

(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2006-100787

(P2006-100787A)

(43) 公開日 平成18年4月13日(2006.4.13)

(51) Int.C1.

HO1L 33/00 (2006.01)

F 1

HO1L 33/00

HO1L 33/00

N

C

テーマコード(参考)

5FO41

審査請求 未請求 請求項の数 35 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2005-204983 (P2005-204983)  
 (22) 出願日 平成17年7月13日 (2005.7.13)  
 (31) 優先権主張番号 特願2004-253447 (P2004-253447)  
 (32) 優先日 平成16年8月31日 (2004.8.31)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000241463  
 豊田合成株式会社  
 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
 番地  
 (74) 代理人 100071526  
 弁理士 平田 忠雄  
 (72) 発明者 末広 好伸  
 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
 番地 豊田合成株式会社内  
 (72) 発明者 田角 浩二  
 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
 番地 豊田合成株式会社内  
 F ターム(参考) 5F041 AA03 CA04 CA05 CA40 CA46  
 CA65 CA74 CA77 DA09 DA12  
 DA47 DB09

(54) 【発明の名称】発光装置および発光素子

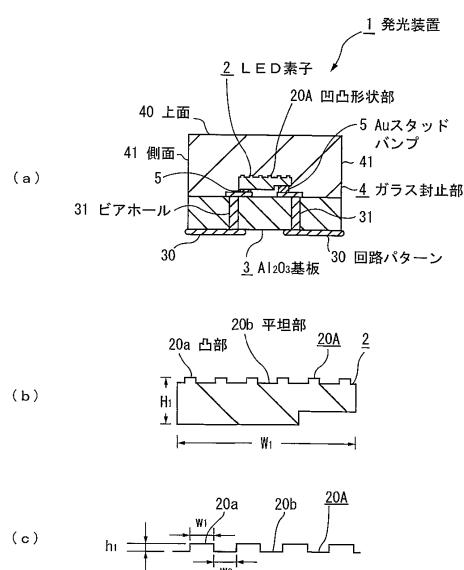
## (57) 【要約】

【課題】 素子から効率良く光を取り出すことのできる発光装置および発光素子を提供することにある。

【解決手段】 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 基板3に搭載されたLED素子2からサファイア基板5を除去して略垂直に段差のある凹凸形状部20Aを設けたことにより、平坦なサファイア基板に形成されたGaNであるLED素子2と比較すると、GaNからサファイア基板に対して臨界角以内で入射する方向に放射されていた光は、これまでと同様に素子外部に取り出すことができる。さらに、GaNからサファイア基板に対し臨界角以上で入射する方向に放射されて、LED素子2内部で層内閉込光となっていた光も凹凸形状部20Aの凹凸部分に入射することで素子外部に取り出すことができる。

【選択図】 図1

図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基部に搭載された L E D 素子の表面に素子内部からの光取り出し効率向上を可能にする所定の光学形状を施して屈折率が 1.6 以上の封止材料により封止し、前記所定の光学形状は、前記 L E D 素子の発光層と略同等の屈折率を有する基板に形成されていることを特徴とする発光装置。

## 【請求項 2】

基部に搭載された L E D 素子の表面に素子内部からの光取り出し効率向上を可能にする所定の光学形状を施して屈折率が 1.6 以上の封止材料により封止し、

前記所定の光学形状は、前記 L E D 素子の基板を剥離して露出させた半導体層に形成されていることを特徴とする発光装置。 10

## 【請求項 3】

前記所定の光学形状は、前記 L E D 素子の発光層と封止材料との中間以上の屈折率を有する透光性材料層によって形成されていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の発光装置。

## 【請求項 4】

前記所定の光学形状は、前記 L E D 素子の基板を剥離して露出させた半導体層に設けられて前記 L E D 素子の発光層と同等の屈折率を有する透光性材料層に形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の発光装置。

## 【請求項 5】

前記所定の光学形状は、発光層の法線方向に対し、  
 $\sin^{-1}(n_2 / n_1)$  以内の傾き角度

(但し、 $n_1$  : L E D 素子の発光層の屈折率、 $n_2$  : 封止材料の屈折率)

の段差形状部を有する凹凸面であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の発光装置。 20

## 【請求項 6】

前記所定の光学形状は、略垂直の段差形状を有する凹凸面であることを特徴とすることを特徴とする請求項 5 記載の発光装置。

## 【請求項 7】

前記凹凸面は、凹凸部周囲に溝形成された形状であることを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の発光装置。 30

## 【請求項 8】

前記段差形状部は、互いに隣接する側面が異なる角度で接している形状であることを特徴とする請求項 5 から 7 のいずれか 1 項に記載の発光装置。

## 【請求項 9】

前記段差形状部は、ひし形状に形成されていることを特徴とする請求項 8 記載の発光装置。

## 【請求項 10】

前記所定の光学形状は、異なる形状、異なる深さの凹凸形状を組み合わせて形成したことを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の発光装置。 40

## 【請求項 11】

前記所定の光学形状は、前記透光性材料層の厚さ  $t$  が  
 $t = W / (2 \tan(\sin^{-1}(n_1 / n_2)))$

但し、 $W$  : 素子幅

で形成されている請求項 3 に記載の発光装置。

## 【請求項 12】

前記透光性材料層は、角部が傾斜面となるようにカットされたカット部を有する請求項 3 に記載の発光装置。

## 【請求項 13】

前記封止材料の屈折率が、前記発光層の屈折率に対し、0.68 ~ 0.85 の範囲であ

50

る請求項 3、11 又は 12 に記載の発光装置。

【請求項 14】

前記所定の光学形状は、複数の錐状面が形成されたものであることを特徴とする請求項 1、11 又は 12 に記載の発光装置。

【請求項 15】

前記封止材料は、外形が L E D 素子から放射される光が、前記封止材料との屈折率比による臨界角以外の角度で入射する光学面形状に形成されたものであることを特徴とする請求項 1 から 14 のいずれかに記載の発光装置。

【請求項 16】

前記封止材料は、  
 $n_1 \cdot \sin 45^\circ < n_2$   
 (但し、 $n_1$  : L E D 素子の発光層の屈折率、 $n_2$  : 封止材料の屈折率)

となる屈折率の光透過性材料であることを特徴とする請求項 1 から 15 のいずれか 1 項に記載の発光装置。

【請求項 17】

前記発光素子は、前記基部にフリップ実装されていることを特徴とする請求項 1 から 16 のいずれか 1 項に記載の発光装置。

【請求項 18】

前記封止材料は、光透過性を有する無機材料であることを特徴とする請求項 16 に記載の発光装置。

【請求項 19】

前記無機材料は、ガラスであることを特徴とする請求項 18 に記載の発光装置。

【請求項 20】

前記基部は、前記発光素子に対して電力の供給を行う導電パターンを形成された、前記封止材料と同等の熱膨張率の無機材料基板であることを特徴とする請求項 18 又は 19 に記載の発光装置。

【請求項 21】

前記導電パターンは、前記発光素子をマウントする側のパターン、その裏面側のパターン、およびその両面を電気的に接続するパターンを有することを特徴とする請求項 20 に記載の発光装置。

【請求項 22】

前記 L E D 素子は、G a N 系であることを特徴とする請求項 1 から 21 のいずれか 1 項に記載の発光装置。

【請求項 23】

前記封止材料は、1.7 以上の屈折率を有することを特徴とする請求項 22 に記載の発光装置。

【請求項 24】

発光層を含み、前記発光層に対し一方の表面に設けられて素子内部から光取り出しを可能にする所定の光学形状と、前記発光層に対し他方の表面に設けられる電極部とを有する半導体層を備え、

所定の光学形状は、発光層の法線方向に対し、  
 $\sin^{-1}(n_2 / n_1)$  以内の傾き角度 (但し、 $n_1$  : L E D 素子の発光層の屈折率、 $n_2$  : 封止材料の屈折率)

の段差形状を有する凹凸面であることを特徴とする発光素子。

【請求項 25】

前記所定の光学形状は、前記 L E D 素子の発光層と同等の屈折率を有する基板に形成されていることを特徴とする請求項 24 に記載の発光素子。

【請求項 26】

前記所定の光学形状は、前記 L E D 素子の基板を剥離して露出させた半導体層に形成されていることを特徴とする請求項 24 に記載の発光素子。

10

20

30

40

50

**【請求項 27】**

前記所定の光学形状は、略垂直の段差形状を有する凹凸面であることを特徴とする請求項24から26のいずれか1項に記載の発光素子。

**【請求項 28】**

前記段差形状は、互いに隣接する側面が異なる角度で接している形状であることを特徴とする請求項24から27のいずれか1項に記載の発光素子。

**【請求項 29】**

前記段差形状は、ひし形状に形成されていることを特徴とする請求項28記載の発光素子。

**【請求項 30】**

前記所定の光学形状は、異なる形状、異なる深さの凹凸形状を組み合わせて形成したことを特徴とする請求項24から29のいずれか1項に記載の発光素子。

**【請求項 31】**

前記LED素子は、GaN系であることを特徴とする請求項24から30のいずれか1項に記載の発光素子。

**【請求項 32】**

前記封止材料は、1.7以上の屈折率を有することを特徴とする請求項31に記載の発光素子。

**【請求項 33】**

発光層を含み、前記発光層に対し一方の表面に設けられて素子内部から光取り出しを可能にする所定の光学形状と、前記発光層に対し他方の表面に設けられる電極部とを有する半導体層を備え、

所定の光学形状は、前記LED素子の発光層と同等の屈折率を有する透光性材料層に形成されていることを特徴とする発光素子。

**【請求項 34】**

前記透光性材料層は、表面が粗面状の薄膜である請求項33に記載の発光素子。

**【請求項 35】**

前記透光性材料層は、GaNからなることを特徴とする請求項33に記載の発光素子。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、発光装置および発光素子に関し、特に、発光素子の発光に基づく光を効率良く光を取り出すことのできる発光装置および発光素子に関する。

**【背景技術】****【0002】**

従来、サファイア等の下地基板上にIII族窒化物系化合物半導体からなる半導体結晶を成長させることによってLED (Light Emitting Diode) 素子を製造する方法が知られている。このようなLED素子において、発光層で生じた光が光吸収係数の高い層に閉じ込められ、また層内で吸収されることによって外部放射効率が低下することが問題となっている。

**【0003】**

このような問題を解決するものとして、LED素子の表面に光取り出し効率を高めるための凹凸を設けたものがある（例えば、特許文献1参照。）。

**【0004】**

特許文献1に記載されるLED素子は、サファイア基板上に窒化ガリウム系化合物半導体層（以下、GaN系半導体層という。）を積層してGaN基板を形成し、さらにその上に順次GaN系半導体層を積層する。この積層体からサファイア基板を除去してGaN基板の裏面（素子を積層する面に対向する面）にエッチングを施すことによりステップ状のピットを形成している。

**【0005】**

10

20

30

40

50

特許文献1に記載されるLED素子によれば、GaN基板の裏面にステップ状のピットを形成した特定形状としているので、GaN系半導体層内の多重反射による光の干渉を抑え、光を外部に有効に取り出すことができるとしている。

【特許文献1】特開2003-69075号(図1、[0011])

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、特許文献1に記載されたLED素子によれば、GaN系半導体層内に閉じ込められた光(層内閉込光)についての光取り出し性は、素子周囲の封止部材等との屈折率差に依存するため、素子表面に凹凸加工を施したとしても、封止部材等との屈折率差に基づいて界面反射が生じる状態では充分な光取り出し性を得ることができない。また、GaN系半導体層内に閉じ込められた光を散乱させることで光取り出し効率の向上を図るものではあっても、理想形態、あるいはそれに近づけるものではなかった。この層内閉込光については、光吸收係数の大なる層内を伝搬する距離が長くなると減衰し、光量低下だけでなく素子の発熱量増大をもたらすといった問題もある。

【0007】

従って、本発明の目的は、発光素子の発光に基づく光を効率良く光を取り出すことのできる発光装置および発光素子を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、上記の目的を達成するため、基部に搭載されたLED素子の表面に素子内部からの光取り出し効率向上を可能にする所定の光学形状を施して屈折率が1.6以上の封止材料により封止し、前記所定の光学形状は、前記LED素子の発光層と略同等の屈折率を有する基板に形成されている発光装置を提供する。

【0009】

また、本発明は、上記の目的を達成するため、基部に搭載されたLED素子の表面に素子内部からの光取り出し効率向上を可能にする所定の光学形状を施して屈折率が1.6以上の封止材料により封止し、

前記所定の光学形状は、前記LED素子の基板を剥離して露出させた半導体層に形成されている発光装置を提供する。

【0010】

また、本発明は、上記の目的を達成するため、発光層を含み、前記発光層に対し一方の表面に設けられて素子内部から光取り出しを可能にする所定の光学形状と、前記発光層に対し他方の表面に設けられる電極部とを有する半導体層を備え、所定の光学形状は、発光層の法線方向に対し、 $\sin^{-1}(n_2/n_1)$ 以内の傾き角度(但し、n<sub>1</sub>:LED素子の発光層の屈折率、n<sub>2</sub>:封止材料の屈折率)の段差形状を有する凹凸面である発光素子を提供する。

【0011】

また、本発明は、上記の目的を達成するため、発光層を含み、前記発光層に対し一方の表面に設けられて素子内部から光取り出しを可能にする所定の光学形状と、前記発光層に対し他方の表面に設けられる電極部とを有する半導体層を備え、所定の光学形状は、前記LED素子の発光層と同等の屈折率を有する透光性材料層に形成されている発光素子を提供する。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、素子表面に設けた所定の光学形状に基づいて素子内部からの光取り出しを可能にすることにより、素子から効率良く光を取り出すことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

(第1の実施の形態)

10

20

30

40

50

## (発光装置 1 の構成)

図 1 は、第 1 の実施の形態に係る発光装置を示し、(a) は縦断面図、(b) は LED 素子について拡大した部分断面図、(c) は LED 素子の光取り出し側の表面を示す部分拡大図である。

## 【0014】

この発光装置 1 は、(a) に示すように III 族窒化物系化合物半導体からなり、光取り出し側の表面に凹凸形状部 20A を有するフリップチップ型の LED 素子 2 と、LED 素子 2 を搭載する無機基板としての  $Al_2O_3$  基板 3 と、無機封止材料としてのガラス封止部 4 と、LED 素子 2 の電極と  $Al_2O_3$  基板 3 にタングステン (W) で形成される回路パターン 30 とを電気的に接続する Au スタッドバンプ 5 とを有する。

10

## 【0015】

$Al_2O_3$  基板 3 は、断面内にビアホール 31 を有し、このビアホール 31 に設けられる W からなる導電部によって基板両面の回路パターン 30 を電気的に接続している。

## 【0016】

ガラス封止部 4 は、 $SiO_2$   $Nb_2O_5$  系 (屈折率  $n = 1.8$ ) の低融点ガラスによって形成されており、平坦な側面 41 と、平坦な上面 40 とを有する。

## 【0017】

LED 素子 2 は、(b) に示すように平坦状に形成されており、本実施の形態においては  $W_1 = 300 \mu m$ 、 $H_1 = 10 \mu m$  で形成されている。なお、この LED 素子 2 の発光波長は 460 nm である。

20

## 【0018】

また、LED 素子 2 は、(c) に示すように、凹凸形状部 20A として凸部 20a ( $w_1 = 4 \mu m$ 、 $h_1 = 2 \mu m$ ) および平坦部 20b ( $w_2 = 8 \mu m$ ) を光取り出し側の表面に配置しており、凹凸形状部 20A と称するのは、凸部 20a が平坦部 20b を介して隣接する凸部 20a との間に凹面を形成することによる。

## 【0019】

## (LED 素子 2 の構成)

図 2 は、LED 素子の構成を示す縦断面図である。LED 素子 2 は、図示しないサファイア基板上に GaN 系半導体層 100 として、n-GaN:Si 層 20、InGaN 層 21、GaN 層 22、AlGaN 層 23、MQW 24、p-AlGaN 層 25、p-GaN 層 26、p<sup>+</sup>-GaN 層 27 を順次積層することによって形成されている。また、p<sup>+</sup>-GaN 層 27 上に p 電極 28、p<sup>+</sup>-GaN 層 27 から n-GaN:Si 層 20 にかけてエッチングにより除去された n-GaN:Si 層 20 の露出部に n 電極 29 を有する。凹凸形状部 20A は前述した凸部 20a および平坦部 20b を含み、n-GaN:Si 層 20 の表面に形成されている。

30

## 【0020】

GaN 系半導体層 100 の形成方法については、特に限定されないが、周知の有機金属気相成長法 (MOCVD 法)、分子線結晶成長法 (MBE 法)、ハライド系気相成長法 (HVPE 法)、スパッタ法、イオンプレーティング法、電子シャワー法等によって形成することができる。なお、LED 素子の構成としては、ホモ構造、ヘテロ構造若しくはダブルヘテロ構造のものを用いることができる。さらに、量子井戸構造 (单一量子井戸構造若しくは多重量子井戸構造) を採用することもできる。

40

## 【0021】

## (発光装置 1 の製造工程)

図 3 (a) から (d) は、第 1 の実施の形態の発光装置の製造工程を示す説明図である。以下の説明では、予め別工程で形成された LED 素子 2 を用いて発光装置を製造する工程について説明する。

## 【0022】

## (LED 素子 2 の搭載工程)

まず、(a) に示すように LED 素子 2 と  $Al_2O_3$  基板 3 とを用意し、 $Al_2O_3$  基

50

板3の回路パターン30とLED素子2の電極との位置決めを行い、Auスタッドバンプ5を介してLED素子2を回路パターン30に電気的に接続するとともにAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板3上に搭載する。そして、LED素子2とAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板3との隙間に図示しないアンダーフィル材を充填する。このアンダーフィル材は、熱膨張率の小なるものを用いることが好ましい。

#### 【0023】

##### (サファイア基板Sの剥離工程)

次に、(b)に示すようにLED素子2のサファイア基板S側からレーザ光を照射する。レーザ光の照射に基づいてサファイア基板とGaN系半導体層100との界面が溶融する。このことによりGaN系半導体層100から剥離したサファイア基板Sを除去する。このとき、GaN系半導体層100表面に残留物があることがあるので、酸洗浄を行って除去することによりn-GaN:Si層20を露出させる。

10

#### 【0024】

##### (凹凸形状部20Aの形成工程)

次に、LED素子2の光取り出し表面に、レーザ照射を用いたエッチングによる凹凸加工を施すことにより凹凸形状部20Aを形成する。凹凸形状部20Aには、略垂直に段差のある凹凸が形成されている。

#### 【0025】

##### (低融点ガラスによるガラス封止工程)

次に、凹凸形状部20Aを形成されたLED素子2およびAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板3に対してSiO<sub>2</sub>-Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>系ガラスをホットプレス加工する。このホットプレス加工に基づいて凹凸形状部20Aの表面にガラスが密着する。また、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板3の表面にガラスが密着することによってLED素子2全体がガラス封止される。ガラス封止後、ダイシングすることによって個々のパッケージに分離することにより上面40、側面41を有する発光装置1が得られる。なお、パッケージの分離は、ダンシング以外にスクライブ等の分離方法で行うことも可能である。

20

#### 【0026】

##### (発光装置1の動作)

上記した発光装置1のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板3の底面に露出した回路パターン30に図示しない電源部に接続して通電すると、ピアホール31の導電部を介してLED素子2のn電極およびp電極に順方向の電圧が印加され、LED素子2のMQW24においてホールおよびエレクトロンのキャリア再結合が発生して発光する。この発光に基づいて生じた光のうち、MQW24から光取り出し面側に放射される光は凹凸形状部20Aからガラス封止部4に入射し、ガラス封止部4を透過して外部放射される。

30

#### 【0027】

##### (第1の実施の形態の効果)

第1の実施の形態によると、以下の効果が得られる。

(1) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板3に搭載されたLED素子2からサファイア基板Sを除去して略垂直に段差のある凹凸形状部20Aを設けたことにより、平坦なサファイア基板に形成されたGaNであるLED素子2と比較すると、GaNからサファイア基板に対して臨界角以内で入射する方向に放射されていた光は、これまでと同様に素子外部に取り出すことができる。さらに、GaNからサファイア基板に対し臨界角以上で入射する方向に放射されて、LED素子2内部で層内閉込光となっていた光も凹凸形状部20Aの凹凸部分に入射することで素子外部に取り出すことができる。凹凸面の平坦面から外部放射される光は凹凸面に段差形成していないものと同等であり、さらに、層内閉込光が凹凸面の垂直面の垂直段差面から外部放射される。このため、GaN層から上方に放射される光を確実に増すことができる。

40

#### 【0028】

そして垂直断面は、GaN層の発光層の法線方向に対し、傾きをもたないものであるため、層内閉込光のうちでも最も立体角が大きくなる方向に設けられていることも効果増大

50

の要因である。また、垂直断面において界面反射した光は、発光層の法線方向に対して角度の大きさを変えない。

【0029】

(2) さらに、第1の実施の形態では、サファイア基板Sを除去し、 $n = 1.8$ のSiO<sub>2</sub> Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>系ガラスを用いることにより、LED素子2との臨界角 $\theta_c$ は約50度となる。このLED素子2とガラス封止部4との臨界角 $\theta_c$ については45度以上となるように封止材料を選択することで、 $n = 1.7$ のサファイア基板SよりもGaN系半導体層100を横伝搬する層内閉込光を減ずることができ、さらにGaN系半導体層100の層内閉込光が凹凸形状部20Aに入射した際に素子外部へ放射される可能性が高くなる。これに加え、GaN系半導体層100は10μmの厚さであり、凹凸形状部20Aに光が到達できる確率が高いので、極めて高い、理想レベルの効率で外部放射させることができる。また、凹凸面の平坦性が加工制約十分でなくとも、高屈折率封止材料がこれを補うため、理論上の効率実現に近い特性を実現することができる。なお、凹凸形成は、GaN系半導体層100のうちでも発光層であるMQW24から離れたp-GaN:Si層20に施すため、発光層への凹凸形成時のダメージが生じないものとできる。このため内部量子効率を維持し、LED素子2からの外部放射効率を飛躍的に高めることができる。

【0030】

(3) LED素子2を発光波長に対して安定で、かつ光透過性に優れるガラス封止部4で封止することにより、大光量、高出力型のLED素子2を用いる場合であっても、長期にわたって光取り出し性の安定した耐久性に優れる発光装置1が得られる。特に、内部量子効率が高く、理想レベルの場合、平坦なサファイア基板S上のLED素子2の外部放射効率25%を75%以上に高めることができる。その際、発熱は1/3以下に減少する。また、発熱の減少に伴って許容通電電流の倍増が可能となることにより、LED素子2の効率向上と許容通電電流増大の相乗効果で光量をより増大させることができる。さらに、このような高光密度照射に対しても安定な光透過性が確保される。また、加工制約上、凹凸面の平坦性が充分でなくとも高屈折率封止材料がこれを補うことから、理論上の効率に近い特性を実現することができる。また、470nm以下の波長の光、例えば、365nmの波長の光に対しても安定であり、紫外線発光のLED素子対応とすることができる。

【0031】

また、現在一般に使用されているエポキシ樹脂やシリコン樹脂では、屈折率は1.5程度である。しかし、ガラス材料であれば高光透過性と1.6以上の高屈折率とを備えるものが多く現存する。これを用いることで高屈折率材料によるLED素子2の封止を具現化でき、LED素子2からの光取り出し効率を向上させることができる。

【0032】

(4) また、パッケージを構成するAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板3およびガラス封止部4の熱膨張率がほぼ同等であることにより、熱ストレスによるクラック等の不具合が生じにくい構造とすることができる。これにより、熱衝撃に対する信頼性だけでなく、許容通電電流値を上げることができるという効果を奏する。従来のエポキシ樹脂封止では、許容通電電流がエポキシ樹脂のガラス転移点温度(T<sub>g</sub>点)によって制約を受けていた。これはT<sub>g</sub>点以上では熱膨張率が大きくなるため、電気接続部の断線が生じやすくなることによる。ガラス封止部4のT<sub>g</sub>点はエポキシ樹脂より300以上高く、熱膨張率は、T<sub>g</sub>点以下のエポキシ樹脂の1/7以下である。

【0033】

(5) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板3およびガラス封止部4の熱膨張率が同等の材料を選択し、Auワイヤを用いないフリップ実装タイプのLED素子2を用いることで、ガラス封止を具現化し、高安定性、高屈折率のLED素子封止を実現している。すなわち、加工温度と常温との温度差によってもクラックや剥離の生じないものとでき、加工時にLED素子2への熱ダメージを極力加えないよう高粘度状態のガラスの加圧加工を行っている。また、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板3およびガラス封止部4は、酸化物を介して化学結合することから、接着強度が大である。また、フリップ実装タイプのLED素子2を用いているので、ワイヤスペース

10

20

30

40

50

が不要になり、小型パッケージとすることが可能である。

【0034】

(6)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  基板3のLED素子2実装面からの裏面へ回路パターンが引き出されていることで、量産性に優れたものとできる。すなわち、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  基板3上への多数個のLED素子2を実装し、平板ガラスを用いて一括処理によるガラス封止を行うことができる。

【0035】

(7) 基部としての $\text{Al}_2\text{O}_3$  基板3にLED素子2を搭載した後にサファイア基板5を剥離して凹凸形状部20Aを設けているので、ガラス封止部4以外の他の封止材料、例えば、エポキシ樹脂材料、蛍光体含有光透過性樹脂材料、蛍光体を含むガラス材料等の種々の封止材料によるパッケージを容易に形成することが可能になる。また、封止材料との屈折率差に応じた凹凸形状の凹凸形状部20Aを作成することも容易である。

10

【0036】

なお、上記した光取り出し性を高める凹凸形状部20Aは、LED素子2の発光面積を大にする構成と組み合わせるとより効果的である。例えば、GaN系半導体層100に給電するp電極の素子面積に占める割合を大にして、発光面積を拡大しても良い。また、パンプによる実装ではなく、Agペーストや半田めっき等による実装でも良い。これらの際、GaN系半導体層100のコンタクト電極と外部端子電極とを絶縁層を介して別個に設ける。

20

【0037】

また、p電極を光透過性を有するITO(Indium Tin Oxide)と金属反射膜とで形成しても良い。GaN系半導体層100を横伝搬する層内閉込光をITOで反射させることで金属反射膜に層内閉込光が接触することによる金属吸収損失を低減することが可能になり、LED素子2から外部に放射される光を増大させることができる。

【0038】

また、ITOと $\text{Al}_2\text{O}_3$ とは略同等の熱膨張率で、かつITOとGaNとは比較的密着性が高いため、ガラス封止加工時の熱による応力に起因する電極剥離を防止することができる。

【0039】

なお、封止材料をガラスとして説明したが、加工時に一部ガラスが結晶化したものでも良いし、ガラス状態ではない無機材料によって同等の効果を出せるものであっても良い。

30

【0040】

(第2の実施の形態)

(発光装置1の構成)

図4は、第2の実施の形態に係る発光装置の断面図である。この発光装置1は、第1の実施の形態のLED素子2を用いた表面実装型の発光装置1であり、LED素子2を収容する収容部10Aを有するナイロン等の白色樹脂材料からなる樹脂ケース部10と、LED素子2を搭載するAINからなるサブマウント6と、樹脂ケース部10の収容部10Aに収容されたLED素子2およびサブマウント6を一体的に封止するシリコン樹脂封止部7と、サブマウント6を固定されるとともにLED素子2に給電するためのリード部9と、リード部9とサブマウント6とを電気的に接続するワイヤ8とを有する。なお、以下の説明では、第1の実施の形態と同一の構成および機能を有する部分に共通する引用数字を付している。

40

【0041】

LED素子2は、基部となるサブマウント6に搭載後、第1の実施の形態と同様にサファイア基板5を剥離して凹凸形状部20Aを設けている。なお、LED素子2とサブマウント6との間には $\text{SiO}_2$ からなる図示しないアンダーフィルが充填されている。

【0042】

サブマウント6は、上面および下面にWで形成される回路パターン60を有しており、この上面および下面の回路パターン60をピアホール61に設けられるWの導電部によっ

50

て電気的に接続している。また、回路パターン 60 のうち、LED 素子 2 の p 電極側と接続される回路パターン 60 は、Au からなるワイヤ 8 によってリード部 9 と電気的に接続されている。

#### 【0043】

シリコン樹脂封止部 7 は、 $n = 1.5$  の屈折率を有し、LED 素子 2 およびサブマウント 6 の封止と LED 素子 2 から放射される光を樹脂ケース部 10 の外部に放射させる機能を有する。なお、シリコン樹脂封止部 7 は、LED 素子 2 から放射される光によって励起される蛍光体を含んでも良く、励起された蛍光体から放射される光と LED 素子 2 から放射される光との混合に基づいて所定の発光色の光を生じる波長変換型の発光装置 1 を形成することも可能である。

#### 【0044】

##### (第2の実施の形態の効果)

第2の実施の形態によると、光取り出し面に凹凸形状部 20A を有する LED 素子 2 をシリコン樹脂封止部 7 で封止することで、LED 素子 2 の内部に層内閉込光として横伝搬する光についても効率良く外部放射させることのできる高輝度の表面実装型発光装置 1 が得られる。

#### 【0045】

なお、第2の実施の形態で説明した LED 素子 2 の凹凸形状部 20A に、第1の実施の形態で説明した屈折率  $n = 1.8$  の  $\text{SiO}_2 - \text{Nb}_2\text{O}_5$  系ガラスをホットプレス加工に基づいて層状に一体化し、このガラスの一体化された LED 素子 2 およびサブマウント 6 をシリコン樹脂封止部 7 で封止するようにしても良い。この場合、 $n = 2.4$  の LED 素子 2 から  $n = 1.8$  のガラス部材を介して  $n = 1.5$  のシリコン樹脂封止部 7 に光が入射することから、材料の屈折率差に基づく全反射の発生を低減して LED 素子 2 で生じた光の外部放射性を向上させることができる。

#### 【0046】

##### (第3の実施の形態)

##### (LED 素子 2 の構成)

図5は、第3の実施の形態に係る LED 素子を示し、(a)は光取り出し面側から見た平面図、(b)は(a)のA-A部における断面図、(c)は光取り出し面に形成される凹凸形状部の拡大図である。このLED素子2は、(a)および(b)に示すように凸部 20a および平坦部 20b のピッチが小なる微細形状の凹凸形状部 20A を構成している。LED素子2の幅  $W_1$  は  $300 \mu\text{m}$  で四角形状に形成されている。LED素子2の厚さ  $H_1$  は  $6 \mu\text{m}$  であり、光取り出し面側の表面に凹凸形状部 20A を有する。

#### 【0047】

凹凸形状部 20A は、(c)に示すように、凸部 20a ( $w_1 = 2 \mu\text{m}$ 、 $h_1 = 1 \mu\text{m}$ ) および平坦部 20b ( $w_2 = 2 \mu\text{m}$ ) を光取り出し側の表面に配置して形成されている。

#### 【0048】

##### (第3の実施の形態の効果)

第3の実施の形態によると、LED 素子 2 の光取り出し側に設けられる凹凸形状部 20A を浅く微細に形成することで、凹凸加工時に MQW に損傷を与えることを防ぐことができ、信頼性も含めて発光特性の安定した LED 素子 2 が得られる。また、凹凸の深さを浅く形成することで、発光装置の製造時に凹凸形状部 20A を封止材で加圧封止する工程において凹凸に残留気泡が生じることを防ぐことができる。なお、凸面が形状となり、その周囲に溝のある形状であるので、空気はプレス時に逃げやすいものとしてある。

#### 【0049】

##### (第4の実施の形態)

##### (LED 素子 2 の構成)

図6は、第4の実施の形態に係る LED 素子を示し、(a)は光取り出し面側から見た平面図、(b)は(a)のB-B部における断面図、(c)は光取り出し面に形成される

凹凸形状部の拡大図である。このLED素子2は、ラージサイズのLED素子2であり、(b)に示すように幅W<sub>1</sub>が1000μmの四角形状に形成されている。LED素子2の厚さH<sub>1</sub>は6μmであり、光取り出し面側の表面に凹凸形状部20Aを有する。

#### 【0050】

凹凸形状部20Aは、(c)に示すように、凸部20a(w<sub>1</sub>=2μm、h<sub>1</sub>=1μm)と、平坦部20b(w<sub>2</sub>=2μm)と、凸部20aおよび平坦部20bの形成領域を9分割する深溝20c(w<sub>3</sub>=5μm、h<sub>2</sub>=4μm)を光取り出し側の表面に配置して形成されている。

#### 【0051】

また、LED素子2は、深溝20cの形成部分に位置するように設けられるn電極20nと、凹凸形状部20Aの反対側の面に設けられるp電極20pと、n電極20nおよびp電極20pを介して通電されることにより発光する発光層であるMQW20dを有している。

#### 【0052】

##### (第4の実施の形態の効果)

第4の実施の形態によると、凹凸形状部20AにLED素子2の光取り出し側に設けられる凹凸形状部20Aを浅く形成することで、第3の実施の形態と同様に凹凸加工時にMQW20dに損傷を与えることを防ぐことができ、発光むらのないLED素子2が得られる。また、凹凸の深さを浅く形成することで、発光装置1の製造時に凹凸形状部20Aを封止材で封止する工程において凹凸に残留気泡が生じることを防ぐことができ、封止性の低下や光学特性のばらつきを抑えることができる。

#### 【0053】

また、凹凸形状部20Aに深溝20cを設けたことにより、LED素子2のGaN系半導体層100を横伝搬する層内閉込光が深溝20cの側面に入射することによって外部に放射されるようになる。このことによりラージサイズのLED素子2における光取り出し性が向上する。なお、第4の実施の形態では、ラージサイズのLED素子2について説明したが、第1の実施の形態で説明した標準サイズ(300μm角)のLED素子2に適用することもできる。

#### 【0054】

さらにここで、発光エリアとなるpコンタクト電極が形成される領域は9分割され、図6(a)に示すように正面から見てpコンタクト電極エリアが深溝20cによって囲まれるものとしてある。これによって、各pコンタクト電極からGaN系半導体層100内において周囲へ横伝搬する光をGaN系半導体層100から外部へ放射する。深溝20cの直下にはnコンタクト電極が形成され、発光層となるMQWは存在せず、深溝形成しても直下の発光層への影響はない。

#### 【0055】

##### (第5の実施の形態)

##### (LED素子2の構成)

図7は、第5の実施の形態に係るLED素子を示し、(a)は光取り出し面側から見た平面図、(b)は(a)のC-C部における断面図、(c)は光取り出し面に形成される凹凸形状部の拡大図である。このLED素子2は、(b)に示すようにGaN基板(n=3.5)上に同様の屈折率のAlInGaN系半導体層201を積層し、GaN基板を研磨によって除去した後、GaN基板200(n=3.5)を貼り付けて形成したLED素子2であり、幅W<sub>1</sub>が300μmの四角形状に形成されている。LED素子2の厚さH<sub>1</sub>はGaN基板200を研磨することによって100μmに形成されている。光取り出し面側の表面に凹凸形状部20Aを有する。

#### 【0056】

凹凸形状部20Aは、(c)に示すように、光取り出し側の表面に凸部20a(w<sub>1</sub>=50μm、h<sub>1</sub>=25μm)および平坦部20b(w<sub>2</sub>=50μm)をダイサーで切削し、その後ケミカルエッティングで表面のミクロ的な平坦性を出すことによって形成されてい

10

20

30

40

50

る。

【0057】

(第5の実施の形態の効果)

第5の実施の形態によると、光取り出し面側のGaN基板200を研磨して所望の厚さとし、さらに凹凸形状部20Aをダイサーの切削によって形成することで、光取り出し性に優れるLED素子2が得られる。また、この際、GaN基板200側への加工のため、発光層へのダメージが生じないものとできる。 $n = 3.5$ のGaN基板200の場合、 $n = 2.4$ 程度の封止材料とすれば、LED素子2の端部で発せられた光であっても上記したサイズで凹凸形状部20Aを形成すれば、横伝搬する光が凹凸形状部20Aに入射した際に全反射されることなくLED素子2の外部に光を放射させることが可能になる。実際には現状 $n = 2$ を超えるLED素子2の封止材料の実現は困難である。しかし、理想レベルの外部光放射が実現できないにせよ、略垂直な段差形状の凹凸側面により発光層の法線方向に対し、 $90^\circ - \sin^{-1}(n_1/n_2)$ から $90^\circ$ の方向(但し、 $n_1$ : LED素子2の発光層の屈折率、 $n_2$ : 封止材料の屈折率)の立体角の大きな角度範囲へ放射される光を外部に放射させることができる。特に、この形状と $n = 1.6$ 以上の封止材料との組み合わせにより、形状加工なし、 $n = 1.5$ のエポキシ樹脂封止のものに比べて大幅な利得を得ることができる。

10

【0058】

なお、凹凸の段差部は、LED素子の発光層と封止材料との臨界角の範囲でテーパー(傾斜角)形成したものでも良い。この範囲であれば、効果的な段差形状の凹凸側面とできる。すなわち、発光層の法線方向に対し、最も立体角が大になる $90^\circ$ 方向の光を外部に放射できる傾きとできる。また、GaN基板200とAlInGaN系半導体層201とで形成した積層構造についても、GaN基板とGaN系半導体層、あるいはSiC基板とGaN系半導体層等、LED素子2の発光層と同等の屈折率を有する基板の組み合わせによって形成しても良い。

20

【0059】

(第6の実施の形態)

(LED素子2の構成)

図8は、第6の実施の形態に係るLED素子を示し、(a)は光取り出し面側から見た平面図、(b)は(a)の凸形状部における光取り出しを示す説明図である。このLED素子2は、(a)に示すように $n$ -GaN:Si層の光取り出し面にひし形状(隣接する段差が $60^\circ$ あるいは $120^\circ$ )の凸部20a(高さ $2\mu\text{m}$ )を3つ組み合わせて六角形状の集合体とし、この集合体を平坦部20bを介して( $10\mu\text{m}$ 間隔で)千鳥状に配置することにより凹凸形状部20Aとしている。

30

【0060】

凸部20aは、例えば、(b)に示すように図示しないLED素子2のMQW(図示せず)で生じた光Lが入射すると、第1側面210で全反射されて第2側面211に入射する。第2側面211は第1側面210に対して鋭角を成し、第2側面211に入射する光Lの入射角が臨界角cより小になることによって外部放射される。これは、臨界角cの2倍以上の角度を有する側面を有するように凸部20aを形成することによる。

40

【0061】

(第6の実施の形態の効果)

第6の実施の形態によると、臨界角cの2倍以上の角度を有する側面を有するように凸部20aを形成したので、凸部20aに入射した光Lが凸部20aから外部放射されないモードの光となることを防ぐことができ、凸部20aに入射した層内閉込光を確実に外部放射させることができる。

【0062】

また、凸部20aの集合体で凹凸形状部20Aを形成したので、層内閉込光をより効率良く外部放射させることができ可能になる。なお、第6の実施の形態では、7個の凹凸形状部20Aを千鳥状に配置した構成を説明したが、凹凸形状部20Aの配置は図示した構成に

50

限定されず、任意の数の凹凸形状部 20 A を設けることができる。

【0063】

(第7の実施の形態)

(LED素子2の構成)

図9は、第7の実施の形態に係るLED素子を示し、(a)は光取り出し面側から見た平面図、(b)は(a)のD-D部における断面図である。このLED素子2は、(a)に示すようにn-GaN:Si層の光取り出し面に六角形状の外形を有する六角凸部20dと、この六角凸部20dの上面に60度で交差するように形成される溝20eとを有する凹凸形状部20Aを有し、この凹凸形状部20Aを平坦部20b上に千鳥状に配置している。

10

【0064】

(第7の実施の形態の効果)

第7の実施の形態によると、LED素子2の光取り出し面に六角凸部20dと溝20eとからなる凹凸形状部20Aを設けたことにより、入射確率の高い形状の六角凸部20dへ入った光を凹凸形状部で高い効率で外部放射し、六角凸部20dの側面および溝20eの側面に入射する層内閉込光に対して外部放射効率を高めることができる。

【0065】

(第8の実施の形態)

(発光装置1の構成)

図10は、第8の実施の形態に係る発光装置を示す縦断面図である。この発光装置1は、発光装置1のガラス封止部4が半球状の光学形状面42を有する点において第1の実施の形態と相違している。LED素子2の搭載される回路パターン30Bは、ビアホール31に設けられるビアパターン30Cを介してAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板3底面の回路パターン30Aに接続されている。また、同図に示すガラス封止部4の屈折率nは1.9であり、LED素子2はW=300μmの正方形形状に形成されている。

20

【0066】

半球状のガラス封止部4を設けるにあたって、LED素子2に対する光学形状面42はLED素子2から放射される光が垂直入射する光学形状が理想形となる。ここで、空気の屈折率n<sub>0</sub>=1.0、ガラス封止部4の屈折率n<sub>2</sub>=1.9とすると、光学形状面42の臨界角θはsin<sup>-1</sup>(n<sub>0</sub>/n<sub>2</sub>)=31.8°となり、この臨界角θの範囲に入射する光については全反射が生じないものの、臨界角θの-5°付近から界面反射率が大になる傾向があり、好ましくは界面反射率の小なる範囲の角度へ入射する光を増やすことのできる光学形状とすることが好ましい。

30

【0067】

(第8の実施の形態の効果)

第8の実施の形態によると、LED素子2を原点としたときの半径(高さ)Lと、素子幅Wと、光学形状面42に対する臨界角θとの間にはθ=tan<sup>-1</sup>(W/2L)の関係が成り立つことにより、第8の実施の形態の場合には上記したLED素子2のサイズと臨界角θから光取出し効率は半径Lが0.24mm以上のとき、界面反射の影響を小さく抑えることができる。このように半径がL以上となる半球状の光学形状面42が形成されるようにガラス封止部4を設けることで、界面反射を抑えて光取出しに優れる発光装置1が得られる。

40

また、Lを大きくとることで、直方体形状のようにコーナーエッジがなく、C面取された形状であれば、半球状から形状がずれても、界面反射を抑えることができる。

【0068】

(第9の実施の形態)

(LED素子2の構成)

図11は、第9の実施の形態に係るフリップチップ型のLED素子を示す縦断面図である。

【0069】

50

このLED素子2は、GaN半導体化合物によって形成されるn-GaN層113と、n-GaN層113に積層される発光層114と、発光層114に積層されるp-GaN層115と、p-GaN層115からn-GaN層113にかけてエッチングにより除去されたn-GaN層113に設けられるn側電極116と、p-GaN層115上に設けられるp側電極118とを有し、n-GaN層113の光取出し側に第1の実施の形態で説明したLED素子2の凹凸形状部20Aに代えて酸化タンタル(Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)からなる透光性の高屈折率材料層119を設けた点において第1の実施の形態と相違している。

## 【0070】

高屈折率材料層119は、電子ビーム蒸着法により原材料であるTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>を加熱蒸気化させてn-GaN層113の表面に膜厚1μmとなるように形成される。Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>は、屈折率n=2.2であり、n-GaN層113との屈折率比に基づく臨界角cは66°となる。また、高屈折率材料層119の光取出し側となる面には、電子ビーム蒸着法に基づく粗面部119Aが形成される。

## 【0071】

## (第9の実施の形態の効果)

第9の実施の形態によると、n-GaN層113の表面にn=2.2のTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>からなる高屈折率材料層119を設けたことにより、立体角の拡大を図ることができる。また、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>成膜時においてn-GaN層113の表面にTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>が再結晶化する際に粗面部119Aが形成されるので、LED素子2と外部との界面における光拡散性を付与することができ、光取出し効率が向上する。

## 【0072】

なお、上記した高屈折率材料層119は、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>以外の他の材料で形成しても良く、例えば、ZnS(n=2.4)、SiC(n=2.4)、HfO<sub>2</sub>(n=2.0)、ITO(n=2.0)、GaN(n=2.4)、あるいはTiO<sub>2</sub>、ZnO、SiC等であっても良い。これら成膜材料は導電性材料でなくても良く、付着力に優れ、光学特性に優れるものであれば良い。

## 【0073】

## (第10の実施の形態)

## (LED素子2の構成)

図12は、第10の実施の形態に係るフリップチップ型のLED素子を示す縦断面図である。

## 【0074】

このフリップチップ型のLED素子2は、第9の実施の形態で説明したLED素子1のp側電極118に代えて、熱膨張率が7.0×10<sup>-6</sup>/のITOコンタクト電極120を設けた構成を有している。

## 【0075】

## (第10の実施の形態の効果)

第10の実施の形態によると、第9の実施の形態の好ましい効果に加えてGaN系半導体層100と略同等の熱膨張率を有するITOコンタクト電極120を設けたので、p側電極の付着性が向上し、LED素子2の封止加工に伴う熱や、発光に伴って生じる発熱によってp側電極の剥離を生じない信頼性の高いLED素子2が得られる。また、ITOの電流拡散性に基づいて発光むらを小にすることができます。なお、p側電極はITO以外の他の導電性酸化物材料で形成しても良い。

## 【0076】

## (第11の実施の形態)

## (LED素子2の構成)

図13は、第11の実施の形態に係るフリップチップ型のLED素子を示す縦断面図である。

## 【0077】

このフリップチップ型のLED素子2は、340μm角で厚さ100μmのGaN基板

10

20

30

40

50

130上にGaN系半導体層100を成長させたものである。

【0078】

(第11の実施の形態の効果)

第11の実施の形態によると、GaN基板130の厚さ(側面高さ) $t$ は、LED素子2のサイズ $W$ と、ガラス封止部4の屈折率 $n_2$ と、LED素子2の屈折率 $n_3$ との間に、GaN系半導体層100からGaN基板130へ放射される全ての光が、GaN基板130とガラス封止部4との界面で全反射が生じない、

$t = W / (2 \tan(\sin^{-1}(n_2 / n_3)))$ の関係を有することから、例えば、図10に示す発光装置1に用いる場合、 $W = 300 \mu m$ 、 $n_2 = 1.9$ 、 $n_3 = 2.4$ であることから、GaN基板130は $t = 116 \mu m$ の厚さとすることでLED素子2からの光取出し性を理想的な光取出し効率まで、向上させることができる。なお、厚さ $t$ が半分程度の値であっても光取出し性が向上することを確認している。この場合、直方体形状のGaN基板130が、光吸収率の高いGaN系半導体層100での光学ロスを避け、素子内部からの光取り出し効率向上を可能にする光学形状となっている。

【0079】

図16は、標準LED素子に対する外部放射効率比の封止材料屈折率の依存性を示すシミュレーション結果である。シミュレーションでは、エピ層、基板層、封止材料にそれぞれの屈折率、透過率、光減衰距離の物性値とした所定形状のモデルを用い、光線追尾法により、100万本の光線を発生させて得た結果である。なお、屈折率は発光素子が発する光の波長での値を示している。ここで、外部放射効率比の基準値は、基板としてサファイア基板を用い、屈折率が1.58の封止材料で封止されているものとした。

【0080】

図16において、曲線Aはサファイア基板を用いた直方体形状のLED素子(標準素子)の外部放射効率比を、曲線B0はGaNあるいはGaNと同等の屈折率を有する基板を用いた直方体形状のLED素子の外部放射効率比を、また曲線B1はGaNあるいはGaNと同等の屈折率を有する基板を用いた基板表面に加工を施したLED素子の外部放射効率比をそれぞれ示す。直方体形状の寸法は、いずれも、 $W = 300 \mu m$ 、半導体層 $t = 6 \mu m$ 、基板 $84 \mu m$ ( $116 \mu m$ に対し72%の厚さ)である。表面の加工形状は、傾斜角45°の四角錐(底辺が一辺 $2 \mu m$ )とした場合である。なお、傾斜角を±15°範囲で変化させても、特性カーブは大差なく、略同等であった。これは、傾斜角を大きくすると、発光素子から封止材料へ光が放射されやすくなるが、一方で隣接する加工形状面へ再入射されやすくなるためである。

【0081】

封止材料の屈折率が1.6以上であれば、基準値に対し80%以上の大幅な効率向上を実現できる。さらに望ましくは、封止材料の屈折率が1.7以上2.1以下であることが望ましい。屈折率が1.7以上ではLED素子から封止材料への外部放射効率を略理想レベルにできる。一方、封止材料の屈折率が高過ぎると、封止材料から空気への放射効率低下の要因となる。すなわち、全反射が生じない形状の制約が大きくなり、界面への垂直入射でも界面反射率が大きくなる。このため、LEDの発光層の屈折率に対し、封止材料の屈折率が、0.68~0.85の比となることが望ましい。

【0082】

なお、第11の実施の形態では、GaN基板130にGaN系半導体層100を設けた構成について説明したが、例えば、SiC基板上にGaN系半導体層100を設けたLED素子2であっても良い。また、サファイア基板にGaN系半導体層100を成長させた後にサファイア基板をレーザリフトオフにより除去し、高屈折率材料層としてGaN基板130を貼り付けるものとしても良い。

【0083】

この際には、高屈折率材料層には、エピタキシャル成長するための制約はなく、格子定数がエピタキシャル成長層と同じものである必要はなく、また、単結晶である必要もない。光学部材としての透明性、屈折率と接合のための熱膨張率特性があればよい。このため

10

20

30

40

50

GaNに限らず、TiO<sub>2</sub>、Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、ZnOなどでもよく、これらの多結晶体でもよい。

【0084】

(第12の実施の形態)

(LED素子2の構成)

図14は、第12の実施の形態に係るフリップチップ型のLED素子を示す縦断面図である。

【0085】

このフリップチップ型のLED素子2は、第11の実施の形態のLED素子2に対してGaN基板130の角部に傾斜角45°のカット部130Aを設けたもの(基板のコーナーをC面取した形状)である。

【0086】

(第12の実施の形態の効果)

第12の実施の形態によると、第11の実施の形態の好ましい効果である図16の曲線B1と同等の外部放射効率を得ることができ、LED素子2内を横伝搬する光をより屈折率の低い媒体としても効率良く取り出すことができる。あるいは、GaN基板130の厚さを116μm以下としても、GaN系半導体層100からGaN基板130へ放射される全ての光が、GaN基板130とガラス封止部4との界面で全反射が生じない形状とすることができる。そして、表面形状加工を容易なものとできる。

【0087】

このような表面形状加工を施すことで、例えば、n=1.7の封止材料を用いて封止した場合でも200%の外部放射効率比を得ることが可能になる。n=1.9以上の高屈折率材料は短波長領域で吸収損失が大になる特性傾向を示すが、n=1.7程度の封止材料でも外部放射効率の向上を図れることから、青色、青緑色等だけでなく発光波長370nm付近の紫外LED素子への適用が容易になる。

【0088】

(第13の実施の形態)

図15は、第13の実施の形態に係るLEDランプを示し、(a)はLEDランプの縦断面図、(b)はLEDランプに搭載されるLED素子の縦断面図である。

【0089】

このLEDランプ70は、(b)に示すLED素子2をガラス封止部4でガラス封止した発光装置1をリード部9に搭載し、さらに光透過性樹脂によるオーバーモールド51によって一体化したものである。オーバーモールド51は、発光装置1からの光を効率良く外部放射させるように半球状の光学形状面51Aが形成されている。

【0090】

LED素子2は、n-GaN層113の光取出し面に所定の幅および深さを有した溝状の凹部113Aが格子配列されており、その表面にTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>からなる高屈折率材料層119が設けられている。高屈折率材料層119の表面には、電子ビーム蒸着法に基づく粗面部119Aが形成されている。

【0091】

(第13の実施の形態の効果)

第13の実施の形態によると、溝状の凹部13Aを格子配列され、その表面に高屈折率材料層119を有するLED素子2を設けることで、LED素子2の光取出し面が拡大され、かつ平面と垂直面からなる光取出し面となることで、光取出し性が高められる。さらにn-GaN層113の表面に粗面部119Aを有する高屈折率材料層119が設けられているので、n-GaN層113閉込伝搬光は側面に至る前に溝状の凹部113Aから外部放射でき、その際の臨界角は高屈折率材料層119によって広げられる。このため、高輝度の発光装置1とできる。

【0092】

また、発光装置1はLED素子2をガラス封止して形成されているので、機械的強度に

10

20

30

40

50

優れ、射出成型による封止加工が可能となり、発光装置1の周囲にオーバーモールド51を容易に形成でき、LEDランプ70の量産性に優れる。

【図面の簡単な説明】

【0093】

【図1】第1の実施の形態に係る発光装置を示し、(a)は縦断面図、(b)はLED素子について拡大した部分断面図、(c)はLED素子の光取り出し側の表面を示す部分拡大図である。

【図2】LED素子の構成を示す縦断面図である。

【図3】(a)から(d)は、第1の実施の形態の発光装置の製造工程を示す説明図である。

10

【図4】第2の実施の形態に係る発光装置の断面図である。

【図5】第3の実施の形態に係るLED素子を示し、(a)は光取り出し面側から見た平面図、(b)は(a)のA-A部における断面図、(c)は光取り出し面に形成される凹凸形状部の拡大図である。

【図6】第4の実施の形態に係るLED素子を示し、(a)は光取り出し面側から見た平面図、(b)は(a)のB-B部における断面図、(c)は光取り出し面に形成される凹凸形状部の拡大図である。

【図7】第5の実施の形態に係るLED素子を示し、(a)は光取り出し面側から見た平面図、(b)は(a)のC-C部における断面図、(c)は光取り出し面に形成される凹凸形状部の拡大図である。

20

【図8】第6の実施の形態に係るLED素子を示し、(a)は光取り出し面側から見た平面図、(b)は(a)の凸形状部における光取り出しを示す説明図である。

【図9】第7の実施の形態に係るLED素子を示し、(a)は光取り出し面側から見た平面図、(b)は(a)のD-D部における断面図である。

【図10】第8の実施の形態に係る発光装置を示す縦断面図である。

【図11】第9の実施の形態に係るフリップチップ型のLED素子を示す縦断面図である。

【図12】第10の実施の形態に係るフリップチップ型のLED素子を示す縦断面図である。

【図13】第11の実施の形態に係るフリップチップ型のLED素子を示す縦断面図である。

30

【図14】第12の実施の形態に係るフリップチップ型のLED素子を示す縦断面図である。

【図15】第13の実施の形態に係るLEDランプを示し、(a)はLEDランプの縦断面図、(b)はLEDランプに搭載されるLED素子の縦断面図である。

【図16】封止材料屈折率に依存するLED素子の外部放射効率比を示す曲線である。

【符号の説明】

【0094】

1 ... 発光装置、2 ... LED素子、3 ...  $\text{Al}_2\text{O}_3$  基板、4 ... ガラス封止部、5 ... スタッドバンプ、6 ... サブマウント、7 ... シリコン樹脂封止部、8 ... ワイヤ、9 ... リード部、10 ... 収容部、10 ... 樹脂ケース部、20 ... n-GaN:Si層、20A ... 凹凸形状部、20a ... 凸部、20b ... 平坦部、20c ... 深溝、20d ... 六角凸部、20e ... 溝、21 ... InGaN層、22 ... GaN層、23 ... AlGaN層、24 ... MQW、25 ... p-AlGaN層、26 ... p-GaN層、27 ... p<sup>+</sup>-GaN層、28 ... p電極、29 ... n電極、30 ... 30A、30B ... 回路パターン、30C ... ビアパターン、31 ... ビアホール、40 ... 上面、41 ... 側面、42 ... 光学形状面、51 ... オーバーモールド、51A ... 光学形状面、60 ... 回路パターン、61 ... ビアホール、70 ... LEDランプ、100 ... GaN系半導体層、113 ... n-GaN層、113A ... 凹部、114 ... 発光層、115 ... p-GaN層、116 ... n側電極、117 ... p側電極、119 ... 高屈折率材料層、119A ... 粗面部、120 ... ITOコンタクト電極、130 ... GaN基板、130A ... カット部、200 ... GaP

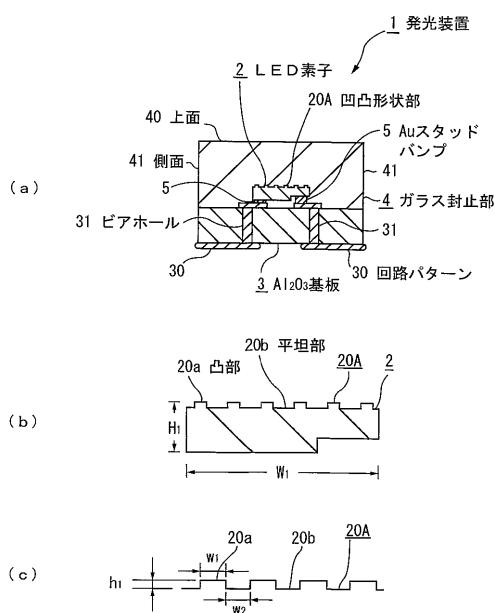
40

50

基板、201...GaAs系半導体層、210...側面、211...側面

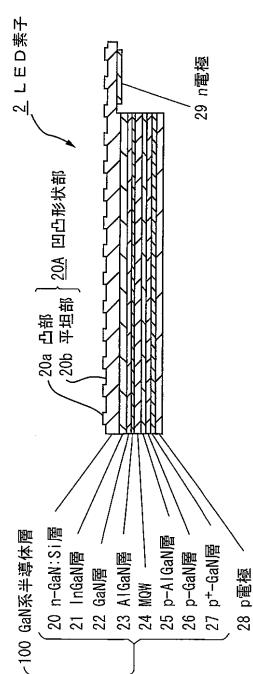
【図1】

図1



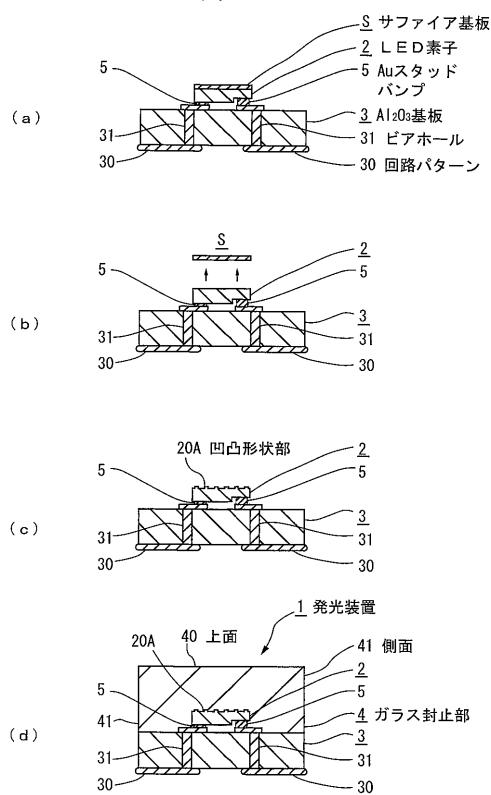
【図2】

図2



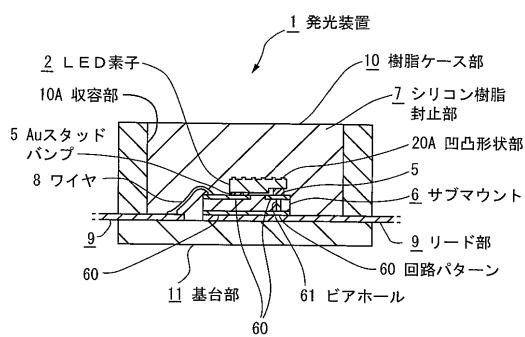
【図3】

図3



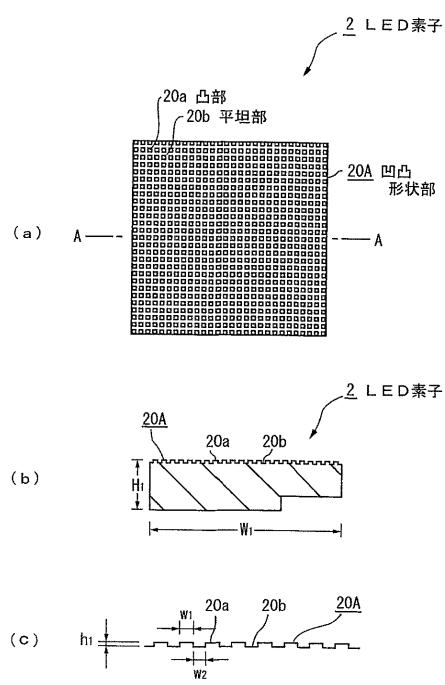
【図4】

図4



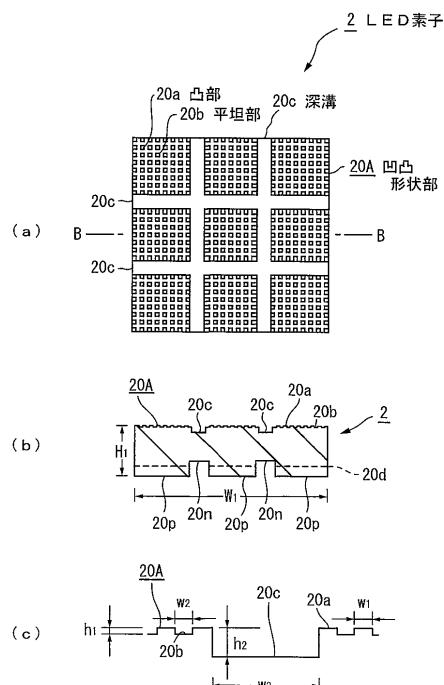
【図5】

図5



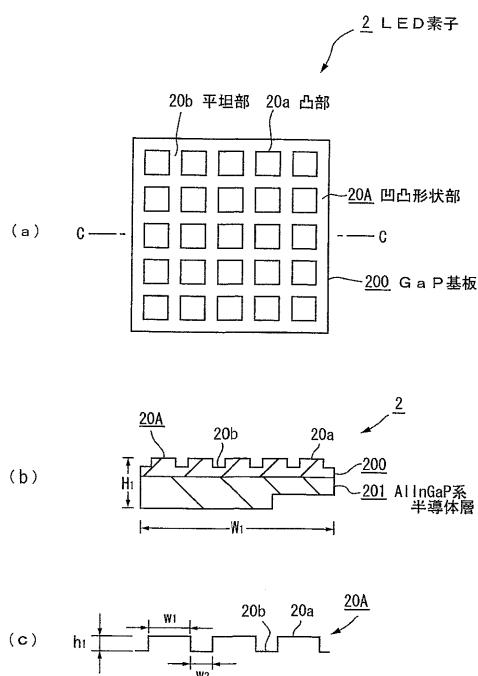
【図6】

図6



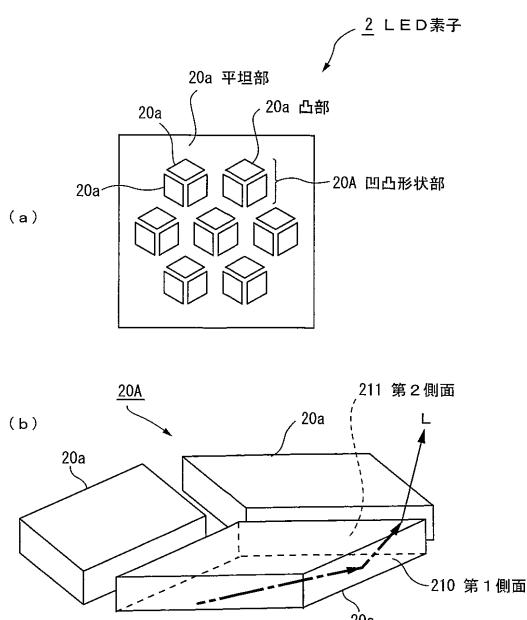
【図7】

図7



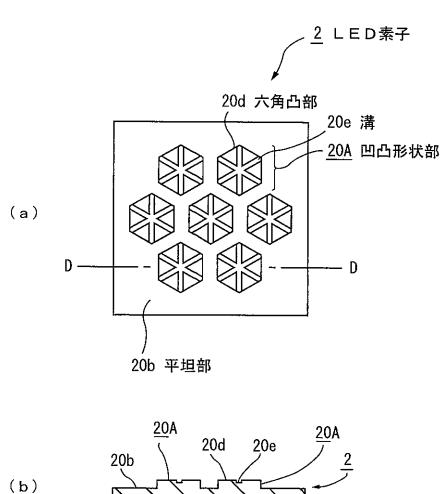
【図8】

図8



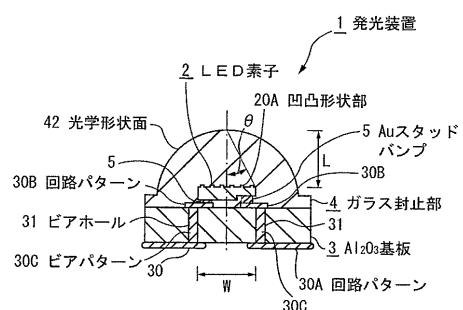
【図9】

図9



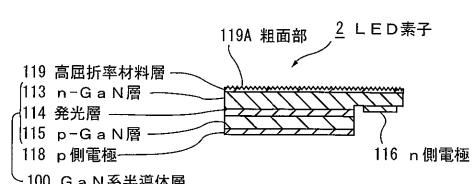
【図10】

図10



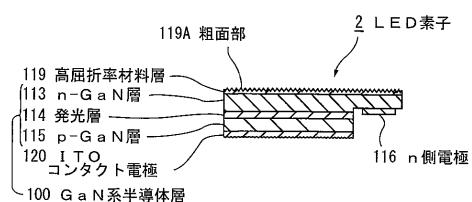
【図11】

図11



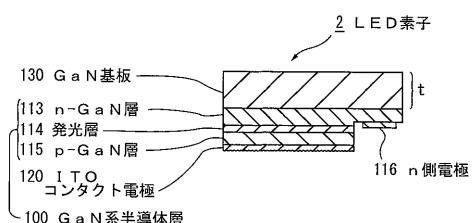
【図12】

図12



【図13】

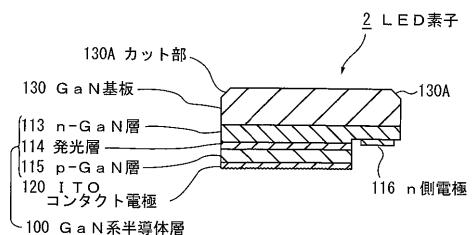
図13



【図14】

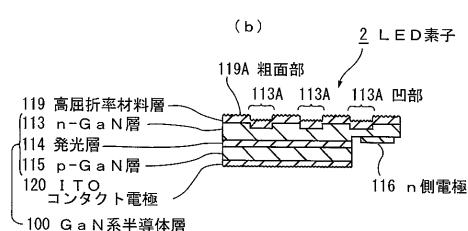
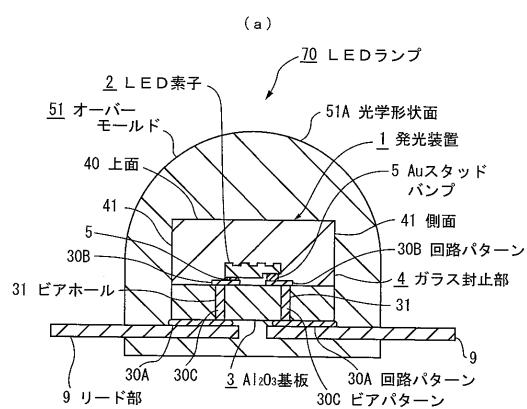
【図14】

図14



【図15】

図15



【図16】

図16

