

(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2006-66868

(P2006-66868A)

(43) 公開日 平成18年3月9日(2006.3.9)

(51) Int. Cl.

H01L 33/00 (2006.01)

F I

H01L 33/00

E

テーマコード (参考)

5F041

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2005-44649 (P2005-44649)
 (22) 出願日 平成17年2月21日 (2005.2.21)
 (31) 優先権主張番号 特願2004-84282 (P2004-84282)
 (32) 優先日 平成16年3月23日 (2004.3.23)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2004-223600 (P2004-223600)
 (32) 優先日 平成16年7月30日 (2004.7.30)
 (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 山口 誠治
 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 AA21 AA40 CA05 CA40
 CA83 CA92 CA93 DA09 DA12
 DA19 DA34 DA72

(54) 【発明の名称】 固体素子および固体素子デバイス

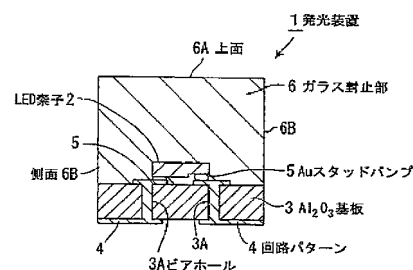
(57) 【要約】

【課題】 熱膨張率差によって剥離が生じることのない固体素子および固体素子デバイスを提供する。

【解決手段】 p型Ga_{0.49}In_{0.51}Nコンタクト層25の表面にRh層27Aを格子状に設けることで、p型Ga_{0.49}In_{0.51}Nコンタクト層25とのp側多層電極27とがオーミック接触し、良好な接合性が得られる。また、Rh層27Aを格子状のパターンで設けることにより、Ga_{0.49}In_{0.51}N系半導体層との熱膨張率差に基づいて生じる応力を小にでき、リフロー接合時の高温条件下でも接合強度の低下や剥離を生じることがなく、多層23への安定した電流注入が可能になる。

【選択図】 図1

図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に半導体を積層して形成されて発光エリアに対応した層から放射される光を前記基板側の光取り出し面から取り出す固体素子において、

前記発光エリアに対応した層に電流を注入する半導体層にオーミック接触する導電材料の複数の領域を含む電極を有する固体素子。

【請求項 2】

前記複数の領域は、前記半導体層の表面に分散状に設けられるとともに、表面を前記電極より前記半導体の熱膨張率に近い他の導電材料で覆われている請求項 1 記載の固体素子。

10

【請求項 3】

前記複数の領域は、隣接する領域が接続されていることを特徴とする請求項 2 記載の固体素子。

【請求項 4】

前記導電材料は、前記半導体層との合金化拡散がないものであることを特徴とする請求項 1 から 3 の何れかに記載の固体素子。

【請求項 5】

前記半導体層は、GaN系半導体化合物で構成されることを特徴とする請求項 1 から 4 の何れかに記載の固体素子。

【請求項 6】

前記光取り出し面は、前記基板を加工して凹凸を形成されていることを特徴とする請求項 1 から 5 の何れかに記載の固体素子。

20

【請求項 7】

前記光取り出し面には、凸面部が形成され、前記導電材料は、前記凸面部に対応して配列されている請求項 1 から 6 のいずれかに記載の固体素子。

【請求項 8】

前記光取り出し面に形成される凸面部は、高屈折率樹脂層を半導体層の表面に形成した請求項 7 記載の固体素子。

【請求項 9】

前記基板は、前記半導体と同等の屈折率材料によって形成されている請求項 1 から 7 記載のいずれかに固体素子。

30

【請求項 10】

基板上に半導体を積層して形成されて発光エリアに対応した層から放射される光を前記基板側の光取り出し面から取り出す固体素子において、

前記固体素子と同等の熱膨張率を有するコンタクト電極層と、

前記コンタクト電極層上に部分的に形成されて外部の配線部に接合される接合部とを有する固体素子。

【請求項 11】

前記接合部は、厚膜状に形成されたNiを含む請求項 10 に記載の固体素子。

【請求項 12】

前記半導体層は、電流の注入に基づいて発光する発光層を含む請求項 10 に記載の固体素子。

40

【請求項 13】

固体素子と、前記固体素子を搭載する前記固体素子と同等の熱膨張率を有する基板と、前記固体素子を封止する無機封止部とを有する固体素子デバイスにおいて、

前記固体素子は、前記固体素子と同等の熱膨張率を有するコンタクト電極層と、

前記コンタクト電極層上に形成されて前記基板に設けられる配線部に接合される接合部とを有する固体素子デバイス。

【請求項 14】

基板上に半導体を積層して形成されて発光エリアに対応した層から放射される光を前記

50

基板側の光取り出し面から取り出す固体素子を有し、さらに前記固体素子と同等の熱膨張率を有するコンタクト電極層と、前記コンタクト電極層上に形成されて外部の配線部に接合される接合部とが前記固体素子に設けられる固体素子デバイスであって、
前記固体素子と同等の熱膨張率を有して前記固体素子を搭載する基板と、
前記固体素子を封止する無機封止部とを有する固体素子デバイス。

【請求項 15】

前記接合部は、前記コンタクト電極層上に部分的に形成されている請求項 13 又は 14 に記載の固体素子デバイス。

【請求項 16】

前記無機封止部は、前記基板と同等の熱膨張率を有するガラスによって形成される請求項 13 又は 14 に記載の固体素子デバイス。 10

【請求項 17】

前記コンタクト電極層は、導電性金属酸化物である請求項 13 から 15 に記載の固体素子デバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は固体素子および固体素子デバイスに関し、特に、熱ストレスに基づく電極の剥離、接着強度の低下を防ぐとともに素子内部から効率良く光を取り出すことのできる固体素子および固体素子デバイスに関する。 20

【背景技術】

【0002】

従来の固体素子デバイスとして、固体素子である LED (Light-Emitting Diode: 発光ダイオード) 素子をリードフレームや配線パターンを有する基板に実装した発光装置がある。このような LED 素子を用いた発光装置において、高輝度化、大出力化を実現するためには LED 素子の内部に留まる光を低減して外部放射効率を向上させることが重要である。

【0003】

上記した LED 素子として、サファイア等の透光性基板上に半導体層を形成し、透光性基板側から光を放射させるフリップチップ型 LED 素子がある。フリップチップ型 LED 素子は、フェイスアップ型 LED 素子における半導体層やパッシベーション膜での光ロスがないため、外部放射効率に優れる。フリップチップ型 LED 素子は、リフロー炉において 250 ~ 300 の温度でリードフレーム等の配線部材にフリップチップボンディングされる。 30

【0004】

近年、LED 素子の電氣的接続に用いられる半田については、環境への配慮に基づいて鉛 (Pb) フリー半田の使用が進められている。Pb フリー半田は、融点が Pb 入り半田に比べて大であることから、フリップチップボンディングにおける熱ストレスが大になって LED 素子の発光効率を低下させることが問題視されている。

【0005】

このようなフリップチップ型 LED 素子の発光効率を改善するものとして、p 型電極を多層化した窒化物半導体発光素子がある (例えば、特許文献 1 参照。)。 40

【0006】

特許文献 1 に記載される窒化物半導体発光素子は、p 型窒化ガリウム系半導体層とオーミック接触する第 1 正電極と、第 1 正電極上の一部に第 2 正電極を有し、第 2 正電極は、第 1 正電極に接するように形成された層を Au または Pt を主成分として形成することにより、第 2 正電極の直下にある発光層の発光を可能にしている。

【特許文献 1】特開平 11 - 150297 号公報 ([0012]、図 1)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

しかし、特許文献 1 に記載された L E D 素子によると、第 1 正電極および第 2 正電極がベタ状の連続面で形成されているため、リフロー接合時の高温条件下で窒化物半導体との熱膨張率差に基づく剥離が生じるという問題がある。

【 0 0 0 8 】

従って、本発明の目的は、熱膨張率差によって電極の剥離を生じることのない固体素子およびこれを用いた固体素子デバイスを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

本発明は、上記の目的を達成するため、基板上に半導体を積層して形成されて発光エリアに対応した層から放射される光を前記基板側の光取り出し面から取り出す固体素子において、前記発光エリアに対応した層に電流を注入する半導体層にオーミック接触する導電材料の複数の領域を含む電極を有する固体素子を提供する。

10

【 0 0 1 0 】

また、本発明は、上記の目的を達成するため、基板上に半導体を積層して形成されて発光エリアに対応した層から放射される光を前記基板側の光取り出し面から取り出す固体素子において、前記固体素子と同等の熱膨張率を有するコンタクト電極層と、前記コンタクト電極層上に部分的に形成されて外部の配線部に接合される接合部とを有する固体素子を提供する。

【 0 0 1 1 】

20

また、本発明は、上記の目的を達成するため、固体素子と、前記固体素子を搭載する前記固体素子と同等の熱膨張率を有する基板と、前記固体素子を封止する無機封止部とを有する固体素子デバイスにおいて、前記固体素子は、前記固体素子と同等の熱膨張率を有するコンタクト電極層と、前記コンタクト電極層上に形成されて前記基板に設けられる配線部に接合される接合部とを有する固体素子デバイスを提供する。

【 0 0 1 2 】

また、本発明は、上記の目的を達成するため、基板上に半導体を積層して形成されて発光エリアに対応した層から放射される光を前記基板側の光取り出し面から取り出す固体素子を有し、さらに前記固体素子と同等の熱膨張率を有するコンタクト電極層と、前記コンタクト電極層上に形成されて外部の配線部に接合される接合部とが前記固体素子に設けられる固体素子デバイスであって、前記固体素子と同等の熱膨張率を有して前記固体素子を搭載する基板と、前記固体素子を封止する無機封止部とを有する固体素子デバイスを提供する。

30

【発明の効果】

【 0 0 1 3 】

本発明によれば、熱膨張率の差による電極の剥離を生じることなく固体素子の信頼性を向上させることができる。特に、固体素子が発光素子である場合、半導体層内部から効率良く光を取り出すことができ、外部放射効率を向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 4 】

40

(第 1 の実施の形態)

(発光装置 1 の構成)

図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る固体素子デバイスとしての発光装置の縦断面図である。

【 0 0 1 5 】

この発光装置 1 は、フリップチップ型の G a N 系半導体材料からなる固体素子としての L E D 素子 2 と、L E D 素子 2 を搭載する A l ₂ O ₃ 基板 3 と、タングステン (W) - ニッケル (N i) - 金 (A u) で構成されて A l ₂ O ₃ 基板 3 に形成される回路パターン 4 と、L E D 素子 2 と回路パターン 4 とを電氣的に接続する A u スタッドバンプ 5 と、L E D 素子 2 を封止するとともに A l ₂ O ₃ 基板 3 と接着されるガラス封止部 6 とを有する。

50

【0016】

Al_2O_3 基板 3 は、基板の表面および裏面にメタライズされた $W-Ni$ からなる回路パターン 4 を導通させるビアホール 3A を有している。

【0017】

ガラス封止部 6 は、低融点ガラスによって形成されており、金型によるホットプレス加工によって Al_2O_3 基板 3 と接着された後にダイサーでカットされることに基づく上面 6A および側面 6B を有して矩形状に形成されている。

【0018】

(LED 素子 2 の構成)

図 2 は、固体素子としての LED 素子の縦断面図である。

10

【0019】

LED 素子 2 は、サファイア (Al_2O_3) 基板 20 の表面に、 AlN バッファ層 21、 n 型 GaN クラッド層 22、発光する層を有する多層 23、 p 型 $AlGaN$ クラッド層 24、 p 型 GaN コンタクト層 25 を順次結晶成長させることによって形成されており、 p 型 GaN コンタクト層 25 から n 型 GaN クラッド層 22 の一部にかけてをエッチングすることにより除去して露出した n 型 GaN クラッド層 22 に形成される n 側電極 26 と、 p 型 GaN コンタクト層 25 の表面に設けられる p 側多層電極 27 とを有する。

【0020】

(p 側多層電極 27 の構成)

p 側多層電極 27 は、 p 型 GaN コンタクト層 25 の表面に格子状に設けられたロジウム (Rh) 層 27A と、 Rh 層 27A および p 型 GaN コンタクト層 25 の表面を覆って設けられるタングステン (W) 層 27B と、 W 層 27B の表面を覆って設けられる Au 層 27C によって形成されている。

20

【0021】

(LED 素子 2 の製造工程)

LED 素子 2 を製造するには、まず、ウェハー状のサファイア基板 20 を用意し、 AlN バッファ層 21、 n 型 GaN クラッド層 22、発光する層を含む層を有する多層 23、 p 型 $AlGaN$ クラッド層 24、 p 型 GaN コンタクト層 25、および n 側電極 26 を公知の方法で形成する。

【0022】

次に、 p 型 GaN コンタクト層 25 の表面に蒸着によって Rh 層 27A を形成する。次に、 Rh 層 27A の表面にフォトレジストを設ける。次に、フォトレジスト上に格子状に形成されたレジストマスクを形成してフォトレジストを露光する。次に、露光部分のレジストマスクおよび Rh 層 27A をエッチングにより除去する。次に、格子状に形成される Rh 層 27A の表面からレジストマスクを除去する。次に、格子状の Rh 層 27A を覆うように W 層 27B を蒸着によって形成する。次に、 W 層 27B の表面に蒸着によって Au 層 27C を設ける。次に、 GaN 系半導体層を有するおよびサファイア基板 20 を $0.3\text{ mm} \times 0.3\text{ mm}$ にダイシングして LED 素子 2 とする。

30

【0023】

図 3 は、LED 素子を電極形成面側より示し、(a) は底面図、(b) は図 2 の A-A 部における断面図、(c) は p 側多層電極の変形例である。

40

【0024】

p 側多層電極 27 は、(a) に示すように表面を Au 層 27C で覆われた構成を有する。 Au 層 27A の内側には、(b) に示すように W 層 27B で周囲を覆われた格子状の Rh 層 27A が設けられている。格子状の Rh 層 27A は、四角形のドット状に形成された複数の領域からなり、 Au 層 27C を介して電流を注入することによって複数の領域が発光する。

【0025】

なお、格子状の Rh 層 27A は、(c) に示すように、各々が接続されていても良い。また、接続の形態も図示するように隣接する全てのドットに対して接続するものでなく、

50

全体の一部分が規則的、又は不規則的に接続されるものであっても良い。

【0026】

(発光装置1の製造工程)

まず、ピアホール3Aを有した Al_2O_3 基板3を用意し、 Al_2O_3 基板3の表面に回路パターンに応じてWペーストをスクリーン印刷する。次に、Wペーストを印刷された Al_2O_3 基板3を1000℃余で熱処理することによりWを基板3に焼き付け、さらにW上にNiめっき、Auめっきを施すことで回路パターン4を形成する。次に、 Al_2O_3 基板3の回路パターン4(表面側)にLED素子2をAuスタッドバンプ5によって電氣的に接合する。次に、LED素子2を搭載した Al_2O_3 基板3に対して板状の低融点ガラスを平行にセットし、窒素雰囲気中で圧力を60kgfとして600℃の温度でホットプレス加工を行う。低融点ガラスは Al_2O_3 基板3とそれらに含まれる酸化物を介して接着される。次に、低融点ガラスと一体化された Al_2O_3 基板3をダイサーにセットしてダイシングすることにより、矩形状の発光装置1を分離する。

10

【0027】

(発光装置1の動作)

回路パターン4を図示しない電源部に接続して電圧を印加すると、LED素子2は多層23内で面状に発光して波長460nmの青色光を発する。青色光は、多層23からn型GaNクラッド層22、AlNバッファ層21を経てサファイア基板20に入射し、サファイア基板20からガラス封止部6に入射し、上面6Aおよび側面6Bから外部に放射される。

20

【0028】

(第1の実施の形態の効果)

上記した第1の実施の形態によると、p型GaNコンタクト層25の表面にRh層27Aを格子状に設けることで、p型GaNコンタクト層25とのp側多層電極27とがオーミック接触し、良好な接合性が得られる。また、Rh層27Aを格子状のパターンで設け、さらに、ロジウムの熱膨張率 $8 \times 10^{-6} / ^\circ C$ に対し、熱膨張率がLED素子2のGaN層(p型AlGaNクラッド層24、p型GaNコンタクト層25)と同等の $5 \times 10^{-6} / ^\circ C$ 程度のタンゲステンを設けることで、構成部材中、熱膨張率の大きなAu層($15 \times 10^{-6} / ^\circ C$)との熱膨張率差によって生じる熱応力を小にできる、これらによってガラス封止加工やリフロー接合時の高温条件下でも剥離を生じることがなく、多層23への安定した電流注入が可能になる。

30

【0029】

さらに、LED素子2に対し同等の熱膨張率の Al_2O_3 基板3に実装することで、LED素子2と Al_2O_3 基板3との熱膨張率差に基づいて生じる応力を小にできる。本実施の形態で用いたLED素子2は、サファイア基板(熱膨張率 $7 \times 10^{-6} / ^\circ C$)20にGaN層を形成しているので、LED素子2全体の熱膨張率はサファイア基板20と同等とみなせる。そして、応力を小にすることで、ガラス封止加工時の高温条件下でも剥離を生じないものとできる。

【0030】

なお、第1の実施の形態では、Rh層27Aを格子状に設ける構成を説明したが、他のパターンとして図3(c)の変形例に示したもののほか、メッシュ状、ドットパターン状に設けても良い。また、オーミック接触可能な他の電極材料として、接合強度の大なるクロム(Cr)を用いることもできる。また、GaN系半導体層へのオーミック電極は、GaAs、AlInGaP系等のように電極成分が半導体層へ拡散し、合金化することで接合強度を得ることができないため、この構成が特に有効である。電極成分は半導体層へ拡散しにくい材料であれば、他の半導体でも有効である。拡散する材料でも効果は得ることができる。

40

【0031】

また、Rh等の電極は、電子ビーム蒸着でも良いが、スパッタリングによる蒸着により、GaN表面への接合強度を増したもののほうが望ましい。

50

【 0 0 3 2 】

(第1の実施の形態の変形例)

発光装置1の変形例として、ガラス封止部6に代えて蛍光体を含有したエポキシ樹脂を用いて封止し、波長変換型の発光装置1としても良い。蛍光体には、例えば、Ce:YAG (Yttrium Aluminum Garnet)を用いることができる。この場合、波長460nmの青色光によって励起されて520~550nmの黄色励起光を放射する。黄色励起光は青色光と混合されることによって白色光を生じる。

【 0 0 3 3 】

(第2の実施の形態)

(LED素子2の構成)

10

図4は、第2の実施の形態に係るLED素子の側面図である。

【 0 0 3 4 】

このLED素子2は、第1の実施の形態で説明したサファイア基板20に代えてGaN基板28(屈折率: $n=2.4$)を用いる構成と屈折率1.85のBi系高屈折率ガラスを用いた点が相違している。このGaN基板28は、切削、研磨等で角を除去することにより形成された傾斜面28Aを有する。なお、以下に説明する実施の形態において、第1の実施の形態と同一の部分については共通の引用数字を付している。

【 0 0 3 5 】

(第2の実施の形態の効果)

上記した第2の実施の形態によると、第1の実施の形態の好ましい効果に加えてGaN基板28を用いたことによって多層23内で生じた光がGaN基板28とガラス封止部(図示せず)との界面まで光ロスを生じることなく達する。そして、封止材料の屈折率が高く、かつ、LED素子2では直方体形状ではなく、傾斜面28Aを有するので、LED素子2内での閉込モード光が生じない。このため、LED素子2からの外部放射効率を著しく向上させることができる。また、GaN基板28に設けた傾斜面28Aによって、多層23からp側多層電極27側に放射され、p側多層電極27で反射された青色光を取り出すことが可能になるので、外部放射効率を高めることができる。

20

【 0 0 3 6 】

また、LED素子2を封止する封止材料にガラスを用いることで、LED素子2が発する光や熱で封止材料が劣化することがなく、かつ高屈折率の特性を得ることができる。そして、ガラス材料の場合、硬質材料であるため、樹脂と比較して応力によりクラックが生じ易いという問題があるが、素子封止後の冷却時におけるガラスの熱収縮によって内部応力が大になる場合であっても、傾斜面28Aを設けることでガラスに局部的な応力集中が生じることを防ぎ、パッケージクラックの発生を防止して信頼性に優れる発光装置1を形成することができる。

30

【 0 0 3 7 】

図5は、LED素子の光取り出し構造を示し、(a)は断面図、(b)は(a)のB方向から見た平面図である。

【 0 0 3 8 】

このLED素子2は、GaN基板28の表面に切削加工による溝22aを加工することによって凸面部22Aを形成している。また、GaN基板28は、切削、研磨等で角を除去することにより形成された傾斜面28Bを有し、p側多層電極27を構成するW層27Bに代えて連続したAg層27Dを設けた構成としている。

40

【 0 0 3 9 】

このLED素子2によると、GaN基板28の光取り出し面に凹凸を形成することで、光取り出し面の表面積が大になり、LED素子内部からの光取り出し性が向上する。また、多層23からp側多層電極27側に放射され、p側多層電極27で反射された青色光の取り出し性も良好であり、外部放射効率を高めることができる。

【 0 0 4 0 】

(第3の実施の形態)

50

(L E D 素子 2 の 構 成)

図 6 は、第 3 の実施の形態に係る L E D 素子であり、(a) は L E D 素子の側面図、(b) は (a) の B 方向から見た L E D 素子の表面である。

【 0 0 4 1 】

この L E D 素子 2 は、図 5 で説明した光取り出し面に切削加工に基づく溝 2 2 a を有する G a N 基板 2 8 を備え、p 側多層電極 2 7 を構成する W 層 2 7 B を格子状に設けた構成としている。

【 0 0 4 2 】

(第 3 の実施の形態の効果)

上記した第 3 の実施の形態によると、W 層 2 7 B を格子状に設けることで電極の剥離を生じにくくすることができることに加え、P 型 G a N は抵抗値が大きく、オーミック電極パターンに応じた発光エリアとなり、さらにこの発光エリアに応じた凸面が形成されるため、G a N 系半導体層からの光取り出し性が高まる。

【 0 0 4 3 】

(第 4 の実施の形態)

(L E D 素子 2 の 構 成)

図 7 は、第 4 の実施の形態に係る L E D 素子であり、(a) は L E D 素子の側面図、(b) は (a) の B 方向から見た L E D 素子の表面である。

【 0 0 4 4 】

この L E D 素子 2 は、第 1 の実施の形態で説明した L E D 素子 2 からサファイア基板 2 0 をレーザ光で分離し、n 型 G a N クラッド層 2 2 の表面に厚さ 1 0 0 μ m で設けられる屈折率 $n = 2.1$ の熱硬化性樹脂層 2 9 を設けた構成において第 1 の実施の形態と相違している。

【 0 0 4 5 】

熱硬化性樹脂層 2 9 は、凸面が六角形状に形成されて千鳥状に配列された凸面部 2 9 A を有する。また、更に、p 型 G a N コンタクト層 2 5 の表面に六角形状の R h 層 2 7 A を形成して千鳥状に配列しており、(b) に示すように熱硬化性樹脂層 2 9 の凸面部 2 9 A と R h 層 2 7 A の配列とが一致するように形成されている。

【 0 0 4 6 】

熱硬化性樹脂層 2 9 は、予めシート状に形成された熱硬化性樹脂に凸面部 2 9 A に応じたパターンをプレス等の成型加工に基づいて形成し、n 型 G a N クラッド層 2 2 の表面に貼り付ける。

【 0 0 4 7 】

なお、シート状の熱硬化性樹脂を用いる代わりに型を用いて熱硬化性樹脂の注入により n 型 G a N クラッド層 2 2 の表面に熱硬化性樹脂層 2 9 を設けても良い。この場合、凸面部 2 9 A に応じたパターンは予め型に設けておくことができる。このように熱硬化性樹脂層 2 9 を表面に設けられた L E D 素子 2 はシリコン樹脂によって封止される。

【 0 0 4 8 】

(第 4 の実施の形態の効果)

上記した第 4 の実施の形態によると、G a N 系半導体層の屈折率に近似した屈折率を有する熱硬化性樹脂層 2 9 を設け、更に熱硬化性樹脂層 2 9 に凸面部 2 9 A を有するようにしたので、n 型 G a N クラッド層 2 2 の表面に切削、研削等の加工を要することなく容易に高屈折率で面積の拡大された光取り出し面を形成することができる。

【 0 0 4 9 】

また、凸面部 2 9 A と R h 層 2 7 A とが対応した配列を有するので、R h 層 2 7 A の直上の多層 2 3 で発した青色光が面積の拡大された光取り出し面に達する。このことにより平面状の光取り出し面からの光取り出しに比べて取り出せる光が大になる。

【 0 0 5 0 】

なお、凸面部 2 9 A の他の形状として、図 5 (b) に示した形状であっても良く、更に、凸面が曲面によって形成されていても良い。また、凸面の配列は千鳥状に限定されず、

10

20

30

40

50

他の配列パターンであっても良い。

【 0 0 5 1 】

また、熱硬化性樹脂層 2 9 は、上記した凸面部 2 9 A を設ける代わりに、例えば、粗面加工によって表面が粗面化され平面状態よりも表面積を増したものとされていても良い。

【 0 0 5 2 】

(第 5 の実施の形態)

(L E D 素子 2 の構成)

図 8 は、第 5 の実施の形態に係る L E D 素子の側面図である。

【 0 0 5 3 】

この L E D 素子 2 は、第 4 の実施の形態で説明した L E D 素子 2 の p 側多層電極 2 7 について、R h 層 2 7 A だけでなく A g 層 2 7 D および A u 層 2 7 C についてもそれぞれ独立した格子状の電極領域を有するようにした構成において第 4 の実施の形態と相違している。

【 0 0 5 4 】

R h 層 2 7 A は、多層 2 3 から放射される光を反射効率に優れる A g 層 2 7 D で熱硬化性樹脂層 2 9 側に反射させるために光透過性の得られる厚さで薄く形成されている。

【 0 0 5 5 】

(第 5 の実施の形態の効果)

上記した第 5 の実施の形態によると、第 4 の実施の形態の好ましい効果に加えて p 側多層電極 2 7 と G a N 系半導体層との熱膨張率差に基づいて生じる応力を小にでき、リフロー接合時の高温条件下でも剥離を生じることがなく、多層 2 3 への安定した電流注入が可能になる。また、電極での反射率を R h 層 2 7 A と A g 層 2 7 D の中間とすることにより反射率を向上でき、外部放射効率を高めることができる。

【 0 0 5 6 】

(第 6 の実施の形態)

(L E D 素子 2 の構成)

図 9 は、第 6 の実施の形態に係る L E D 素子を示し、(a) は電極形成面の平面図、(b) は実装された L E D 素子を (a) の C - C 部において切断した発光装置の部分断面図である。

【 0 0 5 7 】

この L E D 素子 2 は、図 9 (a) に示すように T i - P t で形成される n 側電極 2 6 と、p 側のコンタクト電極として L E D 素子 2 と略同等の熱膨張率を有する I T O (Indium Tin Oxide) からなる p 型コンタクト電極層 3 0 と、n 側電極 2 6 および p 型コンタクト電極層 3 0 に部分的に形成される A u パッド電極 3 1 とを有する。この L E D 素子 2 のサイズは約 3 0 0 μ m 角である。なお、I T O はスパッタリングによって薄膜形成されている。

【 0 0 5 8 】

図 9 (b) は、L E D 素子 2 を第 1 の実施の形態にかかる図 1 で説明した発光装置 1 に適用した場合の部分拡大図である。第 6 の実施の形態では、回路パターン 4 の素子搭載側を W - N i - A g で形成し、基板裏面側を W - N i - A u で形成してビアホール 3 A における W パターンを介して接続した構成としている。A u パッド電極 3 1 は、A u スタッドパンプ 5 と略同等のサイズで形成されている。

【 0 0 5 9 】

第 6 の実施の形態において、L E D 素子 2 は、A u スタッドパンプ 5 の超音波併用熱圧着によって回路パターン 4 上に実装され、熱膨張率 $7 \times 10^{-6} /$ の低融点ガラスによって封止される。

【 0 0 6 0 】

(第 6 の実施の形態の効果)

上記した第 6 の実施の形態によると、L E D 素子 2 の熱膨張率と略同等の熱膨張率を有

10

20

30

40

50

する p 型コンタクト電極層 30 に部分的に Au パッド電極 31 を設け、Au スタッドパンプ 5 を介して LED 素子 2 と略同等の熱膨張率を有する Al_2O_3 基板 32 の回路パターン 4 に実装してガラス封止するようにしたので、Ga N 系半導体層 200 から p 型コンタクト電極層 30 が剥がれにくく、かつ、Au パッド電極 31 および Au スタッドパンプ 5 の熱変形を許容して熱応力を吸収することができる。また、発明者の実験では、 Al_2O_3 基板とガラス含有 Al_2O_3 基板（熱膨張率 $12 \times 10^{-6} /$ ）との異なる熱膨張率の基板に LED 素子 2 を実装し、ガラス封止加工を行った結果、 Al_2O_3 基板に対し、ガラス含有 Al_2O_3 基板では、電極剥離に起因する順方向電圧上昇（平均 0.3 V）や発光パターン異常の発生の差異が認められるものがあった。LED 素子 2 と Al_2O_3 基板 32 とは熱膨張率が略同等であるので、ガラス封止加工温度でもこれらの熱膨張率差に起因する応力は生ぜず、良好なガラス封止 LED を具現化することができ、そのことによる歩留りの向上を図ることが可能になる。

10

【0061】

これに対し、Au パッド電極 31 を、p 側電極層上に部分的に形成することで発生熱応力が低く抑えられるとともに、LED 素子 2 と同等の熱膨張率の基板へ実装することで実装状態で生じる応力についても低く抑えられる。さらに ITO 電極はスパッタ膜形成されることで付着力が強く、応力による剥離が生じにくい。これによって安定に良好なガラス封止 LED を製造できる。

【0062】

なお、第 6 の実施の形態では、素子同等の熱膨張率を有するコンタクト層として ITO を用いた構成を説明したが、ITO に変えて Rh（熱膨張率： $8 \times 10^{-6} /$ ）を用いても良い。Rh を用いた場合には光反射層としても機能することから光取り出し性を向上させることができる。また、Au-Co 薄膜を設けて SiO_2 や SiN のパッシベーションで周囲を保護するようにしても良い。

20

【0063】

発明者らの実験では、LED 素子 2 の p 型 Ga N コンタクト層 25 全面に Rh 層、さらにその上全面にボンディングパッド用の Au 層を設けた従来構造の LED 素子 2 が基板実装されていない状態での 600 加熱処理自体では、電極剥離による異常は生じないことを確認している。しかし、LED 素子 2 をガラス含有 Al_2O_3 基板実装してガラス封止加工を行うと実装状態で生じる応力が加わることにより、安定に電極剥離が生じないものとするのが困難になる。p 型 Ga N コンタクト層 25 への付着力が小で、熱膨張率差の程度が大である場合には、ボンディングパッド用の Au 層は必要十分なサイズで部分的に設け、かつ、実装基板の熱膨張率を LED 素子 2 と同等にする必要がある。

30

【0064】

また、Au パッド電極 31 の材料を、Au に代えて Ag としても良い。これによって、パッド電極による光吸収を低減することができる。

【0065】

（第 7 の実施の形態）

（LED 素子 2 の構成）

図 10 は、第 7 の実施の形態に係る LED 素子を示す電極側平面図である。

40

【0066】

この LED 素子 2 は、 $1000 \mu m$ 角のラージサイズチップであり、n 型 Ga N クラッド層に設けられて複数の Au パッド電極 31 を有する n 側電極 26 と、ITO からなり複数の Au パッド電極 31 を有する p 型コンタクト電極層 30 とを有する。

【0067】

n 側電極 26 は、p-Ga N 層に対して電流拡散性を高めるために p 型コンタクト電極層 30 に櫛状に入り込んだ形状を有し、2 つの Au パッド電極 31 が設けられている。

【0068】

p 型コンタクト電極層 30 は、n 側電極 26 の設けられる部分を除いた領域であり、所定の間隔で 18 個の Au パッド電極 31 が設けられている。

50

【0069】

(第7の実施の形態の効果)

上記した第7の実施の形態によると、通常サイズのLED素子2に比べて熱応力の影響がより顕著となるラージサイズのLED素子2であっても、第6の実施の形態と同様にGaN系半導体層200からp型コンタクト電極層30が剥がれにくく、そのことによって発光領域に発光むらを生じることなく均一に発光させることができる。

【0070】

(第8の実施の形態)

(LED素子2の構成)

図11は、第8の実施の形態に係る発光装置を示し、(a)は実装されたLED素子の部分部分を切断した発光装置の部分断面図、(b)は回路パターンの形成状態を示すAl₂O₃基板の平面図である。 10

【0071】

この発光装置では、図11(a)に示すようにAl₂O₃基板32の表面に設けられる回路パターン4に無電解めっきによって厚さ15μmでNiの膜厚部4Aを一体的に形成したものである。なお、膜厚部4AのNi表面には図示しないAu層が厚さ0.5μmで形成されている。

【0072】

また、LED素子2は、Auスタッドパンプを省いているが、その他は第6の実施の形態で説明したものと同様であるので、重複する説明を省略する。 20

【0073】

(第8の実施の形態の効果)

上記した第8の実施の形態によると、Auスタッドパンプに代えて回路パターン4に無電解めっきによるNiの膜厚部4Aを一体的に形成するので、第6の実施の形態の好ましい効果に加えて接合部の一括形成が可能となり、特に、図11(b)に示すように多点接合を行う場合、Auスタッドパンプ形成工程を省くとともに素子搭載領域200Aへの位置決め、姿勢制御が容易となって発光装置1の量産性を向上させることができる。

【0074】

(第9の実施の形態)

(LED素子2の構成)

図12(a)および(b)は、第9の実施の形態に係るLED素子であり、(a)は縦断面図、(b)はLED素子の平面図、(c)は臨界角を示す説明図である。 30

【0075】

このフリップチップ型のLED素子1は、図12(a)に示すようにサファイア基板20と、GaN系半導体化合物によって形成されるn-GaN層201と、n-GaN層201上に積層される発光層202と、発光層202上に積層されるp-GaN層203と、p-GaN層203からn-GaN層201にかけてエッチングにより除去されたn-GaN層201に設けられるn側電極26と、p-GaN層203上に設けられてGaN系半導体化合物(n=2.4)より低屈折率(n=1.8)のITO(Indium Tin Oxide)204と、高反射率材料であるRhで形成されるp-Rh電極205とを有し、n-GaN層201、発光層202、およびp-GaN層203によってGaN系半導体層200を形成している。また、実装時にパンプボンディングするためのパッド電極のAu層は、p-Rh電極205のボンディング位置に部分的に形成される。 40

【0076】

図12において、サファイア基板20は、発光層202から放射される青色光の発光波長に対して光透過性を示す光透過部の機能を有する。ITO204とp-Rh電極205は、発光層202の実装面側に設けられ、かつ、LED素子2の端面部分が露出するように設けられた光反射部を構成しており、ITO204は、光透過性を有する導電性全反射層の機能を有する。

【0077】

III族窒化物系化合物半導体層の形成方法は、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、発光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（単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。

【0078】

図12(b)は、LED素子の平面図であり、D-D部は(a)に示す断面図の切断部である。LED素子2は、n側電極26の周囲をp-Rh電極205で包囲して形成されており、p-Rh電極205の形成領域において発光層202が発光する。

10

【0079】

図12(c)は、第9の実施の形態におけるGaN系半導体層200での青色光の挙動を示す図である。GaN系半導体層200の発光層202で生じた青色光のうち、サファイア基板20とGaN系半導体層200界面へこれらの屈折率差による臨界角以上の角度で入射する光は外部に放射されずにGaN系半導体層200に留まる光となり、層方向伝搬光となる。この層方向伝搬光は、ITO204とサファイア基板11との間、あるいは、p-Rh電極205とサファイア基板20との間で反射しながら伝搬するが、多くの光はITO204の存在によってp-Rh電極205まで達せず層方向伝搬する。

【0080】

(第9の実施の形態の効果)

20

第9の実施の形態によると、p-GaN層203とp-Rh電極205との間に素子同等の熱膨張率を有するITO204を設けたので、p-GaN層203とが剥がれにくい構成とできる。また、p-Rh電極205とのGaNとITOと屈折率比に基づいて定まる臨界角以上の角度でこの界面に入射する層方向伝搬光はGaNとITO界面で全反射するので、p-Rh電極205への到達せず、GaN系半導体層200から外部放射されずに層内に留まる層方向伝搬光のp-Rh電極205での反射時の金属吸収損失を防ぐことができ、そのことによって層方向伝搬光が短い距離で減衰することを防ぐことができる。

【0081】

なお、図12(a)では説明のため、GaN層を厚く描いているが、実際には数ミクロンの薄膜である。このため、層方向伝搬光の平均反射回数は多く、90%の高反射金属であっても、吸収影響が大きい、これにより吸収損失を大幅に減ずることができる。

30

【0082】

このことにより、サファイア基板20とITO204との間で反射する層方向伝搬光をLED素子2の側面から外部へ放射させることが可能になり、外部放射効率を高めることができる。

【0083】

なお、第9の実施の形態では、GaN系半導体層200とp-Rh電極205との間の低屈折率層として透明誘電体であるITO205を設けた構成を説明したが、他の低屈折率層として、例えば、InGaN($n=2.1$)、 In_2O_3 - SnO_2 , 90-10wt%, AZO($\text{ZnO}:\text{Al}$)-IZO(In_2O_3 - ZnO), 90-10wt%等の材料からなるものであっても良い。但し、全反射による層方向伝搬光を増すためには低屈折率材質を選択することが好ましい。

40

【0084】

また、ITOはRhよりGaNへの付着力が大であり、さらにITO形成表面は粗面となるので、ITOへのRhの付着力は大になる。

【0085】

このため、単にGaNへRh層を形成するものよりも、電極剥離は生じにくいものとなる。

【0086】

また、p-電極として用いる高反射率材料についてもRhに限定されず、例えば、Ag

50

等の材料を用いても良い。しかし、熱膨張率が大である材料の場合、薄膜を必要以上に厚くしないことが重要である。

【0087】

また、LED素子2のフリップチップ接合において実装面の反射率が高い場合には、上記した透明誘電体および高反射率材料の組み合わせによらずに高反射率材料を省いた構成としても良い。例えば、GaAs系の化合物半導体等では、高反射率材料を省くことのできる構成として、屈折率材料の多層膜からなるブラッグ反射膜を設けることも可能である。

【0088】

また、第9の実施の形態では、サファイア基板20上にGaN系半導体層200を成長させたLED素子2を説明したが、LED素子2についてはGaN基板を有するもの、GaN系半導体層200の成長後にサファイア基板20をリフトオフしたものであっても良い。このようにサファイア基板20をリフトオフしたものであっても、実質的には、サファイア基板20上に半導体を積層して形成されて、発光エリアに対応した層から放射される光をサファイア基板20側の光取り出し面から取り出す形態に含まれる。更に、GaN以外の半導体からなる他のLED素子2であっても良い。

【0089】

(第10の実施の形態)

(LED素子2の構成)

図13は、第10の実施の形態に係る発光装置のLED素子の部分を切断した部分断面図である。

【0090】

この発光装置では、第6の実施の形態で説明したLED素子2にAuスタッドパンプを設ける代わりに、無電解めっきによって厚さ15 μ mでNi層33を設けてAl₂O₃基板32の表面に設けられる回路パターン4上に実装したものである。なお、Ni層33のNi表面には図示しないAu層が厚さ0.5 μ mで形成されている。

【0091】

(第10の実施の形態の効果)

上記した第10の実施の形態によると、LED素子2側に無電解めっきによる膜厚状のNi層33を一体的に形成するので、n側電極26、p型コンタクト層30の形状に応じた膜厚部形状を容易に作り込むことができ、製造のパフォーマンスに優れる。また、回路パターン4とLED素子2との位置決めにおいて、高い位置精度が必要な素子側にNi層33を設けることで実装性が高められ、歩留まりの向上を図れる。

【0092】

(第11の実施の形態)

(LED素子2の構成)

図14は、第11の実施の形態に係るLED素子を示す電極側平面図である。

【0093】

このLED素子2では、素子中央にn側電極26を設け、その周囲のp-GaN層に応じてp型コンタクト電極層30を設けたものであり、p型コンタクト電極層30上には第9の実施の形態で説明したNi層33が設けられている。中央のn側電極26上についてもNi層33が設けられている。また、中央のn側電極26は、p-GaN層を素子対角方向にエッチングで除去することにより露出させたn-GaN層上に放射状に伸延されており、そのことによってp-GaN層に対する電流拡散性を高めている。

【0094】

(第11の実施の形態の効果)

上記した第11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、n側電極26を素子中央のn側電極26から放射状に設けることによる電流拡散性の向上を図ることができる。

【0095】

10

20

30

40

50

そして、無電解めっきによるNi層33は、形状寸法の自由度があるため、このような電極パターンとしても適当な箇所に適切な形状の実装用パッド電極を形成することができる。すなわち、n側電極パッドはLED素子2の中央部にとり、p側電極パッドは、実装状態の安定性を良くするためp型コンタクト電極層30上の4箇所へ、かつ、n側の放射状に伸延されたn側電極26と実装時に多少潰れても短絡することのないように小型のサイズとして形成されている。

【0096】

(第12の実施の形態)

(LED素子2の構成)

図15は、第12の実施の形態に係るLED素子を示す電極側平面図である。

10

【0097】

このLED素子2では、Ni層33を設けられたn側電極26と、このn側電極26を除くp型コンタクト電極層30に島状に四角形のNi層33を設けたものであり、Ni層33は、所定の間隔を有して複数がp型コンタクト電極層30上に設けられている。

【0098】

(第12の実施の形態の効果)

上記した第12の実施の形態によると、第10の実施の形態の好ましい効果に加えて、p型コンタクト電極層30の回路パターンに対する接合面積を大にすることができ、そのことによってLED素子2の通電性および放熱性の向上を図ることができる。その際、他の構成部材に対し、熱膨張率の大きいNi厚膜の実装パッド部は連続でなく島状であるため、高温時においても応力発生を低く抑えることができる。

20

【0099】

以上説明した固体素子デバイスは、固体素子としてLED素子2を用いた発光装置1であるが、発光装置1に限定されず、例えば、固体素子として受光素子を基板上に実装してガラス封止した固体素子デバイスであっても良い。また、封止材についても透明なものに限定されず、多少結晶化して白濁した無機材でも良い。更に、リフロー炉処理等の熱応力発生が問題になる温度に耐えるものであれば無機材に限定されず、樹脂材であっても良い。

【図面の簡単な説明】

【0100】

30

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る固体素子デバイスとしての発光装置の縦断面図である。

【図2】固体素子としてのLED素子の縦断面図である。

【図3】LED素子を電極形成面側より示し、(a)は底面図、(b)は図2のA-A部における断面図、(c)はp側多層電極の変形例である。

【図4】第2の実施の形態に係るLED素子の側面図である。

【図5】LED素子の光取り出し構造を示し、(a)は断面図、(b)は(a)のB方向から見た平面図である。

【図6】第3の実施の形態に係るLED素子であり、(a)はLED素子の側面図、(b)は(a)のB方向から見たLED素子の表面である。

40

【図7】第4の実施の形態に係るLED素子であり、(a)はLED素子の側面図、(b)は(a)のB方向から見たLED素子の表面である。

【図8】第5の実施の形態に係るLED素子の側面図である。

【図9】第6の実施の形態に係るLED素子を示し、(a)は電極形成面の平面図、(b)は実装されたLED素子に対し(a)のC-C部における断面図である。

【図10】第7の実施の形態に係るLED素子を示す電極側平面図である。

【図11】第8の実施の形態に係るLED素子を示し、(a)は実装されたLED素子の縦断面図、(b)は回路パターンの形成状態を示すAl₂O₃基板の平面図である。

【図12】(a)および(b)は、第9の実施の形態に係るLED素子であり、(a)は縦断面図、(b)はLED素子の平面図、(c)は臨界角を示す説明図である。

50

【図 1 3】第 1 0 の実施の形態に係る発光装置の L E D 素子の部分を切断した部分断面図である。

【図 1 4】第 1 1 の実施の形態に係る L E D 素子を示す電極側平面図である。

【図 1 5】第 1 2 の実施の形態に係る L E D 素子を示す電極側平面図である。

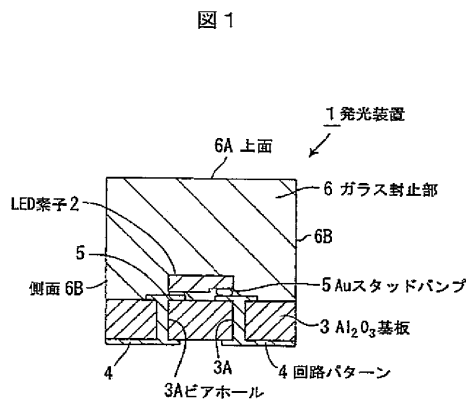
【符号の説明】

【 0 1 0 1 】

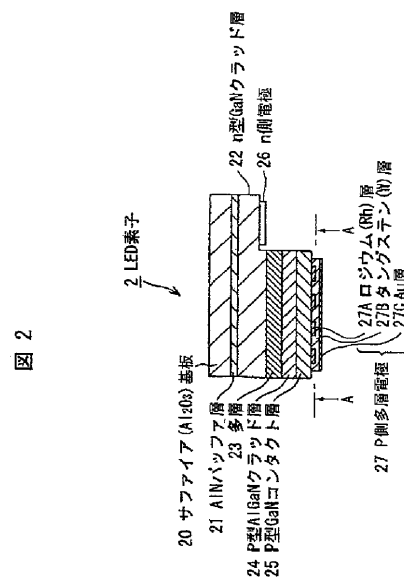
1 ... 発光装置、2 ... L E D 素子、3 A ... バンプ、3 A ... ピアホール、3 ... Al_2O_3 基板、4 ... 回路パターン、4 A ... 膜厚部、5 ... Au スタッドバンプ、6 ... ガラス封止部、6 A ... 上面、6 B ... 側面、2 0 ... サファイア基板、2 1 ... A l N パッファ層、2 2 ... n 型 A l G a N クラッド層、2 2 a ... 凸面部、2 2 a ... 溝、2 3 ... 発光する層を有する多層、2 4 ... p 型 A l G a N クラッド層、2 5 ... p 型 G a N コンタクト層、2 6 ... n 側電極、2 7 ... p 側多層電極、2 7 A ... ロジウム (R h) 層、2 7 B ... タングステン (W) 層、2 7 C ... A u 層、2 7 D ... A g 層、2 8 A ... 傾斜面、2 8 ... G a N 基板、2 9 A ... 凸面部、2 9 ... 熱硬化性樹脂層、3 0 ... p 型コンタクト電極層、3 1 ... A u パッド電極、3 2 ... Al_2O_3 基板、3 3 ... N i 層、2 0 0 ... G a N 系半導体層、2 0 1 ... n - G a N 層、2 0 2 ... 発光層、2 0 3 ... p - G a N 層、2 0 4 ... I T O、2 0 5 ... p - R h 電極

10

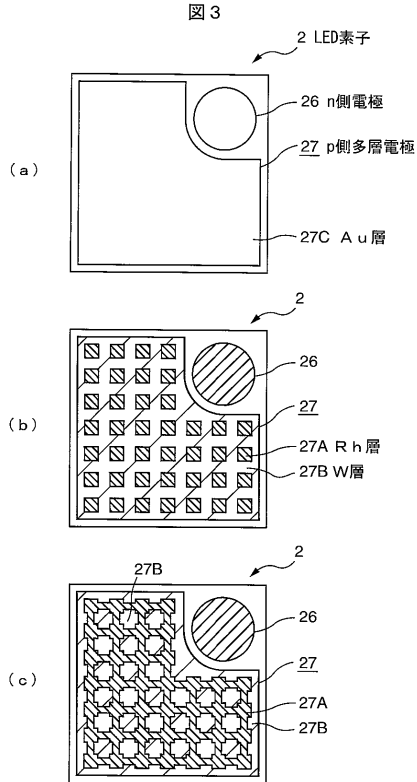
【 図 1 】



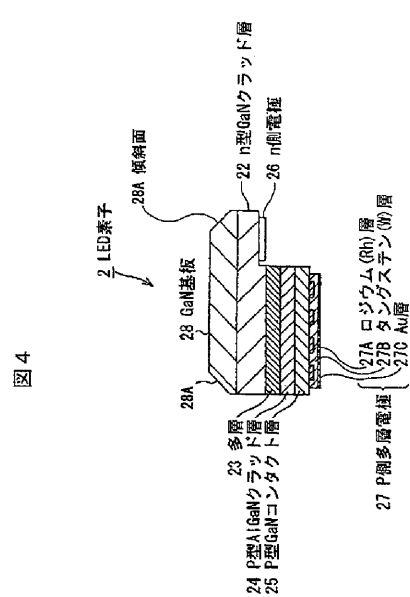
【 図 2 】



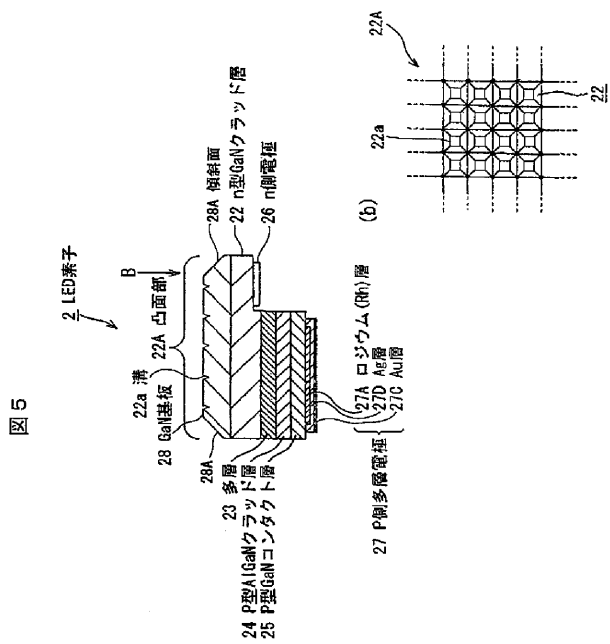
【図 3】



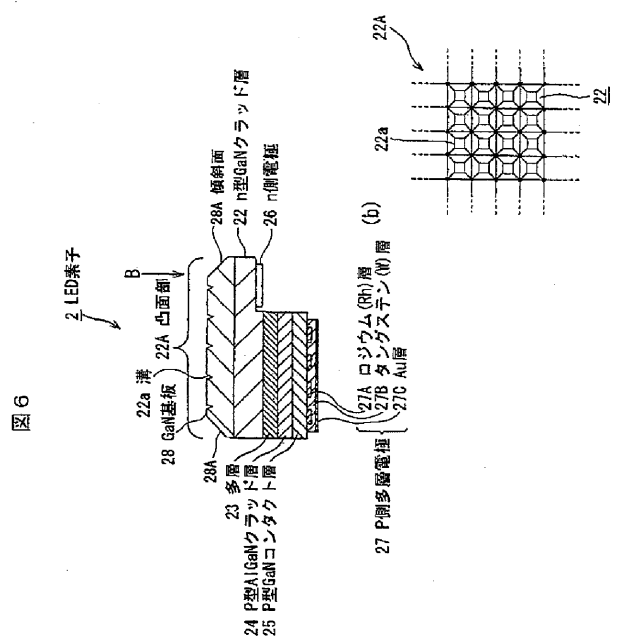
【図 4】



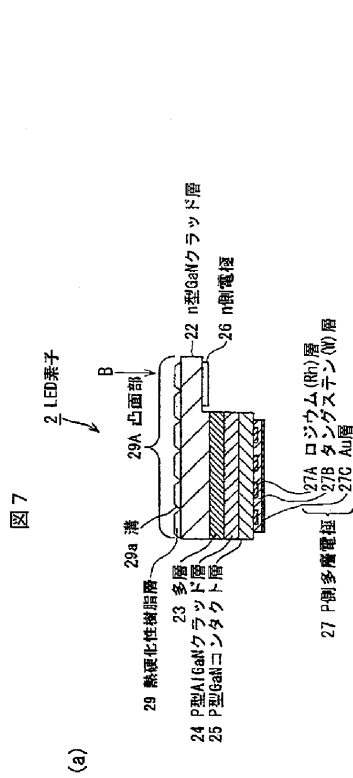
【図 5】



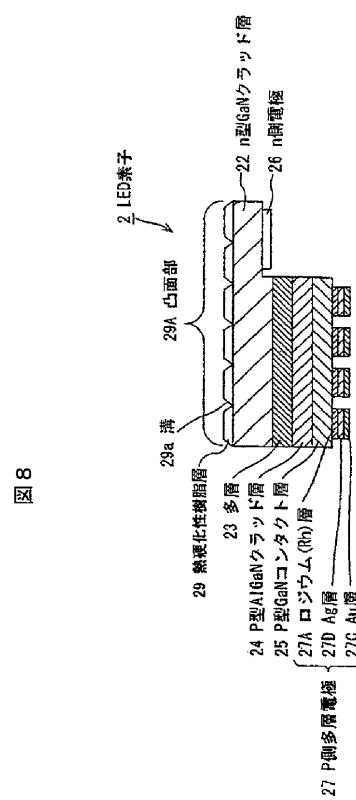
【図 6】



【図 7】

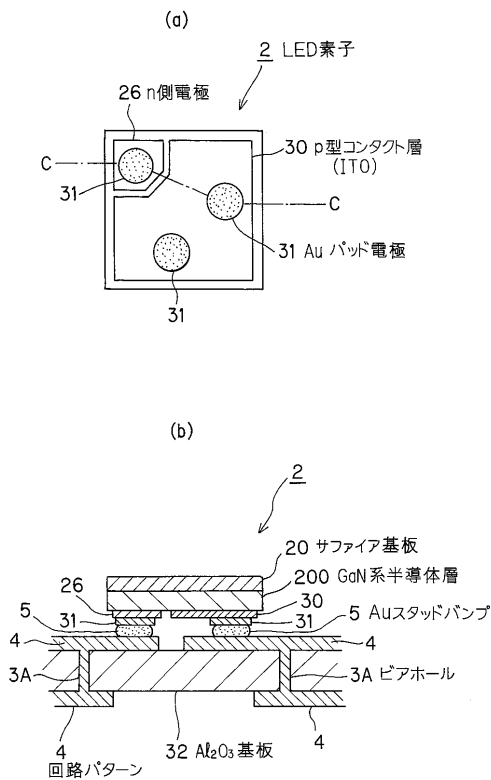


【図 8】



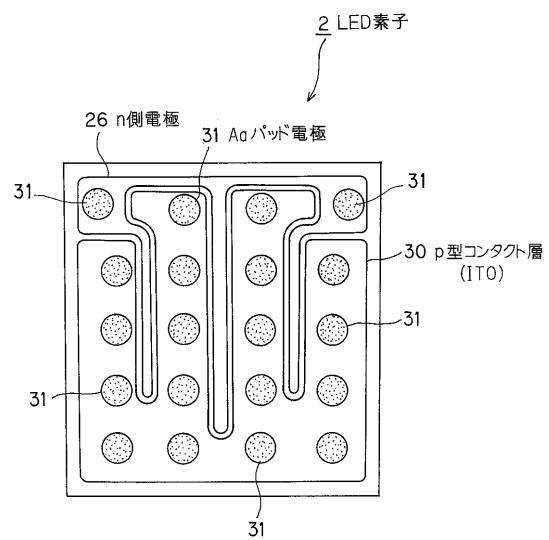
【図 9】

図 9



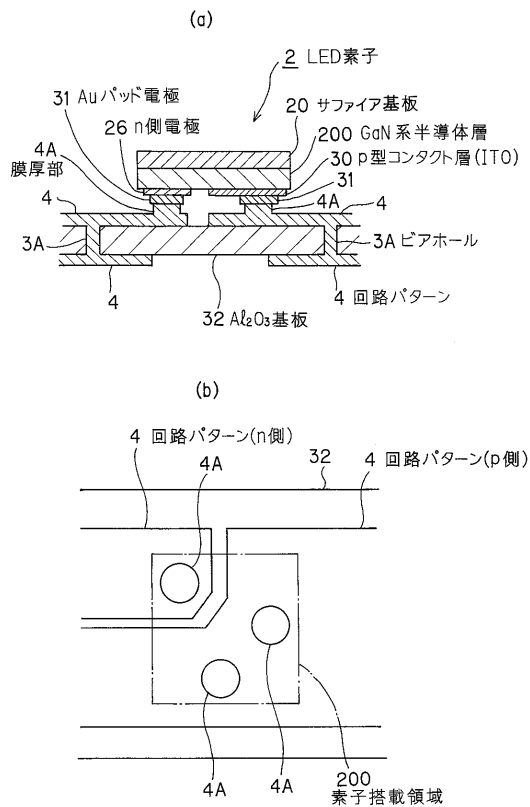
【図 10】

図 10



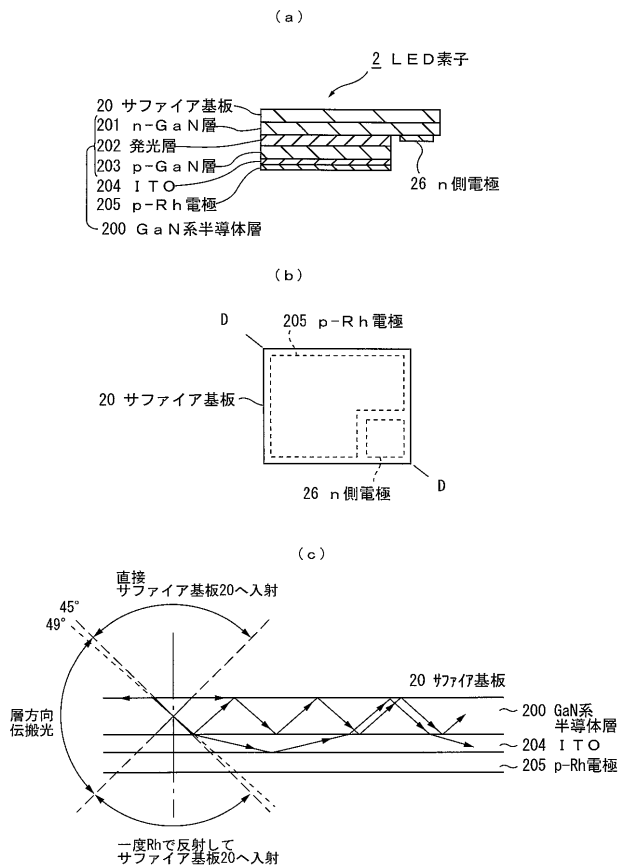
【図 1 1】

図11



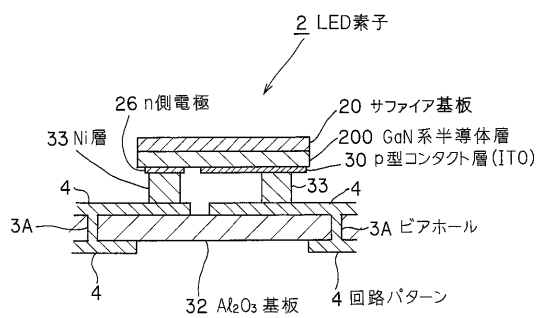
【図 1 2】

図12



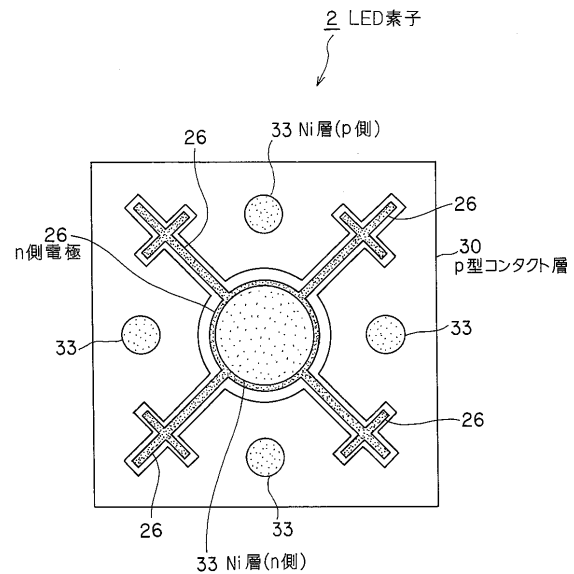
【図 1 3】

図13



【図 1 4】

図14



【図 15】

図15

