성전기주식회사) 2008.06.05 청구항 1-11 참조	1-42
<input checked="" type="checkbox"/> 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. <input checked="" type="checkbox"/> 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: "A" 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 "T" 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 "E" 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 "X" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신구성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. "L" 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 "Y" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. "O" 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 "&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌 "P" 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌		
국제조사의 실제 완료일 2011년 09월 16일 (16.09.2011)		국제조사보고서 발송일 2011년 09월 19일 (19.09.2011)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소  대한민국 특허청 (302-701) 대전광역시 서구 청사로 189, 정부대전청사 팩스 번호 82-42-472-7140		심사관 박해련 전화번호 82-42-481-8362 

국제조사보고서

국제출원번호
PCT/KR2011/000002

C(계속). 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	JP 2001-274376 A (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 2001.10.05 청구항 1-2 참조	1-42
A	KR 10-2009-0095657 A (필립스 루미리즈 라이팅 캠퍼니 엘엘씨 외) 2009.09.09 요약 참조	1-42
A	KR 10-0674862 B1 (삼성전기주식회사) 2007.01.29 요약 참조	1-42

국제조사보고서

국제출원번호

PCT/KR2011/000002

제2기제란 일부 청구항을 조사할 수 없는 경우의 의견(첫 번째 용지의 2의 계속)

PCT 제17조(2)(a)의 규정에 따라 다음과 같은 이유로 일부 청구항에 대하여 본 국제조사보고서가 작성되지 아니하였습니다.

- 1. 청구항:
이 청구항은 본 기관이 조사할 필요가 없는 대상에 관련됩니다. 즉,
- 2. 청구항:
이 청구항은 유효한 국제조사를 수행할 수 없을 정도로 소정의 요건을 충족하지 아니하는 국제출원의 부분과 관련됩니다. 구체적으로는,
- 3. 청구항:
이 청구항은 종속청구항이나 PCT규칙 6.4(a)의 두 번째 및 세 번째 문장의 규정에 따라 작성되어 있지 않습니다.

제3기제란 발명의 단일성이 결여된 경우의 의견(첫 번째 용지의 3의 계속)

본 국제조사기관은 본 국제출원에 다음과 같이 다수의 발명이 있다고 봅니다.

제1군 발명: 청구항 1 - 12는 적지층은 활성 영역에 가장 가까운 마지막 층에만 실리콘이 도핑되며 마지막 층의 실리콘 도핑 농도는 n형 콘택층의 실리콘 도핑 농도보다 높은 발광 다이오드 및 제조 방법에 관한 것이고,
 제2군 발명: 청구항 13 - 20은 n형 콘택층은 n형 GaN층들 및 n형 GaN층들 사이에 개재된 n형 AlGaN층을 갖는 발광 다이오드에 관한 것이고,
 제3군 발명: 청구항 21 - 42는 스페이서층은 n형 불순물이 도핑되어 있고, n형 불순물의 도핑 농도는 n형 콘택층의 불순물 도핑 농도보다 상대적으로 높으며, 활성영역은 n형 불순물이 언도핑된 것을 특징으로 하는 발광 다이오드에 관한 것입니다.

- 1. 출원인이 모든 추가수수료를 기간 내에 납부하였으므로, 본 국제조사보고서는 모든 조사 가능한 청구항을 대상으로 합니다.
- 2. 추가수수료 납부를 요구하지 않고도 모든 조사 가능한 청구항을 조사할 수 있었으므로, 본 기관은 추가수수료 납부를 요구하지 아니하였습니다.
- 3. 출원인이 추가수수료의 일부만을 기간 내에 납부하였으므로, 본 국제조사보고서는 수수료가 납부된 청구항만을 대상으로 합니다. 구체적인 청구항은 아래와 같습니다.
- 4. 출원인이 기간 내에 추가수수료를 납부하지 아니하였습니다. 따라서 본 국제조사보고서는 청구범위에 처음 기재된 발명에 한정되어 있으며, 해당 청구항은 아래와 같습니다.

이의신청에 관한 기재

- 출원인의 이의신청 및 이의신청료 납부(해당하는 경우)와 함께 추가수수료가 납부되었습니다.
- 출원인의 이의신청과 함께 추가수수료가 납부되었으나 이의신청료가 보정요구서에 명시된 기간 내에 납부되지 아니하였습니다.
- 이의신청 없이 추가수수료가 납부되었습니다.

국제조사보고서 대응특허에 관한 정보		국제출원번호 PCT/KR2011/000002	
국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2009-0004493 A	2009.01.12	CN 101339970 A JP 2009-016467 A TW 200915618 A US 2009-0008648 A1	2009.01.07 2009.01.22 2009.04.01 2009.01.08
JP 2002-033509 A	2002.01.31	없음	
KR 10-2009-0034169 A	2009.04.07	CN 101404315 A CN 101404315 B EP 2045845 A2 JP 2009-088505 A JP 2009-088506 A KR 10-2009-0034163 A TW 200917540 A US 2009-0085054 A1 US 2009-0085057 A1 WO 2009-045005 A2 WO 2009-045005 A3	2009.04.08 2010.09.15 2009.04.08 2009.04.23 2009.04.23 2009.04.07 2009.04.16 2009.04.02 2009.04.02 2009.04.09 2009.04.09
JP 2001-298215 A	2001.10.26	없음	
KR 10-2004-0029165 A	2004.04.03	CA 2322490 A1 CA 2322490 C CN 100367520 C0 CN 100449808 C0 CN 100536182 C CN 101188266 A CN 101188266 B CN 101188266 C0 CN 1292934 A0 CN 1933199 A CN 1933200 A CN 1933200 C0 CN 1933201 A CN 1933201 C0 CN 1941436 A CN 1941436 C0 EP 1063711 A1 EP 2273571 A2 EP 2273572 A2 JP 11-330554 A JP 11-340509 A JP 2000-232236 A JP 2000-232237 A JP 2000-244013 A JP 2000-244072 A JP 2000-286451 A JP 2000-286509 A JP 2001-168390 A	1999.09.16 2010.10.26 2008.02.06 2009.01.07 2009.09.02 2008.05.28 2010.06.23 2008.05.28 2001.04.25 2007.03.21 2007.03.21 2008.12.24 2007.03.21 2008.10.15 2007.04.04 2007.04.04 2000.12.27 2011.01.12 2011.01.12 1999.11.30 1999.12.10 2000.08.22 2000.08.22 2000.09.08 2000.09.08 2000.10.13 2000.10.13 2001.06.22

국제조사보고서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호

PCT/KR2011/000002

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
		JP 2003-204078 A	2003.07.18
		JP 2004-343147 A	2004.12.02
		JP 3063756 B1	2000.05.12
		JP 3063756 B2	2000.07.12
		JP 3063757 B1	2000.05.12
		JP 3063757 B2	2000.07.12
		JP 3271661 B2	2002.04.02
		JP 3271661 B2	2002.01.25
		JP 3424629 B2	2003.07.07
		JP 3424629 B2	2003.05.02
		JP 3427265 B2	2003.05.16
		JP 3622562 B2	2005.02.23
		JP 3690558 B2	2005.08.10
		JP 4356555 B2	2009.11.04
		JP 4356555 B2	2009.08.14
		JP 4629178 B2	2010.11.19
		KR 10-0589622 B1	2006.09.27
		KR 10-0611352 B1	2006.09.27
		KR 10-0683234 B1	2007.02.15
		KR 10-0753147 B1	2007.08.30
		TW 437103 A	2001.05.28
		US 2007-0063207 A1	2007.03.22
		US 2008-0191195 A1	2008.08.14
		US 7193246 B1	2007.03.20
		US 7402838 B2	2008.07.22
		US 7947994 B2	2011.05.24
		WO 99-46822 A1	1999.09.16
KR 10-2008-0064061 A	2008.07.08	없음	
KR 10-0835116 B1	2008.06.05	JP 2008-270805 A	2008.11.06
		TW 200849676 A	2008.12.16
		US 2008-0251781 A1	2008.10.16
		US 7888670 B2	2011.02.15
JP 2001-274376 A	2001.10.05	없음	
KR 10-2009-0095657 A	2009.09.09	CN 101663766 A	2010.03.03
		EP 2126985 A2	2009.12.02
		JP 2010-514193 A	2010.04.30
		TW 200843147 A	2008.11.01
		US 2008-0153192 A1	2008.06.26
		US 7951693 B2	2011.05.31
		WO 2008-078301 A2	2008.07.03
		WO 2008-078301 A3	2008.07.03
KR 10-0674862 B1	2007.01.29	JP 2007-059913 A	2007.03.08
		US 2007-0045655 A1	2007.03.01

서식 PCT/ISA/210 (대응특허 추가용지) (2009년 7월)

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 10-2010-0000559

(32)優先日 平成22年1月5日(2010.1.5)

(33)優先権主張国 韓国(KR)

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, T M), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, R S, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, I D, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ , OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 ハン, チャン ソク

大韓民国 4 2 5 - 8 5 1, キョンギ - ド, アンサン - シ, タノン - グ, ウォンシ - ドン, 7 2 7 - 5, 1 B - 3 6

(72)発明者 チェ, スン キュ

大韓民国 4 2 5 - 8 5 1, キョンギ - ド, アンサン - シ, タノン - グ, ウォンシ - ドン, 7 2 7 - 5, 1 B - 3 6

(72)発明者 ナム, キ ブン

大韓民国 4 2 5 - 8 5 1, キョンギ - ド, アンサン - シ, タノン - グ, ウォンシ - ドン, 7 2 7 - 5, 1 B - 3 6

(72)発明者 キム, ナム ユン

大韓民国 4 2 5 - 8 5 1, キョンギ - ド, アンサン - シ, タノン - グ, ウォンシ - ドン, 7 2 7 - 5, 1 B - 3 6

(72)発明者 キム, キュン ハエ

大韓民国 4 2 5 - 8 5 1, キョンギ - ド, アンサン - シ, タノン - グ, ウォンシ - ドン, 7 2 7 - 5, 1 B - 3 6

(72)発明者 ユン, ジュ ヒュン

大韓民国 4 2 5 - 8 5 1, キョンギ - ド, アンサン - シ, タノン - グ, ウォンシ - ドン, 7 2 7 - 5, 1 B - 3 6

(72)発明者 イエ, キュン ヒ

大韓民国 4 2 5 - 8 5 1, キョンギ - ド, アンサン - シ, タノン - グ, ウォンシ - ドン, 7 2 7 - 5, 1 B - 3 6

Fターム(参考) 5F045 AA04 AB14 AB17 AC08 AF04 AF05 BB16 CA10 DA52 DA53

5F141 AA03 AA21 AA23 AA24 AA40 CA04 CA05 CA12 CA40 CA48

CA57 CA58 CA65 CB36 FF06 FF11 FF14 FF16