

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5693852号
(P5693852)

(45) 発行日 平成27年4月1日(2015.4.1)

(24) 登録日 平成27年2月13日(2015.2.13)

(51) Int.CI.

H01L 33/14 (2010.01)

F 1

H01L 33/00 150

請求項の数 10 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2009-552684 (P2009-552684)
 (86) (22) 出願日 平成20年2月19日 (2008.2.19)
 (65) 公表番号 特表2010-520640 (P2010-520640A)
 (43) 公表日 平成22年6月10日 (2010.6.10)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2008/002140
 (87) 國際公開番号 WO2008/112064
 (87) 國際公開日 平成20年9月18日 (2008.9.18)
 審査請求日 平成21年11月6日 (2009.11.6)
 審判番号 不服2013-17459 (P2013-17459/J1)
 審判請求日 平成25年9月10日 (2013.9.10)
 (31) 優先権主張番号 11/715,687
 (32) 優先日 平成19年3月8日 (2007.3.8)
 (33) 優先権主張國 米国(US)

(73) 特許権者 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
 7703 ダラム シリコン ドライブ
 4600
 (74) 代理人 110000855
 特許業務法人浅村特許事務所
 (72) 発明者 デイビッド トッド エマーソン
 アメリカ合衆国 27516 ノースカロ
 ライナ州 ダラム ニュー ライズ コー
 ト 5519

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】電流低減構造体を有する発光デバイス及び電流低減構造体を有する発光デバイスを形成する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

p型半導体層と、n型半導体層と、前記n型半導体層と前記p型半導体層との間の活性領域と、

前記p型半導体層の反対側の前記n型半導体層上のワイヤボンドパッドと、

前記n型半導体層中にあって前記ワイヤボンドパッドに直接接觸している導電率低減領域であって、前記p型半導体層の反対側の前記n型半導体層の表面から前記活性領域の方に延びているが、前記n型半導体層を貫通していない導電率低減領域と、

前記ワイヤボンドパッドに隣接し、それと電気的に接觸する前記n型半導体層上のオーム接觸と、

前記n型半導体層の反対側の前記p型半導体層の表面上の金属スタックとを備える発光デバイス。

【請求項 2】

前記金属スタックは、前記p型半導体層の直上のオーム層、及び前記オーム層上の反射層を含むことを特徴とする請求項1に記載の発光デバイス。

【請求項 3】

前記金属スタックは、前記反射層上に接着層を含むことを特徴とする請求項2に記載の発光デバイス。

【請求項 4】

前記導電率低減領域は第1の導電率低減領域を含み、前記発光デバイスは、前記p型半

導体層中にあって前記ワイヤボンドパッドと位置合わせされた第2の導電率低減領域をさらに含み、前記第2の導電率低減領域は前記n型半導体層の反対側の前記p型半導体層の表面から前記活性領域の方に延びていて、前記p型半導体層を貫通していないことを特徴とする請求項1に記載の発光デバイス。

【請求項5】

前記n型半導体層の反対側の前記p型半導体層の表面上に金属接触をさらに含み、前記金属接触が、前記ワイヤボンドパッドと位置合わせされる前記p型半導体層の前記表面の導電率低減区域以外の領域において前記p型半導体層へのオーム接触を形成することを特徴とする請求項1に記載の発光デバイス。

【請求項6】 10

前記導電率低減領域は、前記n型半導体層と前記ワイヤボンドパッドとの間の高固有接触抵抗率の領域に対応することを特徴とする請求項1に記載の発光デバイス。

【請求項7】

前記高固有接触抵抗率の領域は、前記n型半導体層のウェットエッチング又はドライエッチングされた領域を含むことを特徴とする請求項6に記載の発光デバイス。

【請求項8】

前記高固有接触抵抗率の領域は、高エネルギー plasma にさらされた前記n型半導体層の領域を含むことを特徴とする請求項6に記載の発光デバイス。

【請求項9】

前記高固有接触抵抗率の領域は、H₂にさらされた前記n型半導体層の領域を含むことを特徴とする請求項6に記載の発光デバイス。 20

【請求項10】

前記高固有接触抵抗率の領域は、高エネルギーレーザにさらされた前記n型半導体層の領域を含むことを特徴とする請求項6に記載の発光デバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願

本出願は、2004年6月30日に出願した米国特許出願第11/881,814号の一部継続出願であり、その開示はその全体が記載されているように参照により本明細書に組み込まれる。 30

【0002】

本発明は、半導体発光デバイス及びその製作方法に関する。

【背景技術】

【0003】

発光ダイオード(LED)又はレーザダイオードなどの半導体発光デバイスは、多くの用途で広く使用されている。当業者には周知のように、半導体発光デバイスは、その通電に際してコヒーレント及び/又はインコヒーレント光を放出するように構成される、1つ又は複数の半導体層を有する半導体発光要素を含む。当業者には周知のように、発光ダイオード又はレーザダイオードは、一般に、マイクロエレクトロニクス基板上にダイオード領域を含む。マイクロエレクトロニクス基板は、例えばガリウムヒ素、ガリウム燐、それらの合金、炭化ケイ素及び/又はサファイアとすることができます。LEDの絶え間ない発展は、可視スペクトル及びそれを超えるものをカバーすることができる非常に効率的で機械的に堅牢な光源をもたらしてきた。固体デバイスの潜在的に長い耐用寿命と結合されたこれらの特質は、様々な新しい表示用途を可能にすることができます、LEDを十分に確立された白熱灯及び蛍光灯と競争できる状況にすることができます。 40

【0004】

多くの開発の关心及び商業活動は、最近、炭化ケイ素内又はその上に製作されるLEDに注目してきたが、それは、これらのLEDが可視スペクトルの青色/緑色部分の放射を放出することができるからである。例えば、本出願の譲受人に譲渡され、その開示が本明 50

細書に完全に記載されているようにその全体が参照により本明細書に組み込まれる、Blue Light-Emitting Diode With High External Quantum Efficiencyという名称の E d m o n d らの特許文献 1 を参照されたい。さらに、炭化ケイ素基板上に窒化ガリウムベースのダイオード領域を含む L E D に高い関心が寄せられてきているが、それは、これらのデバイスが高効率で光を放出することもできるからである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 5】

【特許文献 1】米国特許第 5 , 4 1 6 , 3 4 2 号明細書

10

【特許文献 2】米国特許第 6 , 2 0 1 , 2 6 2 号明細書

【特許文献 3】米国特許第 6 , 1 8 7 , 6 0 6 号明細書

【特許文献 4】米国特許第 6 , 1 2 0 , 6 0 0 号明細書

【特許文献 5】米国特許第 5 , 9 1 2 , 4 7 7 号明細書

【特許文献 6】米国特許第 5 , 7 3 9 , 5 5 4 号明細書

【特許文献 7】米国特許第 5 , 6 3 1 , 1 9 0 号明細書

【特許文献 8】米国特許第 5 , 6 0 4 , 1 3 5 号明細書

【特許文献 9】米国特許第 5 , 5 2 3 , 5 8 9 号明細書

【特許文献 10】米国特許第 5 , 3 9 3 , 9 9 3 号明細書

【特許文献 11】米国特許第 5 , 3 3 8 , 9 4 4 号明細書

【特許文献 12】米国特許第 5 , 2 1 0 , 0 5 1 号明細書

20

【特許文献 13】米国特許第 5 , 0 2 7 , 1 6 8 号明細書

【特許文献 14】米国特許第 4 , 9 6 6 , 8 6 2 号明細書

【特許文献 15】米国特許第 4 , 9 1 8 , 4 9 7 号明細書

【特許文献 16】米国特許出願公開第 2 0 0 3 / 0 0 0 6 4 1 8 A 1 号明細書

【特許文献 17】米国特許出願公開第 2 0 0 2 / 0 1 2 3 1 6 4 A 1 号明細書

【特許文献 18】米国特許出願第 1 0 / 6 5 9 , 2 4 1 号明細書

【特許文献 19】米国特許出願公開第 2 0 0 3 / 0 0 1 5 7 2 1 号明細書

【特許文献 20】米国特許出願公開第 2 0 0 5 / 0 1 9 4 6 0 3 号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0 0 0 6】

従来の L E D の効率は、活性領域で発生される光のすべてを放出できるわけではないことによって制限されることがある。L E D が通電されると、活性領域から放出される光（すべての方向に）は、L E D を出ることを例えれば不透明なワイヤボンドパッドによって妨げられる可能性がある。典型的には、窒化ガリウムベースの L E D では、発光デバイスの断面の端から端までのキャリア注入の均一性を改善するために電流拡散接触層が設けられる。電流はボンドパッド及び p 型接触を通して L E D の p 側に注入される。デバイスの活性領域で発生される光は、キャリア注入に比例する。したがって、活性領域の端から端までの実質的に均一な光子放出は、実質的に透明な p 型接触層などの電流拡散層の使用によりもたらすことができる。しかしながら、ワイヤボンドパッドは、一般に透明な構造体ではなく、したがって、ワイヤボンドパッドに入射する L E D の活性領域から放出された光子はワイヤボンドパッドによって吸収される可能性がある。例えば、場合によっては、ワイヤボンドパッドに入射する光の約 7 0 % を吸収する可能性がある。そのような光子吸収は、L E D から漏れ出てくる光の量を低減させることがあり、L E D の効率を低下させる可能性がある。

40

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 7】

本発明のいくつかの実施形態による発光デバイスは、p 型半導体層、n 型半導体層、及び n 型半導体層と p 型半導体層との間の活性領域を含む。不透明なフィーチャ (f e a t u r e) が p 型半導体層上、又は p 型半導体層の反対側の n 型半導体層上にあり、導電率

50

低減領域が p 型半導体層中にあり、不透明なフィーチャと位置合わせされる。導電率低減領域は、n 型半導体層の反対側の p 型半導体層の表面から活性領域の方に延びる。不透明な領域は、ワイヤボンドパッド、保護領域、及び / 又は電流拡散フィンガ (current spreading finger) を含むことができる。

【 0 0 0 8 】

発光デバイスは、第 1 及び第 2 の対向表面を含む基板をさらに含むことができ、n 型半導体は基板の第 1 の表面上に存在することができ、ワイヤボンドパッドは n 型半導体層の反対側の基板の第 2 の表面上に存在することができる。

【 0 0 0 9 】

発光デバイスは、p 型半導体層の表面上に金属スタック (stack) をさらに含むことができる。金属スタックは、p 型半導体層の直上のオーミック層 (ohmic layer) と、オーミック層上の反射層と、反射層上の接着層 (bonding layer) とを含むことができる。発光デバイスは、反射層と接着層との間に障壁層をさらに含むことができる。

【 0 0 1 0 】

導電率低減領域は、p 型半導体層の表面から活性領域まで、又はその中に、又はそれを通って延びることができる。導電率低減領域は、p 型半導体層、活性領域を通って、n 型半導体層の中に又はそれを通って延びることができる。

【 0 0 1 1 】

ワイヤボンドパッドは、導電率低減領域に接することができ、発光デバイスは、ワイヤボンドパッドに隣接し、それと電気的に接触する n 型半導体層上のオーム接触 (ohmic contact) をさらに含むことができる。

【 0 0 1 2 】

活性領域は、III 族窒化物ベースの活性領域を含むことができる。導電率低減領域は、絶縁領域、及び / 又は不透明でない領域を含むことができる。実施形態によっては、導電率低減領域は打込み領域を含むことができる。導電率低減領域は、金属スタックと p 型半導体層との間のインターフェースの損傷の領域に対応することができる。損傷の領域は、p 型半導体層のウェットエッティング又はドライエッティングされた領域、高エネルギー プラズマにさらされた p 型半導体層の領域、H₂ にさらされた p 型半導体層の領域、及び / 又は高エネルギー レーザにさらされた p 型半導体層の領域を含むことができる。

【 0 0 1 3 】

本発明のさらなる実施形態による発光デバイスは、p 型半導体層、n 型半導体層、及び n 型半導体層と p 型半導体層との間の活性領域を含む。このデバイスは、p 型半導体層の反対側の n 型半導体層上の不透明なフィーチャ、及び n 型半導体層の反対側の p 型半導体層の表面上の金属接触を含む。金属接触が、不透明なフィーチャと位置合わせされる p 型半導体層の表面の導電率低減区域以外の領域において p 型半導体層へのオーム接触上に形成される。不透明な領域は、ワイヤボンドパッド、保護領域、及び / 又は電流拡散フィンガを含むことができる。

【 0 0 1 4 】

発光デバイスは、p 型半導体層中にあって不透明なフィーチャ及び導電率低減区域と位置合わせされる導電率低減領域をさらに含むことができ、導電率低減領域は p 型半導体層の表面から活性領域の方に延びることができる。

【 0 0 1 5 】

発光デバイスは、n 型半導体層中にあって不透明なフィーチャと位置合わせされる導電率低減領域、及び p 型半導体層の反対側の n 型半導体層の表面から活性領域の方に延びる導電率低減領域をさらに含むことができる。

【 0 0 1 6 】

発光デバイスは、p 型半導体層の表面上に非オーム接触をさらに含むことができる。非オーム接触は、p 型半導体層とオーム接触を形成しない金属、及び / 又は p 型半導体層の表面上の絶縁体を含むことができる。

10

20

30

40

50

【0017】

本発明のさらなる実施形態による発光デバイスは、p型半導体層、n型半導体層、及びn型半導体層とp型半導体層との間の活性領域を含む。このデバイスは、p型半導体層の反対側のn型半導体層上のワイヤボンドパッド、及びn型半導体層中にあってワイヤボンドパッドと位置合わせされた導電率低減領域をさらに含む。導電率低減領域は、p型半導体層の反対側のn型半導体層の表面から活性領域の方に延びる。発光デバイスは、ワイヤボンドパッドに隣接し、それと電気的に接触するn型半導体層上のオーム接触をさらに含む。

【0018】

発光デバイスは、n型半導体層の反対側のp型半導体層の表面上に金属スタックをさらに含むことができる。金属スタックは、p型半導体層の直上のオーム層と、オーム層上の反射層と、反射層上の接着層とを含むことができる。

10

【0019】

導電率低減領域は第1の導電率低減領域を含むことができ、発光デバイスは、p型半導体層中にあってワイヤボンドパッドに位置合わせされた第2の導電率低減領域をさらに含むことができる。第2導電率低減領域は、n型半導体層の反対側のp型半導体層の表面から活性領域の方に延びることができる。

【0020】

発光デバイスは、n型半導体層の反対側のp型半導体層の表面上に金属接触をさらに含むことができる。金属接触は、ワイヤボンドパッドに位置合わせされるp型半導体層の表面の導電率低減区域以外の領域においてp型半導体層へのオーム接触上に形成される。

20

【0021】

本発明のいくつかの実施形態による方法は、p型半導体層、n型半導体層、及びn型半導体層とp型半導体層との間の活性領域を形成するステップと、p型半導体層の反対側のn型半導体層上に不透明なフィーチャを形成するステップと、p型半導体層中にあって不透明なフィーチャと位置合わせされた導電率低減領域を形成するステップとを含む。導電率低減領域は、n型半導体層の反対側のp型半導体層の表面から活性領域の方に延びる。

【0022】

本発明のさらなる実施形態による発光デバイスを形成する方法は、p型半導体層、n型半導体層、及びn型半導体層とp型半導体層との間の活性領域を形成するステップと、p型半導体層の反対側のn型半導体層上にワイヤボンドパッドを形成するステップと、n型半導体層の反対側のp型半導体層の表面上に金属接触を形成するステップとを含む。金属接触は、ワイヤボンドパッドと位置合わせされたp型半導体層の表面の導電率低減区域以外の領域においてp型半導体層へのオーム接触上に形成される。

30

【0023】

本発明のさらなる実施形態による発光デバイスは、p型半導体層、n型半導体層、及びn型半導体層とp型半導体層との間の活性領域を含む。ボンドパッドは、n型半導体層の反対側のp型半導体層上にあり、導電率低減領域はp型半導体層中にあり、ボンドパッドと位置合わせされる。導電率低減領域は、n型半導体層の反対側のp型半導体層の表面から活性領域の方に延びる。

40

【0024】

発光デバイスは、ボンドパッドとp型半導体層との間の反射器、及び/又はp型半導体層上の電流拡散フィンガをさらに含むことができ、導電率低減領域は電流拡散フィンガとさらに位置合わせすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本発明のいくつかの実施形態による電流阻止構造を有する半導体発光デバイスを示す断面図である。

【図2A】本発明のいくつかの実施形態による半導体デバイスの製作を示す断面図である。

。

50

【図2B】本発明のいくつかの実施形態による半導体デバイスの製作を示す断面図である。

【図3】本発明のさらなる実施形態による発光デバイスの断面図である。

【図4A】本発明のさらなる実施形態による発光デバイスの断面図である。

【図4B】本発明のさらなる実施形態による発光デバイスの断面図である。

【図5】本発明のさらなる実施形態による発光デバイスの断面図である。

【図6A】本発明のさらなる実施形態による発光デバイスの断面図である。

【図6B】本発明のさらなる実施形態による発光デバイスの断面図である。

【図7A】本発明のさらなる実施形態による発光デバイスの断面図である。

【図7B】本発明のさらなる実施形態による発光デバイスの断面図である。

【図8】本発明のさらなる実施形態による発光デバイスの断面図である。

【図9A】本発明のさらなる実施形態による発光デバイスの断面図である。

【図9B】本発明のさらなる実施形態による発光デバイスの断面図である。

【図10】本発明のさらなる実施形態による発光デバイスの断面図である。

【図11A】本発明のさらなる実施形態による発光デバイスの断面図である。

【図11B】本発明のさらなる実施形態による発光デバイスの断面図である。

【図11C】本発明のさらなる実施形態による発光デバイスの断面図である。

【図12】本発明のいくつかの実施形態による発光デバイスの斜視図である。

【図13】本発明のいくつかの実施形態による発光デバイスの斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

次に、本発明の実施形態が示される添付図面を参照しながら、本発明がより完全に以下で説明される。しかし、本発明は、本明細書に記載された実施形態に限定されるように解釈されるべきでない。むしろ、これらの実施形態は、この開示が徹底的かつ完全となり、本発明の範囲を当業者に十分に伝えるために提供される。図において、層及び領域の厚さは明確にするために誇張されている。同様の数字は全体を通して同様の要素を参照する。本明細書で使用されるとき、「及び／又は」という用語は、関連する列挙された項目の1つ又は複数のあらゆる組合せを含む。

【0027】

本明細書で使用される用語は特定の実施形態を説明するためだけのものであり、本発明を限定するためのものではない。本明細書で使用されるとき、単数形の「1つの(a)」、「1つの(an)」、及び「その(the)」は、文脈が特に明確に示さない限り、複数形も含むものである。本明細書で使用されるとき、「備える、含む(comprise)」又は「備える、含む(comprising)」という用語は、明言されたフィーチャ、完全体(integer)、ステップ、動作、要素、及び／又は構成要素の存在を明示するが、1つ又は複数の他のフィーチャ、完全体、ステップ、動作、要素、構成要素、及び／又はそれらの群の存在又は付加を排除しないことがさらに理解されよう。

【0028】

層、領域、又は基板などの要素が別の要素「の上に(on)」ある、又は別の要素「の上に(onto)」延びていると言われる場合、要素は他の要素の直上にある、又は他の要素の直上に延びることができる、あるいは介在要素が存在することもできることが理解されよう。対照的に、要素が別の要素「の直上に(directly on)」ある、又は別の要素「の直上に(directly onto)」延びていると言われる場合、介在要素は存在しない。要素が別の要素に「接続される」又は「結合される」と言われる場合、それは他の要素に直接に接続される又は直接に結合されることが可能であり、あるいは介在要素が存在することができることがさらに理解されよう。対照的に、要素が別の要素に「直接に接続される」又は「直接に結合される」と言われる場合、介在要素は存在しない。同様の数字は全体を通して同様の要素を参照する。

【0029】

第1の、第2などの用語は、様々な要素、構成要素、領域、層、及び／又は区画を説

10

20

30

40

50

明するために本明細書で使用されることがあるが、これらの要素、構成要素、領域、層、及び／又は区画はこれらの用語によって限定されるべきでないことが理解されよう。これらの用語は、ある要素、構成要素、領域、層、又は区画を別の領域、層、又は区画と区別するためだけに使用される。したがって、以下で説明される第1の要素、構成要素、領域、層、又は区画は、本発明の教示から逸脱することなく第2の要素、構成要素、領域、層、又は区画と呼ぶことができる。

【0030】

さらに、「下方の（l o w e r）」又は「底部（b o t t o m）」及び「上方の（u p p e r）」又は「最上部（t o p）」などの相対語は図に示されるようにある要素の別の要素との関係を説明するために本明細書で使用することがある。相対語は、図に示された方位に加えてデバイスの様々な方位を包含するものであることが理解されよう。例えば、図中のデバイスが裏返される場合、他の要素の「下方の」側にあると説明された要素は他の要素の「上方の」側に向いていることになる。したがって、「下方の」という例示的な用語は、図の特定の方位に応じて「下方の」及び「上方の」両方の方位を包含することができる。同様に、図の1つの中のデバイスが裏返される場合、他の要素の「下方に（b e l o w）」又は「真下に（b e b e a t h）」と説明された要素は他の要素の「上方に（a b o v e）」に向いていることになる。したがって、「下方に」又は「真下に」という例示的な用語は、上方に及び下方に、の両方の方位を包含することができる。

10

【0031】

本発明の実施形態は、本発明の理想化された実施形態の概略図である断面図を参照しながら本明細書で説明される。そのため、例えば製造技法及び／又は許容範囲の結果として図の形状からの変化が予想され得る。したがって、本発明の実施形態は本明細書に示した領域の特定の形状に限定されるものと解釈されるべきでなく、例えば製造に起因する形状の偏差を含むものである。例えば、長方形として図示及び説明されるエッチングされた領域は一般に丸くなったり又は湾曲したフィーチャを有することになる。したがって、図に示された領域は事実上概略であり、それらの形状はデバイスの領域の正確な形状を示すものではなく、本発明の範囲を限定するものではない。

20

【0032】

特に定義されない限り、本明細書で使用されるすべての用語（技術用語及び科学用語を含む）は、本発明が属する当業者によって共通して理解されるものと同じ意味を有する。一般に使用される辞書に定義されているような用語は、本明細書及び関連技術分野との関連におけるそれらの意味と一致する意味を有すると解釈されるべきであり、特に本明細書でそのように定義されない限り理想化された又は過度に形式的な意味に解釈されないことがさらに理解されよう。

30

【0033】

別のフィーチャに「隣接して」配置された構造体又はフィーチャへの言及では、隣接するフィーチャに重なるか又はその下にある部分を有することができることも当業者には理解されよう。

【0034】

本明細書で開示されるL E Dの様々な実施形態は基板を含んでいるが、L E Dを含むエピタキシャル層が成長される結晶エピタキシャル成長基板は取り除くことができ、支えのないエピタキシャル層は、オリジナルの基板よりも良好な熱的、電気的、構造的、及び／又は光学的特性を有することができる代替の支持基板又はサブマウントに取り付けることができる。本明細書で説明される本発明は、結晶エピタキシャル成長基板を有する構造体に限定されず、エピタキシャル層がオリジナルの成長基板から取り除かれ、代替の支持基板に接合された構造体に関連して利用することができる。

40

【0035】

本発明のいくつかの実施形態によれば、ワイヤボンドパッド又は他の不透明な構造体の真下の領域にあるデバイスの活性領域の電流フローを低減及び／又は阻止することによって発光デバイスの有効性の改善を可能にすることができる。したがって、本発明のいくつ

50

かの実施形態は、ワイヤボンドパッドの下に電流阻止機構を有する発光デバイス、及びその発光デバイスを製作する方法を提供することができる。ワイヤボンドパッドの直下に注入される電流を低減及び／又は阻止することによって、ワイヤボンドパッドの下ではないデバイスの区域で電流は光子放出に変換されやすくなることができる。したがって、光がワイヤボンドパッドによって吸収される可能性を低減することができる。本発明のいくつかの実施形態では、本発明のいくつかの実施形態による発光デバイスの効率の増大は、ワイヤボンドパッドのサイズに比例する可能性がある。

【0036】

本発明の実施形態は、特に、III族窒化物ベースのデバイスなどの窒化物ベースの発光デバイスでの使用に十分に適することができる。本明細書で使用されるとき、「III族窒化物」という用語は、窒素と、周期律表のIII族の元素、通常、アルミニウム(A1)、ガリウム(Ga)、及び／又はインジウム(Indium)との間で形成される半導体化合物を指す。この用語は、さらにAl_xG_{1-x}N及びAl_{1-x}In_xGaNなどの三元化合物及び四元化合物を指す。当業者にはよく理解されているように、III族元素は窒素と結合して、二元(例えばGaN)化合物、三元(例えばAlGaN、AlInN)化合物、及び四元(例えばAlInGaN)化合物を形成することができる。これらの化合物はすべて、1モルの窒素が、全部で1モルのIII族元素と結合する実験式を有する。したがって、0_x1としてAl_xG_{1-x}Nのような式がこれらの化合物を記述するためにしばしば使用される。しかし、本発明の実施形態が窒化ガリウムベースの発光デバイスなどのIII族窒化物ベースの発光デバイスを参照しながら本明細書で説明されるが、一方、本発明のいくつかの実施形態は、例えばGaAs及び／又はGaPベースのデバイスなどの他の半導体発光デバイスでの使用に好適であることがある。

【0037】

本発明のいくつかの実施形態による発光デバイスは、ケイ素、炭化ケイ素、窒化ガリウム、及び／又は他の半導体材料を含むことができる1つ又は複数の半導体層と、サファイア、ケイ素、炭化ケイ素、及び／又は他のマイクロエレクトロニクス基板を含むことができる基板と、金属及び／又は他の導電層を含むことができる1つ又は複数の接触層とを含む発光ダイオード、レーザダイオード、及び／又は他の半導体デバイスを含むことができる。いくつかの実施形態では、紫外線、青色、及び／又は緑色LEDを提供することができる。半導体発光デバイスの設計及び製作は当業者には周知であり、本明細書で詳細に説明する必要はない。

【0038】

例えば、本発明のいくつかの実施形態による発光デバイスは、ノースカロライナ州ダーラムのCree, Inc.によって製造及び販売されているデバイスなどの炭化ケイ素基板上に製作された窒化ガリウムベースのLED及び／又はレーザ構造体などの構造体を含むことができる。本発明は、その開示が本明細書に完全に記載されているように参照により本明細書に組み込まれる、特許文献2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、及び／又は15に記載されているような活性領域を備えるLED及び／又はレーザ構造体で使用するのに好適であろう。他の好適なLED及び／又はレーザ構造体は、2003年1月9日に公開されたGroup III Nitride Based Light Emitting Diode Structures With a Quantum Well and Superlattice, Group III Nitride Based Quantum Well Structures and Group III Nitride Based Superlattice Structuresという名称の特許文献16ならびにLight Emitting Diodes Including Modifications for Light Extraction and Manufacturing Methods Thereforという名称の特許文献17に記載されている。さらに、完全に記載されているように参照により本明細書にその開示が組み込まれる、2003年9月9日に出願された、Phosphor-Coated Light Emitting Diodes Including Tapered Sidewalls and Fabrication Methods Thereforという名称の特許文献18に記載のものなどの蛍光体被覆LEDは、さらに、本発明の実施形態で使用するのに好適であろう。LED及び／又はレーザは光放射が基板を通して行われるように作動するように構成することができる。そのような実施形態では、例えば上述の特許文献17に記

10

20

30

40

50

載されているように、基板はデバイスの光出力を増強するようにパターン化することができる。これらの構造体を本明細書で説明するように変更して、本発明のいくつかの実施形態による阻止構造体を設けることができる。

【0039】

したがって、例えば、本発明の実施形態は、異なる形状又はサイズのボンドパッドを有する発光デバイスで利用することができる。発光デバイスは、III族窒化物デバイスを提供するために炭化ケイ素、サファイア、窒化ガリウム、ケイ素、又は他の好適な基板などの異なる基板上に存在することができる。発光デバイスは、後続のシンギュレーション (singulation) 及び好適な支持体上への取付けに好適であろう。発光デバイスは、例えば、単一量子井戸、多重量子井戸、及び/又はバルク活性領域デバイスを含むことができる。本発明のいくつかの実施形態は、デバイスのp側のトンネリング接触を利用するデバイスで使用することができる。

【0040】

図1は、本発明のいくつかの実施形態による発光デバイスの断面概略図である。図1で分かるように、n型炭化ケイ素基板などの基板10は、その上に設けられた窒化ガリウムベースの層などのオプションのn型半導体層12を有する。n型半導体層12は、複数の層、例えば緩衝層などを含むことができる。本発明のいくつかの実施形態では、n型半導体層12は、均一組成又は傾斜組成とすることができるAlGaN層、及び/又はGaN層として設けられる。n型半導体層12は、例えば、ケイ素、ゲルマニウム、及び/又はテルルでドープすることができる。

【0041】

炭化ケイ素基板を参照しながら本明細書で説明されるが、本発明のいくつかの実施形態では、他の基板材料を利用することができる。例えば、サファイア基板、GaN、又は他の基板材料を利用することができる。そのような場合、接触20は、例えば、デバイスに第2の接触を設けるようにn型半導体層12に接触する凹部に配置することができる。他の構成も利用することができる。

【0042】

シングルヘテロ構造もしくはダブルヘテロ構造、量子井戸、多重量子井戸、又は他のそのような活性領域などの活性領域14は、n型半導体層上に設けることができる。本明細書で使用されるとき、「活性領域」という用語は、作動時にデバイスによって放出される光子の実質的な部分がキャリア再結合によって発生される1つ又は複数の層及び/又はそれの一部とすることができる発光デバイスの半導体材料の領域を指す。本発明のいくつかの実施形態では、活性領域は、デバイスによって放出される光子の実質的にすべてがキャリア再結合によって発生される領域を指す。

【0043】

さらに、オプションのp型半導体層16が図1に示される。p型半導体材料層16は、例えば、GaN層などの窒化ガリウムベースの層とすることができます。本発明の特定の実施形態では、p型半導体層16はマグネシウムドープGaNを含む。p型半導体層16は、1つ又は複数の層を含むことができ、均一組成又は傾斜組成とすることができる。本発明のいくつかの実施形態では、p型半導体層16は活性領域14の一部である。

【0044】

p型半導体材料層16にオーム接触を与える接触金属の第1の接触金属層18も設けられる。いくつかの実施形態では、第1の接触金属層18は、電流拡散層として機能することができる。p型半導体材料層16がGaNである本発明の特定の実施形態では、第1の接触金属層18は、p型GaNにオーム接触を形成することができるPt、インジウムスズ酸化物(ITO)、又は別の透明材料を含むことができる。本発明のいくつかの実施形態では、第1の接触金属層18は光透過性であり、いくつかの実施形態では実質的に透明である。実施形態によっては、第1の接触金属層18はPtの比較的薄い層とすることができる。例えば、第1の接触金属層18は、約15厚のPtの層とすることができる。オプションの反射層23は、第1の金属接触層18上に設けることができる。ワイヤボン

10

20

30

40

50

ドパッド 2 2 又は他の光吸收（そうでなければ不透明な）フィーチャは、第 1 の接触金属層 1 8 上に設けられる。図 1 に示された実施形態では、ワイヤボンドパッド 2 2 は反射層 2 3 上に設けられ、その結果、反射層 2 3 はワイヤボンドパッド 2 2 と p 型半導体材料層 1 6 との間にある。実施形態によっては、電流拡散フィンガ 1 5 4 A（図 1 3）が第 1 の接触金属層 1 8 上にあってもよい。

【 0 0 4 5 】

n 型半導体材料に対してオーム接觸を与える接觸金属の第 2 の接觸金属層 2 0 も設けられる。第 2 の接觸金属層 2 0 は活性領域 1 4 の反対側の基板 1 0 の側に設けることができる。上述のように、本発明のいくつかの実施形態では、第 2 の接觸金属層は、n 型半導体材料層 1 2 の一部に、例えば活性領域を含むリセスに又はメサの基部に設けることができる。さらに、本発明のいくつかの実施形態では、オプションの裏面打込み又は追加のエピタキシャル層を、基板 1 0 と第 2 の接觸金属層 2 0 との間に設けることができる。

10

【 0 0 4 6 】

図 1 にさらに示されるように、導電率低減領域 3 0 は、活性領域 1 4 に設けられる。導電率低減領域 3 0 は、デバイスの光吸收及び／又は不透明なフィーチャ及び／又は領域の真下に位置付けることができる。例えば、図 1 に示されるように、導電率低減領域 3 0 は、ワイヤボンドパッド 2 2 の真下に位置付けることができる。導電率低減領域 3 0 は、チップの縁部に沿った保護領域、チップの表面上の電流拡散フィンガ、又はチップによって放出された光を吸収する傾向があるチップの他のフィーチャもしくは区域などのチップの他のフィーチャの真下に位置付けることもできる。

20

【 0 0 4 7 】

本発明のいくつかの実施形態では、導電率低減領域 3 0 は、活性領域 1 4 を通って延びる。本明細書で使用されるとき、導電率低減とは、活性領域の他の部分と比較して電流フローが低減している領域を指す。特定の実施形態では、その低減は少なくとも 1 枝であり、実施形態によっては、電流フローの実質的にすべてが導電率低減領域で阻止される。

【 0 0 4 8 】

上記のように、本発明のいくつかの実施形態では、導電率低減領域 3 0 は、活性領域 1 4 を通って延びる。本発明のさらなる実施形態では、導電率低減領域 3 0 は、第 1 の接觸金属層 1 8 から活性領域 1 4 まで延びる。実施形態によっては、導電率低減領域は、第 1 の接觸層 1 8 から活性領域 1 4 中に延びる。実施形態によっては、導電率低減領域は、第 1 の接觸層 1 8 から活性領域 1 4 を通って延びる。導電率低減領域 3 0 は、第 1 の接觸金属層 1 8 上のワイヤボンドパッド 2 2 の区域と実質的に同じ形状及び／又は区域を有することができる。本発明のある実施形態では、導電率低減領域 3 0 は、ワイヤボンドパッド 2 2 よりもわずかに大きい区域を有するが、本発明の他の実施形態では、導電率低減領域 3 0 は、ワイヤボンドパッド 2 2 よりもわずかに小さい区域を有する。本発明のいくつかの実施形態では、導電率低減領域 3 0 は光を吸収しないか、又は比較的少量の光しか吸収しない。本発明のいくつかの実施形態では、導電率低減領域 3 0 は絶縁領域である。

30

【 0 0 4 9 】

導電率低減領域 3 0 は、ワイヤボンドパッド 2 2 の真下の区域の活性領域 1 4 を通る電流フローを低減及び／又は阻止することができ、その結果、キャリアは導電率低減領域 3 0 以外の区域に注入される傾向がある。したがって、導電率低減領域 3 0 が存在すると、この領域のキャリア再結合による光発生を低減及び／又は阻止することができる。特定の動作理論によって束縛されないが、ワイヤボンドパッド 2 2 の真下の活性領域の部分で発生した光子がワイヤボンドパッド 2 2 によって吸収される可能性は、光子がワイヤボンドパッド 2 2 の真下でない活性領域の部分で発生した場合よりも高いことがあるため、こうしたことが起こり得る。ワイヤボンドパッド 2 2 の真下の活性領域で発生する光を低減及び／又は除去することによって、発光デバイスによって発生された光のうちのワイヤボンドパッド 2 2 によって吸収される部分を低減することができる。所与の一組の作動条件では、ワイヤボンドパッド 2 2 によって吸収される光の量を低減すると、光がワイヤボンドパッド 2 2 の真下の領域で発生するのと同じ条件下で作動するデバイスと比較して、発光

40

50

デバイスからの光抽出を増大させることができる。したがって、本発明のいくつかの実施形態では、ワイヤボンドパッド 2 2 の真下の区域の活性領域 1 4 中に延びる、及び実施形態によっては活性領域 1 4 を通って延びる導電率低減領域 3 0 が設けられる。これは、キャリアが拡散し、ワイヤボンドパッド 2 2 の真下の活性領域 1 4 に注入され、それによってワイヤボンドパッド 2 2 の真下の区域での光子発生がもたらされる可能性を低減することができる。

【 0 0 5 0 】

図 2 A 及び図 2 B は、図 1 に示したような導電率低減領域を有する発光デバイスを形成するための本発明のいくつかの実施形態による工程を示す。図 2 A で分かるように、発光デバイスの様々な層 / 領域が製作される。発光デバイスの製作の特定の工程は製作されるべき構造体によって決まることになり、上述で参照により組み込まれた米国特許及び / 又は米国特許出願に記載されており、当業者には周知であり、したがって、本明細書で繰り返す必要はない。図 2 A は、ワイヤボンドパッド 2 2 が形成されるべきである領域に対応する窓 4 2 を有するマスク 4 0 の形成も示している。

10

【 0 0 5 1 】

マスク 4 0 を使用して打込みが行われ、ワイヤボンドパッド 2 2 の領域の活性領域 1 4 中に原子を打ち込み、図 2 B に示されるような導電率低減領域 3 0 が形成される。そのような打込みは、例えば窒素打込みとすることができます。例えば、窒化ガリウムベースのデバイスでは、 60 keV 、 $2 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3} \text{ N}_2$ の打込み条件により、Mg ドープ GaN に非吸収の絶縁領域を生成することができる。特定の打込みエネルギー及び / 又は原子は、導電率低減領域 3 0 が形成される構造体に依存する場合がある。

20

【 0 0 5 2 】

図 2 B で分かるように、打込みの後、ワイヤボンドパッド 2 2 は、窓 4 2 中に形成することができる。実施形態によっては、反射層 2 3 を、ワイヤボンドパッド 2 2 の形成の前に窓 4 2 中に形成することができる。したがって、本発明のいくつかの実施形態では、ワイヤボンドパッド 2 2 (及び恐らく反射層 2 3) 及び導電率低減領域 3 0 は、自己整列することができる。例えば、ワイヤボンドパッド 2 2 を設けるために金属の 1 つ又は複数の層を形成し、次にその層を平坦化することによってワイヤボンドパッド 2 2 を形成することができる。マスク 4 0 は、その後、除去することができる。任意選択で、マスク 4 0 は、SiO₂ 及び / 又は AlN などの絶縁材料で製作することができ、例えば保護層としてデバイス上に残すか又は除去することができる。

30

【 0 0 5 3 】

図 3 は、本発明のさらなる実施形態による発光デバイスを示す。図 3 において、第 1 の接触金属層 1 8 は、p 型半導体材料層 1 6 にオーム接触を与える p 型半導体材料層 1 6 に接する第 1 の部分 5 5 と、p 型半導体材料層 1 6 にオーム接触を形成しない p 型半導体材料層 1 6 に接する第 2 の部分 5 7 とを含む。本明細書で使用されるとき、「オーム接触」という用語は、約 $10 \text{ e}^{-03} \text{ - cm}^2$ 未満、場合によっては約 $10 \text{ e}^{-04} \text{ - cm}^2$ 未満の固有接触抵抗率を有する接触を指す。したがって、整流性であるか、又は高い固有接触抵抗率、例えば約 $10 \text{ e}^{-03} \text{ - cm}^2$ よりも大きい固有接触抵抗率を有する接触は、本明細書で使用される用語としてのオーム接触ではない。

40

【 0 0 5 4 】

第 2 の部分 5 7 は、ワイヤボンドパッド 2 2 の場所に対応する。オーム接触を形成しないことによって、部分 5 7 の p 型半導体材料層 1 6 への電流注入は低下及び / 又は阻止することができる。オーム接触を形成しない部分 5 7 は、ワイヤボンドパッド 2 2 の真下の領域 5 0 の p 型半導体層 1 6 及び / 又は第 1 の接触金属層 1 8 を損傷することによって設けることができる。

【 0 0 5 5 】

例えば、窒化ガリウムベースのデバイスでは、接触金属と p 型半導体材料との間のインターフェースの品質は、得られるオーム接触の品質を決定することができる。したがって、例えば、第 1 の接触金属層 1 8 を形成する前に p 型導電率を低下させるために、領域 5

50

0 の p 型半導体材料層 1 6 を、 Ar などの高エネルギー プラズマにさらすことができる。また、第 1 の接触金属層 1 8 を形成した後に金属 / GaN インターフェースを損傷するために、領域 5 0 の p 型半導体材料層 1 6 及び第 1 の接触金属層 1 8 を、高エネルギー プラズマにさらすことができる。第 1 の接触金属層 1 8 を形成する前に、 p 型半導体材料層 1 6 の他の領域を保護しながら、領域 5 0 の p 型半導体材料層 1 6 を H₂ にさらすことができる。領域 5 0 の p 型半導体材料層 1 6 は、第 1 の接触金属層 1 8 を形成する前に、 p 型半導体材料層 1 6 の他の領域を保護しながらウェットエッチング又はドライエッチングを行うことができる。さらに、第 1 の接触金属層 1 8 を形成する前に、 p 型半導体材料層 1 6 の他の領域を保護しながら、領域 5 0 の p 型半導体材料層 1 6 を高エネルギー レーザにさらすことができる。

10

【 0 0 5 6 】

p 型半導体材料層 1 6 及び / 又は金属層 1 8 のそのような選択的損傷は、例えば、図 2 A 及び図 2 B を参照しながら上述したようなマスクを使用することによって及び / 又はレーザを制御することによって行うことができる。利用される特定の条件は、利用される手順ならびに p 型半導体材料層 1 6 及び / 又は第 1 の金属接触層 1 8 の組成に応じて変わることができる。

【 0 0 5 7 】

図 4 は、本発明のさらなる実施形態による発光デバイスを示す。図 4 A において、ショットキー接触 6 0 が p 型半導体材料層 1 6 上に設けられ、第 1 の接触金属層 1 8 ' は p 型半導体材料層 1 6 及びショットキー接触 6 0 上に形成される。ワイヤボンドパッド 2 2 は、ショットキー接触 6 0 上の第 1 の接触金属層 1 8 ' の部分に設けられる。ショットキー接触 6 0 を形成することによって、第 1 の接触金属層 1 8 ' から p 型半導体材料層 1 6 への電流注入は、ショットキー接触 6 0 の領域において低下及び / 又は阻止することができる。

20

【 0 0 5 8 】

代替として、図 4 B に示されるように、整流接合をワイヤボンドパッド 2 2 の下の領域に設けることができる。整流接合は、例えば、ワイヤボンドパッド 2 2 の真下の領域 7 0 を n 型半導体材料に変換するように n 型イオンを p 型半導体材料層 1 6 に打ち込むことによって設けることができる。そのような打込みは、例えば、図 2 A 及び図 2 B を参照しながら上述したようなマスクを使用して行うことができる。代替として、 n 型材料の領域を、ショットキー接触 6 0 が図 4 A に示されている場所に形成することができ、第 1 の接触金属層 1 8 ' は n 型半導体材料の領域及び p 型半導体材料層 1 6 上に形成することができる。

30

【 0 0 5 9 】

図 5 を参照すると、本発明のいくつかの実施形態は、 n 型半導体層 1 1 2 、活性領域 1 1 4 、及び p 型半導体層 1 1 6 が形成される基板 1 1 0 を含む発光デバイス 1 0 0 A を提供する。半導体基板 1 1 0 は、例えば導電性炭化ケイ素基板を含むことができ、 n 型半導体層 1 1 2 、活性領域 1 1 4 、及び p 型半導体層 1 1 6 は III 族窒化物ベースの半導体層を含むことができる。発光デバイス 1 0 0 A は、 p 型半導体層 1 1 6 中に導電率低減領域 1 3 0 をさらに含む。図 5 で分かるように、基板 1 1 0 は、活性領域 1 1 4 で発生した光がデバイス 1 0 0 A の側壁にぶつかる角度を変化させることによってデバイス 1 0 0 A からの光抽出の効率を向上することができる整形された側壁 1 1 1 を含むことができる。図 5 に示された構造体において、導電率低減領域 1 3 0 は、約 5 0 μm から 4 0 0 μm のボンドパッド 1 2 2 からの距離 D 1 に配置することができる。導電率低減領域 1 3 0 は、 p 型半導体層 1 1 6 へのイオンの打込みを含む上述の方法のいずれかを使用して形成することができる。

40

【 0 0 6 0 】

発光デバイス 1 0 0 A は、下にある支持体上に搭載されたいわゆる「フリップチップ」に好適であろう。特に、半導体構造体は、サブマウント、ボンドパッド、又は他の表面に、 p 型半導体層 1 1 6 を下向きにし、基板 1 1 0 を上向きにして取り付けることができる

50

。支持体に発光デバイス 100A を接合しやすくするために、p 接触金属スタック 118 が p 型半導体層 116 の露出した表面に形成される。光電デバイスの搭載するフリップチップ用の適切な金属スタックは、例えば、その開示が参照により本明細書に組み込まれる「Light Emitting Diodes Including Modifications For Submount Bonding And Manufacturing Methods Therefor」という名称の特許文献 19 に開示されている。特に、p 接触金属スタック 118 は、p 型半導体層 116 とオーム接触を作る白金などの金属のオーミック層 118A を含むことができる。金属スタック 118 は反射層 118B、バリア層 118C、及び / 又は接着層 118D をさらに含む。

【0061】

接着層 118D は、金及び / 又はスズを含むことができ、デバイス 100A のサブマウントへのサーモソニック接合及び / 又は熱圧着接合をしやすくするために設けることができる。反射層 118B は銀又はアルミニウムなどの反射金属を含むことができ、光をサブマウントから離すように及びデバイス 100A に戻すように反射するために設けることができ、その結果、光が有用に抽出される。障壁層 118C は、接着層 118D の金属がオーミック金属 118A 及び / 又は反射器 118B を汚染しないようにできるタンゲステン、チタン、窒化チタン及び / 又はニッケルなどの金属を含むことができる。その開示が参照により本明細書に組み込まれる「Light Emitting Diodes Including Barrier Layers/Sublayers And Manufacturing Methods Therefor」という名称の特許文献 20 に記載されているように障壁層を形成することができる。オプションの接着層（図示せず）を、障壁層 118C と接着層 118D との間に設けることができる。

【0062】

図 5 に示されるデバイス 100A などの光電デバイスが、デバイス 100A の p 側を下向きに（すなわち支持体に向けて）不透明な支持体部材上に取り付けられる場合、露出した基板 110 上に透明電極又は電流拡散層を形成する必要がないことがあるが、それは、基板 110 の導電率を十分に高くすることができ、それにより電流が自然にデバイスに拡散することができるからである。したがって、図 5 に示されるように、デバイスは基板 110 上に形成されたワイヤボンドパッド 122 を含むことができる。オーム接觸（図示せず）は、ワイヤボンドパッド 122 と基板 110 との間に形成することができる。実施形態によっては、オーム接觸は、ボンドパッド 122 との自己配列で形成することができる。

【0063】

導電率低減領域 130 は、活性領域 114 の反対側の p 型半導体層 116 の表面から p 型半導体層 116 中に延びることができる。導電率低減領域 130 は、p 型半導体層 116 を部分的及び / 又は完全に通って延びることができる。基板 110 を含む実施形態を含むいくつかの実施形態では、導電率低減領域 130 は、活性領域 114 を完全に通って n 型半導体層 112 まで又はその中に延びることができる。導電率低減領域 130 は、図 1 ~ 4 に関して前述したような技法を使用して形成することができる。例えば、導電率低減領域 130 は、図 2A を参照しながら上述したように、マスクを通してイオンを p 型半導体層 116 中に打ち込むことによって形成することができる。

【0064】

図 5 にさらに示されるように、導電率低減領域 130 は、ボンドパッド 122 と通常位置合わせすることができる。p 型半導体層 116 は、例えば基板 110 と比較して比較的薄くすることができるので、かつ電流が p 型半導体層 116 に容易に拡散しない場合があるので、導電率低減領域 130 が存在すると、ワイヤボンドパッド 122 の直下のデバイス 100A 中で発生する光子の数を低減することができる。したがって、導電率低減領域 130 は、ワイヤボンドパッド 122 とほぼ同じ形状である形状を有することができる。さらに、導電率低減領域 130 は、ワイヤボンドパッド 122 の区域とほぼ同じ、それよりもわずかに小さい、又はそれよりもわずかに大きい区域を有することができる。実施形態によっては、導電率低減領域は、ボンドパッド 122 の直径よりも約 6 μm から約 30 μm 大きい直径を有することができる。特に、ボンドパッド 122 は約 100 μm から 1

10

20

30

40

50

0.5 μmの直径を有することができ、導電率低減領域130はボンドパッド122の直径よりも約1.4 μm大きい直径を有することができる。基板を含む実施形態（すなわち、基板110が除去されていない）では、ボンドパッド122よりも区域が大きい導電率低減領域130を設けることが望ましいことがある。例えば、ワイヤボンドパッド122が円形形状を有する場合、導電率低減領域130は、さらに、ワイヤボンドパッド122の直径よりも小さい、それにはほぼ等しい、又はそれよりもわずかに大きい区域をもつ円形形状を有することができる。

【0065】

本発明のさらなる実施形態が図6A及び図6Bに示され、p型半導体層116、活性領域114、及びn型半導体層112を含む発光デバイス100Bが示される。p接触金属スタック118はp型半導体層116の表面上に形成され、ワイヤボンドパッド122はp型半導体層116の反対側のn型半導体層112の表面上に形成される。特に、図6A及び図6Bに示される発光デバイス100Bは基板を含まないことがある。

10

【0066】

図6Aにさらに示されるように、導電率低減領域130は、ワイヤボンドパッド122と通常位置合わせされるp型半導体層116中に設けられる。導電率低減領域130は、活性領域114の反対側のp型半導体層116の表面からp型半導体層116中に延びることができる。導電率低減領域130は、p型半導体層116を部分的及び/又は完全に通って延びることができる。導電率低減領域130は、ワイヤボンドパッド122の区域に等しい、それよりも大きい、又はそれよりも小さい区域を有することができる。導電率低減領域130は、デバイス100B内でワイヤボンドパッド122から距離D2に配置することができる。いくつかの実施形態では、距離D2は0.3 μmから1.0 μmとすることができる。特に、距離D2は約2 μmから3 μmとすることができる。

20

【0067】

図11A～11Cは、ワイヤボンドパッド122及び位置合わせされた導電率低減領域130を含む発光デバイス100Bの平面図である。そこに示されるように、導電率低減領域130はワイヤボンドパッド122の周囲形状と同様の周囲形状を有することができ、それは図11A～11Cに示された実施形態では概して円形である。ワイヤボンドパッド122及び導電率低減領域130は、矩形、星形、十字形もしくは他の形状又はそれらの形状の組合せなどの他の周囲形状を有することができる。

30

【0068】

図11Aに示されるように、ある実施形態では、導電率低減領域130はワイヤボンドパッド122の区域よりもわずかに大きい区域を有することができ、一方、他の実施形態では、導電率低減領域130はワイヤボンドパッド122の区域よりもわずかに小さい（図11B）、又はそれにはほぼ等しい（図11C）区域を有することができる。

【0069】

図6Bを参照すると、導電率低減領域130は、p型半導体層116を完全に通って活性領域114中に延びることができる。基板を含まない実施形態を含むいくつかの実施形態では、導電率低減領域130は、活性領域114を完全に通ってn型半導体層112まで、又はその中に延びることができる。

40

【0070】

本発明のさらなる実施形態が図7Aに示され、この図はp型半導体層116、活性領域114、及びn型半導体層112を含む発光デバイス100Cを示す。ワイヤボンドパッド122は、n型半導体層112の表面上に形成される。パターン化されたオーム接触118は、n型半導体層112の反対側のp型半導体層116の表面上に形成される。発光デバイス100Cは、ワイヤボンドパッド122の反対側のp型半導体層116上に非オーム接触140をさらに含む。ある実施形態では、非オーム接触140は、例えば、整流性ショットキー接触を含むことができる。窒化物ベースの半導体材料上に整流性ショットキー接触を形成することは当業者には周知である。他の実施形態では、非オーム接触140は、二酸化ケイ素などの非導電性材料を含むことができる。

50

【0071】

非オーム接触 140 は、ワイヤボンドパッド 122 の形状とほぼ同じである形状を有することができる。接触 140 は、ワイヤボンドパッド 122 の区域よりもわずかに小さい、それとほぼ同じ、又はそれよりもわずかに大きい区域を有することができる。したがって、電圧がデバイス 100C の端子間に印加される場合、電流は非オーム接触 140 から p 型半導体層 116 中に流れない可能性があり、それにより、ワイヤボンドパッド 122 の真下の活性層 114 で発生する光子の数が減少する可能性がある。

【0072】

図 7B を参照すると、実施形態によっては、金属スタック 118 は、ワイヤボンドパッド 122 の反対側の低減した導電率の区域 150 以外の領域の p 型半導体層 116 の表面上に形成することができる。すなわち、金属スタック 118 が区域 150 に形成されないので、デバイスが通電されると低減した電流が区域 150 を通って流れる可能性があり、それにより、ワイヤボンドパッド 122 の真下の活性層 114 で発生する光子の数が減少する可能性がある。

【0073】

本発明のさらなる実施形態が図 8 に示される。図 8 の実施形態では、デバイス 100E は、p 型半導体層 116、活性領域 114、及び n 型半導体層 112 を含む。p 型接触 118 は、n 型半導体層 112 の反対側の p 型半導体層 116 の表面上に形成される。ワイヤボンドパッド 122 は、p 型半導体層 116 の反対側の n 型半導体層 112 の表面上に形成される。オーム接触 154 は、ワイヤボンドパッド 122 と同じ n 型半導体層 112 の表面に形成され、ワイヤボンドパッド 122 に電気的に接続される。オーム接触 154 は、n 型半導体層 112 にオーム接触を形成する透明材料、例えば ITO などを含むことができる。

【0074】

導電率低減領域 152 は、ワイヤボンドパッド 122 の真下の n 型半導体層 112 に形成される。導電率低減領域 152 は、n 型半導体層 112 の表面から少なくとも部分的に n 型半導体層 112 中に延びることができる。実施形態によっては、導電率低減領域 152 は、n 型半導体層 112 を完全通って活性領域 114 まで、又はその中に延びることができる。

【0075】

図 9A は、本発明のさらなる実施形態によるデバイス 100F を示す。デバイス 100F は、p 型半導体層 116、活性領域 114、及び n 型半導体層 112 をさらに含む。p 型接触 118 は、n 型半導体層 112 の反対側の p 型半導体層 116 の表面上に形成される。ワイヤボンドパッド 122 は、p 型半導体層 116 の反対側の n 型半導体層 112 の表面上に形成される。オーム接触 154 は、ワイヤボンドパッド 122 と同じ n 型半導体層 112 の表面に形成される。

【0076】

第 1 の導電率低減領域 152 は、ワイヤボンドパッド 122 の真下の n 型半導体層 112 に形成される。第 1 の導電率低減領域 152 は、ワイヤボンドパッド 122 と位置合わせすることができ、n 型半導体層 112 の表面から少なくとも部分的に n 型半導体層 112 中に延びることができる。実施形態によっては、第 1 の導電率低減領域 152 は、n 型半導体層 112 を完全に通って活性領域 114 まで、又はその中に、又はそれを通って延びることができる。

【0077】

第 2 の導電率低減領域 150 は、p 型半導体層 116 に形成される。第 2 の導電率低減領域 150 は、第 1 の導電率低減領域 152 及び / 又はワイヤボンドパッド 122 と位置合わせすることができ。第 2 の導電率低減領域 150 は、p 型半導体層 116 の表面から少なくとも部分的に p 型半導体層 116 中に、場合によっては、活性領域 114 まで、又はその中に、又はそれを通って延びることができる。

【0078】

10

20

30

40

50

デバイス 100F の第 1 の導電率低減領域 152 及び第 2 の導電率低減領域 150 などのデバイスの両側の導電率低減領域 150、152 を含む実施形態では、導電率低減領域 150、152 は同じ技法を使用して形成する必要はなく、例えば異なる技法を使用して形成することができる。例えば、第 1 の導電率低減領域 152 はイオン打込みによって形成することができ、一方、第 2 の導電率低減領域 150 はプラズマ処理及び／又は水素ガスへの暴露を使用して形成することができるが、又は逆でも同様に形成することができる。さらに、導電率低減領域 150、152 の一方又は両方は、それぞれの半導体層 116、112 上に電気接触を形成する前にそれらの表面上に非オーム材料を形成することによって、又はワイヤボンドパッド 122 に対応する半導体層の表面の区域にオーム接触を形成しないことによって形成することができる。

10

【0079】

図 9B は、本発明のさらなる実施形態によるデバイス 100G を示す。デバイス 100G は、p 型半導体層 116、活性領域 114、及び n 型半導体層 112 をさらに含む。p 型接触 118 は、n 型半導体層 112 の反対側の p 型半導体層 116 の表面上に形成される。ワイヤボンドパッド 122 は、p 型半導体層 116 の反対側の n 型半導体層 112 の表面上に形成される。オーム接触 154 は、ワイヤボンドパッド 122 と同じ n 型半導体層 112 の表面に形成される。

【0080】

導電率低減領域 152 は、ワイヤボンドパッド 122 の真下の n 型半導体層 112 に形成される。導電率低減領域 152 は、ワイヤボンドパッド 122 と位置合わせすることができる、n 型半導体層 112 の表面から少なくとも部分的に n 型半導体層 112 中に延びることができる。実施形態によっては、導電率低減領域 152 は、n 型半導体層 112 を完全に通って活性領域 114 まで、又はそれの中に、又はそれを通って延びることができる。

20

【0081】

金属接触 118 は、n 型半導体層 112 の反対側の p 型半導体層 116 の表面上に形成される。金属接触 118 は、ワイヤボンドパッド 122 と位置合わせされる p 型半導体層 116 の表面の導電率低減区域以外の領域において p 型半導体層 116 へのオーム接触上に形成される。

【0082】

30

発光デバイス 100G は、ワイヤボンドパッド 122 の反対側の p 型半導体層 116 上に非オーム接触 140 をさらに含む。ある実施形態では、非オーム接触 140 は、例えば、整流性ショットキー接触を含むことができる。他の実施形態では、非オーム接触 140 は、二酸化ケイ素などの非導電性材料を含むことができる。

【0083】

非オーム接触 140 は、ワイヤボンドパッド 122 の形状とほぼ同じである形状を有することができる。接触 140 は、ワイヤボンドパッド 122 の区域よりもわずかに小さい、それとほぼ同じ、又はそれよりもわずかに大きい区域を有することができる。他の実施形態では、非オーム接触 140 は、接触が形成されない間隙を含むことができる。

【0084】

40

本発明のさらなる実施形態が図 10 に示され、この図は、ワイヤボンドパッド 122 の真下を n 型半導体層 112 の表面からデバイス 100G を通って p 型半導体層 116 の反対側の表面まで延びる導電率低減領域 160 を含む半導体発光デバイス 100H を示す。

【0085】

本発明の実施形態を使用することができるいくつかのチップ構造体が図 12 及び図 13 の等角図に示される。例えば、図 12 は、LED 構造体が金属接着層 220 を介して接合されているケイ素基板などの支持基板 210 を含むチップ構造体 100J を示す。反射層 230 は接着層 220 と LED 構造体との間にあり、LED 構造体は p 型半導体層 116、活性層 114、及び n 型半導体層 112 を含む。

【0086】

50

1対のボンドパッド122は、基板210の反対側のn型半導体層112の表面上にある。ボンドパッド122は、n型半導体層112上に複数の電流拡散フィンガ154を含む電流拡散構造体に電気的に接続される。

【0087】

導電率低減領域30は、ボンドパッド122の真下に、電流拡散フィンガ154の真下に、及び/又はボンドパッド122及び電流拡散フィンガ154の両方の下に形成することができる。

【0088】

例示的な水平チップ構造体100Kが図13に示される。チップ構造体100Kは、n型半導体層112が形成される透明な基板110を含む。活性領域114及びp型半導体層116を含むメサ構造体は、n型半導体層上にある。ITOを含むことができる透明なオーム接触118は、p型半導体層116上にある。ボンドパッド122Aは透明なオーム接触層118上にあり、電流拡散フィンガ154Aはボンドパッド122Aから伸びる。ボンドパッド122Bはn型半導体層112上にあり、電流拡散フィンガ154Bはボンドパッド122Bから伸びる。反射層23(図1)は、ボンドパッド122A及び/又は電流拡散フィンガ154Aの真下に設けることができる。

10

【0089】

導電率低減領域30は、ボンドパッド122Aの真下に、電流拡散フィンガ154Aの真下に、及び/又はボンドパッド122A及び電流拡散フィンガ154Aの両方の下に形成することができる。

20

【0090】

本発明の実施形態が特定の発光デバイス構造体に関して図1~13に示されているが、本発明のいくつかの実施形態に従って他の構造体を提供することができる。したがって、本発明の実施形態は、上述のように1つ又は複数の様々な電流阻止機構を含む任意の発光構造体で提供することができる。例えば、本発明のいくつかの実施形態による電流阻止機構は、上述で参照により組み込まれた米国特許及び/又は米国特許出願に説明されている例示的な発光デバイス構造体と組み合わせて設けることができる。

【0091】

本発明の実施形態は、ワイヤボンドパッド22、122を参照しながら説明されている。本明細書で使用されるとき、ボンドパッドという用語は光吸収接触構造体を含む。ボンドパッドは単一の層又は複数の層とすることができる、金属及び/又は合金とすることができる、かつ/又は均一又は非均一の組成とすることができます。

30

【0092】

さらに、本発明の実施形態は特定の手順の工程を参照しながら説明されているが、本発明の教示から依然として利益を得ながら説明された手順からの変更を行うことができる。したがって、2つ以上のステップは、単一のステップに組み合わせてもよく、又は本明細書で説明した手順の範囲外で行われるステップとしてもよい。例えば、導電率低減領域は、半導体層上に金属層を形成する前に又は形成した後で半導体層に形成することができる。したがって、本発明の実施形態は、本明細書で特に明言されない限り本明細書で説明された特定の手順の工程に限定されるものと解釈されるべきでない。

40

【0093】

本発明の様々な実施形態が図1~13に関連して個別に説明されたことが当業者には理解されよう。しかし、図1~13の実施形態の組合せ及びサブコンビネーションを、本発明の様々な実施形態に従って行うことができる。上記のように、導電率低減領域30を使用して、発生された光がボンドパッド、電流拡散フィンガ、保護領域などのようなデバイスのいくつかのフィーチャによって吸収される可能性があるデバイスの区域におけるキャリア再結合を低減又は阻止することができる。したがって、いくつかの実施形態では、導電率低減領域30はデバイスの光吸収フィーチャ及び/又は領域と位置合わせすることができる。しかし、場合によっては、デバイスの光吸収領域又はフィーチャと位置合わせされていない他の区域に導電率低減領域30を形成することが望ましいことがある。例えば

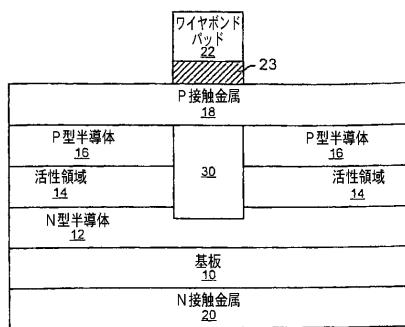
50

、デバイスに導電率低減領域30を設けて、デバイスに所望の遠視野放出パターンを有する光を生成させることが望ましいことがある。したがって、いくつかの実施形態では、導電率低減領域30は発光デバイスの光放出パターンを整形するために使用することができる。

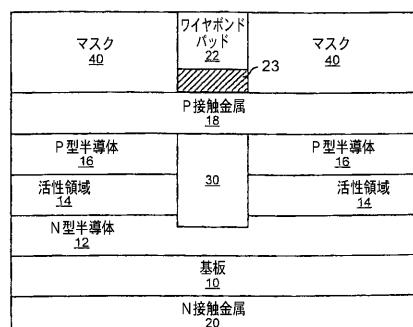
【0094】

図及び明細書において、本発明の実施形態が開示されており、特定の用語が使用されているが、特定の用語は限定するためではなく一般的で説明的な意味でのみ使用されており、本発明の範囲は添付の特許請求の範囲に記載される。

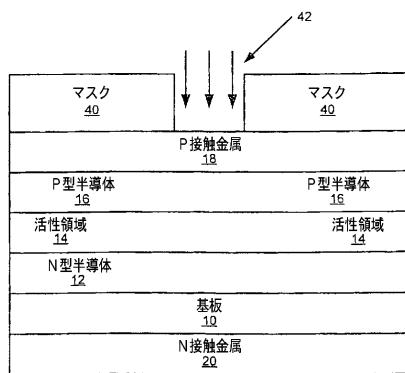
【図1】



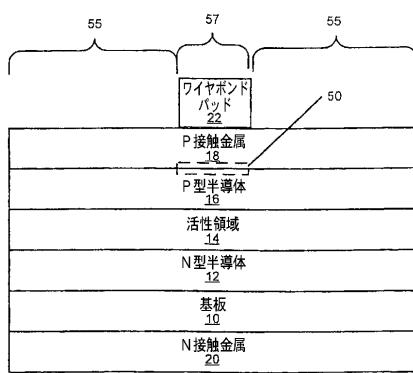
【図2B】



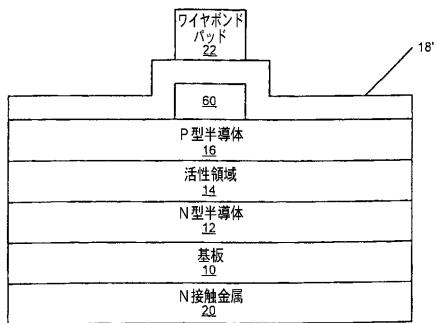
【図2A】



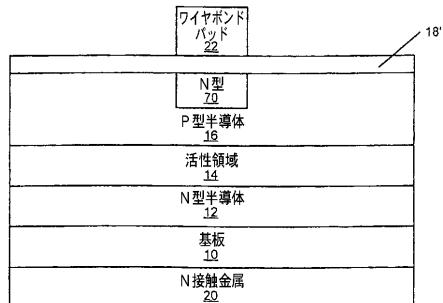
【図3】



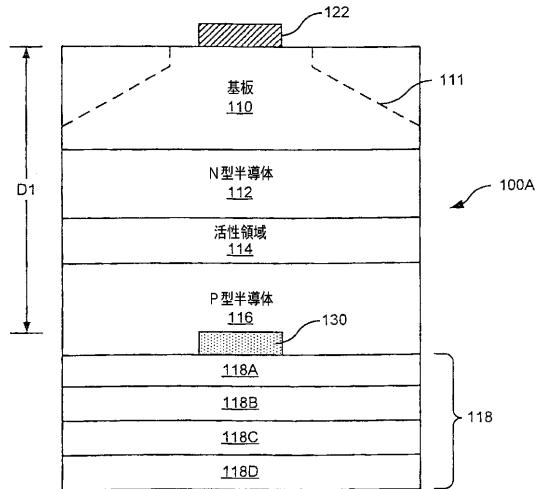
【図4A】



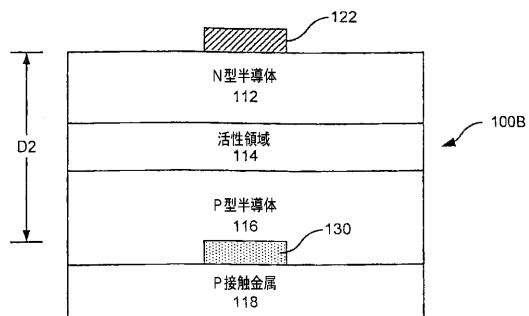
【図4B】



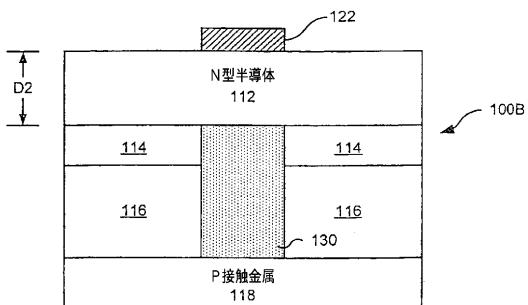
【図5】



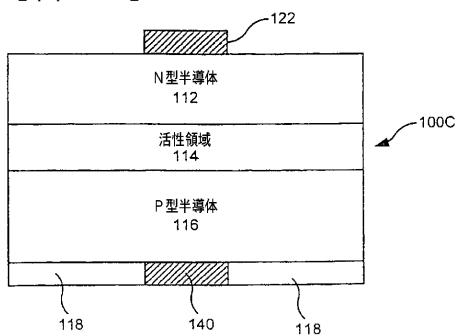
【図6A】



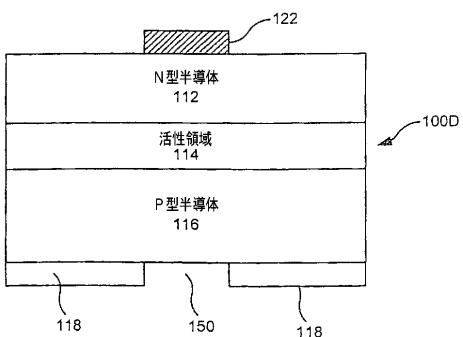
【図6B】



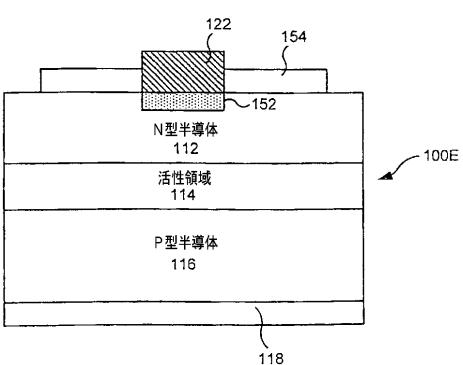
【図7A】



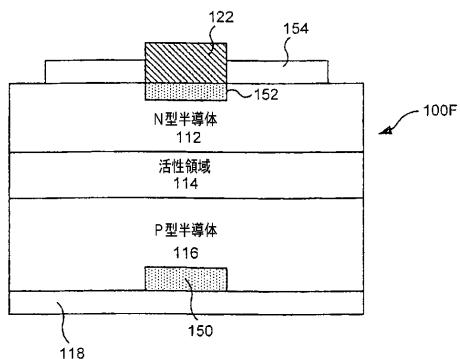
【図7B】



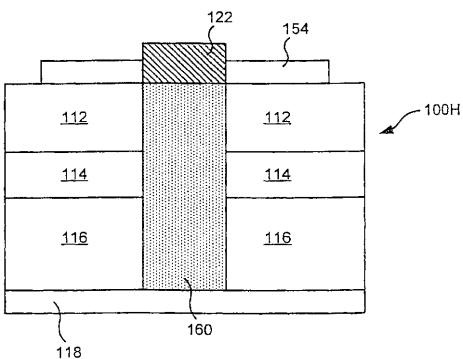
【図8】



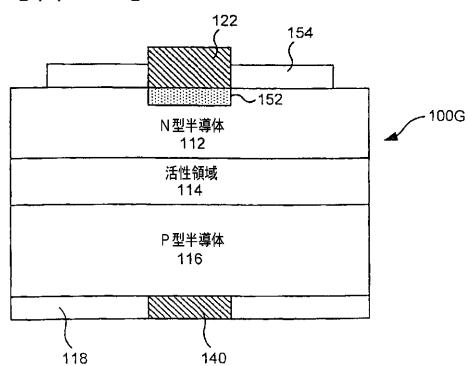
【図 9 A】



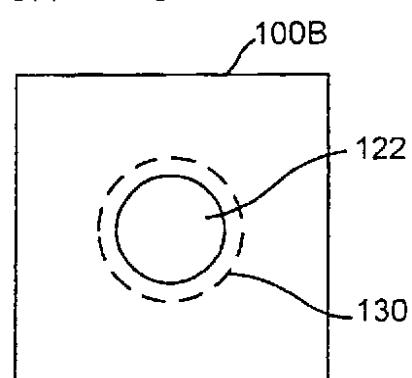
【図 10】



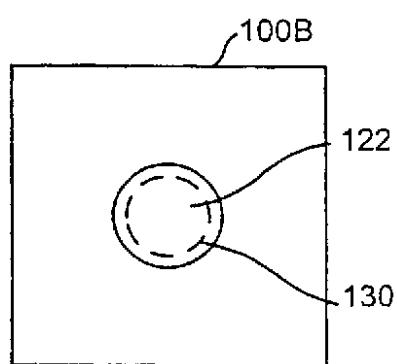
【図 9 B】



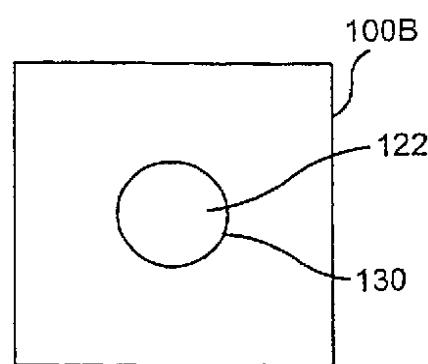
【図 11 A】



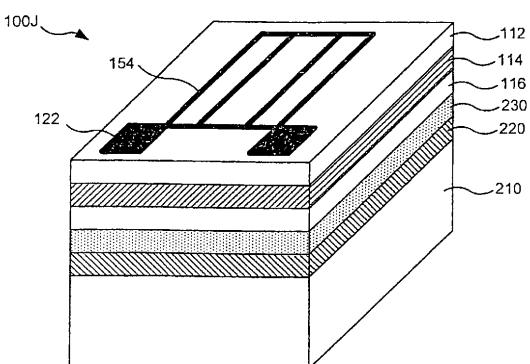
【図 11 B】



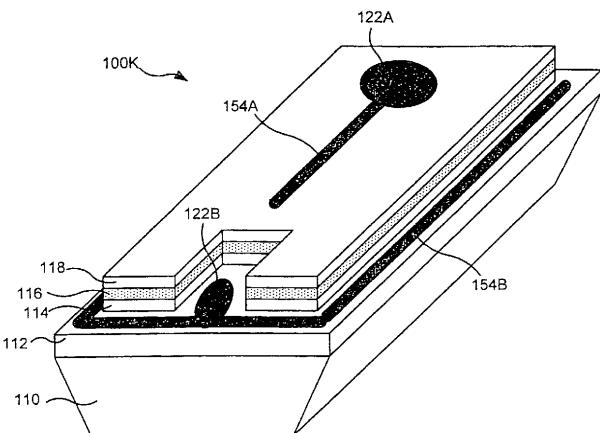
【図 11 C】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

(72)発明者 ケビン ハバラン
アメリカ合衆国 27511 ノースカロライナ州 カリー ロングブリッジ ドライブ 105
(72)発明者 マイケル ジョン バーグマン
アメリカ合衆国 27516 ノースカロライナ州 チャペル ヒル ハイドアウェイ ドライブ
5700
(72)発明者 デイビッド スレーター
アメリカ合衆国 27617 ノースカロライナ州 ローリー ケイプ チャールズ ドライブ
6424
(72)発明者 マシュー ドノフリオ
アメリカ合衆国 27613 ノースカロライナ州 ローリー ノース クリーク ラン 812
0
(72)発明者 ジョン エドモンド
アメリカ合衆国 27511 ノースカロライナ州 カリー ウエスト ジュール ヴェルヌ ウ
エイ 206

合議体

審判長 吉野 公夫
審判官 鈴木 肇
審判官 小松 徹三

(56)参考文献 特開平11-186607 (JP, A)
国際公開第2006/011936 (WO, A2)
特表2008-505483 (JP, A)
特表2006-502563 (JP, A)
国際公開第2006/036565 (WO, A2)
特表2008-514028 (JP, A)
国際公開第2005/117147 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

H01L 33/00-33/64