

(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2008-514030

(P2008-514030A)

(43) 公表日 平成20年5月1日(2008.5.1)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>HO 1 L 33/00 (2006.01)</b>	HO 1 L 33/00 C	5 F O 4 1
	HO 1 L 33/00 N	

審査請求 有 予備審査請求 有 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2007-533549 (P2007-533549)  
 (86) (22) 出願日 平成17年9月15日 (2005.9.15)  
 (85) 翻訳文提出日 平成19年5月8日 (2007.5.8)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2005/033013  
 (87) 国際公開番号 W02006/036582  
 (87) 国際公開日 平成18年4月6日 (2006.4.6)  
 (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 11/037,965  
 (32) 優先日 平成17年1月18日 (2005.1.18)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

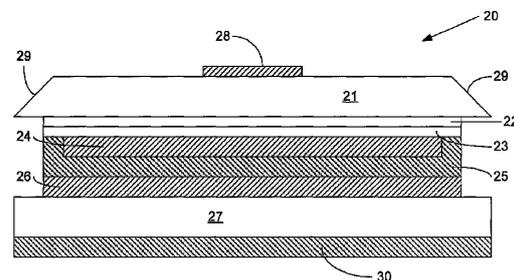
(71) 出願人 592054856  
 クリー インコーポレイテッド  
 C R E E I N C .  
 アメリカ合衆国 ノースカロライナ州 2  
 7 7 0 3 ダラム シリコン ドライブ  
 4 6 0 0  
 (74) 代理人 100089705  
 弁理士 社本 一夫  
 (74) 代理人 100140109  
 弁理士 小野 新次郎  
 (74) 代理人 100075270  
 弁理士 小林 泰  
 (74) 代理人 100080137  
 弁理士 千葉 昭男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高出力小面積 I I I 族窒化物 LED

(57) 【要約】

単位面積当たり有利な出力を有する発光ダイオードを開示する。このダイオードは、100,000平方マイクロン未満の面積を含み、4.0ボルト未満の順方向電圧で動作し、20ミリアンペアの駆動電流において少なくとも24ミリワットの放射束を生成し、約395及び540ナノメートルの間の主波長において発光する。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

単位面積当たり有利な出力を有する発光ダイオードであって、

125,000平方マイクロン以下の面積と、

4.0ボルト未満の順方向電圧と、

20ミリアンペアの駆動電流において少なくとも27ミリワットの放射束と、

約395～540ナノメートルの間の主波長と

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、該発光ダイオードは、

100,000平方マイクロン以下の面積と、

20ミリアンペアの駆動電流において少なくとも24ミリワットの放射束と

を有していることを特徴とする発光ダイオード。

10

## 【請求項 3】

請求項 2 記載の発光ダイオードであって、主波長が約450～480ナノメートルの間であることを特徴とする発光ダイオード。

## 【請求項 4】

請求項 2 記載の発光ダイオードであって、主波長が約455～465ナノメートルの間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 2 記載の発光ダイオードであって、20ミリアンペアの駆動電流において、少なくとも27ミリワットの放射束を有することを特徴とする発光ダイオード。

20

## 【請求項 6】

請求項 2 記載の発光ダイオードであって、前記ダイオードの対向するそれぞれの垂直面上にオーミック・コンタクト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 2 記載の発光ダイオードであって、少なくとも1つの導電性炭化珪素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 8】

請求項 2 記載の発光ダイオードであって、III族窒化物で形成された少なくとも1つのアクティブ層を備えていることを特徴とする発光ダイオード。

30

## 【請求項 9】

請求項 8 記載の発光ダイオードにおいて、前記アクティブ層は、窒化ガリウム、窒化インディウム・ガリウム、窒化アルミニウム・ガリウム、及び窒化アルミニウム・インディウム・ガリウムから成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 2 記載の発光ダイオードであって、5mmパッケージに収容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 2 記載の発光ダイオードにおいて、3.5ボルト未満の順方向電圧で動作することを特徴とする発光ダイオード。

40

## 【請求項 12】

請求項 2 記載の発光ダイオードを含むことを特徴とする画素。

## 【請求項 13】

請求項 12 記載の画素を含むことを特徴とするディスプレイ。

## 【請求項 14】

請求項 1 記載の発光ダイオードであって、

100,000 $\mu^2$  未満の面積を有するダイと、

前記ダイを封入する5mmパッケージと、

約420～465nmの間の波長及び20ミリアンペアの駆動電流において、45%よ

50

りも大きな外部量子効率と  
を有し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 14 記載の発光ダイオードにおいて、前記パッケージは、少なくともダイ・カップを含み、前記アクティブ層は、前記ダイ・カップに隣接し、前記基板は前記ダイ・カップから離れて向かい合っ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において、約 420 ~ 460 nm の間の波長において、外部量子効率が 50 % よりも大きいことを特徴とする発光ダイオード。

【請求項 17】

請求項 16 記載の発光ダイオードにおいて、約 400 ~ 480 nm の間の波長における外部量子効率が 40 % よりも大きいことを特徴とする発光ダイオード。

【請求項 18】

請求項 2 記載の発光ダイオードであって、

5 mm ( T 1 -3/4 ) ポリマ・パッケージと、

前記パッケージ内にあり、面積が 100 , 000 平方ミクロン未満のダイと  
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であって、主波長が約 450 ~ 480 ナノメートルの間であ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であって、主波長が約 455 ~ 465 ナノメートルであ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であって、20 ミリアンペアの駆動電流において、少なくとも 27 ミリワットの放射束を有す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、フリップ・チップ配向を有することを特徴とする発光ダイオード。

【請求項 23】

単位面積当たり有利な出力を有する発光ダイオードであって、

約 395 ~ 540 nm 間の主波長、4 . 0 ボルト未満の順方向電圧、及び 20 ミリアンペアの駆動電流において、1 平方ミリメートル当たり少なくとも 270 ミリワットの単位面積放射束

を有し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 23 記載の発光ダイオードにおいて、3 . 5 ボルト未満の順方向電圧で動作することを特徴とする発光ダイオード。

【請求項 25】

請求項 23 記載の発光ダイオードにおいて、1 平方ミリメートル当たり少なくとも 300 ミリワットの単位面積放射束を生成することを特徴とする発光ダイオード。

【請求項 26】

請求項 23 記載の発光ダイオードにおいて、1 平方ミリメートル当たり少なくとも 330 ミリワットの単位面積放射束を生成することを特徴とする発光ダイオード。

【請求項 27】

請求項 23 記載の発光ダイオードにおいて、1 平方ミリメートル当たり少なくとも 360 ミリワットの単位面積放射束を生成することを特徴とする発光ダイオード。

【請求項 28】

請求項 23 記載の発光ダイオードにおいて、1 平方ミリメートル当たり少なくとも 390 ミリワットの単位面積放射束を生成することを特徴とする発光ダイオード。

10

20

30

40

50

## 【請求項 29】

請求項 23 記載の発光ダイオードであって、導電性基板と、III 族窒化物アクティブ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 30】

請求項 29 記載の発光ダイオードにおいて、前記基板が炭化珪素から成ることを特徴とする発光ダイオード。

## 【請求項 31】

請求項 29 記載の発光ダイオードにおいて、前記アクティブ層は、窒化ガリウム、窒化インディウム・ガリウム、窒化アルミニウム・ガリウム、及び窒化アルミニウム・インディウム・ガリウムから成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。

10

## 【請求項 32】

請求項 23 記載の発光ダイオードであって、

導電性炭化珪素基板と、

前記炭化珪素基板上にあり、該基板と共にダイを規定する、p 型及び n 型それぞれの III 族窒化物層と、

前記炭化珪素基板及び前記 III 族窒化物層に対して垂直に配向されているオーミック・コンタクトと、

455 ~ 465 nm の間の主波長と、

前記基板、前記 III 族窒化物層、及び前記オーミック・コンタクトの一部を封入するポリマ・パッケージと、

20

を備えていることを特徴とする発光ダイオード。

## 【請求項 33】

請求項 32 記載の発光ダイオードにおいて、前記パッケージが 5 mm パッケージであ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、前記炭化珪素基板が、炭化珪素の 3C、4H、6H、及び 15R プロトタイプから成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、4.0 ボルト未満の順方向電圧で動作することを特徴とする発光ダイオード。

30

## 【請求項 36】

請求項 32 記載の発光ダイオードにおいて、3.5 ボルト未満の順方向電圧で動作することを特徴とする発光ダイオード。

## 【請求項 37】

請求項 34 記載の発光ダイオードにおいて、発光面の 1 平方ミリメートル当たり少なくとも 300 ミリワットの単位面積放射束を生成することを特徴とする発光ダイオード。

## 【請求項 38】

請求項 35 記載の発光ダイオードにおいて、発光面の 1 平方ミリメートル当たり少なくとも 330 ミリワットの単位面積放射束を生成することを特徴とする発光ダイオード。

40

## 【請求項 39】

請求項 32 記載の発光ダイオードにおいて、発光面の 1 平方ミリメートル当たり少なくとも 360 ミリワットの単位面積放射束を生成することを特徴とする発光ダイオード。

## 【請求項 40】

請求項 32 記載の発光ダイオードにおいて、発光面の 1 平方ミリメートル当たり少なくとも 390 ミリワットの単位面積放射束を生成する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 III 族窒化物

50

のアクティブ部分が形成されたLEDに関する。

【背景技術】

【0002】

発光技術

多くの用途に向けられる発光デバイスは、数種類の広い分類に分けられる。白熱照明は、金属フィラメントを加熱することによって、通常では金属フィラメントに電流を通すことによって生成する。加熱されたフィラメントは光を放出する。家庭用及びその他の室内用照明は、広く行き渡っている白熱照明の用途の1つである。「ハロゲン」照明は、全体的に同じ原理で作用するが、効率が高い。蛍光発光は、蒸気（通例、水銀を含有する）を印加電位差で励起することによって発生する。次いで、励起した蒸気から放出される光子が燐光体（蛍光体）に衝突して可視光を放出する。蛍光発光も、家庭、事務所、及び種々のその他の用途において広く行き渡っている。

10

【0003】

発光ダイオード

発光ダイオード(LED)は、p-n接合半導体ダイオードであり、順方向にバイアスされると、光子を放出する。つまり、発光ダイオードが生成する光は、半導体材料における電子の移動に基づく。したがって、LEDは、蒸気も燐光体も必要としない（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における所望の特性を共有しており、高効率（それらの放出には熱が殆ど又は全く含まれない）、高信頼性、及び長寿命が含まれる。例えば、典型的なLEDの故障間平均時間は、約100,000~1,000,000時間の間であり、LEDの控えめな半減期でも、約50,000時間である。

20

【0004】

具体的には、LEDが放出する光の周波数は、材料における許容エネルギー・レベル間におけるエネルギー差、即ち、バンドギャップと呼ばれる特性に基づいている（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）。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特性(property)である。つまり、シリコン(Si: バンドギャップは1.12電子ボルト(eV))に形成されたLEDは、スペクトルの赤外線部分においてエネルギー遷移を有する。このため、シリコン系ダイオードは、人の目に対する可視性が重要でないか、又は特別に望まれない低コスト・センサのような品目に用いられる。ガリウム砒素(バンドギャップは1.42 eV)に形成されたLED、又は更に一般的に、シリコン系砒化アルミニウム・ガリウム(AlGaAs)に形成されたLEDは、スペクトルの可視部分で発光するが、赤外線や赤色及び黄色光を生成するような低い周波数帯である。

30

【0005】

一方、緑、青、及び紫外線(UV)光子は、可視スペクトル以内の（及びこれを超える）高い周波数の色を表すので、これらは、バンドギャップが少なくとも約2.2 eVのLEDでなければ生成できない。このような材料は、ダイヤモンド(5.47 eV)、炭化珪素(2.99 eV)、及びGaN(3.4 eV)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、バンドギャップが広いLEDを赤色及び緑色LEDと組み合わせ、白色を生成することができ、蛍光体と組み合わせ、青色光又はUV光あるいは双方によって励起させて白色光を生成することができる。

40

【0006】

様々な理由のために、III族窒化物組成（即ち、周期表のIII族）、特に、GaN、AlGaN、InGaN、及びAlInGaNは、青色発光LEDには特に有用である。1つの利点をあげると、これらは「直接」エミッタ（発光器）であることであり、バンドギャップ間を渡る電子遷移が発生すると、エネルギーの多くが光となって放出されることを意味する。比較すると、「間接」エミッタ（炭化珪素のような）は、そのエネルギーを部分的に光（光子）として放出し、大部分を振動エネルギー（光子）として放出する。したがって、III族窒化物では、間接遷移材料を越えた、効率上の利点が得られる。

50

## 【0007】

別の利点をあげると、三元又は四元Ⅲ族材料（例えば、AlGa<sub>N</sub>、InGa<sub>N</sub>、AlInGa<sub>N</sub>）のバンドギャップは、含まれるⅢ族元素の原子分率によって左右される。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（制限内の範囲で）自由に選ぶことができる。

## 【0008】

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、溶解フェーズ（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、比較的大きな窒素蒸気圧を有し、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。

## 【0009】

しかしながら、更に最近の開発に基づいて、Ⅲ族窒化物に基づく青色LED及び派生的な白色発光ソリッド・ステート・ランプが、ソリッド・ステート照明用途において、徐々に広まりつつある。

## 【0010】

出力光の品質

比較及びその他の関連する目的のために、照明は通例その出力で定量化されている。典型的な測定単位の1つにルーメンがあり、1カンデラ（cd）強度の均一点光源によって単位立体角で放出された光に等しい光束の単位と定義されている。一方、カンデラは、国際単位系における光強度の基本単位であり、周波数 $540 \times 10^{12}$ の単色光線を放出する光源の所与の方向における光強度に等しく、その方向に単位立体角当たり1/683の放射強度を有する。

## 【0011】

ルーメンを測定単位として用いると、1200～1800ルーメンの強度は、白熱電球に典型的であり、1000～6000ルーメン（状況によって異なる）は、自然の白昼光において典型的である。しかしながら、発光ダイオードは、強度が遥かに小さく、例えば、約10～100ルーメン程度である。理由の1つに、そのサイズが小さいことがあげられる。このため、単一（又は小集団）のLEDに合う用途は、以前より、照明（読むためのランプ）ではなく、指示（例えば、ハンドヘルド計算機のレジスタ）に重点が置かれていた。青色LED及び対応する白色発光デバイスが利用可能となって、照明の目的のためのこのようなLEDの市場入手可能性が広がったが、所望の出力を得るためには、数個（又はそれ以上）のLEDを纏めて使用しているのが通例である。

## 【0012】

LEDは、その典型的なサイズ及び構造のために、ルーメン以外の単位で出力を測定する場合が多い。加えて、LEDの出力は、印加電流にも左右され、一方印加電流はダイオード間に印加される電位差によって左右される。このため、LEDの出力は、その放射束（ $R_f$ ）と呼ばれることが多く、標準的な20ミリアンペア（mA）の駆動電流におけるミリワット（mW）単位で表される。

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0013】

特に、青色LED及びそれらに関係する派生デバイスは、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くなりつつある。広く普及している例には、コンピュータ画面、パーソナル・デジタル・アシスタント（「PDA」）、及びセルラ・

10

20

30

40

50

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( $V_f$ )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、残念ながら、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。

したがって、広バンドギャップ材料内に形成した小型LEDの出力を連続的に改善することが求められている。

【課題を解決するための手段】

【0014】

要約すると、本発明は、小型で、順方向電圧が低く、光出力が大きい発光ダイオードである。

別の態様では、本発明は、単位面積当たり有利な出力を有する発光ダイオードである。このダイオードは、100,000平方マイクロメートル未満の面積、4.0ボルト未満の順方向電圧、20ミリアンペアの駆動電流において少なくとも24ミリワットの放射束、ならびに約395及び540ナノメートルの間の主波長を含む。

【0015】

別の態様では、本発明は、100,000 $\mu^2$ 未満の面積を有するダイと、ダイを封入する5mmパッケージと、4.0ボルト未満の順方向電圧と、約420及び465nmの間の波長、及び20ミリアンペアの駆動電流において、45パーセント(45%)よりも大きな外部量子効率とを有する。

別の態様では、本発明は、5mm(T1-3/4)ポリマ・パッケージと、パッケージ内にあり、面積が100,000平方マイクロメートル未満のダイと、4.0ボルト未満の順方向電圧と、20ミリアンペアの駆動電流において少なくとも24ミリワットの放射束と、約395及び540nmの間の主波長とを含む発光ダイオードである。

【0016】

別の態様では、本発明は、導電性炭化珪素基板と、炭化珪素基板上にあり、該基板と共にダイを規定する、p型及びn型それぞれのIII族窒化物層と、炭化珪素基板及びIII族窒化物層に対して垂直に配向されているオーミック・コンタクトと、455及び465nmの間の主波長と、基板、III族窒化物層、及びオーミック・コンタクトの一部を封入するポリマ・パッケージと、20ミリアンペアの駆動電流において発光面の1平方ミリメートル当たり少なくとも270ミリワットのパッケージからの放射束とを含む発光ダイオードである。

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を基にして、明確となるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

本発明は、小型で、順方向電圧が低く、光出力が高く、そのため効率がよく、単位面積当たりの出力が大きい発光ダイオードである。

背景において明記したように、本発明の多数の構造的特徴が、本願と同じ譲受人に譲渡され同時係属中の米国特許出願第10/951,042号に明記されている。

【0018】

更に詳しく説明すると、図1は、本発明の性能特性を有し、全体的に20で示す発光ダイオードの断面図である。ダイオード20は、透明炭化珪素基板21を含み、好ましくは、単結晶であり、3C、4H、6H、及び15Rプロトタイプの炭化珪素から選択したプロトタイプを有し、本発明に関しては4Hが好ましいことが多い。図1はダイオード20を「フリップ・チップ」配向(即ち、アクティブ相を基板の下側に用いるように実装されている)で図示しているので、基板21が、ダイオード20の底部ではなく最上部にある。この配向では、SiC基板はLEDの主要放出面となる。勿論、発光ダイオードは、最終使用において、多数の異なる位置及び配向で配置できることは言うまでもない。したがって、ダイオード20の要素に関して、用語「最上部」及び「底部」は、相対的であ

10

20

30

40

50

り、構造的な意味で全体的にデバイスの配向を示すものとする。このような用語の使用は、当技術分野では慣習となっており、周知であり、更に明細書における文脈からも明白である。

【0019】

ダイオードは、少なくとも1つ、好ましくは数層の発光（「アクティブ」）部を形成する層を含む。図1には、n型層21及びp型層22の2つの層が示されている。これら導電型が逆の層は、電流がダイオードを通過する機会を与え、その結果得られる電子及び正孔の結合により、放出光子が発生する。図1には2つのIII族窒化物層のみを示すが、超格子構造や多重量子井戸を含む追加の層を用いることができる。このような構造は当技術分野では周知であり、過度の実験を行わなくても、本発明において実用可能である。

10

【0020】

また、図1に示す実施形態は、ミラー層24も含み、これは通例、銀（Ag）又は銀/プラチナ（Ag/Pt）合金で形成されている。銀系の層は、アクティブ層22、23に電氣的な接触も行う。バリア層25は、通例、チタン・タングステン（TiW）合金、又はプラチナ、又は双方、又は窒化チタン・タングステン（TiWN）で形成され、望ましくない銀のマイグレーションや、デバイスの他の部分との反応を防止するために、銀系層24を包囲する。

【0021】

一般に、はんだ層26がバリア層25に接着されているが、ダイオードの製造方法に基づけば、それに限定されるものではない。これら及び他の構造的な特徴が、先に本願にも含まれるとした'042米国特許出願に明記されている。金属又は導電性半導体層27が物理的支持構造を形成し、背面オーミック・コンタクト30及び上面オーミック・コンタクト28により構造が完成し、これにより、ダイオード20を流れる電流を注入するための電流注入路が提供される。

20

代替実施形態では、金属又は半導体支持層27を、はんだ層26と共に又ははんだ層26は残して、取り除くことができる。このような実施形態では、背面コンタクト30を、ミラー及びバリア層24、25に寄せて配置することになる。

【0022】

図1に示すように、アクティブ層は、通例、III族窒化物であり、窒化ガリウム（GaN）、窒化インディウム・ガリウム（InGaN）、窒化アルミニウム・ガリウム（AlGaN）、及び窒化アルミニウム・インディウム・ガリウム（AlInGaN）が適した選択肢である。当業者には分かるであろうが、III族窒化物は、三元及び四元結合におけるIII族元素の原子分率を変更することによって、主波長を変化させることができる。当技術分野では周知であるが、これらの化学式は、更に正確には、 $Al_x In_y Ga_{1-x-y} N$ と表すことができ、ここでx及びyは0から1の間の値を取ることができ、0及び1のいずれも含み、 $x + y$ は常に1以下でなければならないという制約がある。

30

【0023】

図2は、標準的なパッケージングにおける、本発明によるダイオードを組み込んだランプの断面図である。ランプ全体を32で示すが、その中にふくまれる要素は、当業者には周知なものである。実際、ここに開示するダイオードの利点の1つは、そのサイズ及び配向により、標準的なパッケージングで実装することができ、これに伴う便益が製造業者及び最終ユーザに得られることである。

40

【0024】

ランプ32はダイオードを含み、該ダイオードは、ここでも20で示されている。ダイオードは、反射カップ33内に配置されており、図2に示す形式のダイオードでは、これをアンビル(anvil)34と呼ぶこともあり、更に、ランプ32への電気コンタクトの一方を形成する。アンビルは、導電性があり、通常、金属で形成されている。明確化のために、図2では、ダイオード20がダイ・カップ33の中に位置するように示しているが、実際には、導電性の接着剤又ははんだ（図示せず）によって、適所に固定されている。アンビル34は、ダイオード20の背面オーミック・コンタクト30（図1）と電氣的に接触

50

しており、上位ボンド・ワイヤ35がダイオード20の上面オーミック・コンタクト28（これも図1にある）と電氣的に接触している。勿論、背面支持部27及びオーミック・コンタクト30を省略する場合、アンビル34は、はんだ層26又はバリア金属層25と直接接触する。一方、上位ボンド・ワイヤ35は、ポストと呼ばれる、更に大きな別の電極36に接続する。パッケージ全体は、ポリマ筐体又はレンズ37を含み、そのサイズ及び形状は、材料と共に、特定の出力に合わせて選択される。

#### 【0025】

図2には詳細に示していないが、図2に示したデバイス20では、アクティブ層22、23は、ダイ・カップ33の底面(floor)に隣接しており、炭化珪素基板21がカップから離れて、上向きで面している。

図2は、一例のある程度模式的な図であり、非常に類似したパッケージにより、表面実装、金属缶(metal can)、又は金属ヘッダ、さらには図2に示すエポキシ・レンズを包含することもできる。

#### 【0026】

本発明は、限定するものではないが、5mmパッケージにおける使用が可能であり、5mmパッケージ(T-13/4型としても知られている)は、周知であり、広く入手可能であり、当業界において頻繁に用いられている。したがって、これは、本発明の封入及び使用に関して、本発明の適用可能な形態を表している。

これらの側面を背景として、本発明の性能面を関連付けて表すことができる。つまり、第1実施形態では、本発明は、単位面積当たりの出力に利点がある発光ダイオードであり、面積が $10,000\mu^2$ 、順方向電圧が4.0ボルト未満、20ミリアンペアの駆動電流における放射束が少なくとも24ミリワット、そして主波長が約395~540nmの間である。

#### 【0027】

半導体技術においては周知であるが、順方向電圧( $V_f$ )は、所与の電流における電圧であると定義されている。一般的に言うと、小規模(微小)な用途において用いられるダイオードでは、特にここに明記する明度レベルでは、順方向電圧が低い方が有利であると言える。好適な実施形態では、本発明によるダイオードは、4.0ボルトの順方向電圧、又は少なくとも20ミリアンペアの駆動電流で動作することができる。

#### 【0028】

放射束を測定するには、T-1-3/4型の封入ランプを、分光計に取り付けた積分球(integrating sphere)内に配置する。測定デバイスの一例に、可視LED用のLabsphere OmniLTS分光計がある。放射束は、電力(ワット)単位で測定する。

当技術分野(そして本明細書)において用いる場合、「主波長」という用語は、発光ダイオードによって人間の目において生ずる色相の飽和の尺度を表している。主波長を判定するには、基準光源の色座標、及び国際照明委員会(CIE)1931色度図におけるLEDの測定色度座標上で直線を引く。色度図の境界上における直線の交点が、主波長を示す。

#### 【0029】

ピーク波長とは、最大スペクトル・パワーにおける波長である。ピーク波長は、実用的な目的では、重要性が低い場合がある。何故なら、2つの異なる発光ダイオードが同じピーク座標を有していても、色の認知度が異なる場合があるからである。

発光ダイオードのこれら及び他の光学特性に関するしかるべき論述が、ニュー・ハンプシャー州North SuttonのLabsphere Inc.からのLabsphere Technical Guide, "The Radiometry of Light Emitting Diodes"(発光ダイオードの放射測定)に明記されている。

#### 【0030】

レンズ37は、光線の方向及び分布(即ち、空間分布パターン)を変化させるために用いられ、一部の発光ダイオードのためには、光学フィルタとして供するように着色されている。本発明によるダイオードは、白色光の生成に関連して頻繁に用いられるので、着色レンズの使用はさほど広く行われてはいない。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 1 】

発光ダイオードの放射束を測定するには、通常、積分球を用いる。これには、先に引用したデバイスが全面的に適しているが、これに限定されるのではない。

放射束は、放射パワーとも呼ばれ、放射場(radiation field)が放射エネルギーを1つの領域から他の領域に伝達する速度( $d / d t$ )である。先に注記したように、シータ( $\theta$ )を放射エネルギーとすると、放射パワーの単位はワットである。

## 【 0 0 3 2 】

本発明によるダイオードの主波長は、通例、約395 nm ~ 540 nmの間であり、電磁スペクトルの緑、青、紫、及び紫外部分に該当する。更に特定すれば、本発明によるダイオードの主波長は、約450 ~ 480 nmの間であり、好ましい出力波長は約455 ~ 465 nmの間である。これにより、その出力は可視光スペクトルの青色部分にすっぽりと納まることになり、ディスプレイや関連する目的のための全色及び白色に関して、多数の利点が得られる。

10

## 【 0 0 3 3 】

本発明によるダイオードは、20ミリアンペアの駆動電流において、少なくとも24ミリワットの放射束を有することができる。これは、全て種類の発光ダイオードの性能を測定する際における典型的な標準であり、したがって、本発明によるダイオードに対して有用な比較を行うことができる。

## 【 0 0 3 4 】

本発明による青色発光ダイオードは、画素に組み込むことができ、特に他の原色(赤及び緑)を形成するものと組み合わせて、全色ディスプレイを提供することができる。

20

他の態様では、本発明による発光ダイオードは、主波長が約395 ~ 540 nmの間、順方向電圧が4.0ボルト未満、そして駆動電流が20ミリアンペアとしたときに、1平方ミリメートル当たり少なくとも270ミリワットの放射束を生成する。

他の態様では、本発明は、単位面積当たりの有利な出力を有する発光ダイオードであり、面積が100,000  $\mu^2$ のダイ、ダイを封入するパッケージが5mm、順方向電圧が4.0ボルト未満、そして420 ~ 465 nmの間の波長及び20ミリアンペアの駆動電圧において外部量子効率(external quantum efficiency)が45%超である。

## 【 0 0 3 5 】

発光ダイオード及びそのパッケージに精通する者には分かるように、ダイオードを通過する注入電流によって発生する光子は、100%がダイオードの外部に漏出する。したがって、この技術分野では、「外部量子効率」という用語を用いて、放出光強度の電流に対する比率(例えば、出射する光子/入射する電子)を記述している。光子は、半導体材料自体の内部における吸収、光が半導体から空中に通過するときの屈折率の差による反射損失、そしてスネル(Snell)の法則によって規定される臨界角(critical angle)よりも大きな角度における光の全ての内部反射によって失われる可能性がある。したがって、パーセントで示す外部量子効率(EQE)は、放射束(ワット)、波長(ナノメートル)、駆動電流(アンペア)、そして以下の式による波長とエネルギー( $E = 1.24 / e V$ )間の変換係数から計算することができる。

30

$$EQE (\%) = (\text{放射束}) \times (\text{波長}) \times 100 / \{ (1.240) \times (\text{駆動電流}) \}$$

40

## 【 0 0 3 6 】

したがって、別の態様では、本発明は、単位当たりで有利な出力を有する発光ダイオードとして記述ことができ、5mmのポリマ・パッケージ、パッケージ内において100,000  $\mu^2$ 未満の面積を占めるダイ、4.0ボルト未満の順方向電圧、20ミリアンペアの駆動電流において少なくとも24ミリワットの放射束、そして約395 ~ 540 nm間の主波長を備えている。

他の実施形態におけると同様、青色LEDでは、主波長は約450 ~ 480 nmの間が好ましく、約455 ~ 465 nmの間が最も好ましい。また、本発明によるダイオードは、約20ミリアンペアの駆動電圧で、少なくとも27ミリワットの放射束を得ることができた。

50

## 【0037】

更に別の態様では、本発明の発光ダイオードは、導電性炭化珪素基板と、炭化珪素基板上にあるp型及びn型それぞれのIII族窒化物層と、炭化珪素基板及びIII族窒化物層に対して垂直方向に配向したオーミック・コンタクトと、基板、III族窒化物層、及びオーム・コンダクトの一部を封入するポリマ・パッケージと、20ミリアンペアの駆動電流で、パッケージの放出面1平方ミリメートル当たり約270ミリワットの放射束とを有している。

## 【0038】

典型的な実施形態では、ダイオードは、5mm又は表面実装パッケージであり、炭化珪素基板は、3C、4H、6H、及び15Rプロトタイプの炭化珪素から成る群から選択されたプロトタイプを有する。

ここで用いる場合、また発光出力を記述し定義する目的上、発光エリア又は表面をデバイスの「フットプリント」と定義する。異なる寸法を有する複数の部分を含むチップ又はダイについては、「エリア」という用語は、ダイ又はチップ内における半導体基板材料の最大エリアを意味する。何故なら、この最大のサイズは、回路又はデバイスの設計者が個々の発光ダイオードを用いる際に考慮しなければならないからである。

## 【0039】

図6は、この点を示す、従来技術のダイオードの平面模式図である。図6において、ダイオード全体を一括して40で示し、サファイア( $Al_2O_3$ )基板41を含む。サファイアは、その総合的に堅牢な物理的特性と優れた光学的固有性のために、多数種類の発光ダイオードにおいて基板として用いられている。その結晶格子も、必ずしも最適ではないが、要求を満たしており、青色発光ダイオードを形成する際に通常用いられるIII族窒化物の結晶格子と一致する。しかしながら、サファイアは、ドーピングによって導電性にする事ができず、常に電気絶縁体として機能する。その結果、サファイアを基板として選択する場合、図6に示すような構造を必然的に採用しなければならない。すなわち、アクティブ層をサファイア基板41上に形成し、電流注入のためのp-n接合部を形成する。アクティブ層の内2つを42及び43で示す。しかしながら、サファイア基板41は絶縁性であるので、2つのワイヤ・ボンド・パッド44及び45が、図6に示すように、デバイスの上面向かい合わなければならない。このため、ここで用いる定義に合わせるには、ダイオード40のエリア(単位面積当たりの出力を測定し表現する目的上)は、単にアクティブ層42又は小さい方のアクティブ層43のエリアではなく、サファイア基板のエリアとなる。

## 【0040】

意味は同じであるが別の表現では、このエリアは、(i)ダイオードの最大の半導体エリア、又は(ii)封入されなければならない、又はされることになるダイオードの基板エリアのいずれかよりも大きい。殆ど全ての状況において、エリア(ii)はエリア(i)以上となる。

## 【0041】

図3、図4、及び図5は、本発明による性能出力特性を有する実施形態の更に別の構造を示す。

図3において、ダイオード全体を50で示し、フリップ・チップ配向で示す。即ち、ダイオード50を表面実装すると、炭化珪素基板51が最上位即ち上側となる配置になる。基板51は、傾斜面52を有し、全内反射を減少させることにより、デバイスから出力される光を増大させることができる。

## 【0042】

簡略化の主旨により、アクティブ層は単一層53として示されているが、アクティブ構造は、通常、少なくとも1つのp型及び1つのn型層を含み、量子ウェル、多数の量子ウェル、及び超格子構造というような、図よりも精巧な構造を含むことは言うまでもない。多数のこのようなダイオードにおけると同様、ダイオード50は、ミラー層54を含むことが好ましく、ミラー層54が銀で形成される場合、図1に関して先に論じたようにして

10

20

30

40

50

、部分的に絶縁することが好ましい。銀よりも反応性が低い金属で形成する場合、又は拡散(migrate)する可能性が低い場合、ミラー層54は、図3に示すような単純なコーティングとすることができる。図3では、ミラー層54は、オーミック・コンタクトも形成する。

ダイオード50への電氣的接触は、デバイスの底面(図示の配向において)にある接合金属コンタクト55を通じて、そして上面におけるワイヤ・ボンド・パッド56に対して行われる。

#### 【0043】

図4は、ほぼ図3と同様であり、全体を60と付番したダイオードを示す。図4のダイオード60と図3のダイオード50との間において関係のある唯一の相違は、デバイス60の上面に対して垂直又はほぼ垂直な側壁62の形状にある。図4では、形状が多少異なる基板に61と付番するが、その他の要素は全て、構造及び機能上、図3における同一の要素とほぼ同一であり、したがって同じ参照番号を付する。つまり、アクティブ層には53と付番し、ミラー・コンタクトには54、上面オーミック・コンタクトには56、そして接合金属には55と付番する。

10

#### 【0044】

図4には具体的に示していないが(他の図面にも)、ダイオード60の発光面、即ち、側縁62及び上面63は、レンズ形状又はパターンに形成することができ、ダイオードから抽出する光を増大することを促進することができる。この主旨でレンズ状表面を用いることは、本願の親出願に明記されており、光抽出のために表面を変化させるその他の手段も、同様に、本願と譲受人を同じくする米国特許第6,791,119号に明記されている。その内容は、ここで引用したことにより本願にも含まれるものとする。

20

#### 【0045】

図5は、本発明の別の実施形態を示し、ここでは、アクティブ層(複数のアクティブ層)66がデバイスの上面に位置し、オーミック・コンタクト67と直接接触している。ミラー・オーミック・コンタクト70は、光抽出を増大させるためにアクティブ層66の直下であり、任意に、アクティブ層66及びミラー70を基板72に接着するために、金属接合層71が含まれる。基板72は、炭化珪素のような半導体、又は潜在的に導体とすることができる。基板72へのオーミック・コンタクト73により、デバイスが完成する。ミラー・コンタクト70が銀又は銀系である場合、バリア構造(例えば、図1に関して説明したようなバリア構造)も含まれる。

30

#### 【0046】

図7は、本発明による発光ダイオードについて、スペクトル放射束出力(mW、下側の曲線)、及び外部量子効率(%、上側の曲線)を組み合わせて示したグラフである。図に示すように、ダイオードの相対的光束は、波長によって異なる。したがって、本発明によるダイオードは、ある波長における性能に関して表現するが、個々のダイオードにとって最も好ましい波長における最大出力未満であっても、他の波長における対応する割合の出力も実現可能であり包含することは理解されるであろう。

#### 【0047】

別の言い方をすると、所与の波長において単位面積当たりある出力を有するというここの半導体の記述は、ここに記載又は特許請求するダイオードを、その波長における出力に限定するのではない。逆に、代数的曲線上にプロットした点と同様に、所与の波長における単位当たりの出力は、指示した単一点ではなく、曲線全体を示すものとする。

40

#### 【0048】

同様に、5mmパッケージにおけるダイオードの出力から、他の種類のパッケージからの出力に要求される精度も、同様に予測できる。したがって、この場合も同様に、5mmパッケージからの出力は、本発明すなわち請求項記載の発明を5mmパッケージに限定するのではなく、逆に、他の種類のパッケージにおいて、特許請求の範囲によってカバーされる出力を特定するために必要な情報を、当業者に提供するものである。

#### 【0049】

50

図面及び明細書において、本発明の好適な実施形態を明記し、特定の用語を用いたが、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、本発明の範囲は特許請求の範囲に規定するものとする。

【図面の簡単な説明】

【0050】

【図1】本発明によるダイオードの断面図である。

【図2】本発明によるLEDランプの断面図である。

【図3】本発明によるダイオードの第2実施形態の断面図である。

【図4】本発明によるダイオードの別の実施形態の断面図である。

【図5】本発明によるダイオードの更に別の実施形態の断面図である。

【図6】従来技術のダイオードの平面図である。

【図7】本発明による発光ダイオードについての、スペクトル放射束出力及び外部量子効率を組み合わせたグラフである。

10

【図1】

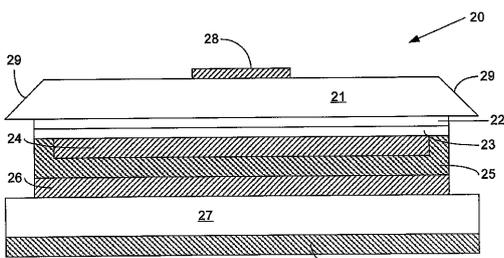


Figure 1

【図2】

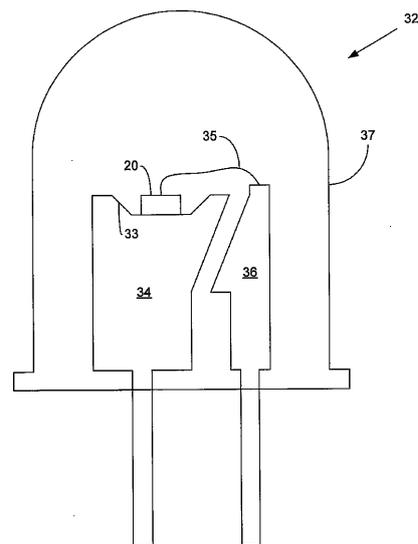


Figure 2

【図 3】

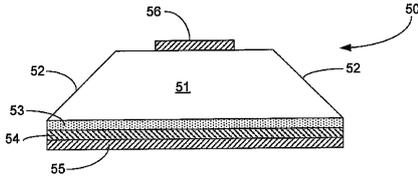


Figure 3

【図 4】

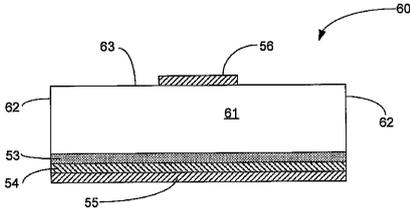


Figure 4

【図 5】

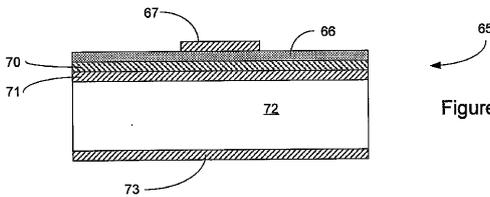


Figure 5

【図 6】

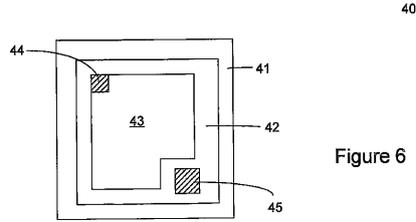
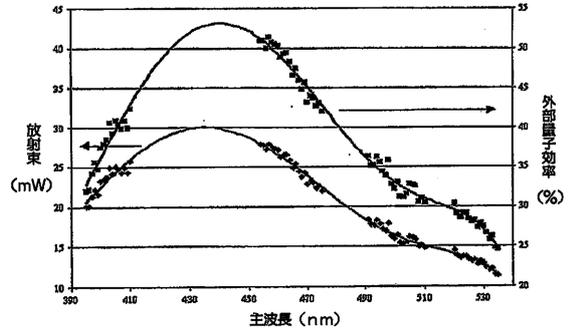


Figure 6

【図 7】



【手続補正書】

【提出日】平成18年7月21日(2006.7.21)

【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】

単位面積当たり有利な出力を有し、小型で順方向電圧が低い発光ダイオードであって、少なくとも1つの発光アクティブ層を備え、前記発光ダイオードは、

- 1 2 5 , 0 0 0 平方マイクロン以下の面積と、
- 4 . 0 ボルト未満の順方向電圧と、
- 2 0 ミリアンペアの駆動電流において少なくとも2 7 ミリワットの放射束と、
- 約 3 9 5 ~ 5 4 0 ナノメートルの主波長と

を有し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、該発光ダイオードは、

- 1 0 0 , 0 0 0 平方マイクロン以下の面積と、
- 2 0 ミリアンペアの駆動電流において少なくとも2 4 ミリワットの放射束と

を有していることを特徴とする発光ダイオード。

【請求項 3】

請求項 2 記載の発光ダイオードであって、主波長が約 4 5 0 ~ 4 8 0 ナノメートルの間であることを特徴とする発光ダイオード。

## 【請求項 4】

請求項 2 記載の発光ダイオードであって、主波長が約 455 ~ 465 ナノメートルの間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 2 記載の発光ダイオードであって、20 ミリアンペアの駆動電流において、少なくとも 27 ミリワットの放射束を有することを特徴とする発光ダイオード。

## 【請求項 6】

請求項 2 記載の発光ダイオードであって、前記ダイオードの対向するそれぞれの垂直面上にオーミック・コンタクト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 2 記載の発光ダイオードであって、少なくとも 1 つの導電性炭化珪素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 8】

請求項 2 記載の発光ダイオードであって、III 族窒化物で形成された少なくとも 1 つのアクティブ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 9】

請求項 8 記載の発光ダイオードにおいて、前記アクティブ層は、窒化ガリウム、窒化インディウム・ガリウム、窒化アルミニウム・ガリウム、及び窒化アルミニウム・インディウム・ガリウムから成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 2 記載の発光ダイオードであって、5 mm パッケージに収容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 2 記載の発光ダイオードにおいて、3.5 ボルト未満の順方向電圧で動作することを特徴とする発光ダイオード。

## 【請求項 12】

請求項 2 記載の発光ダイオードを含むことを特徴とする画素。

## 【請求項 13】

請求項 12 記載の画素を含むことを特徴とするディスプレイ。

## 【請求項 14】

請求項 1 記載の発光ダイオードであって、

100,000  $\mu^2$  未満の面積を有するダイと、

前記ダイを封入する 5 mm パッケージと、

約 420 ~ 465 nm の間の波長及び 20 ミリアンペアの駆動電流において、45% よりも大きな外部量子効率と

を備えていることを特徴とする発光ダイオード。

## 【請求項 15】

請求項 14 記載の発光ダイオードにおいて、前記パッケージは、少なくともダイ・カップを含み、前記アクティブ層は、前記ダイ・カップに隣接し、前記基板は前記ダイ・カップから離れて向かい合っ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において、約 420 ~ 460 nm の間の波長において、外部量子効率が 50% よりも大きいことを特徴とする発光ダイオード。

## 【請求項 17】

請求項 16 記載の発光ダイオードにおいて、約 400 ~ 480 nm の間の波長における外部量子効率が 40% よりも大きいことを特徴とする発光ダイオード。

## 【請求項 18】

請求項 2 記載の発光ダイオードであって、

5 mm (T1-3/4) ポリマ・パッケージと、

前記パッケージ内にあり、面積が 100,000 平方ミクロン未満のダイと

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であって、主波長が約 450 ~ 480 ナノメートルの間であ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であって、主波長が約 455 ~ 465 ナノメートルであ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であって、20 ミリアンペアの駆動電流において、少なくとも 27 ミリワットの放射束を有す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、フリップ・チップ配向を有することを特徴とする発光ダイオード。

【請求項 23】

単位面積当たり有利な出力を有し、小型で順方向電圧が小さい発光ダイオードであって、少なくとも 1 つの発光アクティブ層を備え、前記発光ダイオードは、

約 395 ~ 540 nm 間の主波長、4.0 ボルト未満の順方向電圧、及び 20 ミリアンペアの駆動電流において、1 平方ミリメートル当たり少なくとも 270 ミリワットの単位面積放射束を有し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 23 記載の発光ダイオードにおいて、3.5 ボルト未満の順方向電圧で動作することを特徴とする発光ダイオード。

【請求項 25】

請求項 23 記載の発光ダイオードにおいて、1 平方ミリメートル当たり少なくとも 300 ミリワットの単位面積放射束を生成することを特徴とする発光ダイオード。

【請求項 26】

請求項 23 記載の発光ダイオードにおいて、1 平方ミリメートル当たり少なくとも 330 ミリワットの単位面積放射束を生成することを特徴とする発光ダイオード。

【請求項 27】

請求項 23 記載の発光ダイオードにおいて、1 平方ミリメートル当たり少なくとも 360 ミリワットの単位面積放射束を生成することを特徴とする発光ダイオード。

【請求項 28】

請求項 23 記載の発光ダイオードにおいて、1 平方ミリメートル当たり少なくとも 390 ミリワットの単位面積放射束を生成することを特徴とする発光ダイオード。

【請求項 29】

請求項 23 記載の発光ダイオードであって、導電性基板と、III 族窒化物アクティブ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 30】

請求項 29 記載の発光ダイオードにおいて、前記基板が炭化珪素から成ることを特徴とする発光ダイオード。

【請求項 31】

請求項 29 記載の発光ダイオードにおいて、前記アクティブ層は、窒化ガリウム、窒化インディウム・ガリウム、窒化アルミニウム・ガリウム、及び窒化アルミニウム・インディウム・ガリウムから成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 32】

請求項 23 記載の発光ダイオードであって、導電性炭化珪素基板と、

前記炭化珪素基板上にあり、該基板と共にダイを規定する、p 型及び n 型それぞれの I

ⅠⅠ族窒化物層と、  
前記炭化珪素基板及び前記ⅠⅠⅠ族窒化物層に対して垂直に配向されているオーミック・コンタクトと、  
455～465 nmの間の主波長と、  
前記基板、前記ⅠⅠⅠ族窒化物層、及び前記オーミック・コンタクトの一部を封入するポリマ・パッケージと、  
を備えていることを特徴とする発光ダイオード。

【請求項33】

請求項32記載の発光ダイオードにおいて、前記パッケージが5mmパッケージであ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、前記炭化珪素基板が、炭化珪素の3C、4H、6H、及び15Rプロトタイプから成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、4.0ボルト未満の順方向電圧で動作することを特徴とする発光ダイオード。

【請求項36】

請求項32記載の発光ダイオードにおいて、3.5ボルト未満の順方向電圧で動作することを特徴とする発光ダイオード。

【請求項37】

請求項34記載の発光ダイオードにおいて、発光面の1平方ミリメートル当たり少なくとも300ミリワットの単位面積放射束を生成することを特徴とする発光ダイオード。

【請求項38】

請求項35記載の発光ダイオードにおいて、発光面の1平方ミリメートル当たり少なくとも330ミリワットの単位面積放射束を生成することを特徴とする発光ダイオード。

【請求項39】

請求項32記載の発光ダイオードにおいて、発光面の1平方ミリメートル当たり少なくとも360ミリワットの単位面積放射束を生成することを特徴とする発光ダイオード。

【請求項40】

請求項32記載の発光ダイオードにおいて、発光面の1平方ミリメートル当たり少なくとも390ミリワットの単位面積放射束を生成することを特徴とする発光ダイオード。

## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/US2005/033013

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> H01L33/00 H01L27/15		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 410 940 B1 (JIANG HONGXING ET AL) 25 June 2002 (2002-06-25) column 3, lines 30-42; figures 1,6	1-40
X	US 6 403 985 B1 (FAN JOHN C. C ET AL) 11 June 2002 (2002-06-11) claim 1	1
A	BULMAN G E ET AL: "Nitride lasers on SiC substrates" LASERS AND ELECTRO-OPTICS SOCIETY ANNUAL MEETING, 1998. LEOS '98. IEEE ORLANDO, FL, USA 1-4 DEC. 1998, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, US, vol. 2, 1 December 1998 (1998-12-01), pages 348-349, XP010317525 ISBN: 0-7803-4947-4 the whole document	
-/--		
<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 document 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. *Z* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search <b>25 January 2006</b>		Date of mailing of the international search report <b>06/02/2006</b>
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer <b>Werner, A</b>

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/US2005/033013

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 610 551 B1 (DOVERSPIKE KATHLEEN MARIE ET AL) 26 August 2003 (2003-08-26) the whole document	

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No  
PCT/US2005/033013

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6410940	B1	25-06-2002	AU 6875101 A 24-12-2001
			DE 10196349 T0 05-06-2003
			WO 0197295 A2 20-12-2001
US 6403985	B1	11-06-2002	NONE
US 6610551	B1	26-08-2003	AU 2342600 A 26-04-2000
			CA 2344391 A1 13-04-2000
			CN 1413362 A 23-04-2003
			EP 1116282 A2 18-07-2001
			JP 2002527890 T 27-08-2002
			TW 475275 B 01-02-2002
			WO 0021144 A2 13-04-2000
			US 2004232433 A1 25-11-2004
			US 2002121642 A1 05-09-2002

## フロントページの続き

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

(74)代理人 100096013

弁理士 富田 博行

(74)代理人 100096068

弁理士 大塚 住江

(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, ウェスト・ジュールズ・ヴァーン・  
ウェイ 206

Fターム(参考) 5F041 AA03 AA24 AA47 CA05 CA13 CA34 CA40 CA85 CA92 CB15  
DA02 DA03 DA04 DA09 DA12 DA18 DA26 DA43 DB02 FF11