

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2009-537982

(P2009-537982A)

(43) 公表日 平成21年10月29日(2009.10.29)

| | | |
|-------------------------------|----------------|-------------|
| (51) Int.Cl. | F I | テーマコード (参考) |
| HO 1 L 33/00 (2006.01) | HO 1 L 33/00 E | 5 F O 4 1 |
| | HO 1 L 33/00 A | |
| | HO 1 L 33/00 B | |
| | HO 1 L 33/00 C | |

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 32 頁)

| | | | |
|---------------|------------------------------|----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願2009-510935 (P2009-510935) | (71) 出願人 | 505410689 ブリッジラックス インコーポレイテッド アメリカ合衆国 94086 カリフォル ニア サニーベール ソノラ コート 1 170 |
| (86) (22) 出願日 | 平成18年8月31日 (2006. 8. 31) | (74) 代理人 | 110000796 特許業務法人三枝国際特許事務所 |
| (85) 翻訳文提出日 | 平成21年1月5日 (2009. 1. 5) | (72) 発明者 | シャム フランク ティー. アメリカ合衆国 94086 カリフォル ニア サニーベール ソノラ コート 1 170 |
| (86) 国際出願番号 | PCT/US2006/034464 | (72) 発明者 | ソ ウィリアム ダブリュー. アメリカ合衆国 94086 カリフォル ニア サニーベール ソノラ コート 1 170 |
| (87) 国際公開番号 | W02007/136392 | | |
| (87) 国際公開日 | 平成19年11月29日 (2007. 11. 29) | | |
| (31) 優先権主張番号 | 11/437, 570 | | |
| (32) 優先日 | 平成18年5月19日 (2006. 5. 19) | | |
| (33) 優先権主張国 | 米国 (US) | | |

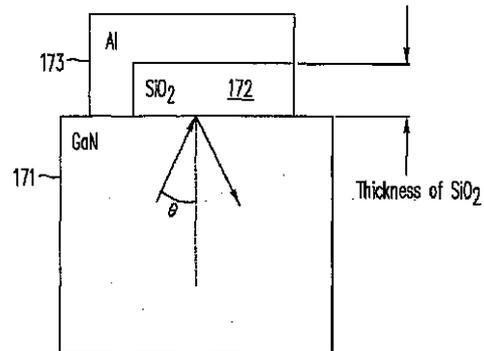
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 LED用低光学損失電極構造体

(57) 【要約】

LEDの明るさ及び/または効率を高めるための電極構造体を開示する。電極構造体は、金属電極、及び、電極と発光半導体材料との中間に形成される光透過性の厚い誘電体材料を有することができる。電極と厚い誘電体とは、光が最終的に半導体材料から伝送される可能性を高めるために、協働して半導体材料からの光を半導体へ反射して返す。このようなLEDは高められた有用性を有することができ、全般照明等の用途に適する可能性がある。

【選択図】 図 1 2 A



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体 LED 用電極構造体であって、
 金属電極と、
 光の反射を高めるように、半導体上に $1/2$ より大きい厚さを有するように前記電極
 へ形成された光透過性の誘電体材料と、を備え、
 前記誘電体材料が、前記半導体の屈折率より小さく、かつ、 1 以上の屈折率を有する
 電極構造体。

【請求項 2】

前記電極の一部が、前記半導体材料と電気連通状態にあり、
 前記電極の別の部分が、前記誘電体材料の上面に配置される
 請求項 1 に記載の電極構造体。

10

【請求項 3】

前記誘電体材料が、約 1.75 の厚さを有する、請求項 1 に記載の電極構造体。

【請求項 4】

前記電極が、前記半導体材料上に形成され、
 前記誘電体材料が、前記電極の一部と前記半導体材料との中間に形成される
 請求項 1 に記載の電極構造体。

【請求項 5】

前記電極が、前記半導体材料上に形成され、
 前記誘電体材料が、前記電極の少なくとも一部と前記半導体材料との中間に形成され、
 前記半導体材料が、AlGaAs、AlInGaP、AlInGaN、及び GaAsP
 から成るグループより選択される少なくとも 1 つの材料を含む
 請求項 1 に記載の電極構造体。

20

【請求項 6】

前記誘電体材料が、二酸化珪素、一酸化珪素、 MgF_2 、シロキサン重合体、及び空気
 から成るグループより選択される少なくとも 1 つの材料を含む
 請求項 1 に記載の電極構造体。

【請求項 7】

前記電極と前記半導体との間に形成されるオーム接触層をさらに備える、請求項 1 に記
 載の電極構造体。

30

【請求項 8】

前記電極と前記半導体との間に形成されるオーム接触層をさらに備え、
 前記オーム接触層が、酸化インジウムスズ、酸化ニッケル、及び RuO_2 から成るグル
 ープより選択される少なくとも 1 つの材料を含む、請求項 1 に記載の電極構造体。

【請求項 9】

前記電極と前記半導体との間に形成されるオーム接触層をさらに備え、
 前記オーム接触層が、前記半導体デバイスの一部であり、
 前記オーム接触層が、重ドープ層を備える、請求項 1 に記載の電極構造体。

【請求項 10】

前記金属と前記半導体との間に形成される電流拡散層をさらに備える、請求項 1 に記載
 の電極構造体。

40

【請求項 11】

前記金属と前記半導体との間に形成される電流拡散層をさらに備え、
 前記電流拡散層が、酸化インジウムスズ、ニッケル、及び RuO_2 から成るグループよ
 り選択される少なくとも 1 つの材料を含む、請求項 1 に記載の電極構造体。

【請求項 12】

DBR 構造を画定するように構成され、かつ前記電極と前記誘電体との間に配置される
 少なくとも 1 対の誘電体層をさらに備え、
 前記誘電体層の各対が、実質的に光透過性であり、異なる屈折率の材料層を備え、かつ

50

、約 1 / 4 の倍数の厚さを有する
請求項 1 に記載の電極構造体。

【請求項 13】

1 / 2 を超える厚さを有する誘電体基層と、
前記電極と前記誘電体基層との間に形成される少なくとも 1 対の DBR 誘電体層とをさらに備え、

各前記 DBR 誘電層対が、 TiO_2 、 Ti_3O_5 、 Ti_2O_3 、 TiO 、 ZrO_2 、 $TiO_2ZrO_2Nb_2O_5$ 、 CeO_2 、 ZnS 、 Al_2O_3 、 SiN 、ITO、五酸化ニオブ (Nb_2O_5)、五酸化タンタル (Ta_2O_5)、シロキサン重合体、 SiO 、 SiO_2 、及び MgF_2 から成るグループより選択される少なくとも 1 つの材料を含む
請求項 1 に記載の電極構造体。

10

【請求項 14】

前記電極が、少なくとも 1 つの金属層を備える、請求項 1 に記載の電極構造体。

【請求項 15】

前記電極が、少なくとも 1 つの金属層を備え、

前記金属層が、Al、Ag、Rh、Pd、Cu、Au、Cr、白金、チタン、ニッケル / 金合金、クロム / 金合金と、銀 / アルミニウム混合物、及びこれらの組合せから成るグループより選択される、請求項 1 に記載の電極構造体。

【請求項 16】

前記電極が、横型構造体を画定するように半導体材料上に形成される
請求項 1 に記載の電極構造体。

20

【請求項 17】

前記電極が、縦型構造体を画定するように半導体材料上に形成される
請求項 1 に記載の電極構造体。

【請求項 18】

前記金属の一部が、ワイヤボンディングのための領域を形成する
請求項 1 に記載の電極構造体。

【請求項 19】

前記金属の一部が、前記誘電体材料の端部で前記半導体材料へ電気接触する
請求項 1 に記載の電極構造体。

30

【請求項 20】

前記金属の一部が、前記誘電体材料における開口を介して前記半導体材料へ電気接触する、請求項 1 に記載の電極構造体。

【請求項 21】

前記誘電体材料が、多孔性である、請求項 1 に記載の電極構造体。

【請求項 22】

前記誘電体材料が、多孔性の ITO を含む、請求項 1 に記載の電極構造体。

【請求項 23】

前記誘電体材料が、多孔性の SiO_2 である、請求項 1 に記載の電極構造体。

【請求項 24】

前記誘電体材料が、前記半導体材料内で内部全反射が発生するように前記誘電体材料の有効屈折率を下げるのに十分に多孔的である、請求項 1 に記載の電極構造体。

40

【請求項 25】

金属電極と、

中心波長の辺りで発光するように構成される $AlInGaIn$ 材料と、

前記 $AlInGaIn$ 材料上に形成される二酸化珪素誘電体材料と、を備え、

前記誘電体材料が、約 1 / 2 より大きい厚さを有し、

前記電極の一部が、前記誘電体材料上に形成され、かつ前記電極の別の一部が、半導体材料とオーム接触状態にある反射電極構造体。

【請求項 26】

50

前記誘電体材料及び前記電極が、ITO層を介して前記半導体へ物理的に接触する請求項25に記載の反射電極構造体。

【請求項27】

金属電極と、
中心波長の辺りで発光するように構成されるGaN材料と、
前記GaN材料上に約1.75の厚さを有して形成される二酸化珪素誘電体材料と、
前記二酸化珪素材料上に形成される少なくとも1つのDBR対と、を備え、
前記電極の一部が、前記誘電体材料及び前記DBR対の双方の上に形成され、かつ、前記電極の別の一部が、前記半導体材料とオーム接触状態にある
反射電極構造体。

10

【請求項28】

前記DBR対の各層が、光透過性であり、互いに異なる屈折率を有し、かつ、約1/4の倍数の厚さを有する、請求項27に記載の反射電極構造体。

【請求項29】

前記誘電体及び前記電極が、ITO層を介して前記半導体と物理的に接触する、請求項27に記載の反射電極構造体。

【請求項30】

LEDの電極構造体を形成するための方法であって、
半導体材料上に誘電体材料を形成するステップと、
導電性電極を、前記誘電体材料が前記電極の少なくとも一部を前記半導体材料から電気的に絶縁し、一方で前記電極の少なくとも1つの他の部分が前記半導体材料と電気接触できるように形成するステップとを含む
LED電極構造体の形成方法。

20

【請求項31】

LEDの電極構造体であって：
n部分及びp部分を有する半導体材料と、
前記n部分と電気連通状態にある金属のn電極と、
前記p部分と電気連通状態にある金属のp電極と、
光の反射を高めるために、前記n電極及び前記p電極の少なくとも一方に形成される光透過性の誘電体と、を備え、
前記電極が、約1.75の厚さを有し、
前記半導体材料、前記n電極及び前記p電極が、協働して横型LED構造体を画定する電極構造体。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概して発光ダイオード(LED)に関する。より具体的には、本発明は、光学的損失を低減し、よってLEDの明るさ及び/または効率を高め得る電極構造体に関する。

【背景技術】

40

【0002】

インジケータとしての発光ダイオード(LED)の使用は周知である。LEDは、家庭用電化製品においてこの目的で広く使用されている。例えば、赤色LEDは一般に、ラジオ、テレビ、ビデオレコーダ(VCR)等のデバイスへ電力が印加されていることを示すために使用される。

【0003】

このような当代のLEDは、概してその意図される目的に適していることを証明しているが、その全体の有効性及び望ましさを低下させる特有の欠陥を有している。例えば、このような当代のLEDの光出力は、望まれるものほど充分ではない場合がある。これは、当代のLEDが、例えば周囲照明である全般照明を設ける等の幾つかの用途において機能

50

する能力を制限する。このような目的に対しては、当代の高出力LEDでも十分な照明を提供できない。

【0004】

明るさが不十分であるというこの問題の少なくとも一部は、当代のLEDの非効率に起因する。LEDの効率は、消費される電力に対するもたらされる光量の尺度である。当代のLEDは、発する光の幾分か内部吸収によって失われることから、本来備わっている効力を十分に発揮していない。このような内部吸収は、LEDから抽出することができる光量を制限し、よって望ましくなくその効率を下げる。

【0005】

このように、当代のLEDは、概してその意図される目的に適していることを証明しているが、その全体の有効性及び望ましさを低下させる特有の欠陥を有している。従って、高められた明るさ及び/または効率を有するLEDを提供することが望ましい。

10

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0006】

本明細書では、より明るく、かつ/またはより効率的なLEDを提供するシステム及び方法を開示する。例えば、本発明の一実施の形態によれば、LEDは、金属電極を含む反射電極構造体を備えることができる。

【0007】

より具体的には、電極は、中心波長を有する光を発する半導体材料上に形成されることが可能である。この光は、全方向へ放射される。半導体材料上には、比較的厚い、光透過性の誘電体材料を形成することができる。電極の一部は、この比較的厚い誘電体材料上で形成されることが可能である。この電極の別の部分は、半導体材料と電気接触していてもよい。電極は、厚い誘電体と協働して、電極方向へ放射される光が反射されて半導体材料内に戻り、よってLEDから抽出される別の機会を有するように反射を高める。

20

【0008】

本明細書で使用する波長()という用語は、光が通過している材料の内部における光の波長をいう。従って、例えば半導体材料内部の光が言及されている場合、この光の波長はその半導体材料内での波長である。

【0009】

厚い誘電体の厚さは、 $1/2$ を超えてもよく、は厚い誘電体材料の内部での光の波長である。厚い誘電体材料は、半導体材料の屈折率より小さい屈折率を有してもよく、その値は1.0以上である。発光半導体材料としては、例えば、AlGaAs、AlInGaP、AlInGaN及び/またはGaAsPが含まれてもよい。他の材料が同様に適切である可能性もある。

30

【0010】

光透過性の厚い誘電体層は、例えば二酸化珪素、一酸化珪素、 MgF_2 及びシロキサン重合体等のような材料及び/または空気による比較的厚い層であってもよい。他の材料が同様に適切である可能性もある。

【0011】

金属電極と半導体との間には、オーム接触層が存在してもよい。オーム接触層としては、例えば、酸化インジウムスズ(ITO)、酸化ニッケル及び/または RuO_2 が含まれてもよい。他の材料が同様に適切である可能性もある。オーム接触層は、重ドーブ層を含む半導体デバイスの一部であってもよい。

40

【0012】

金属電極と半導体との間には、電流拡散層が存在してもよい。電流拡散層としては、例えば、酸化インジウムスズ、酸化ニッケル及び RuO_2 から構成される。他の材料が同様に適切である可能性もある。

【0013】

厚い誘電層と金属電極との間には、一連の1つまたは複数の対のDBR誘電体層は、こ

50

の対の各DBR誘電体層が光透過性を有し、また、互いに異なる屈折率を有し、さらに/または約 $1/4$ の奇数倍数の厚さを有するように形成されてもよい。

【0014】

対のDBR誘電体材料の各層としては、例えば、二酸化チタン TiO_2 、 Ti_3O_5 、 Ti_2O_3 、 TiO 、 ZrO_2 、 $TiO_2ZrO_2Nb_2O_5$ 、 CeO_2 、 ZnS 、 Al_2O_3 、 SiN 、五酸化ニオブ(Nb_2O_5)、五酸化タンタル(Ta_2O_5)、シロキサン重合体、 SiO 、 SiO_2 及び/または MgF_2 が含まれてもよい。他の材料が同様に適切である可能性もある。

【0015】

金属電極は1つまたは複数の金属層で構成されてもよく、各金属層は、Al、Ag、Rh、Pd、Cu、Au、Cr、Ti、Pt、ニッケル/金合金、クロム/金合金、銀/アルミニウム混合物及びこれらの組合せからなるグループから選択されてもよい。他の材料が同様に適切である可能性もある。

10

【0016】

LEDは、縦または横の何れの構造を有してもよい。金属電極の一部は、ワイヤボンディングのための領域を形成してもよい。金属電極の一部は、厚い誘電体材料の端部で半導体材料と電気接触することができる。金属電極の一部は、厚い誘電体材料における開口を介して半導体材料と電気接触する。

【0017】

本発明の一実施の形態によれば、LED用反射電極構造体は金属電極を備える。GaN材料は、ある中心波長の辺りで発光する。GaN材料上には、比較的厚い二酸化珪素材料が形成されてもよい。電極の一部は、この厚い誘電体材料上に形成されてもよい。該電極の別の部分は、半導体材料とオーム接触していてもよい。厚い誘電体は、 $1/2$ を超える厚さを有してもよい。誘電体材料及び金属電極は共に、ITO層または同様に適切である可能性のある他の材料を介して半導体に物理的に接触することができる。

20

【0018】

本発明の一実施の形態によれば、反射電極構造体は金属電極を備え、GaN材料はある中心波長の辺りで発光する。GaN材料上には、厚い二酸化珪素材料が形成されてもよい。厚い二酸化珪素材料上には、一連の少なくとも1つのDBR対が形成されてもよい。

【0019】

電極の一部は、厚い誘電体及びDBR対の双方の上に形成されてもよい。該電極の別の部分は、半導体材料とオーム接触していてもよい。厚い誘電体の厚さは、 $1/2$ を超えてもよい。

30

【0020】

DBR対の各層は光透過性であってもよく、また、互いに異なる屈折率を有してもよく、かつ厚さは約 $1/4$ の奇数倍であってもよい。厚い誘電体及び金属電極は共に、ITO層を介して半導体と物理的に接触することができる。

【0021】

従って、本発明の1つ以上の実施の形態によれば、より明るいかつ/またはより効率的なLEDを提供することができる。LEDの明るさ及び/または効率の増大は、全般照明を含むより広範な用途に対してLEDをより適切なものにし、その有用性を高める。

40

【0022】

本発明は、添付の図面を参照して行われる以下の詳細な説明によって、より十分に理解されるであろう。

【0023】

本発明の実施の形態及びその利点は、以下の詳細な説明を参照することによって最もよく理解される。1つまたは複数の図に示されている類似の参照符号は類似の要素を識別するために使用されていることは認識されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【0024】

50

- 【図 1】臨界角の概念を示す概略図である。
- 【図 2】当代の横型 LED 構造体を示す半概略的斜視図である。
- 【図 3】当代の縦型 LED 構造体を示す半概略的斜視図である。
- 【図 4 A】当代の GaN / Cr / Au 境界面における光反射を示す半概略図である。
- 【図 4 B】異なる入射角に関する、図 4 A の GaN / Cr Au 境界面における反射率を示すチャートである。
- 【図 5 A】オーム接触層を有する当代の電極構造体を示す半概略図である。
- 【図 5 B】オーム接触層 / 電流拡散層を有する当代の電極構造体を示す半概略図である。
- 【図 6 A】ボンドパッドとしても機能できる円形接続を示す、当代の LED ダイの一部の半概略的平面図である。 10
- 【図 6 B】円形のボンドパッドを有する十字形接続を示す、当代の LED ダイの一部の半概略的平面図である。
- 【図 6 C】より大きい LED との使用に適しかつボンドパッドとしても機能できる円形接続を有する例示的な接続幾何学形状を示す、当代の LED ダイの一部の半概略的平面図である。
- 【図 7 A】当代の低アスペクト比の電極構造体を示す半概略的側面図である。
- 【図 7 B】高アスペクト比の電極構造体を示す半概略的側面図である。
- 【図 8 A】当代の Ag 境界面における光反射を示す半概略図である。
- 【図 8 B】異なる入射角に関する、図 8 A の Ag 境界面における反射率を示すチャートである。 20
- 【図 9 A】当代の縦型 LED 構造体の GaN / SiO₂ / Ag 境界面における光反射を示す半概略図である。
- 【図 9 B】異なる入射角に関する、図 9 A の GaN / SiO₂ / Ag 境界面における反射率を示すチャートである。
- 【図 10 A】当代の GaN / 空気境界面における光反射を示す半概略図である。
- 【図 10 B】異なる入射角に関する、図 10 A の GaN / 空気境界面における反射率を示すチャートである。
- 【図 11 A】GaN / SiO₂ 境界面における光反射を示す半概略図であり、厚い誘電体は本発明の一実施の形態によるものである。
- 【図 11 B】異なる入射角に関する、図 11 A の GaN / SiO₂ 境界面における反射率を示すチャートである。 30
- 【図 12 A】本発明の一実施の形態による GaN / SiO₂ / Al 境界面における光反射を示す半概略図である。
- 【図 12 B】異なる入射角に関する、図 12 A の GaN / SiO₂ / Al 境界面における反射率を示すチャートであり、SiO₂ 層の厚さは、本発明の一実施の形態による入射光の波長の 1 と 3 / 4 倍以下である。
- 【図 12 C】異なる入射角に関する、図 12 A の GaN / SiO₂ / Al 境界面における反射率を示すチャートであり、SiO₂ 層の厚さは、本発明の一実施の形態による入射光の波長の 1 と 3 / 4 倍より大きい。
- 【図 13 A】本発明の一実施の形態による、SiO₂ 及び TiO₂ の交互層から構成される分布型ブラッグ反射器 (DBR) における光反射を示す半概略図である。 40
- 【図 13 B】本発明の一実施の形態による、異なる入射角に関する図 13 A の DBR 層における反射率を示すチャートである。
- 【図 14】本発明の一実施の形態による、異なる入射角に関する幾つかの材料の反射率を示すチャートである。
- 【図 15 A】本発明による懸垂電極の第 1 の例示的な実施の形態を示す半概略図である。
- 【図 15 B】本発明による懸垂電極の第 2 の例示的な実施の形態を示す半概略図である。
- 【図 15 C】本発明による懸垂電極の第 3 の例示的な実施の形態を示す半概略図である。
- 【図 15 D】本発明による懸垂電極の第 4 の例示的な実施の形態を示す半概略図である。
- 【図 15 E】本発明による懸垂電極の第 5 の例示的な実施の形態を示す半概略図である。 50

【図 1 5 F】本発明による懸垂電極の第 6 の例示的な実施の形態を示す半概略図である。

【図 1 6 A】本発明によるオーム接触層を有する懸垂電極の第 1 の例示的な実施の形態を示す半概略図である。

【図 1 6 B】本発明によるオーム接触層を有する懸垂電極の第 2 の例示的な実施の形態を示す半概略図である。

【図 1 6 C】本発明によるオーム接触層を有する懸垂電極の第 3 の例示的な実施の形態を示す半概略図である。

【図 1 6 D】本発明によるオーム接触層を有する懸垂電極の第 4 の例示的な実施の形態を示す半概略図である。

【図 1 6 E】本発明によるオーム接触層を有する懸垂電極の第 5 の例示的な実施の形態を示す半概略図である。

【図 1 6 F】本発明によるオーム接触層を有する懸垂電極の第 6 の例示的な実施の形態を示す半概略図である。

【図 1 7 A】当代の横型 LED 構造体を示す断面図である。

【図 1 7 B】図 1 7 A の LED の製造プロセスにおける幾つかの工程を示す半概略的斜視図である。

【図 1 7 C】図 1 7 A の LED の製造プロセスにおける幾つかの工程を示す半概略的斜視図である。

【図 1 7 D】図 1 7 A の LED の製造プロセスにおける幾つかの工程を示す半概略的斜視図である。

【図 1 8 A】本発明の一実施の形態による横型 LED 構造体を示す断面図である。

【図 1 8 B】図 1 8 A の LED の製造プロセスにおける幾つかの工程を示す半概略的斜視図である。

【図 1 8 C】図 1 8 A の LED の製造プロセスにおける幾つかの工程を示す半概略的斜視図である。

【図 1 8 D】図 1 8 A の LED の製造プロセスにおける幾つかの工程を示す半概略的斜視図である。

【図 1 8 E】図 1 8 A の LED の製造プロセスにおける幾つかの工程を示す半概略的斜視図である。

【図 1 9 A】本発明の一実施の形態による横型 LED 構造体を示す断面図である。

【図 1 9 B】図 1 9 A の LED の製造プロセスにおける幾つかの工程を示す半概略的斜視図である。

【図 1 9 C】図 1 9 A の LED の製造プロセスにおける幾つかの工程を示す半概略的斜視図である。

【図 1 9 D】図 1 9 A の LED の製造プロセスにおける幾つかの工程を示す半概略的斜視図である。

【図 1 9 E】図 1 9 A の LED の製造プロセスにおける幾つかの工程を示す半概略的斜視図である。

【図 2 0 A】本発明の一実施の形態による懸垂構造の別の実施形態を示す半概略的斜視図である。

【図 2 0 B】本発明の一実施の形態による懸垂構造の別の実施形態を示す半概略的斜視図である。

【図 2 1 A】細長い LED における本発明の例示的な一実施の形態を示す半概略図である。

【図 2 1 B】細長い LED における本発明の例示的な一実施の形態を示す半概略図である。

【図 2 2 A】細長い LED における本発明の例示的な一実施の形態を示す半概略図である。

【図 2 2 B】細長い LED における本発明の例示的な一実施の形態を示す半概略図である。

。

10

20

30

40

50

【図 2 2 C】細長い L E D における本発明の例示的な一実施の形態を示す半概略図である。

【図 2 3 A】細長い L E D における本発明の例示的な一実施の形態を示す半概略図である。

【図 2 3 B】細長い L E D における本発明の例示的な一実施の形態を示す半概略図である。

【図 2 3 C】細長い L E D における本発明の例示的な一実施の形態を示す半概略図である。

【図 2 4】細長い L E D における本発明の例示的な一実施形態を示す半概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

発光デバイス (L E D) は、電流による励起に应答して光を発する。ある典型的な L E D は、有機金属気相成長法またはこれに類似する技術によって基板に成長したヘテロ構造体を有する。L E D のヘテロ構造体は、間に光生成層、即ち活性領域を挟む n 型及び p 型半導体層を含む。例示的な活性領域は、バリア層に包囲される量子井戸であり得る。典型的には、電気接続は n 型及び p 型半導体層へ付着される。電気接続に順方向バイアスが印加されると、n 型及び p 型層から電子及び正孔が流れ、活性領域に光が生成される。光は、これらの電子及び正孔が活性領域において互いに再結合することにより周知の原理に従って生成される。

【0026】

L E D が電気を光に変換する効率は、内部量子効率と、光抽出効率と、電気抵抗に起因する損失との積によって決定される。内部量子効率は、半導体層の品質及びデバイスのエネルギー帯構造によって決定される。これらは共に、半導体層の堆積中に決定される。

【0027】

光抽出効率は、活性層内で発生する光に対して L E D チップを出る光の割合である。光抽出効率は、L E D の幾何学的形状、半導体層における光の自己吸収、電気接続による光の吸収、及び L E D に接触してデバイスをパッケージに搭載するために使用される材料による光の吸収によって決定される。

【0028】

半導体層は、比較的高い屈折率を有する傾向がある。その結果、L E D の活性領域内で生成される光の大部分は、チップの複数の表面により内部反射を繰り返してから該活性領域を出て行く。高い光抽出効率を達成するためには、半導体層、及びチップへの電気接続部による光の吸収を最小限に抑えることが重要である。これらの層が、透明または高反射性であることによって極めて低い光吸収性を有するように製造されれば、L E D における全体的な光抽出はかなり高められる。

【0029】

ここで図 1 を参照すると、高屈折率の媒体 1 1 の内部の光は、より低い屈折率の媒体 1 2 との境界面へ入射する。光は、異なる角度で入射し得る。高屈折率媒体 1 1 からの光は、より低い屈折率の媒体 1 2 との境界面に当たると、より低い屈折率の媒体 1 2 内へ透過されるか、より高い屈折率の媒体 1 1 内へ反射されて戻るか何れかである可能性がある。

【0030】

スネルの法則により、屈折率 n_1 を有する材料からより低い屈折率 n_2 を有する材料へ向かって臨界角 θ_c より小さい角度で進入する光の一部は、より低い屈折率の材料内へ入る。これは、図左側の、より高い屈折率 n_1 を有する材料からより低い屈折率 n_2 を有する材料内へ続く矢印によって示される。

【0031】

反対に、スネルの法則により、より高い屈折率 n_1 を有する材料からより低い屈折率 n_2 を有する材料へ向かって臨界角 θ_c より大きい角度で進む光は全て、より高い屈折率の材料内へ反射して戻される。このメカニズムは内部全反射 (T I R) として知られ、図右

10

20

30

40

50

側の、より高い屈折率 n_1 を有する材料からより低い屈折率を有する材料内へ続いていない矢印によって示され、この矢印は、より高い屈折率を有する材料内へ戻って延伸する。

【0032】

材料の外側に存在する屈折率より高い屈折率を有する材料内の光（空気または封入用エポキシが外側材料である場合の半導体材料内の光等）は、 θ_c より大きい角度で境界面に入射すると内部全反射になる。典型的な半導体材料は、周囲空気（屈折率 1.0 を有する）または封入用エポキシ（約 1.5 の屈折率を有し得る）より高い屈折率を有する。

【0033】

LED では、この光は反射されて LED チップに戻り、ここで他の材料による望ましくないさらなる吸収が発生する。この望ましくない吸収は、LED が供給する光量を低減して LED の効率を下げる。

10

【0034】

従来の LED では、構造体内で生成される光の大部分が半導体チップを出る前に内部全反射によって失われる。従来のサファイア基板上の窒化ガリウム（GaN）ベース LED の場合、放出される光の約 70% がサファイア基板と GaN の外表面との間に閉じこめられ得る。この光は内部全反射によって繰返し反射され、そして、金属電極及び他の材料による多重の吸収により失われる。従って、この吸収を最小限に抑える傾向のある構造体を製作することが望ましい。

【0035】

本明細書で使用している電極という用語は、LED の半導体材料へ電流を供給する導体（金属導体等）をいうことができる。従って、電極は半導体材料と電気接触していてもよい。しかしながら、必ずしも電極の全ての部分が半導体材料に接触する必要はない。実際に、本発明の 1 つまたは複数の実施の形態によれば、電極の一部は半導体材料に接触し、電極の他の部分は半導体に電気接触していない。

20

【0036】

次に図 2 を参照すると、当代の横型 LED 構造体が見られている。LED 20 の p 層 21 及び n 層 22 の表面の領域は、電極 23 及び 24 を形成すべく金属化されることが可能である。pn 接合部または活性領域 26 は、p 層 21 と n 層 22 との間に存在する。電極 23 及び 24 は、LED 20 へ電力を供給する手段を提供する。半導体がサファイア等の材料で構成される光透過性の非導電性基板 23 により支持されているデバイス構造体の場合、p 層 21 及び n 層 22 への電気接点は上面から形成される必要がある。

30

【0037】

図 2 に示す構成では、p 層 21 は既に上面に露出されていて、p 層 21 との電気接点を容易に形成することができる。しかしながら、n 層 22 は p 層 21 及び活性領域 26 の双方の下に埋められている。n 層 22 への電気接点を形成するために、p 層 21 及び活性領域 26 の一部を除去して（除去された部分は点線で示されている）下にある n 層 22 を露出させる。これにより切欠き領域 28 が形成される。切欠き領域 28 の形成後、n 層電気接続または電極 24 を形成することができる。

【0038】

図 2 に示すようなデバイス構造体により、結果的に電流は概して横方向へ流れる。これは横型構造体と称される所以である。このような横型構造体における 1 つの欠点は、n 電極 24 を形成できるように、光を生成する活性領域の一部を除去して切欠き領域 28 を形成する必要があることにある。当然ながら、これは、活性領域の面積を減少し、結果的に LED 20 の光を生成する能力を下げってしまう。

40

【0039】

次に図 3 を参照すると、LED 30 は、（協働して活性領域 36 を画定する p 層 31 及び n 層 32 から構成される）半導体が導電性基板 37 によって支持される構造体を代替的に備えることができる。基板 37 は、炭化珪素等の光透過性導電性材料で形成されても、銅またはモリブデン等の光不透過性導電性基板で形成されてもよい。このような LED は、基板に接触する n 層または p 層の何れかを有するように構成されることが可能である。

50

【 0 0 4 0 】

このようなLEDでは、導電性基板37が一方の電極として機能し、他方の電極33は、例えばp層31である上面に容易に形成されることが可能である。接続または電極はLED30の反対する両面に存在することから、電流の流れは概して垂直方向になる。従って、このようなデバイスは縦型構造体と称される。

【 0 0 4 1 】

金属電極が使用されるLEDが縦型構造体であるか横型構造体であるかに関わらず、金属電極は類似の要件を満たす必要がある。これらの要件には、優れた接着性、半導体へオーム接触する能力、優れた導電性、及び高い信頼性が含まれる。これらの要件は、2つ以上の層を使用することによって満たされる場合が多い。例えば、クロムまたはチタン等の第1の金属層は、優れた接着性及びオーム接触をもたらすことができ、銀または金等の第2の金属層は優れた導電性をもたらすことができる。

10

【 0 0 4 2 】

クロムは優れた接着性を有し、かつ金は優れた導電体ではあるが、これらの材料は何れも可視領域において優れた光反射性を有していない。光反射性及び対応する光吸収性は、これらの構造体の屈折率及び対応する厚さから計算されることが可能である。

【 0 0 4 3 】

本明細書において材料の厚さが明記されていない場合、その厚さは、光干渉効果が問題とならない程度厚いと想定することができる。例えば、その場合の反射率計算は、典型的には、入射及び出射の媒体が半無限であることを想定する。厚さが明記されていない金属反射層の場合、これらの層は、金属の反対面にさほど光が届かないほど厚く、典型的には数千ナノメートルであると想定される。表1は、本開示において全ての反射率曲線の計算に使用されている屈折率の値を示す。

20

【 0 0 4 4 】

【表 1】

| 誘電体材料 | 略語 | 波長 (nm) | 屈折率 (実数部) | 屈折率 (虚数部) |
|----------------|---------------------------------|---------|--------------|---------------|
| アルミニウム | A l | 4 5 0 | 0 . 4 9 | - 4 . 7 |
| 二酸化チタン | T i O ₂ | 4 5 0 | 2 . 5 7 | - 0 . 0 0 1 1 |
| 二酸化珪素 | S i O ₂ | 4 5 0 | 1 . 4 6 5 | 0 |
| 空気 | A i r | 4 5 0 | 1 | 0 |
| 金 | A u | 4 5 0 | 1 . 4 | - 1 . 8 8 |
| クロム | C r | 4 5 0 | 2 . 3 2 | - 3 . 1 4 |
| 酸化インジウム スズ | I T O | 4 5 0 | 2 . 1 1 6 | - 0 . 0 0 4 7 |
| チタン | T i | 4 5 0 | 2 . 2 7 | - 3 . 0 4 |
| 銀 | A g | 4 5 0 | 0 . 1 3 2 | - 2 . 7 2 |
| 窒化ガリウム | G a N | 4 5 0 | 2 . 4 5 | |
| ナノ多孔性 二酸化珪素 | S i O ₂ _ N a n o | 6 3 3 | 1 . 1 | 0 |
| 二酸化チタン | T i O ₂ | 6 3 3 | 2 . 6 7 | 0 |
| リン化ガリウム | G a P | 6 3 3 | 3 . 3 1 | 0 |
| 二酸化珪素 | S i O ₂ | 6 3 3 | 1 . 4 5 6 | 0 |

10

20

30

本開示において参照されている材料の厚さは、 μm (μm) またはナノメートル (nm) 等の絶対単位 T_{ABS} で表すことができる。或いは、材料の厚さは、媒体内の波長数に対する相対値 T_{Rel} で与えられてもよい。波長数 () として表される場合、そのパラメータは、特に材料自体内の光の波長をいう。これは、下記の式 1 が示すように、材料の屈折率 (N) で乗算されることによって絶対厚さに変換されてもよい。例えば、 450nm の波長に対して $1/4$ の SiO_2 は、 76.8nm である ($0.25 / 1.465 \times 450$)。

【0045】

$$T_{\text{ABS}} = (T_{\text{Rel}} / N) \cdot \quad (\text{式 1})$$

40

入射角の関数としての光反射率曲線は、2つの成分、即ちP偏光の光とS偏光の光とを有する。P偏光の光はブルースターの角を経験し、S偏光の光より低い全体反射率を有する。

【0046】

次に図 4 A を参照すると、半導体 4 1 内で発生する光に対する電極 4 4 の反射を示す当代の半導体及び電極構造体の図が示されている。電極は、典型的なクロム 4 2 / 金 4 3 電極構造を使用し、 GaN 半導体 4 1 上に形成されている。入射角 45 度での反射の場合、P偏光及びS偏光の光の平均僅か 25% が反射され、光の 75% は吸収される。従って、この当代の構造は吸収性が高く、望ましくない。

【0047】

図 4 A は GaN 上に形成された金 / クロム金属電極構造体を示しているが、他の金属及

50

び半導体材料が代わりに使用されることも可能である。

【0048】

次に図4Bを参照すると、異なる入射角に関する、図4AのデバイスのGaN/Cr/Au境界面における反射率がチャートで示されている。

【0049】

次に図5Aを参照すると、当代のより一般的な接続構造体が示されている。このより一般的な接続構造体によれば、金属接続53と半導体材料51との間にオーム接触及び/または電流拡散層52が存在し得る。金属接続53は、接着、拡散バリア、はんだ、導電性、及びオーム接触を目的とする複数の層を有してもよい。これらの層は、ニッケル、白金、チタン、銀、アルミニウム、金、錫、鉛及びクロムを含む様々な金属及びこれらの金属の組合せから製造されることが可能である。半導体材料51は、AlGaAs、AlInGaP、AlInGaN、及びGaAsP等の材料製であってもよい。オーム接触層は、酸化ニッケル等の金属電極層の一部であってもよい。

10

【0050】

次に図5Bを参照すると、酸化インジウムスズまたは酸化ニッケル等の導電性金属酸化物は半導体55の表面全体に堆積されて、金属電極57を形成できるオーム接触/電流拡散層56を画定することができる。このような場合、層56はオーム接触及び電流拡散層の双方として機能する。重ドープ領域等のLED半導体材料の直上には、オーム接触を可能にする層が存在し得る。

【0051】

厳密な金属電極構造、半導体材料またはLED構造体にも関わらず、当代の金属電極は望ましくないことに幾分か光を吸収する。さらに、金属接続は光透過的ではなく、光が逃げるために利用可能な表面領域をブロックする。従って、このような当代の電極は二重の影響を与え、つまり、入射光の一部を直接吸収するだけでなく、反射される残りの光をデバイス内へ戻る方向へ向けさせ、他の材料による吸収によってさらに失わせている。全吸収量は電極の厳密な構造に強く依存し、電極の接続領域のサイズに比例して増減する傾向がある。

20

【0052】

次に、図6A~6Cを参照して、電流集中問題を緩和する電流拡散の原理について論じる。当代のLEDのp層及びn層は薄く、比較的低い導電性を有する。これらの層は、自力では電流をpn接合部の全領域、即ち活性領域全体へ一様に分布しない。活性領域の複数の部分が電極から遠くに存在しているより広い領域の場合、これらの遠い領域に存在する電流フローは金属接続に近い領域よりも少ない。その結果、電流分布は一様でなくなり、結果として発光も一様でなくなる。電流集中を低減するために、金属電極の幾何学的形状は半導体表面全体に拡張される。しかしながら、これらの拡張は、望ましくないさらなる光吸収に繋がる。

30

【0053】

特に図6Aに示されるように、円形接続または電極62は半導体61上に形成されることが可能であり、ワイヤボンダッドとして機能することができる。また、特に図6Bに示されるように、十字形接続63は、電流拡散を高めるために電極62と組み合わせることが可能である。さらに、特に図6Cに示されるように、他の様々な幾何学的形状の構造体63も同様にして、電流拡散を促進するために、特により大きいLEDダイ上で電極62と組み合わせることが可能である。

40

【0054】

典型的には、ワイヤボンドはLEDに電力を供給するための手段として使用される。しかしながら、ワイヤボンドパッド面積は、約 $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ のほぼ最小サイズである必要がある。各ワイヤボンドパッドのサイズはデバイスサイズに関わらず一定であることから、吸収性で不透明なワイヤボンド領域は、表面積全体、従って、該LEDデバイスにとってはかなりの部分になる可能性がある。

【0055】

50

電極による望ましくない光吸収を減らすための一方法は、電極の接続面積または幅を最小限に抑えることである。LED半導体材料への電気接続が唯一の考慮事項であれば、接続の幅は約数ミクロンオーダーの極めて狭いものにすることができる。しかしながら、重要な考慮事項は、断面積の低減によって生じる望ましくない電気抵抗の上昇がある。高電力用途では、電極は1アンペア以上の電流を運ぶ場合がある。これは、電気抵抗を最小化するために、幅(W)×厚さ(T)の断面積がほぼ最小値になることを必要とする。従って、他の方法で電極の抵抗増加を補償することなく単に電極の接続面積または幅を減らすことはできない。

【0056】

次に図7Aに示すように、合計断面積が $40\mu\text{m}^2$ である場合の金電極の典型的なサイズは、 $W = 20\mu\text{m}$ 及び $T = 2\mu\text{m}$ である。理論上は、図7Bを参照して後述するように、幅の縮小に比例して厚さを増大させることにより、一定の断面積、従って一定の電気抵抗を保つことができる。

10

【0057】

図7Bを参照すると、本発明の一実施の形態により、電極77のアスペクト比は増大されることが可能である。即ち、電極77の高さは、その幅との比較で増大されてもよい。例えば、高さは、 $2.5\mu\text{m}$ よりも大きい厚さをもたらすべく増大されてもよい。このようにして、半導体75に接触している(よって光吸収に利用可能である)電極74の面積は低減され、必然的に光吸収も同様に低減される。電極77の高さの増大は、望ましくはその導電性を維持する。所望される導電性を維持するために、接続面積は低減されていると同時に、電極の厚さは増大されている。しかしながら、製造コスト及び実際のプロセスの考慮から、電極の厚さは、典型的には $2.5\mu\text{m}$ 以下に制限される。従って、電極の接続面積は、電極が単に半導体材料への電気接触に使用された場合に必要となるものを遙かに超えて大きくなる。電極の接続面積に付随する吸収も同様に遙かに大きくなる。

20

【0058】

電極の光吸収を減らすための別の方法は、電極の反射率を高めることである。先行技術による幾つかのアプローチは、LED用反射電極を生成するために使用されている。最も単純な方法は、高い反射率を有する金属の使用である。これらの金属としては、Al、Ag、Re及び当業者に知られる他の金属が含まれる。

【0059】

選択される金属は、高い反射率を有する必要があるだけでなく、容認できるほど低抵抗で半導体材料に対してオーム接触することが必要である。p型のAlInGaNの場合、Agのみが低い電気抵抗と高い反射率とを兼ね備える。

30

【0060】

次に図8Aを参照すると、Agを含む電極構造体が表示されている。即ち、半導体基板81上にAg電極82が形成されている。残念ながら、Agは、曇りやすくかつデバイス動作中にエレクトロマイグレーションに陥りやすいという理由で信頼性に懸念がある。また、Agベースの接続の接触抵抗は、デバイス動作中に経時的に増大する場合がある。

【0061】

次に図8Bを参照すると、異なる入射角に関する、図8AのAg電極の反射率が示されている。高反射性の金属電極である銀であっても、垂直入射に近い場合の反射当たりの吸収は約10%である。吸収はさらに、10%より遙か下まで下げることが望ましい。

40

【0062】

次に図9Aを参照すると、縦型構造LEDにおいて反射率を高めるために、1/4の誘電体103、即ち SiO_2 層を使用することが知られている。誘電体103は、共に導電性ホルダ101上に形成されるGaN半導体104とAg金属層102との間に形成される。しかしながら、後に論じるように、1/4の誘電体の使用は反射率をさほど高めない。

【0063】

次に図9Bを参照すると、1/4の誘電体層の使用は、曲線153が示すように、入

50

射するS偏光の光の反射率を高めることが分かる。しかしながら、この誘電体層上に入射するP偏光の光は、曲線152が示すように、 47° 付近で反射率曲線に深い窪みを有する。この窪みは、S偏光及びP偏光の光の平均を表す曲線151が示すように、全体的な反射率を大きく下げる。従って、 $1/4$ の誘電体層の使用は、LED電極による光吸収という課題に対する適切な解決策ではない。

【0064】

本発明の一実施の形態によれば、反射性の電極構造体は、電極とLED半導体材料との間の接触面積を最小化する。導電性電極と半導体材料の間には、電極の一部を電気的に絶縁する一方で他の部分は電気接触が可能であるように、比較的厚い誘電体が配置される。誘電体は、半導体より低い屈折率を有し得、かつ後に論じるように、臨界角 θ_c より大きい入射角の場合に内部全反射が発生するほど十分に厚い。

10

【0065】

誘電体の内部全反射は、ほぼ100%の反射率のために望ましい機能を与える。内部全反射は、臨界角 θ_c を超えたところで発生する。GaN対空気の境界面の場合、臨界角は約 24° である。GaN対SiO₂の境界面の場合、臨界角は約 37° である。

【0066】

次に図10Aを参照すると、GaN/空気境界面における光反射が半概略図で示されている。光線は、入射角が臨界角 θ_c より大きいことに起因して、境界面からもとのGaN半導体材料121内へ反射されて示されている。

【0067】

次に図10Bを参照すると、異なる入射角に関する、図10AのGaN/空気境界面における反射率がチャートで示されている。

20

【0068】

次に図11Aを参照すると、本発明の一実施の形態によるGaN/SiO₂境界面における光反射が半概略図で示されている。光線は、入射角が臨界角 θ_c より大きいことから、GaN半導体材料131とSiO₂層132との境界面からGaN半導体材料131内へ反射されて示されている。

【0069】

次に図11Bを参照すると、本発明の一実施の形態による、異なる入射角に関する、図11AのGaN/SiO₂境界面における反射率がチャートで示されている。

30

【0070】

次に図12Aを参照すると、本発明の一実施の形態によるGaN/SiO₂/Al境界面における光反射が半概略図で示されている。電極173の一部はGaN基板171上に懸垂され、且つ、それらの間に形成されている厚い誘電体SiO₂層172を有する。電極173の別の部分は、GaN基板171上に直接形成されている。

【0071】

次に図12Bを参照すると、本発明の一実施の形態による、異なる入射角に対する、図12AのGaN/SiO₂/Al境界面におけるP偏光の反射率がチャートで示されている。但し、SiO₂層の厚さは 1 と $3/4$ 以下である。 $1/16$ のSiO₂では、内部全反射の影響はなく、反射率はSiO₂層が無い場合より僅かに悪い。 $1/4$ のSiO₂でもまだTIRの影響はなく、反射率は劇的に悪くなる。 $1/2$ のSiO₂では大きい入射角で内部全反射が発生するが、約 38° で反射率に非常に深い窪みが発生する。 1 と $3/4$ では、大きい入射角で内部全反射が発生し、反射率に著しい窪みは生じない。TIRは $1/2$ のSiO₂で始まることから、「厚い」誘電体という用語は $1/2$ 以上の厚さの全ての誘電体を指す。

40

【0072】

次に図12Cを参照すると、本発明の一実施の形態による、異なる入射角に対する、図12AのGaN/SiO₂/Al境界面における反射率がチャートで示されている。但し、このSiO₂層の厚さは入射光の波長の 1 と $3/4$ 倍より大きい。

【0073】

50

一旦誘電体層が内部全反射のためのこの最小厚さを超えると、その厳密な厚さは、干渉を基礎とする従来の光コーティングの場合のように決定的に重要ではなくなる。これは、製造プロセスにおいてより大きい許容度をもたらす。図12Cはこれを示す。図12Cは、一方が1.75であり他方が1.85である2つの異なる厚さの厚い誘電体の反射率曲線を示している。内部全反射の角度は、変わらない。

【0074】

次に図13Aを参照すると、本発明の一実施の形態による、厚い誘電体SiO₂基層185上のSiO₂182及びTiO₂183の交互層から構成される分布型ブラッグ反射器(DBR)における光反射が半概略図で示されている。電極184は半導体材料181と電気接触し、かつDBR積層上の最上層である。厚い誘電層185は、DBR積層と半導体材料181との間に形成される。

10

【0075】

厚い誘電体は、大きい角度において効果的な反射体を形成する。しかしながら、これは、臨界角より小さい角度では反射率をさほど高めない。これらの小さい角度では、分布型ブラッグ反射器(DBR)を追加して光を反射させることが可能である。DBRは、典型的には、一連の交互的な高指数/低指数の誘電体を使用して製造される。図13Aに示すように、より小さい角度では、1と3/4の厚いSiO₂層上の1/4のSiO₂及び1/4のTiO₂による2対の連なりが反射率を高める。DBRは、光干渉を使用して反射率に影響を与えているため、その厚さが厚いSiO₂基層の厚さに比べてより決定的に重要である。

20

【0076】

下記の表2は、本発明の1つまたは複数の実施の形態に従って使用される電極材料に関するさらなる情報を提供する。コーティング厚さの基準波長は、0.4500ミクロンである。相及び遅延特性の値の単位は度である。コーティングは、6層を有する。入射媒体はGaNである。使用される光の波長は、0.4500ミクロンである。

【0077】

【表2】

| 材料 | 厚さ |
|------------------|----------|
| Al ₁ | 1.000000 |
| SiO ₂ | 0.250000 |
| TiO ₂ | 0.250000 |
| SiO ₂ | 0.250000 |
| TiO ₂ | 0.250000 |
| SiO ₂ | 0.750000 |

30

次に図13Bを参照すると、本発明の一実施の形態による、異なる入射角に関する、図13AのDBR層における反射率と、厚い誘電体だけの設計及び厚い誘電体もDBRもない設計との比較がチャートで示されている。

【0078】

次に図14を参照すると、本発明の一実施形態による、異なる入射角に関する幾つかの材料の反射率が先行技術と比較されてチャートで示されている。Cr下層を有するAu金属層は、最下の曲線1951が示すように最悪の反射率を有する。Alは、曲線1952が示すように実質的に良い。Agは、曲線1953が示すようにさらに良い。厚いSiO₂誘電下層を有するAg金属層は概してAgより良い反射率を有するが、曲線1954は

40

50

所々で曲線 1953 を下回る。2 対の DBR 及びこれに続く厚い SiO_2 を有する Ag 金属層は、曲線 1955 が示すように最良の反射率を有する。

【0079】

次に図 15A を参照すると、本発明による懸垂電極の第 1 の例示的な実施の形態が半概略図で示されている。電極 142a は GaN 基板 141 上に、間に厚い空気の間隙 143a が形成されるように懸垂されている。電極 142a は、自身の両側で支持されている。

【0080】

次に図 15B を参照すると、本発明による懸垂電極の第 2 の例示的な実施の形態が半概略図で示されている。電極 142b は GaN 基板 141 上に、間に複数の厚い空気の間隙 143b が形成されるように懸垂されている。電極 142b は、自身の両側と中間部とで

10

【0081】

次に図 15C を参照すると、本発明による懸垂電極の第 3 の例示的な実施の形態が半概略図で示されている。電極 142c は GaN 基板 141 上に、間に厚い空気の間隙 143c が形成されるように懸垂されている。電極 142c は、自身の片側のみで支持されている。

【0082】

次に図 15D を参照すると、本発明による懸垂電極の第 4 の例示的な実施の形態が半概略図で示されている。電極 142d は GaN 基板 141 上に懸垂され、間に厚い SiO_2 層 143d が形成されている。電極 142d は、自身の両側で支持されている。

20

【0083】

次に図 15E を参照すると、本発明による懸垂電極の第 5 の例示的な実施の形態が半概略図で示されている。電極 142e は GaN 基板 141 上に懸垂され、間に厚い SiO_2 層 143e の複数のセクションが形成されている。電極 142e は、自身の両側と中間部とで支持されている。

【0084】

次に図 15F を参照すると、本発明による懸垂電極の第 6 の例示的な実施の形態が半概略図で示されている。電極 142f は GaN 基板 141 上に、間に厚い SiO_2 層 143f が形成されるように懸垂されている。電極 142f は、自身の片側のみで支持されている。

30

【0085】

次に図 16A を参照すると、本発明によるオーム接触層を有する懸垂電極の第 1 の例示的な実施の形態が半概略図で示されている。図 16A の電極の構造は図 15A の構造に類似するが、酸化インジウムスズ (ITO) 層 144 が追加されている点異なる。

【0086】

次に図 16B を参照すると、本発明によるオーム接触層を有する懸垂電極の第 2 の例示的な実施の形態が半概略図で示されている。図 16B の電極の構造は図 15B の構造に類似するが、酸化インジウムスズ (ITO) 層 144 が追加されている点異なる。

【0087】

次に図 16C を参照すると、本発明によるオーム接触層を有する懸垂電極の第 3 の例示的な実施の形態が半概略図で示されている。図 16C の電極の構造は図 15C の構造に類似するが、酸化インジウムスズ (ITO) 層 144 が追加されている点異なる。

40

【0088】

次に図 16D を参照すると、本発明によるオーム接触層を有する懸垂電極の第 4 の例示的な実施の形態が半概略図で示されている。図 16D の電極の構造は図 15D の構造に類似するが、酸化インジウムスズ (ITO) 層 144 が追加されている点異なる。

【0089】

次に図 16E を参照すると、本発明によるオーム接触層を有する懸垂電極の第 5 の例示的な実施の形態が半概略図で示されている。図 16E の電極の構造は図 15E の構造に類似するが、酸化インジウムスズ (ITO) 層 144 が追加されている点異なる。

50

【0090】

次に図16Fを参照すると、本発明によるオーム接触層を有する懸垂電極の第6の例示的な実施の形態が半概略図で示されている。図16Fの電極の構造は図15Fの構造に類似するが、酸化インジウムスズ（ITO）層144が追加されている点異なる。

【0091】

次に図17A～17Dを参照すると、例示的な当代の横型LED構造体及びその製造プロセスが示されている。

【0092】

特に図17Aを参照すると、ワイヤボンダッドの対1091及び1092は、半導体1093への電流の印加を容易にする。半導体1093は、基板1096上へ形成される。半導体1093は、p層1097と、n層1098とを備える（n層1098及びp層1097は本論考の目的に沿って概して互換可能である）。電流は、周知の原理に従って活性領域1094に光を生成させる。

10

【0093】

特に図17Bを参照すると、図9Aに示すLEDの製造は、基板1096上へ半導体層1093を形成することを含む。半導体層1093は、（図17Aに示すように）n層1098と、p層1097とを備える。

【0094】

特に図17Cを参照すると、p層1097の一部はエッチング等によって除去される。p層1097は、下にあるn層1098の一部を露出するのに十分な量が除去される。p層1097のこの一部の除去は、切欠き部分1099を画定する。切欠き1099の形成により、n層1098は露出された状態におかれる。

20

【0095】

特に図17Dを参照すると、p層1097上にワイヤボンダッド1091が形成され、かつn層1098上にワイヤボンダッド1092が形成される。ワイヤボンダッド1091及び1092は、半導体1093の表面積の比較的大きい部分を覆う。例えば、当代のLEDの電極ワイヤボンダッドは $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ である可能性がある。従って、これらは、残念ながら、活性領域1094によって生成される光の多くを吸収してしまう。さらに、ワイヤボンダッド1092のために必要とされる比較的大きな切欠き領域1099も活性領域1094のサイズを望ましくなく低減し、よってこのような当代のLEDによって生成される光の量はさらに減らされる。各電極のサイズはデバイスサイズに関わりなく固定されることから、特により小型のLEDでは、望ましくない光吸収は全表面積のかなりの部分で発生する可能性がある。

30

【0096】

一部は切欠きの内部に存在しかつ一部は切欠きの外側に存在するような電極構造体の形成は、電極が反射性でないとしても実質的な利点を提供する点を認識することには価値がある。例えば、図18A～図18Bに関連して後述する電極構造体は、除去する活性領域を少なくしてより多い量の光を生成できるように切欠きのサイズを最小限に抑えながら十分なボンディング面積をもたらす。

【0097】

次に図18A～18Eを参照して、本発明の一実施の形態による例示的な横型LED構造体及びその製造プロセスを示す。厚い誘電体層1101及び1102は各々、ワイヤボンダッド1091a及び1092aの下に形成される。厚い誘電体層1101及び1102は、ワイヤボンダッド1091a及び1092aの反射率を、それらによる望ましくない光吸収が実質上低減されるように高める。各ワイヤボンダッド1091a及び1092aの一部は、電流フローを容易にするために半導体1093と接触したままにされる。

40

【0098】

本明細書で言及される厚い誘電体層は、干渉効果を重大なものにしないような充分な厚さを有する層である。さらに、本明細書で言及される厚い誘電体層は1/4より大きい

50

厚さを有することが可能である。例えば、厚い誘電体層は、 $1/2$ 以上、約 1.5 、約 1.75 または 1.75 を超える厚さを有してもよい。

【0099】

特に図18B及び18Cを参照すると、図17B及び17Cの場合と同様に、基板1096上に半導体1093が形成され、半導体1093内に切欠き1099が形成される。

【0100】

特に図18Dを参照すると、厚い誘電体層1101及び1102が各々p層1097及びn層1098上に形成される。厚い誘電体層1101及び1102は、周知の原理に従って製造されることが可能である。

【0101】

特に図18Eを参照すると、ワイヤボンダッド1091aは厚い誘電体層1101を少なくとも部分的に覆うように形成され、かつワイヤボンダッド1092aは厚い誘電体層1102を少なくとも部分的に覆うように形成される。先に述べたように、ワイヤボンダッド1091a及び1092aのそれぞれの一部はそれぞれの下側の面で半導体1093に接触する。

【0102】

次に図19A～図19Eを参照して、本発明の一実施の形態による例示的な横型LED構造体及びその製造プロセスを示す。

【0103】

特に図19Aを参照すると、厚い誘電体層1101及び1102aは各々、ワイヤボンダッド1091a及び1092bの下に形成される。厚い誘電体層1101及び1102aは、ワイヤボンダッド1091a及び1092bの反射率を、それらによる望ましくない光吸収が実質上低減されるように高める。各ワイヤボンダッド1091a及び1092bの一部は、電流フローを容易にするために半導体1093と接触したままにされる。

【0104】

特に図19B及び図19Cを参照すると、図17B及び17Cの場合と同様に、基板1096上に半導体1093が形成され、半導体1093内に切欠き1099aが形成される。しかしながら、この実施形態における切欠き1099aは、その表面積の大きさの減少を低減するようにL字形構成で形成されている。この方法では、切欠き1099aの形成で犠牲にされる活性領域が減り、必然的にLEDの明るさが強まる。

【0105】

特に図19Dを参照すると、厚い誘電層1101は、p層1097上に形成される。他の厚い誘電体層1102aは、一部がp層1097の上、一部がn層1098の上に形成される。厚い誘電体層1101及び1102aは、この場合もやはり周知の原理に従って製造されることが可能である。この例では、厚い誘電体層1102aはp層1097及び活性層1094の側面に沿って下へ形成され、よってワイヤボンダッド1092bをこれらの層から電氣的に絶縁する。即ち、厚い誘電体層1102aは、p層1097及びn層1098の双方の上、並びにこれらの間の境界面、即ち活性層1094上に形成される。厚い誘電体層1102aは、p層1097からn層1098へ段階的に下降する。厚い誘電体層1102aのこの構造は、図19Aの断面図において最もよく分かる。

【0106】

特に図19Eを参照すると、ワイヤボンダッド1091aは厚い誘電体層1101を少なくとも部分的に覆うように形成され、かつワイヤボンダッド1092bは厚い誘電体層1102aを少なくとも部分的に覆うように形成される。先に述べたように、ワイヤボンダッド1091aの一部はp層1097に接触し、かつワイヤボンダッド1092bの一部はn層1098に接触する。この例では、ワイヤボンダッド1092bは下方へ形成され、厚い誘電体層1102aにより絶縁されかつ厚い誘電体層1102aを覆い、n層1098に電気接触する。ワイヤボンダッド1092bのこの構造は、図19Aにおいて最もよく分かる。

10

20

30

40

50

【0107】

この実施形態では、厚い誘電体層1101及び1102aは、ボンドパッド1091a及び1092bによる光の吸収を減らし、LEDの明るさを強める。低減されたサイズの切欠き1099aはより大きい活性領域1094をもたらし、よってLEDの明るさはさらに強まる。

【0108】

本発明によれば、各ボンドパッド及び/または電極の少なくとも一部と半導体材料との間に厚い誘電体を形成することができる。厚い誘電体は、ボンドパッド及び/または電極による望ましくない光吸収が実質的に減らされるように反射率を高める。

【0109】

次に図20Aを参照すると、本発明の一実施の形態による懸垂電極構造が半概略的な斜視図で示されている。半導体161上には金属電極162が形成され、金属電極162と半導体161との間に厚い誘電体163が形成される。電極162の一部は厚い誘電体163上へ形成され、電極162の一部は、電極162が半導体161と電気接触状態であるように半導体161に接触する。

10

【0110】

次に図20Bを参照すると、本発明の一実施の形態による懸垂電極構造の別の構造が半概略的な斜視図で示されている。この構造は、全体としては図20Aの構造に類似するが、厚い誘電体163が、電極162が半導体に接触する部分が図20Aとは異なる場所になるように破断される点異なる。図20Bに示すように、電極162と半導体161との接点は複数設けられる。当業者には認識されるであろうが、電極162が半導体161に様々な異なる場所で接触するような電極162及び厚い誘電体163は、様々な構造が可能である。

20

【0111】

図21A～図24は、本発明の1つまたは複数の実施の形態による厚い誘電体を使用する例示的な電極構造体を示す。例えば、1つまたは複数の絶縁誘電体の層をボンドパッドの下に形成することもできる。このような構造の幾つかの利点としては、電流集中が軽減され、よって単純化設計が促進されること、電極の下の誘電体層がミラーとなり得ることから光吸収が最小化されること、切欠き領域の縮小によって達成される発光領域のより効率的な使用、広範囲のダイサイズに合わせたスケラブル設計がより容易になること、順電圧が比較的低いこと、及び電流拡散がより一様になること、が含まれる。

30

【0112】

図21A～図24における例示的な実施の形態は、細長いチップの実施である。このような細長いチップは、高められた明るさをより良い効率でもたらしすることができる。

【0113】

次に図21Aを参照すると、細長いチップのための電極設計が示されている。厚い誘電体層1002及び1003は、各々、ボンドパッド1006（例えば、pボンドパッド）の下、及び1007（例えば、nボンドパッド）の下に形成されることが可能である。nボンドパッド1007及びn電極延設部1001は、半導体材料1008のエッチングにより除去された部分または切欠き1004の上に形成される。

40

【0114】

厚い誘電体層1002及び1003は、ボンドパッド1006及び1007を半導体材料1008から絶縁して電流集中を低減する。これにより、より一様な電流フローのための改善された幾何学的形状がもたらされる。一様でない明るさの原因となる、かつ結果としてLEDを損傷させる可能性のあるホットスポットは実質的に低減される。

【0115】

このような厚い誘電体層は、各々n配線及びp配線を画定する導電性の延設部1001及び1005の下に形成されない。従って、延設部1001及び1005は、半導体1008全体にわたってより一様に電流を分布させる。即ち、本発明の一側面によれば、LEDへ電流を供給する電極間の距離は、より等しくなる傾向がある。

50

【0116】

本発明の1つまたは複数の実施の形態では、内部全反射（TIR）が光抽出の向上において実質上の利点をもたらす点を認識することには価値がある。DBR構造体の使用は任意で選択的であるが、本発明の少なくとも1つの実施の形態では、光抽出をさらに高めるために使用されることが可能である。

【0117】

先に述べたようなTIR及び/またはDBR構造体の使用は、ボンドパッド1006及び1007の下で望ましくない光吸収を実質的に減らすことができる。このような絶縁体（並びに絶縁層1002及び1003）は、半導体（及び必然的にその活性領域）を通る電流の流れがより一様に分布するように、延設部1001及び1005の下ではなく、ボンドパッド1006及び1007の下に形成されることが可能である。

10

【0118】

図21A及び図21Bに示すように、ボンドパッド1006及び1007は、正確にワイヤトレースまたは延設部1001及び1005の端に配置されているわけではない。これは、ボンドパッド1006及び1007がトレースに沿って任意の位置に配置されてもよいことを示している。従って、ボンドパッド1006及び1007は、延設部1001及び1005の端、端の近く及び/または中間に配置されてもよい。ボンドパッド1006及び1007の位置は、所望される通りに任意の位置が使用されてもよい。

【0119】

次に図21Bを参照すると、図21Aの構造に関する潜在的改良が示されている。切欠き1004の領域は、p表面の上にnボンドパッドを配置することによって縮小され、かつ厚い誘電体によりp表面から分離される。即ち、nボンドパッドの少なくとも一部は切欠き1004内に存在せず、よって切欠き1004は図21Aの場合より遙かに小さくなることができる。また、この誘電体は、p層からのnボンドパッドの絶縁を確実にするために切欠きの両端を覆う必要がある。即ち、切欠きのこの領域は、活性領域のサイズが増大されるように縮小される。より小さい切欠き1004の使用により促進される発光エリアの増大化は、より大きい電力出力を可能にすることができる。

20

【0120】

用途によっては、p電極とn電極との距離が大きすぎて、結果として順電圧が望ましくない高さになる場合がある。このような場合は、複数の電極の使用が有益である場合がある。図22A～図23Cは、このような望ましくなく高い順電圧を減らすことができる3電極設計の様々な例示的实施を示す。

30

【0121】

次に図22A～図22Cを参照すると、nボンドパッドが2つの電気絶縁されたパッド1217及び1218に分割されて示されている。原則的には、これらは接触している（よって互いに電気接触状態にある）可能性があり、よって効果的に単一のパッドを形成することができる。パッド1217及び1218に至るワイヤボンドは、各々に1つずつの2つが独立に存在してもよい。しかしながら、パッド1217及び1218間の間隙1220が十分に小さいと、単一のボンドパッドを使用してパッド1217及び1218を互いに電氣的に接続することができる。この方法では、所望される任意の数のこのような電極を使用することができる。

40

【0122】

特に図22Aを参照すると、2つのnボンドパッド1217及び1218と、単一のpボンドパッド1219とが使用されてもよい。ボンドパッド1219とその下に配置される半導体材料1280との間には、2つの厚い誘電体層1204及び1283を形成することができる。同様に、nボンドパッド1217及び1218と切欠き1281の半導体材料1201との間には、厚い誘電体層1202を形成することができる。先に述べたように、このような構造は、より一様な電流分布をもたらす。これは、より大きい、かつ/またはより高い電流のLEDの場合に特に顕著である。

【0123】

50

特に図 2 2 B を参照すると、切欠きの半導体材料の領域 1 2 0 1 は、図 2 2 A に示す領域に比較して、図 2 1 B の方法に類似する方法で縮小されている。この場合もやはり、ボンドパッド 1 2 1 9 とその下に配置される半導体材料 1 2 8 0 との間には、2 つの厚い誘電体層 1 2 0 4 及び 1 2 8 3 を形成することができる。同様に、ボンドパッド 1 2 1 7 及び 1 2 1 8 と切欠き 1 2 8 1 の半導体材料 1 2 0 1 との間には、厚い誘電体層 1 2 0 2 を形成することができる。

【 0 1 2 4 】

特に図 2 2 C を参照すると、p 配線延設部 1 2 0 3 は、p 配線延設部の遠位端 1 2 3 0 が厚い誘電体層 1 2 0 2 の右側へ延びるようにして n ボンドパッドの厚い誘電体層 1 2 0 2 の下に延設される。この場合もやはり、ボンドパッド 1 2 1 9 とその下に配置される半導体材料 1 2 8 0 との間には、2 つの厚い誘電体層 1 2 0 4 及び 1 2 8 3 を形成することができる。同様に、n ボンドパッド 1 2 1 7 及び 1 2 1 8 と切欠き 1 2 8 1 の半導体材料 1 2 0 1 との間には、厚い誘電体層 1 2 0 2 を形成することができる。

【 0 1 2 5 】

特に図 2 3 A ~ 図 2 3 C を参照すると、図 2 2 A ~ 図 2 2 C の構造が何れのタイプのデバイスにも適することを示すために、p 層及び n 層の位置が逆転されている（必然的に、ボンドパッド、絶縁体、他も各々逆転されている）。従って、n ボンド 1 5 0 7 と厚い n ボンドパッド誘電体 1 5 0 3 とは切欠き 1 5 0 4 上に形成され、p ボンドパッド 1 5 1 1 及び 1 5 1 2 と厚い p ボンドパッド誘電体 1 5 0 1 とは切欠き 1 5 0 4 上に形成されない（これは、図 2 2 A ~ 図 2 2 C に示す構造の反対である）。このように、電極も図 2 2 A ~ 図 2 2 C に示す構成が逆転されている状態になっている。

【 0 1 2 6 】

特に図 2 4 を参照すると、より一様な電流分布を促進する 2 電極 LED が示されている。半導体材料 2 4 0 1 上には、n ボンドパッド 2 4 0 3 及び p ボンドパッド 2 4 0 4 が形成される。n ボンドパッド 2 4 0 3 は、それ自体と半導体材料 2 4 0 1 との間に形成される厚い誘電体層 2 4 0 6 を有する。同様に、p ボンドパッド 2 4 0 4 は、それ自体と半導体材料 2 4 0 1 との間に形成される厚い誘電体層 2 4 0 7 を有する。

【 0 1 2 7 】

切欠き 2 4 0 2 は、n ボンドパッド 2 4 0 3 と半導体材料 2 4 0 1 の n 層との接触を容易にする。n ボンドパッド 2 4 0 3 の一部は切欠き 2 4 0 2 の外側に（而して半導体材料 2 4 0 1 の p 層上に）形成されることが可能であり、n ボンドパッド 2 4 0 3 の一部は（n 層との電気接触をもたらすために）切欠き 2 4 0 2 内に形成されることが可能である。同様に、厚い誘電体層 2 4 0 6 の一部は切欠き 2 4 0 2 の外側に（而して半導体材料 2 4 0 1 の p 層上に）形成されることが可能であり、厚い誘電体層 2 4 0 6 の一部は切欠き 2 4 0 2 内に形成されることが可能である。

【 0 1 2 8 】

従って、n ボンドパッド 2 4 0 3 及び厚い誘電体層 2 4 0 6 は、切欠き 2 4 0 2 の側面を沿って下へ半導体材料 2 4 0 1 の p 層から n 層まで、図 2 1 B に類似する方法で延設される。先に論じたように、このような構造は切欠き 2 4 0 2 のサイズを最小化する傾向があり、よって LED の明るさ及び効率を高める傾向がある。

【 0 1 2 9 】

p 配線または延設部 2 4 0 7 は、半導体 2 4 0 1 の活性領域を通る電流をより一様に分布させるために p パッド 2 4 0 4 から延設される。p パッド 2 4 0 4 の一部及び延設部 2 4 0 7 の全ては、半導体材料 2 4 0 1 上に直接（厚い誘電体層の介在なしに）形成されることが可能である。

【 0 1 3 0 】

図 1 5 ~ 図 2 4 には、単一の厚い誘電体層のみが示されているが、厚い誘電体と電極との間には 1 つまたは複数の DBR 対の連なりを配置することができる。同様に、図 1 5 ~ 図 2 4 は半導体材料に直接接触した状態の電極を示しているが、接触はオーム接触層または電流拡散層を介してよい。

10

20

30

40

50

【 0 1 3 1 】

本発明の1つまたは複数の実施の形態によれば、厚い誘電体は非多孔性であってもよい。即ち、誘電体の断面は連続的であってもよい。厚い誘電体は、その断面が不連続となって現れる原因となる穴または穿孔を持たないように形成されてもよい。

【 0 1 3 2 】

誘電体材料は、多孔性であってもよい。従って、そうでなければ過密となり得る（よって必然的に屈折率が高まる）厚い誘電体材料も、誘電体材料を多孔性または非連続にして密度（並びに有効な屈折率）を効果的に下げることにより使用が可能となる。

【 0 1 3 3 】

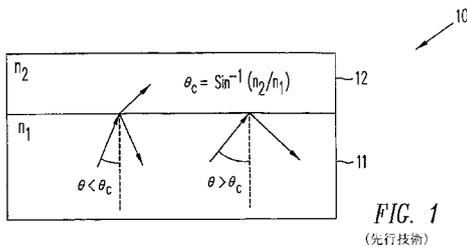
これまでの説明に鑑みて、本発明の1つまたは複数の実施の形態は、より明るい、かつ/またはより効率的なLEDを提供する。LEDの明るさの増大は、広範な用途における使用をより適したものにすることによってその有用性を高める。例えば、より明るいLEDは、全般照明用途に適する可能性がある。さらに、より効率的なLEDは、（望ましい光量を与えるために必要とされる電気の量を低減すること等により）使用コストを下げるという理由で望ましい。

10

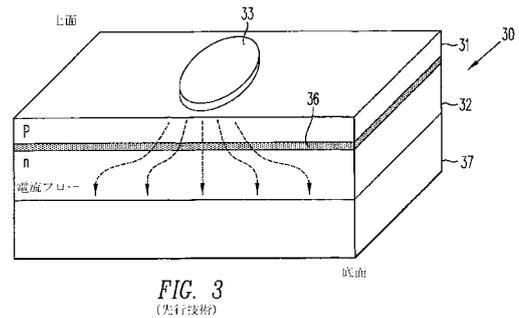
【 0 1 3 4 】

これまでに説明した実施の形態は本発明を例証するが、限定しない。また、本発明の原理に従って、多くの改変及び変形が可能であることも理解されるべきである。従って、本発明の範囲は、添付の特許請求の範囲によってのみ画定される。

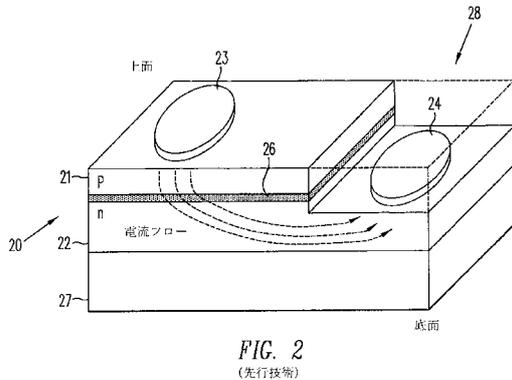
【 図 1 】



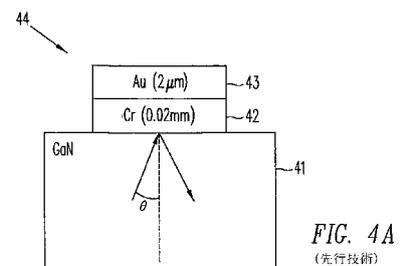
【 図 3 】



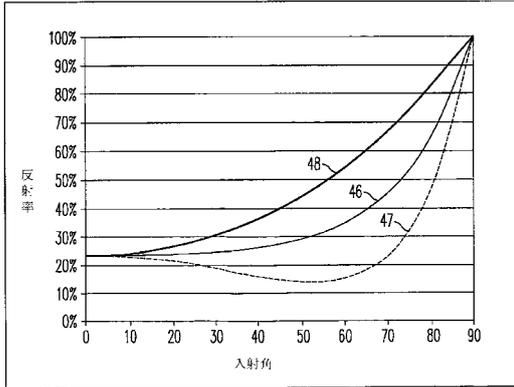
【 図 2 】



【 図 4 A 】



【 図 4 B 】



| | |
|----|---------------|
| 46 | ▷ 及び ◁ の偏光の平均 |
| 47 | ▷ 偏光 |
| 48 | ◁ 偏光 |

FIG. 4B
(先行技術)

【 図 5 A 】

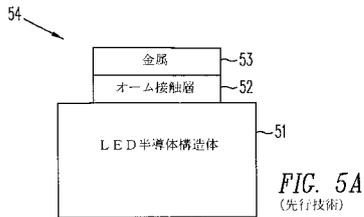


FIG. 5A
(先行技術)

【 図 5 B 】

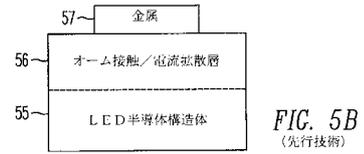


FIG. 5B
(先行技術)

【 図 6 A 】

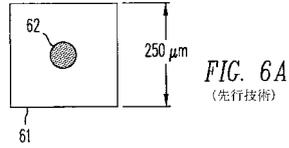


FIG. 6A
(先行技術)

【 図 6 B 】

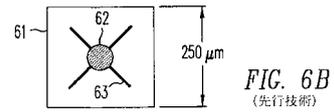


FIG. 6B
(先行技術)

【 図 6 C 】

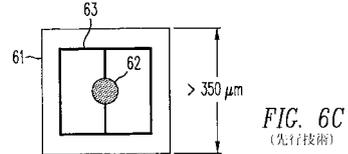


FIG. 6C
(先行技術)

【 図 7 A 】

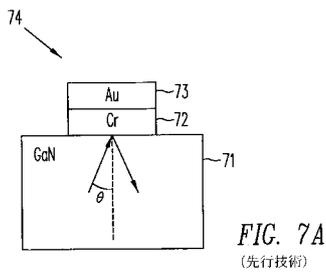


FIG. 7A
(先行技術)

【 図 8 A 】

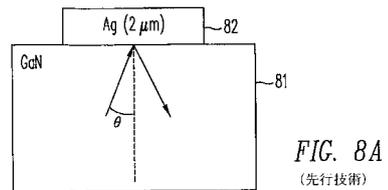


FIG. 8A
(先行技術)

【 図 7 B 】

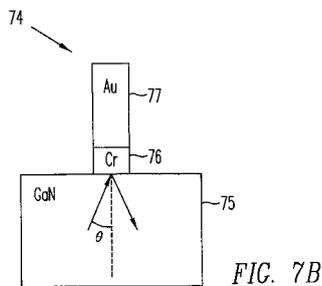
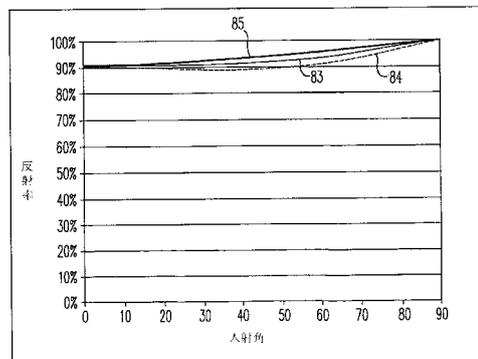


FIG. 7B

【 図 8 B 】



| | |
|----|---------------|
| 85 | ▷ 及び ◁ の偏光の平均 |
| 84 | ▷ 偏光 |
| 86 | ◁ 偏光 |

FIG. 8B
(先行技術)

【図9A】

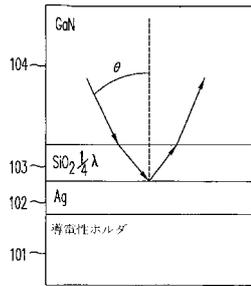


FIG. 9A
(先行技術)

【図9B】

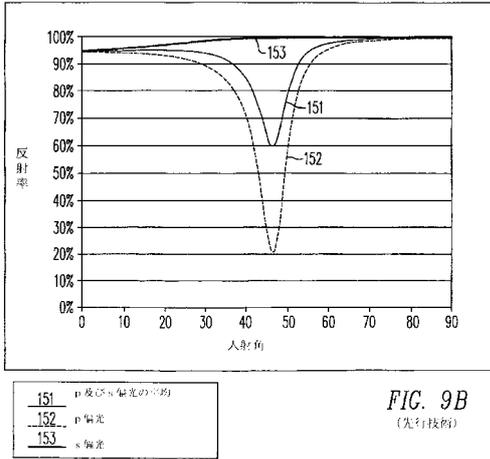


FIG. 9B
(先行技術)

【図10A】

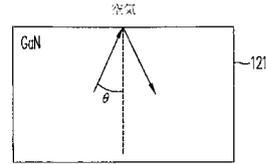


FIG. 10A
(先行技術)

【図10B】

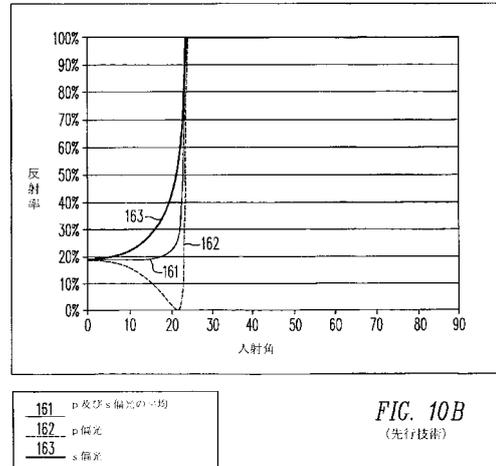


FIG. 10B
(先行技術)

【図11A】

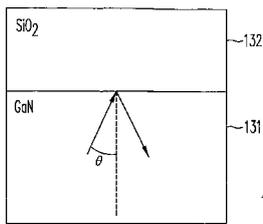


FIG. 11A
(先行技術)

【図11B】

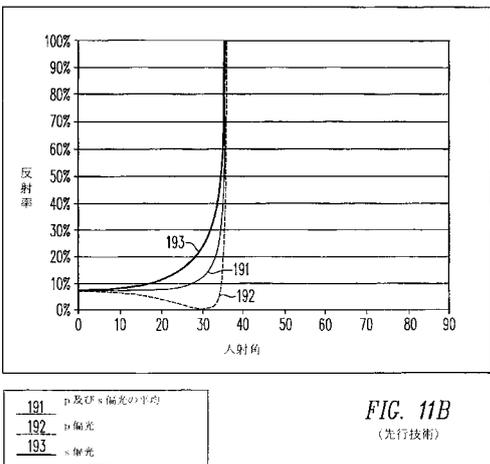


FIG. 11B
(先行技術)

【図12A】

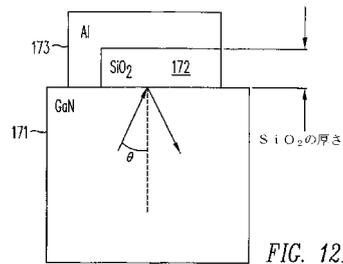


FIG. 12A

【図12B】

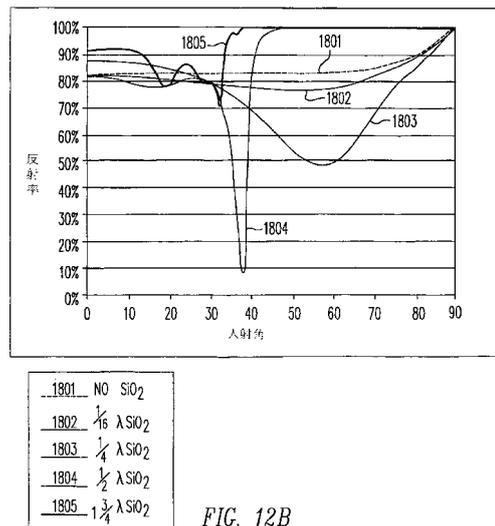
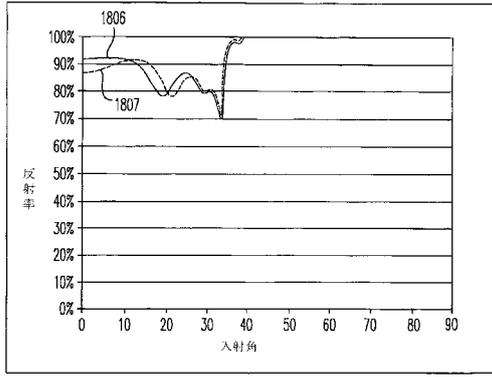


FIG. 12B

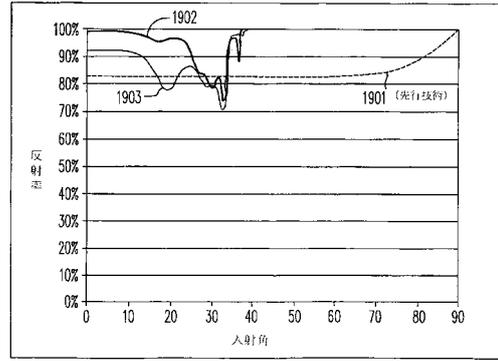
【 図 1 2 C 】



—1806— 1.75 λ SiO₂
 —1807— 1.85 λ SiO₂

FIG. 12C

【 図 1 3 B 】



—1901— No SiO₂
 —1902— 1/4 λ SiO₂ + DBR
 —1903— 1/4 λ SiO₂

FIG. 13B

【 図 1 3 A 】

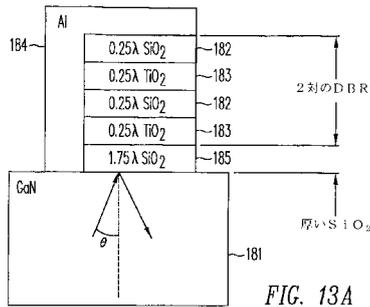


FIG. 13A

【 図 1 4 】

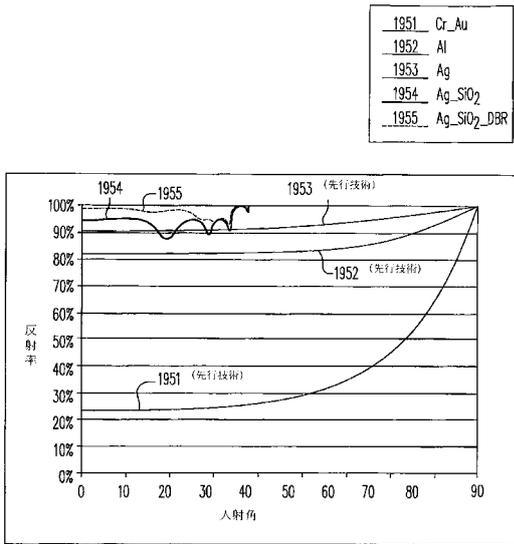


FIG. 14

—1951— Cr_Au
 —1952— Al
 —1953— Ag
 —1954— Ag_SiO₂
 —1955— Ag_SiO₂_DBR

【 図 1 5 B 】

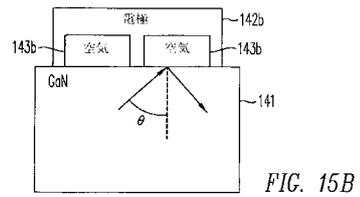


FIG. 15B

【 図 1 5 C 】

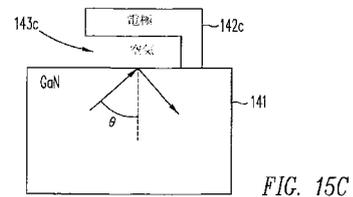


FIG. 15C

【 図 1 5 D 】

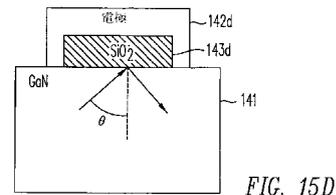


FIG. 15D

【 図 1 5 A 】

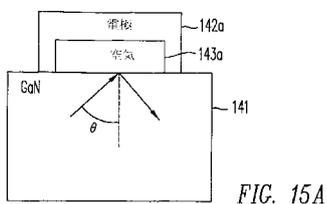
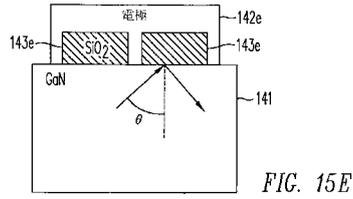
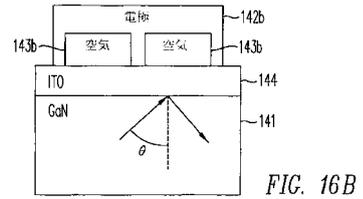


FIG. 15A

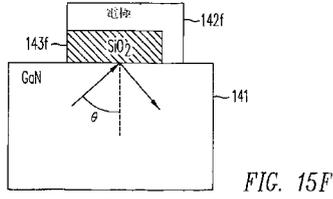
【 図 1 5 E 】



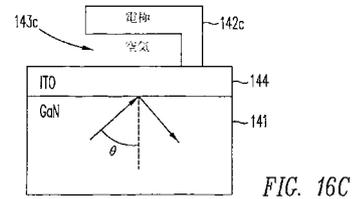
【 図 1 6 B 】



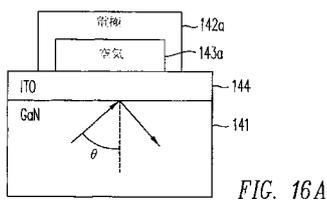
【 図 1 5 F 】



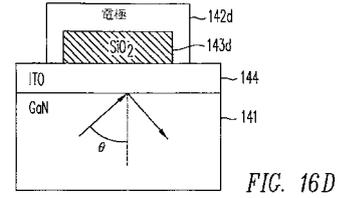
【 図 1 6 C 】



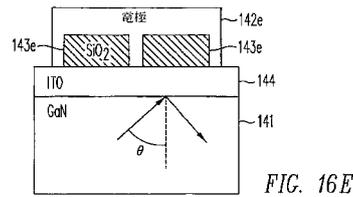
【 図 1 6 A 】



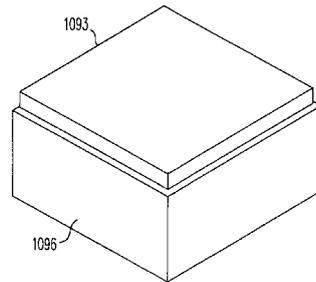
【 図 1 6 D 】



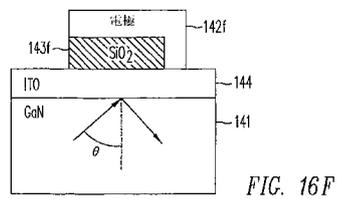
【 図 1 6 E 】



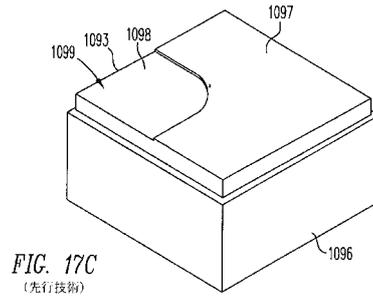
【 図 1 7 B 】



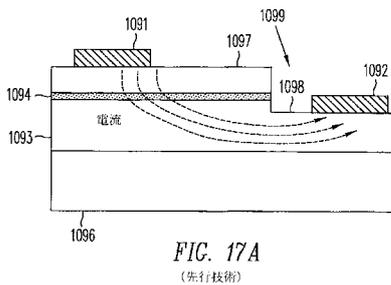
【 図 1 6 F 】



【 図 1 7 C 】



【 図 1 7 A 】



【図 17 D】

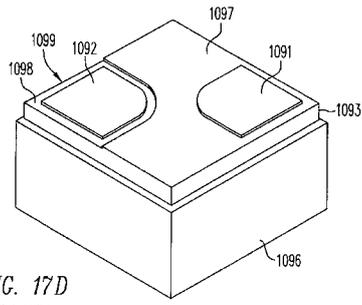


FIG. 17D
(先行技術)

【図 18 B】

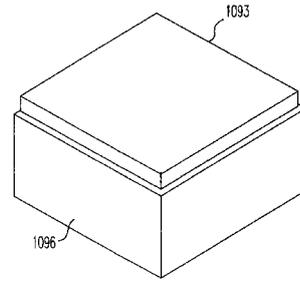


FIG. 18B

【図 18 A】

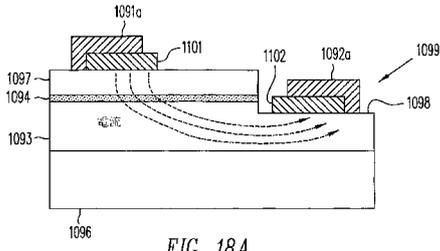


FIG. 18A

【図 18 C】

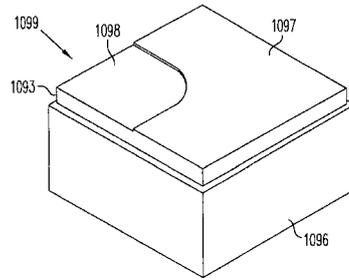


FIG. 18C

【図 18 D】

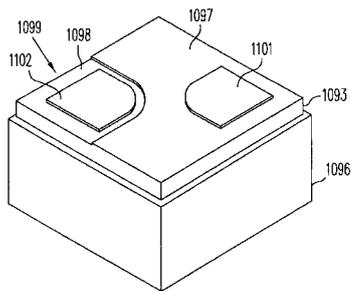


FIG. 18D

【図 19 A】

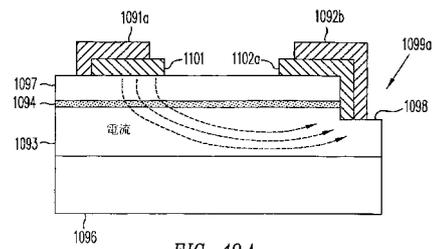


FIG. 19A

【図 18 E】

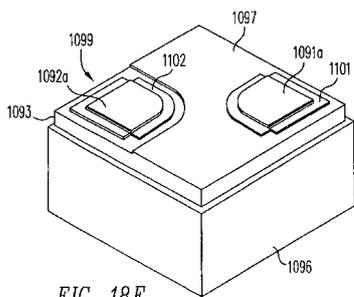


FIG. 18E

【図 19 B】

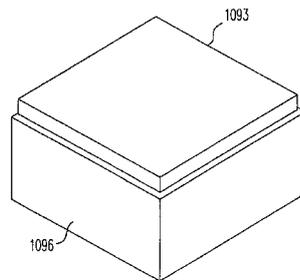


FIG. 19B

【 図 19 C 】

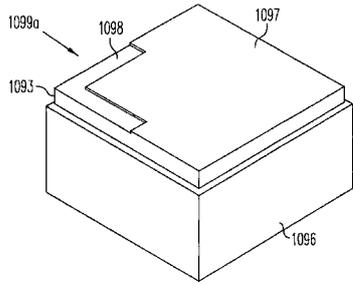


FIG. 19C

【 図 19 E 】

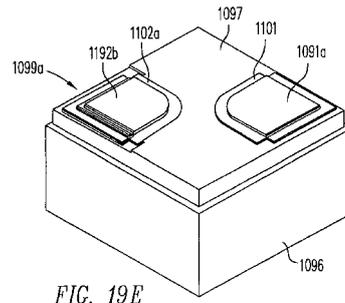


FIG. 19E

【 図 19 D 】

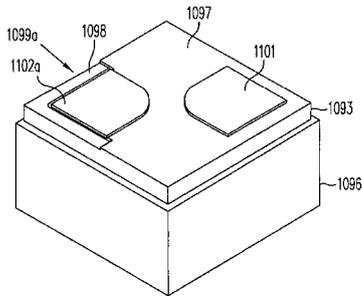


FIG. 19D

【 図 20 A 】

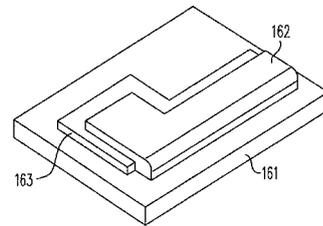


FIG. 20A

【 図 20 B 】

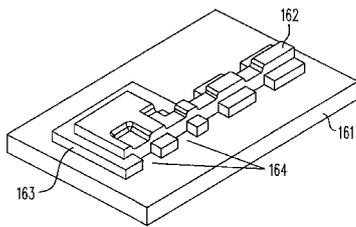


FIG. 20B

【 図 22 A 】

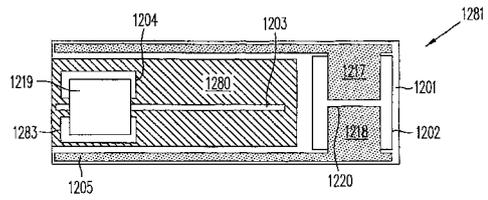


FIG. 22A

【 図 21 A 】

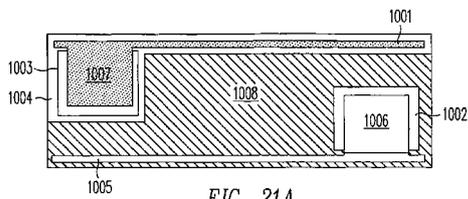


FIG. 21A

【 図 22 B 】

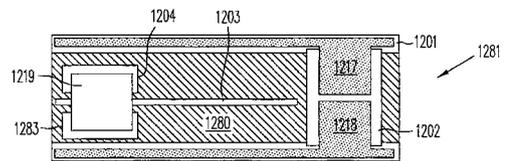


FIG. 22B

【 図 21 B 】

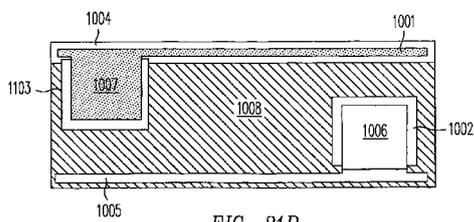


FIG. 21B

【 図 22 C 】

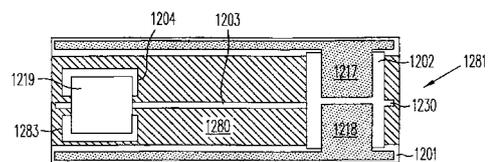


FIG. 22C

【 図 2 3 A 】

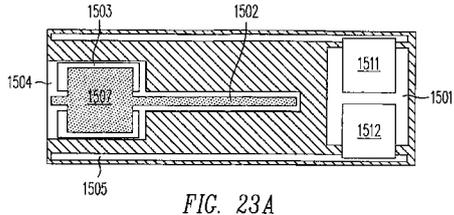


FIG. 23A

【 図 2 3 B 】

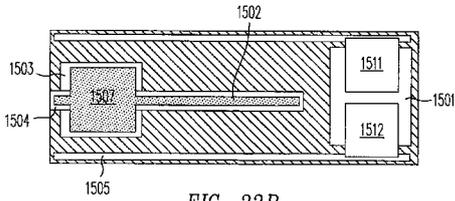


FIG. 23B

【 図 2 3 C 】

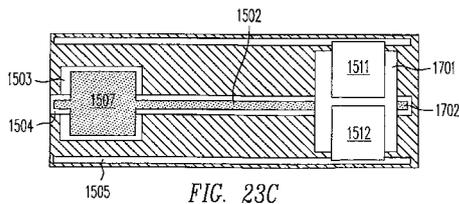


FIG. 23C

【 図 2 4 】

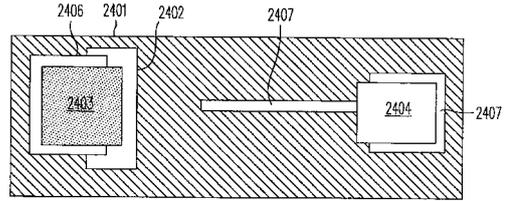


FIG. 24

【 国際調査報告 】

| INTERNATIONAL SEARCH REPORT | | International application No. PCT/US06/34464 |
|---|--|---|
| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC: H01L 33/00(2006.01);H01L 29/225(2006.01) USPC: 257/88,97,98;438/88 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC | | |
| B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 257/88,97,98;438/88 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) | | |
| C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| X — Y | US 2003/0111667 A1 (Shubert) 19 June 2003 (19.06.2003), Page 2 [0026] - Page 3 [0029] | 30 ----- 1-29, 31 |
| Y | US 2005/0100069 A1 (Gwo) 12 May 2005 (12.05.2005) (Page 1 [0014]) | 1-29, 31 |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex. | | |
| * Special categories of cited documents: | | |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention | |
| "E" earlier application or patent published on or after the international filing date | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone | |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art | |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means | "&" document member of the same patent family | |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | | |
| Date of the actual completion of the international search 08 August 2007 (08.08.2007) | Date of mailing of the international search report 20 SEP 2007 | |
| Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US Commissioner for Patents P.O. Box 1450 Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. (571) 273-3201 | Authorized officer <i>Rhonda for Reed</i> Steven H Loke Telephone No. - | |

フロントページの続き

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

(72)発明者 レスター スティーブン ディー .

アメリカ合衆国 94086 カリフォルニア サニーベール ソノラ コート 1170

Fターム(参考) 5F041 AA03 AA04 CA36 CA37 CA38 CA40 CA88 CA92 CA93 CB15

DA07