

(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2004-193619  
(P2004-193619A)

(43) 公開日 平成16年7月8日(2004.7.8)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
H O 1 L 33/00  
G O 2 B 5/02

F I  
H O 1 L 33/00  
G O 2 B 5/02

テーマコード (参考)  
2 H O 4 2  
5 F O 4 1

審査請求 未請求 請求項の数 32 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2003-411688 (P2003-411688)	(71) 出願人	500507009 ルミレッズ ライティング ユーエス リ ミテッドライアビリティ カンパニー アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 3 1 サン ホセ ウェスト トリンブ ル ロード 3 7 0
(22) 出願日	平成15年12月10日 (2003.12.10)	(74) 代理人	100082005 弁理士 熊倉 禎男
(31) 優先権主張番号	10/317956	(74) 代理人	100067013 弁理士 大塚 文昭
(32) 優先日	平成14年12月11日 (2002.12.11)	(74) 代理人	100074228 弁理士 今城 俊夫
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100086771 弁理士 西島 孝喜
		最終頁に続く	

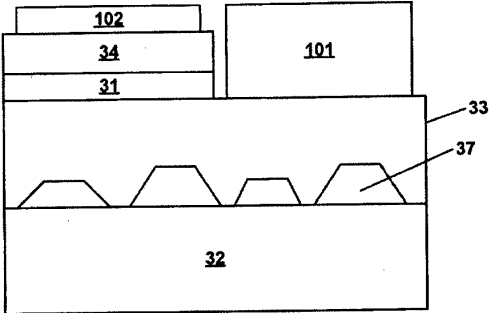
(54) 【発明の名称】 光散乱を強化した発光素子

(57) 【要約】

【課題】 光散乱を強化した発光素子を提供する。

【解決手段】 基板、基板の上に重なるテクスチャ加工層、テクスチャ加工層の上に重なる少なくとも1つのⅡⅡ族窒化物層、及び、実質的に平面の発光領域を含む発光素子。散乱層を組み込んだ素子は、幾つかの異なる方法によって形成することができる。第1の方法では、エピタキシャル層が堆積され、次にエッチングしてテクスチャ加工層を形成する。第2の方法では、フォトマスクを堆積させ、フォトマスクに開口部を生成するためにパターン化する。次に、フォトマスクに形成した開口内にテクスチャ加工層が選択的に堆積される。第3の方法では、テクスチャ加工層は、三次元の成長に有利な条件下で堆積され、次に任意選択的に焼き鈍しされる。

【選択図】 図 2 A



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基板と、  
該基板の上に重なるテクスチャ加工層と、  
該テクスチャ加工層の上に重なる少なくとも 1 つの III 族窒化物層と、  
実質的に平面の発光領域と、  
を含むことを特徴とする発光素子。

## 【請求項 2】

前記テクスチャ加工層は、前記基板と前記発光領域との間に配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の素子。

10

## 【請求項 3】

前記テクスチャ加工層は、前記発光領域の上に重なることを特徴とする請求項 1 に記載の素子。

## 【請求項 4】

前記基板は、約 2 . 4 よりも小さい屈折率を有することを特徴とする請求項 1 に記載の素子。

## 【請求項 5】

前記基板は、サファイアであることを特徴とする請求項 1 に記載の素子。

## 【請求項 6】

前記テクスチャ加工層は、光学的に透明であることを特徴とする請求項 1 に記載の素子

20

## 【請求項 7】

前記少なくとも 1 つの III 族窒化物層は、前記テクスチャ加工層のテクスチャ加工された表面に隣接し、

該テクスチャ加工層及び該少なくとも 1 つの III 族窒化物層は、異なる屈折率を有する、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の素子。

## 【請求項 8】

前記テクスチャ加工層の屈折率は、前記少なくとも 1 つの III 族窒化物層の屈折率よりも小さいことを特徴とする請求項 1 に記載の素子。

30

## 【請求項 9】

前記テクスチャ加工層は、AlGa<sub>N</sub>であることを特徴とする請求項 1 に記載の素子。

## 【請求項 10】

前記テクスチャ加工層は、約 50 % から約 100 % の Al 組成を有する AlGa<sub>N</sub>であることを特徴とする請求項 1 に記載の素子。

## 【請求項 11】

前記テクスチャ加工層は、AlNであることを特徴とする請求項 1 に記載の素子。

## 【請求項 12】

前記テクスチャ加工層は、アイランドを含む断面を有することを特徴とする請求項 1 に記載の素子。

40

## 【請求項 13】

前記アイランドは、高さが約 0 . 06 ミクロンから約 10 ミクロンであることを特徴とする請求項 12 に記載の素子。

## 【請求項 14】

前記アイランドは、高さが約 0 . 06 ミクロンから約 1 ミクロンであることを特徴とする請求項 13 に記載の素子。

## 【請求項 15】

前記アイランドは、幅が約 0 . 06 ミクロンから約 10 ミクロンであることを特徴とする請求項 13 に記載の素子。

## 【請求項 16】

50

前記アイランドは、幅が約 0.06 ミクロンから約 1 ミクロンであることを特徴とする請求項 13 に記載の素子。

【請求項 17】

前記テクスチャ加工層は、前記基板に隣接することを特徴とする請求項 1 に記載の素子。

【請求項 18】

前記テクスチャ加工層の上に重なる共形層を更に含み、  
該共形層は、下に重なる該テクスチャ加工層と実質的に共形である、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の素子。

【請求項 19】

前記基板と前記テクスチャ加工層との間に配置された III 族窒化物層を更に含むことを特徴とする請求項 1 に記載の素子。

【請求項 20】

前記テクスチャ加工層は、 $\lambda_n$  を該テクスチャ加工層の前記発光領域によって放射された光の波長とすると、約  $\lambda_n / 4$  に等しいか又はそれ以上の寸法を有する三次元形態を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の素子。

【請求項 21】

前記テクスチャ加工層の上に重なる前記少なくとも 1 つの III 族窒化物層は、該テクスチャ加工層に隣接する平坦でない表面、及び該テクスチャ加工層の反対側の平面を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の素子。

【請求項 22】

n 型領域と、  
該 n 型領域と p 型領域との間に前記発光領域が配置されるような p 型領域と、  
該 n 型領域上に形成された n 接点と、  
該 p 型領域上に形成された p 接点と、  
該 n 接点及び p 接点と電氣的に接続されたリードと、  
前記発光領域の反対側の前記基板の側面に配置された覆いと、  
を更に含むことを特徴とする請求項 1 に記載の素子。

【請求項 23】

基板の上に重なるテクスチャ加工層を形成する段階と、  
該基板の上に重なる実質的に平面の発光領域を形成する段階と、  
該テクスチャ加工層の上に重なる少なくとも 1 つの III 族窒化物層を形成する段階と、  
を含むことを特徴とする、発光素子を形成する方法。

【請求項 24】

前記テクスチャ加工層は、III 族窒化物材料であることを特徴とする請求項 23 に記載の方法。

【請求項 25】

テクスチャ加工層を形成する段階は、  
エピタキシャル材料の層を堆積させる段階と、  
三次元表面を形成するために、該エピタキシャル材料の一部をエッチングで取り除く段階と、  
を含むことを特徴とする請求項 24 に記載の方法。

【請求項 26】

前記エピタキシャル材料の一部をエッチングで取り除く段階は、 $H_2$ 、 $N_2$ 、 $NH_3$ 、 $HC1$ 、及びそれらの混合物から成るグループから選択されたエッチャントを用いてエッチングする段階を含むことを特徴とする請求項 25 に記載の方法。

【請求項 27】

テクスチャ加工層を形成する段階は、  
III 族窒化物材料の層を堆積させる段階と、

該Ⅲ族窒化物材料の層を焼き鈍しする段階と、  
を含むことを特徴とする請求項24に記載の方法。

【請求項28】

前記Ⅲ族窒化物材料の一部をエッチングで取り除く段階を更に含むことを特徴とする請求項27に記載の方法。

【請求項29】

テクスチャ加工層を形成する段階は、  
基板の上にマスク層を堆積させる段階と、  
該マスク層に複数の開口部を作り出す段階と、  
該マスク層の該開口部に前記テクスチャ加工層の少なくとも一部分を堆積させる段階と  
、  
を含むことを特徴とする請求項24に記載の方法。 10

【請求項30】

前記マスク層は、二酸化珪素、窒化珪素、及びオキシナイトライド珪素のうちの1つであることを特徴とする請求項29に記載の方法。

【請求項31】

前記基板は、サファイアであることを特徴とする請求項24に記載の方法。

【請求項32】

テクスチャ加工層を形成する段階は、エピタキシャル材料の三次元層を堆積させる段階を含むことを特徴とする請求項24に記載の方法。 20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光散乱を強化した発光素子に関する。

【背景技術】

【0002】

発光ダイオードのような半導体発光素子は、現在利用可能な最も効率的な光源に属する。可視スペクトルに亘って作動可能な高輝度LEDの製造における、現在関心を引いている材料システムは、Ⅲ-Ⅴ族半導体、特に、Ⅲ族窒化物材料とも呼ばれるガリウム、アルミニウム、インジウム、及び窒素の二元、三元、及び四元合金を含む。Ⅲ族窒化物材料に基づく発光素子は、紫外線から黄色スペクトル領域の高輝度半導体光源をもたらす。一般的に、Ⅲ族窒化物素子は、有機金属化学気相法(MOCVD)、分子線エピタキシー(MBE)、又はその他のエピタキシャル技術によって、サファイア、炭化珪素、又はⅢ族窒化物基板上にエピタキシャル的に成長させる。これらの基板には、絶縁性か又は電導性が小さいものがある。このような基板上に成長した半導体結晶から製造された素子は、素子の同一側面にエピタキシャル成長させた半導体に対して、正極及び負極の双方の電気接点を有していなければならない。対照的に、電導性基板上に成長させた半導体素子は、一方の電気接点はエピタキシャル成長させた材料上に形成され、他方の電気接点は基板上に形成されるように製造することができる。しかし、電導性基板上に製造された素子もまた、LEDチップからの光の抽出を改善するか、チップの通電能力を改善するか、又はLEDダイのヒートシンク性を改善するために、エピタキシャル材料がフリップチップ形状に成長した素子の同一側面に両接点を有するように設計される場合がある。2種類の発光素子が、素子の同一側面に形成された接点を有している。フリップチップと呼ばれる第1の種類では、光は基板を通して抽出される。第2の種類では、光は、一般的に、エピタキシャル層に形成された透明又は半透明の接点を通して抽出される。 30 40

【0003】

サファイアのような小屈折率の基板の使用は、半導体層と基板との間の界面における屈折率の大きな差によって、フリップチップ素子の光抽出効率の低下につながる場合がある。図1は、GaN層11とサファイア基板12との間の界面を示している。光線10aが界面に入射した時、部分10cは、サファイア内に透過し、部分10bは、GaN層11 50

内へ反射される。古典光学が当てはまる範囲では、 $n_{\text{サファイア}}$ をサファイアの屈折率（1.8）、 $n_{\text{GaN}}$ をGaNの屈折率（2.4）、 $T$ を透過角、 $I$ を入射角であるとする時、透過角は、スネルの法則： $n_{\text{サファイア}} \sin T = n_{\text{GaN}} \sin I$ によって決まる。光が臨界入射角よりも大きな角度で界面に入射すると、全ての入射光はGaN内に反射される。GaNを通して伝搬し、サファイアに入射する光に対しては、臨界入射角は約 $50^\circ$ である。反射光は、もし抽出されるものがあるとすれば、それが抽出される前に素子を通る多くの経路を取ることができる。これらの多くの経路は、III族窒化物素子層の任意の層内において、接点での光学的損失、フリーキャリア吸収、及び中間帯吸収のために光の顕著な減衰をもたらす。

【0004】

10

【特許文献1】米国特許第6,091,085号

【非特許文献1】J・ハン他著「GaN有機金属化学蒸着時の形態進化に対するH<sub>2</sub>の影響」、応用物理学レター、71(21)、3114~3116ページ、1997年

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

反射してフリップチップ素子内のGaN層に戻る光の量を低減する方法の一つは、GaNと基板との間の界面に散乱構造を含めることである。散乱構造は、臨界角よりも大きな角度で界面に衝突する光の量を小さくして、基板に入る光の量が大きくなるように、平滑な界面を妨害する。「改善された出力結合効率を有するGaNLED」という名称の米国特許第6,091,085号では、GaN素子層を形成する前にサファイア基板を粗面化する。この粗面は、基板内に伝達する光の量を増加させる散乱構造である。基板は、研磨砂で表面に傷を付けるか、又は基板にフォトリソグラフィーでパターン化することによって、機械的に粗面化することができる。散乱構造として粗面化した基板表面を使用することには幾つかの欠点がある。機械的粗面化は、再生不能な基板表面を作り出す。基板表面は、基板の上に成長したIII族窒化物素子層の品質に強い影響を与える可能性があるため、再生不能基板の使用は、素子間で輝度及び効率に許容できない変動を生じる恐れがある。更に、基板表面が粗すぎる場合には、基板上に発光素子として十分な品質のIII族窒化物素子層が成長しないことがある。フォトリソグラフィーによるパターン化及びサファイアエッチングは費用がかさみ、III族窒化物素子層の成長に適さない基板を生じる可能性もある。

20

30

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の実施形態によれば、発光素子は、基板、基板の上に重なるテクスチャ加工層、テクスチャ加工層の上に重なる少なくとも1つのIII族窒化物層、及び、実質的に平面の発光領域を含む。いくつかの実施形態においては、テクスチャ加工層は、AlN又はAlGaNである。テクスチャ加工層は、約0.06ミクロンと約10ミクロンの間の高さ及び横方向寸法を有する1つ又はそれ以上のアイランドを含むことができる。

テクスチャ加工層を組み込んだ素子は、幾つかの異なる方法によって形成することができる。第1の方法では、エピタキシャル層が堆積され、次にエッチングしてテクスチャ加工層を形成する。第2の方法では、マスクを堆積させ、マスクに開口部を生成するためにパターン化する。次に、マスクに形成した開口内にテクスチャ加工層が選択的に堆積される。第3の方法では、テクスチャ加工層は、三次元の成長に有利な条件下で堆積され、次に任意選択的に焼き鈍しされる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

本発明の実施形態によれば、素子から光を散乱させる発光素子には、少なくとも1つのテクスチャ加工層が含まれる。以下で説明する実施形態は、III族窒化物素子である。本発明の実施形態は、III族リン化物、III族ヒ化物、及び、III-V族材料又は他の適切な任意の材料システムから製造された発光素子に適用可能とすることができる。

50

更に、以下で説明する実施形態は、一般的に可視スペクトルで発光するGaNベースのIII族窒化物素子に関する。本発明の実施形態はまた、紫外線スペクトルで発光するAlGaNベースのIII族窒化物素子にも応用可能である。

#### 【0008】

図2Aは、本発明によるテクスチャ加工層の第1の実施形態を組み込んだ発光素子を示している。図2Aに示されている実施形態では、テクスチャ加工層37は、サファイアのような低屈折率材料の基板32の上に重なっている。n型領域33が、テクスチャ加工層37の上に重なる。n型領域は、同一又は異なる組成、厚み、及びドーパント濃度の1つ又はそれ以上の層、例えば、ドーピングしていないGaN層、接点として最適化されたn型層、及び活性領域内への電流注入に最適化されたn型層を含むことができる。n型領域33は、例えばSiでドーピングすることができる。活性領域31は、n型領域33の上に形成される。活性領域31は、例えば、障壁層によって分離された1つ又はそれ以上の量子井戸層（発光層）を含むことができる。p型領域34は、活性領域の上に形成される。p型領域34は、同一又は異なる組成、厚み、及びドーパント濃度の1つ又はそれ以上の層を含むことができる。p型領域34は、例えば、Mgでドーピングすることができる。活性領域31及びp型領域34の一部分は、n型領域33の一部分を露出するために取り除かれる。n接点101は、n型領域33の露出した部分に形成され、p接点102は、p型領域34の残りの部分上に形成される。フリップチップ素子では、接点101及び102の一方又は両方は、反射性とすることができる。接点を通じて光が抽出される素子では、接点101及び102の全部又は一部分が透過性とすることができる。

10

20

#### 【0009】

テクスチャ加工層37の組成及び構造は、素子から光を散乱させるように選択される。テクスチャ加工層37は、光散乱を促進するために三次元構造を有している。対照的に、図2Aの活性領域31のような素子の他の層は、ほぼ平面であり、それらが顕著な三次元形態を含まない実質的に平滑な表面を有することを意味している。散乱をもたらすためには、 $\lambda_n$ をテクスチャ加工層37を形成する材料内の光の波長として、テクスチャ加工層37の三次元形態は、 $\lambda_n/4$ よりも大きな寸法を有する時に最適である。図2Aに示している実施形態では、三次元形態はアイランドである。テクスチャ加工層37のアイランドの高さと幅は、約0.06ミクロンから約10ミクロンの間とすることができ、通常は約0.06ミクロンから1ミクロンの間である。アイランドの高さ及び幅は等しくなくてもよく、テクスチャ加工層37のアイランドの全てが同一サイズである必要はない。それに加えて、図2Aには上部が平坦なアイランドが示されているが、アイランドは、尖頭又は散乱を生じる他のいかなる形状であっても良い。

30

#### 【0010】

テクスチャ加工層37の組成は、テクスチャ加工層37の界面とテクスチャ加工層37の上に重なる平面化層（図2Aのn型領域33）との間の屈折率に変化があるように選択される。一般的に、テクスチャ加工層37は、その上に重なる層よりも低い屈折率を有しているが、テクスチャ加工層がその上に重なる層よりも高い屈折率を有する場合には、テクスチャ加工層37は、やはり散乱をもたらすことができる。

テクスチャ加工層37は、図2Aから図2Cに示されているように活性領域31のn型側か、又は図2Dに示されているように活性領域31のp型側に配置されてもよい。一般的に、活性領域31は平面である。

40

#### 【0011】

図2Aに示されている実施形態では、テクスチャ加工層37は、基板の屈折率と近い屈折率を有する光学的に透明な材料である。サファイア基板の場合、散乱層37は、AlN又はAlGaN層とすることができる。一般的に、Al組成が減少すると、屈折率が大きくなる。AlGaNの屈折率は、ガリウムを殆ど又は全く含まない層における約2.0から、アルミニウムを殆ど又は全く含まない層における約2.4まで変化する。いくつかの実施形態においては、テクスチャ加工層37は、アルミニウム組成が約50%から100%の間にあるAlGaN層である。テクスチャ加工層37は、Mgのようなp型ドーパン

50

トか、又はSiのようなn型ドーパントでドーブされてもよい。テクスチャ加工層37にドーパントが存在することによって、テクスチャ加工層37の上に作られた層の三次元構造を安定させ、歪みの緩和をもたらすことができる。テクスチャ加工層37の上に成長した次の層は、構造体の残りの層を形成するための平面を提供する。図2Aに示されている実施形態では、平坦化層は、n型領域33の一部であり、これは、テクスチャ加工層37の形成後に成長表面を平坦化するのに加えて、平坦化層が素子における目的に役立っていることを意味している。他の実施形態では、平坦化層は、n型領域33、活性領域31、及び、もし素子がテクスチャ加工層37を含まない場合には含まれるであろうp型領域34の各層とは別の、素子の付加的な層である。そのような実施形態では、平坦化層はドーブされないか、又は、p型又はn型ドーパントで軽くドーブされるであろう。平坦化層は、一般的にテクスチャ加工層37とは異なる屈折率を有し、GaN、AlGaN、AlInGaN、又はInGaNとすることができる。

#### 【0012】

図2Bは、テクスチャ加工層37の上に実質的に共形に形成された付加的なテクスチャ加工層38を有する構造を示している。テクスチャ加工層37は、テクスチャ加工層37の上に重なるAlN又はAlGaNテクスチャ加工層38の成長のための核生成部位を形成する複数のGaN種結晶とすることができる。テクスチャ加工層37は、基板32上に直接か、又は基板32上に形成された下に重なる層(図示しない)上に成長することができる。テクスチャ加工層38は、三次元成長に好都合な条件下で成長し、従って、テクスチャ加工層38は、下に重なるテクスチャ加工層37の形状を実質的に保持する。図2Bで示されている実施形態では、平坦化層39は、n型領域33とは別の追加層である。平坦化層はまた、n型領域33の一部とすることもできる。テクスチャ加工層38と平坦化層39は、層38及び39の界面で散乱を生じさせるように異なる屈折率を有する。

#### 【0013】

図2Cは、追加層35によって基板32からテクスチャ加工層37が分離されている構造を示している。追加層35は、例えば、核生成層とすることができる。

図2Dは、テクスチャ加工層37が活性領域31のp型側に配置された構造を示している。テクスチャ加工層37は、活性領域31上に直接形成しても良いし、又は、p型領域34の一部分34A又はp型領域34とは別の追加層によって活性領域31から分離されても良い。図2Dに示されている構造の一例では、層34Aは、p型ドーブ処理したAlGaN層、テクスチャ加工層37は、AlGaN層、及び、平坦化層39及びp型層24Bは、p型GaN層とすることができる。

#### 【0014】

図2Aから図2Dで示している素子は、幾つかの技術により製造することができる。テクスチャ加工層を組み込んだ素子を製造する第1の方法は図3に示されている。段階21では、任意選択的な核生成又は他のIII族窒化物層を基板の上に成長させる。適切な核生成層は、例えば、GaN、AlGaN、及びAlN層を含む。段階22では、後でテクスチャ加工層(一般的に、AlN又はAlGaN)を形成することになる結晶層を堆積させる。AlN又はAlGaN層は、一般的に高温でエピタキシャル法によって堆積させる。例えば、AlN又はAlGaN層は、900°から1200°の温度でMOCVDによって堆積させることができる。

#### 【0015】

AlN又はAlGaN層の一部分は、次に、段階23でエッチングで取り除かれる。エッチャントガスは、結晶層のより小さくより安定性のない結晶を選択的にエッチングして取り除くように選択される。適切なエッチャントガスには、 $H_2$ 、 $N_2$ 、 $NH_3$ 、 $HCl$ 、及びその混合物が含まれる。より大きく、より安定した結晶が残り、最終的な完全に処理された構造において最終的に光散乱要素として作用することになる材料37の不連続なアイランドを形成する。

#### 【0016】

段階24では、段階23で形成したテクスチャ加工層の上に異なる屈折率を有するII 50

I 族窒化物層を成長させて、素子の成長表面を平坦化する。散乱層のアイランド間の空隙を埋めて他の素子層を形成する平面を作り出すために、横方向の成長を促進する条件下で平坦化層を成長させる。例えば、平坦化層は、緩やかな成長を助けるために、高温（例えば、1000 を超える温度）で低流量の先駆ガスを使用して形成することができる。次に n 型層、発光層、及び p 型層のような他の素子層が、段階 25 で平坦化層の平面の上に形成される。

#### 【0017】

テクスチャ加工層を組み込んだ素子を製造する第 2 の方法は、図 4 A、図 4 B、及び図 4 C に示されている。この方法は、マスクを通してのテクスチャ加工層の成長を含む。図 4 A から図 4 C は、成長過程の種々の段階における素子の断面を示している。図 4 A では、パターン化したマスク層 42 がサファイア基板 32 の上に配置されている。マスク層 42 は、例えば、スパッタリング、蒸発、又は化学蒸着によって堆積された二酸化珪素とすることができる。マスク層 42 は、基板 32 の一部分を露出するようにパターン化される。いくつかの実施形態においては、1 つ又はそれ以上のバッファ層又は核生成層（図示しない）をマスク層 42 と基板 32 との間に配置することができる。

10

#### 【0018】

図 4 B では、テクスチャ加工層 37 が、パターン化した層 42 の上に成長する。マスク層 42 は、テクスチャ加工層 37 を形成する原子がマスク層 42 上に選択的に堆積しないように選択される。その結果、テクスチャ加工層 37 を形成する材料は、最初はマスク 42 に形成された開口部にのみ堆積し、次にマスクを覆って上方及び横方向に成長を続け、平面層の代わりに材料のアイランドをもたらす。図 4 C では、テクスチャ加工層 37 の上に平面層が形成されている。次に、平面層の上に残りの素子層が形成される。

20

#### 【0019】

散乱層を組み込んだ素子を形成する第 3 の方法は、図 5 に示されている。段階 51 で、任意選択的な核生成層を基板の上に形成することができる。段階 52 において、テクスチャ加工層を形成することになる材料（一般的に、AlN 又は AlGaIn）の層は、例えば、スパッタリング、反応成長、又は化学蒸着によって堆積される。いくつかの実施形態においては、段階 52 で形成される材料は、三次元成長に有利な条件下で成長させられる。AlN 又は AlGaIn 材料の層は、次に、段階 53 で材料が結晶性になるように焼き鈍しされる。段階 54 では、大きく安定した粒子を取り巻く焼き鈍した層の一部分は、任意選択的に、 $H_2$ 、 $N_2$ 、 $NH_3$ 、 $HCl$ 、及びそれらの混合物でエッチングして取り除かれ、テクスチャ加工層を形成する。段階 52 における成長が三次元の成長に好都合な実施形態では、段階 53 における焼き鈍し段階は、図 2 A から図 2 D のテクスチャ加工層 37 を形成するのに十分であり、従ってエッチングは不要である。図 2 B に示す実施形態のようないくつかの実施形態では、段階 52、53、及び 54 で形成される層と実質的に共形の追加テクスチャ加工層が段階 55 で堆積される。最後に、段階 56 で平坦化層が堆積される。

30

#### 【0020】

いくつかの実施形態においては、高品質結晶層の三次元成長を引き起こす条件下でテクスチャ加工層 37 が成長する。そのような実施形態では、散乱に適した構造を形成するのに、図 3 で説明したエッチングも、図 5 で説明した焼き鈍しも不要である。

40

三次元及び横方向に成長させる技術は、本明細書において引用により組み込まれる、「J・ハン他著「GaIn 有機金属化学蒸着時の形態進化に対する  $H_2$  の影響」、応用物理学レター、71 (21)、3114 ~ 3116 ページ (1997 年、11 月 24 日) において更に詳細に検討されている。

#### 【0021】

図 6 は、パッケージ化された発光素子の組立分解図である。ヒートシンク・スラグ 100 は、挿入成形リードフレーム 106 の中に配置される。挿入成形リードフレーム 106 は、例えば、電気の通路を形成する金属フレームの周囲に成形された充填プラスチック材料である。スラグ 100 は、任意選択の反射器カップ 102 を含むことができる。代替的

50



に、スラグ１００は、反射器カップのない台座を形成することができる。発光素子ダイ１０４は、上述のどの素子であってもよいが、直接的に又は熱伝導性のサブマウント１０３を通じて間接的にスラグ１００に取り付けられる。光学レンズ１０８とすることができる覆いを追加してもよい。

【００２２】

本発明によれば、テクスチャ加工層を組み込んだ素子は、幾つかの利点を提供することができる。テクスチャ加工層が基板に隣接するか又は近くにある素子では、テクスチャ加工層は、低屈折率の基板と高屈折率の素子層との間の平面界面を砕いて壊すことができる。テクスチャ加工層のこの三次元形態は、光を基板の中に伝達させる角度で界面に当たる、より多くの光をもたらす。

10

当業者には、上述の説明及び添付の図面から、本発明に対する様々な変形が明らかになるであろう。従って、本発明は、特許請求の範囲によってのみ限定されるものとする。

【図面の簡単な説明】

【００２３】

【図１】 GaNとサファイアの間の界面に入射する光ビームを示す図である。

【図２Ａ】本発明の実施形態を組み込んだ発光素子を示す図である。

【図２Ｂ】本発明の実施形態を組み込んだ発光素子を示す図である。

【図２Ｃ】本発明の実施形態を組み込んだ発光素子を示す図である。

【図２Ｄ】本発明の実施形態を組み込んだ発光素子を示す図である。

【図３】テクスチャ加工層を組み込んだ発光素子を製造する方法の一部分を示す図である 20

。【図４Ａ】製造の様々な段階の一段階におけるテクスチャ加工層を組み込んだ発光素子を示す図である。

【図４Ｂ】製造の様々な段階の一段階におけるテクスチャ加工層を組み込んだ発光素子を示す図である。

【図４Ｃ】製造の様々な段階の一段階におけるテクスチャ加工層を組み込んだ発光素子を示す図である。

【図５】テクスチャ加工層を組み込んだ発光素子を製造する方法の一部分を示す図である。

【図６】パッケージ化した発光素子の分解組立図である。

30

【符号の説明】

【００２４】

３１ 活性領域

３２ 基板

３３ n型領域

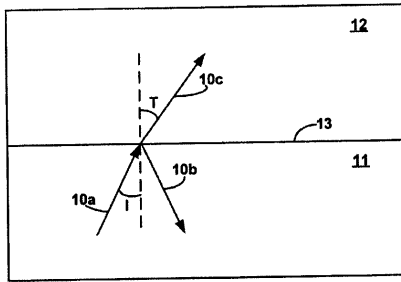
３４ p型領域

３７ テクスチャ加工層

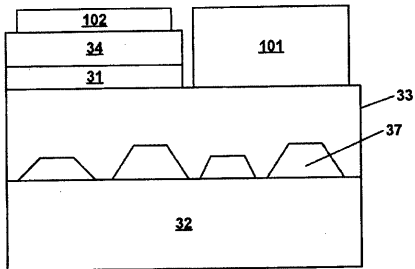
１０１ n接点

１０２ p接点

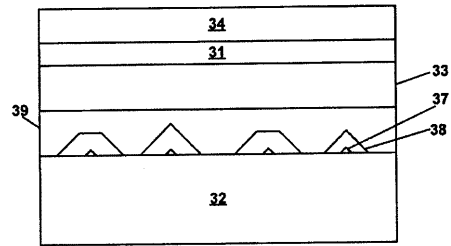
【図 1】



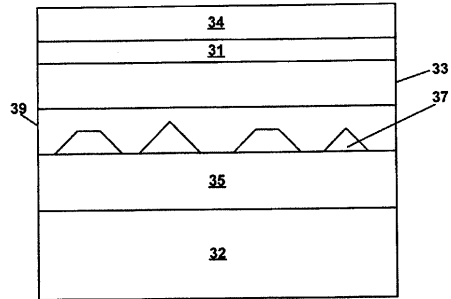
【図 2 A】



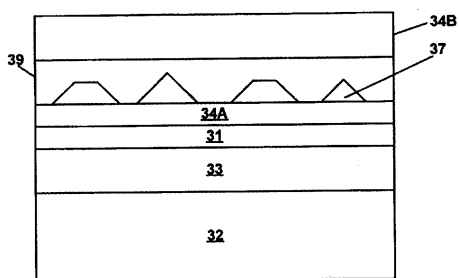
【図 2 B】



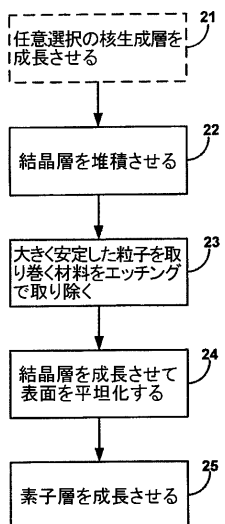
【図 2 C】



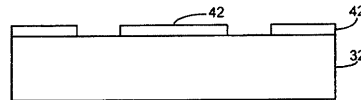
【図 2 D】



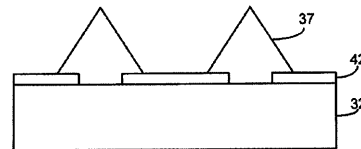
【図 3】



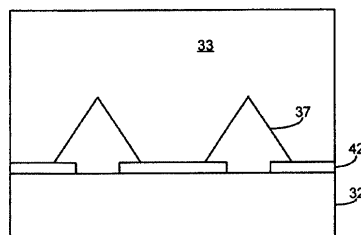
【図 4 A】



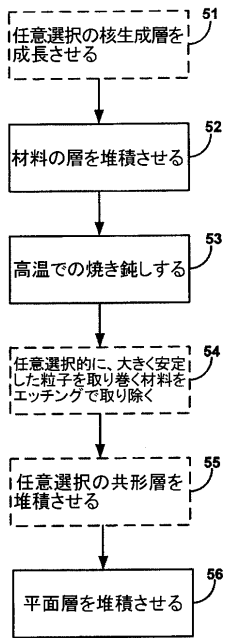
【図 4 B】



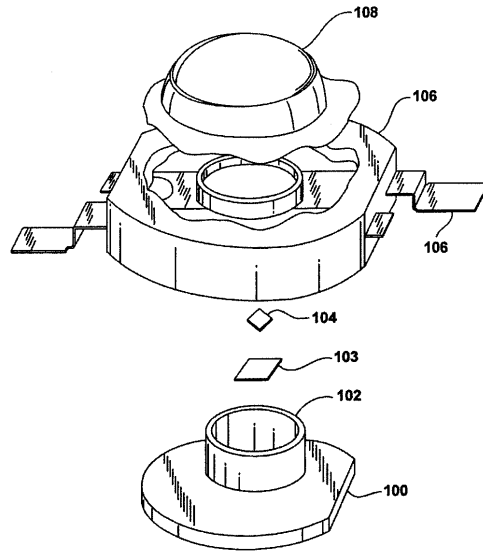
【図 4 C】



【 図 5 】



【 図 6 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ダニエル エイ ステイガーウォルド

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 0 1 4 クーパティーノ ロックウッド ドライヴ 1  
0 4 3 0 ビー

(72)発明者 ジェローム シー バット

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 1 3 1 サンフランシスコ ウォレン ドライヴ 4 7  
0 # 3 0 1

F ターム(参考) 2H042 BA05 BA15 BA16

5F041 AA03 CA04 CA13 CA40 CA65 CA74 DA04 DA09