

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2008-529271

(P2008-529271A)

(43) 公表日 平成20年7月31日(2008.7.31)

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

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2007-552114 (P2007-552114)
(86) (22) 出願日 平成17年9月15日 (2005.9.15)
(85) 翻訳文提出日 平成19年9月6日 (2007.9.6)
(86) 国際出願番号 PCT/US2005/036552
(87) 国際公開番号 W02006/080958
(87) 国際公開日 平成18年8月3日 (2006.8.3)
(31) 優先権主張番号 11/042,030
(32) 優先日 平成17年1月24日 (2005.1.24)
(33) 優先権主張国 米国 (US)

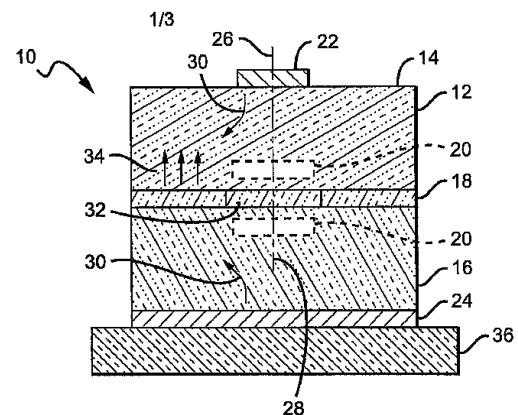
(71) 出願人 592054856
クリー インコーポレイテッド
C R E E I N C .
アメリカ合衆国 ノースカロライナ州 2
7 7 0 3 ダラム シリコン ドライブ
4 6 0 0
(74) 代理人 100077481
弁理士 谷 義一
(74) 代理人 100088915
弁理士 阿部 和夫
(72) 発明者 スティーブン ピー. デンバーズ
アメリカ合衆国 9 3 1 1 7 カリフォル
ニア州 グレタ キング ダニエル レー
ン 2 8 7

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電流閉じ込め構造および粗面処理を有する LED

(57) 【要約】

関連した p コンタクトを有する p 型材料層 (1 0) と、関連した n コンタクトを有する n 型材料層と、 p 型層と n 型層との間の活性領域 (1 8) とを有する LED (1 0) は、 p 型材料層または n 型材料層のいずれかの中に形成された閉じ込め構造 (2 0) を備える。閉じ込め構造 (2 0) は、 LED (1 0) の主放射上面のコンタクト (2 2) とほぼ一列に並んでおり、閉じ込め構造 (2 0) および上面コンタクト (2 2) の面積と一致する活性領域 (1 8) の面積からの光の放射を実質的に妨げる。 LED (1 0) は、さらに光抽出を向上させるために、粗面処理された放射側面 (2 5) を備えてもよい。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

関連した p コンタクトを有する p 型材料層と、
関連した n コンタクトを有する n 型材料層と、
前記 p 型層と前記 n 型層との間の活性領域と、
前記 p 型材料層および前記 n 型材料層のうちの少なくとも 1 つの中に形成された閉じ込め構造であって、前記閉じ込め構造の面積と一致する前記活性領域の面積からの光の放射を実質的に妨げる閉じ込め構造と、
前記 p 型材料層および前記 n 型材料層のうちの 1 つと関連した粗面と
を備えることを特徴とする発光ダイオード (LED)。

10

【請求項 2】

前記閉じ込め構造は、前記 p 型材料層および前記 n 型材料層のうちの少なくとも 1 つのイオン注入領域を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の LED。

【請求項 3】

前記閉じ込め構造は、前記 p 型材料層および前記 n 型材料層のうちの少なくとも 1 つの酸化領域を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の LED。

【請求項 4】

前記閉じ込め構造は、前記 p 型材料層および前記 n 型材料層のうちの少なくとも 1 つの中の電流阻止領域を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の LED。

【請求項 5】

20

前記 p 型材料層は、前記活性領域と隣接接触し、前記電流閉じ込め構造は、前記 p 型材料層の中にあることを特徴とする請求項 1 に記載の LED。

【請求項 6】

前記 n 型材料層は、前記活性領域と隣接接触し、前記電流閉じ込め構造は、前記 n 型材料層の中にあることを特徴とする請求項 1 に記載の LED。

【請求項 7】

前記 n 型材料層に隣接して電導性基板をさらに備え、前記 n コンタクトは、前記基板と隣接接触していることを特徴とする請求項 1 に記載の LED。

【請求項 8】

30

関連した第 1 のコンタクトおよび光が放射される第 1 の表面を有する第 1 の材料層と、
関連した第 2 のコンタクトを有する第 2 の材料層と、
前記第 1 の層と前記第 2 の層との間の活性領域と、
前記第 1 の層および前記第 2 の層のうちの 1 つと一体化され、前記第 1 のコンタクトとほぼ軸方向に一直線に並んでいる閉じ込め構造であって、前記閉じ込め構造の面積と一致する前記活性領域の面積における光の放射を実質的に妨げる閉じ込め構造と
を備えることを特徴とする発光ダイオード (LED)。

【請求項 9】

前記閉じ込め構造は、前記第 1 の層および第 2 の層のうちの 1 つの一部を備え、前記一部は、イオン注入されていることを特徴とする請求項 8 に記載の LED。

【請求項 10】

40

前記閉じ込め構造は、前記第 1 の層および第 2 の層のうちの 1 つの一部を備え、前記一部は、酸化されていることを特徴とする請求項 8 に記載の LED。

【請求項 11】

前記閉じ込め構造は、前記第 1 の層および第 2 の層のうちの 1 つの一部を備え、前記一部は、イオン注入されていることを特徴とする請求項 8 に記載の LED。

【請求項 12】

前記閉じ込め構造は、第 1 の層および第 2 の層のうちの 1 つの一部を備え、前記一部は、半絶縁性材料を注入されていることを特徴とする請求項 8 に記載の LED。

【請求項 13】

前記第 1 の層および第 2 の層の材料は GaN を含み、前記半絶縁性材料は、Al および

50

G a のうちの 1 つを含むことを特徴とする請求項 12 に記載の L E D。

【請求項 14】

前記第 1 の表面は、少なくとも部分的に粗面処理されていることを特徴とする請求項 8 に記載の L E D。

【請求項 15】

前記第 1 の表面に隣接して、少なくとも部分的に粗面処理された透明電導性材料の層をさらに備えることを特徴とする請求項 8 に記載の L E D。

【請求項 16】

前記透明材料は、Z n O、I n₂O₃および酸化インジウム錫 (I T O) のうちの 1 つを含むことを特徴とする請求項 15 に記載の L E D。

【請求項 17】

前記第 2 のコンタクトは、反射性材料から形成されていることを特徴とする請求項 8 に記載の L E D。

【請求項 18】

前記閉じ込め構造の前記面積は、前記第 1 のコンタクトの面積と実質的に同じであることを特徴とする請求項 8 に記載の L E D。

【請求項 19】

関連した第 1 のコンタクトおよび光が放射される第 1 の表面を有する第 1 の材料層と、第 2 の材料層と、

前記第 1 の層と前記第 2 の層との間の活性領域と、

前記第 2 の材料層に隣接し、関連した基板コンタクトを有する電導性基板と、

前記第 1 の層、前記第 2 の層および前記基板のうちの 1 つの中にあり、前記第 1 のコンタクトとほぼ軸方向に一列に並んだ少なくとも 1 つの閉じ込め構造であって、前記活性領域の方に向かって流れる電流を、前記閉じ込め構造の面積と一致する前記活性領域の面積から遠ざけるように方向付ける閉じ込め構造とを備えることを特徴とする発光ダイオード (L E D)。

【請求項 20】

前記第 1 の材料層は p 型材料を含み、前記第 2 の材料層は n 型材料を含み、前記少なくとも 1 つの電流閉じ込め構造は前記 p 型材料の中にあることを特徴とする請求項 19 に記載の L E D。

【請求項 21】

前記第 1 の材料層は p 型材料を含み、前記第 2 の材料層は n 型材料を含み、前記少なくとも 1 つの電流閉じ込め構造は前記 n 型材料の中にあることを特徴とする請求項 19 に記載の L E D。

【請求項 22】

前記第 1 の材料層は p 型材料を含み、前記第 2 の材料層は n 型材料を含み、前記少なくとも 1 つの電流閉じ込め構造は前記基板の中にあることを特徴とする請求項 19 に記載の L E D。

【請求項 23】

前記第 1 の材料層は n 型材料を含み、前記第 2 の材料層は p 型材料を含み、前記少なくとも 1 つの電流閉じ込め構造は前記 n 型材料の中にあることを特徴とする請求項 19 に記載の L E D。

【請求項 24】

前記第 1 の材料層は n 型材料を含み、前記第 2 の材料層は p 型材料を含み、前記少なくとも 1 つの電流閉じ込め構造は前記 p 型材料の中にあることを特徴とする請求項 19 に記載の L E D。

【請求項 25】

前記第 1 の材料層は n 型材料を含み、前記第 2 の材料層は p 型材料を含み、前記少なくとも 1 つの電流閉じ込め構造は前記基板の中にあることを特徴とする請求項 19 に記載の L E D。

10

20

30

40

50

【請求項 26】

前記第1の表面の少なくとも一部が粗面処理されていることを特徴とする請求項19に記載のLED。

【請求項 27】

前記第1の表面に隣接して、少なくとも部分的に粗面処理された透明電導性材料の層をさらに備えることを特徴とする請求項19に記載のLED。

【請求項 28】

関連した第1のコンタクトおよび光が放射される第1の表面を有する第1の材料層と、
関連した第2のコンタクトを有する第2の材料層と、
前記第1の層と前記第2の層との間の活性領域と、
前記第2のコンタクトと関連した閉じ込め構造であって、前記活性領域の方に向かって流れる電流を、前記閉じ込め構造の面積と一致する前記活性領域の面積から遠ざけるように方向付ける閉じ込め構造と
を備えることを特徴とする発光ダイオード(LED)。

10

【請求項 29】

前記閉じ込め構造は、絶縁性非電導性材料を備えることを特徴とする請求項28に記載のLED。

【請求項 30】

前記絶縁性非電導性材料は、 SiO_2 、 AlN および SiN のうちの1つを含むことを特徴とする請求項29に記載のLED。

20

【請求項 31】

前記閉じ込め構造は、前記第1のコンタクトとほぼ軸方向に一系列に並んでいることを特徴とする請求項28に記載のLED。

【請求項 32】

前記第2のコンタクトは、反射性材料から形成されていることを特徴とする請求項28に記載のLED。

【請求項 33】

前記第1の表面の少なくとも一部が粗面処理されていることを特徴とする請求項28に記載のLED。

【請求項 34】

前記第1の表面に隣接して、少なくとも部分的に粗面処理された透明電導性材料の層をさらに備えることを特徴とする請求項28に記載のLED。

30

【請求項 35】

前記透明材料は、 ZnO 、 In_2O_3 および酸化インジウム錫(ITO)のうちの1つを含むことを特徴とする請求項34に記載のLED。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、発光ダイオード(LED)に関し、より詳細には、LEDからの光抽出を向上させる新しい構造に関する。

40

【背景技術】

【0002】

発光ダイオード(LED)は、電気エネルギーを光に変換する重要な部類の固体デバイスであり、一般に、2つの反対にドーパされた層の間にサンドイッチ状に挟まれた半導体材料の活性層を備える。ドーパ層の両端間にバイアスが加えられたとき、正孔と電子が活性層に注入され、そこで再結合して光を発生する。光は、活性層から全方向に放射され、LEDのすべての表面から放射される。

【0003】

高い降伏電界、広い禁制帯幅(GaN では室温で 3.36 eV)、大きな伝導帯オフセット、および大きな電子飽和ドリフト速度を含む材料特性の特異な組合せのために、II

50

I 族窒化物ベースの材料系から形成された L E D に対する関心が最近非常に大きい。ドーピングされた活性層は一般に、シリコン (S i)、炭化珪素 (S i C)、およびサファイア (A l ₂ O ₃) 等の様々な材料から作製することができる基板の上に形成される。S i C ウェハが多くの場合に好まれるが、それは S i C ウェハが I I I 族窒化物に非常に近い結晶格子整合を有し、その結果、より高い品質の I I I 族窒化物膜をもたらすためである。また、S i C は非常に高い熱伝導率を有するので、S i C 上の I I I 族窒化物デバイスの全出力パワーは (サファイアまたは S i に形成された一部のデバイスの場合にそうであるように) ウェハの熱抵抗により制限されない。また、半絶縁性 S i C ウェハを利用できることで、商業デバイスを可能にするデバイス分離および寄生キャパシタンス減少の能力が与えられる。S i C 基板は、ノースカロライナ州ダラムの C r e e I n c . から入手可能であり、この基板を製造する方法は、特許文献 1、2、および 3 や科学文献で明らかにされている。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 4 】

L E D からの効率のよい光抽出は、高効率 L E D の製造において大きな問題である。単一の出力結合面 (o u t c o u p l i n g s u r f a c e) を有する従来の L E D では、外部量子効率、基板を通過する L E D の放射領域からの光の内部全反射 (T I R) によって制限される。T I R は、L E D の半導体と周囲環境との間の屈折率の大きな差によって生じることがある。エポキシ (ほぼ 1 . 5) などの周囲材料の屈折率に比べて S i C (ほぼ 2 . 7) の屈折率が高いために、S i C 基板を有する L E D の光抽出効率は比較的低い。この差のために、活性部分からの光線が S i C 基板からエポキシの中に伝播し最終的には L E D パッケージから脱出することができる脱出円錐 (e s c a p e c o n e) が小さくなる。

【 0 0 0 5 】

【特許文献 1】米国特許第 R e 3 4 , 8 6 1 号明細書

【特許文献 2】米国特許第 4 , 9 4 6 , 5 4 7 号明細書

【特許文献 3】米国特許第 5 , 2 0 0 , 0 2 2 号明細書

【特許文献 4】米国特許第 6 , 4 1 0 , 9 4 2 号明細書

【特許文献 5】米国特許第 6 , 6 5 7 , 2 3 6 号明細書

【非特許文献 1】Windisch et al., " Impact of Texture-Enhanced Transmission on High-Efficiency Surface Textured Light Emitting Diodes, " Appl. Phys. Lett., Vol. 79, No. 15, Oct. 2001, Pgs. 2316-2317

【非特許文献 2】Schnitzer et al. " 30% External Quantum Efficiency From Surface Textured, Thin Film Light Emitting Diodes, " Appl. Phys. Lett., Vol. 64, No. 16, Oct. 1993, Pgs. 2174-2176

【非特許文献 3】Windisch et al., " Light Extraction Mechanisms in High-Efficiency Surface Textured Light Emitting Diodes, " IEEE Journal on Selected Topics in Quantum Electronics, Vol. 8, No.2, March/April 2002, Pgs. 248-255

【非特許文献 4】Streubel et al., " High Brightness AlGaInP Light Emitting Diodes, " IEEE Journal on Selected Topics in Quantum Electronics, Vol. 8, No., March/April 2002

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

T I R を減少させ全体的な光抽出を改善するために様々な方法が開発されており、比較的一般的な方法の 1 つは、表面テクスチャリングである。表面テクスチャリングは、脱出円錐を見出す多数の機会を光子に与える多様な表面を実現することによって、光の脱出確率を高める。脱出円錐を見出さない光は、T I R を経験し続け、脱出円錐を見出すまで様々な角度でテクスチャ面 (t e x t u r e d s u r f a c e) から反射する。表面テクスチャリングの利点はいくつかの論文で述べられている。[非特許文献 1、2、3、および 4 を参照されたい。]。

【 0 0 0 7 】

Cree Inc. に譲渡された特許文献 4 は、第 1 および第 2 の広がり層 (spread layer) の間に形成された、電氣的に相互接続された微小 LED のアレイを備える LED 構造を開示している。これらのスプレッダ (spreader) の両端間にバイアスが加えられたとき、微小 LED は光を放射する。微小 LED の各々からの光は、ほんの短い距離を進んだ後で表面に達し、それによって TIR が減少される。

【 0 0 0 8 】

また、Cree Inc. に譲渡された特許文献 5 は、アレイ状に形成された内部および外部光学要素を使うことによって LED の光抽出を向上させる構造を開示している。光学要素は、半球および角錐などの多くの異なる形を有し、LED の様々な層の表面または層の中に位置付けされることがある。これらの要素は、光が屈折または散乱する表面を実現する。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

簡単に一般的に言えば、本発明は、光抽出向上の特徴を有する LED を対象とする。本発明の一態様では、LED は、関連した p コンタクトを有する p 型材料層と、関連した n コンタクトを有する n 型材料層と、前記 p 型層と前記 n 型層との間の活性領域とを備える。さらに、LED は、前記 p 型材料層と前記 n 型材料層のうちの少なくとも 1 つの中に形成された閉じ込め構造を備える。前記閉じ込め構造は、前記閉じ込め構造の面積と一致する活性領域の面積からの光の放射を実質的に妨げる。また、LED は、前記 p 型材料層および前記 n 型材料層のうちの 1 つと関連した粗面を備える。

【 0 0 1 0 】

本発明の他の態様では、LED は、関連した第 1 のコンタクトおよび光が放射される第 1 の表面を有する第 1 の材料層と、関連した第 2 のコンタクトを有する第 2 の材料層と、前記第 1 の層と前記第 2 の層との間の活性領域とを備える。LED は、さらに、前記第 1 の層および前記第 2 の層のうちの 1 つと一体化された閉じ込め構造を備える。前記閉じ込め構造は、前記第 1 のコンタクトとほぼ軸方向に一系列に並んでおり、前記閉じ込め構造の面積と一致する前記活性領域の面積における光の放射を実質的に妨げる。

【 0 0 1 1 】

本発明のさらに他の態様では、LED は、関連した第 1 のコンタクトおよび光が放射される第 1 の表面を有する第 1 の材料層と、第 2 の材料層と、前記第 1 の層と前記第 2 の層との間の活性領域と、前記第 2 の材料層に隣接し、関連した基板コンタクトを有する電導性基板とを備える。LED は、さらに、前記第 1 の層、前記第 2 の層および前記基板のうちの 1 つの中にある少なくとも 1 つの閉じ込め構造を備える。前記閉じ込め構造は、前記第 1 のコンタクトとほぼ軸方向に一系列に並んでおり、さらに、前記活性領域の方に向かって流れる電流を、前記閉じ込め構造の面積と一致する前記活性領域の面積から遠ざけるように方向付ける。

【 0 0 1 2 】

本発明のさらに他の態様では、LED は、関連した第 1 のコンタクトおよび光が放射される第 1 の表面を有する第 1 の材料層と、関連した第 2 のコンタクトを有する第 2 の材料層と、前記第 1 の層と前記第 2 の層との間の活性領域とを備える。LED は、さらに、前記第 2 のコンタクトと関連した閉じ込め構造を備える。前記閉じ込め構造は、前記活性領域の方に向かって流れる電流を、前記閉じ込め構造の面積と一致する前記活性領域の面積から遠ざけるように方向付ける。

【 0 0 1 3 】

本発明のこれら及び他の態様および利点は、以下の詳細な説明および本発明の特徴を例示する添付図面から明らかになるだろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 4 】

本発明は、基礎 (base) LED 構造の p 型材料層および n 型材料層のうちの少なく

10

20

30

40

50

とも1つの中に形成された閉じ込め構造によって、発光ダイオード（LED）の光抽出の改善を実現する。閉じ込め構造は、LEDの上面の主放射面上のコンタクトとほぼ一列に並んでおり、閉じ込め構造および上面コンタクトの面積と一致する活性領域の面積からの光の放射を実質的に防げる。したがって、そうでなければ上面コンタクトの下で放射し吸収される可能性がある光が、活性層の他の領域と、コンタクトの吸収効果が相当に減少した放射面（emitting side）とにリダイレクトされる。好ましい実施形態では、電流閉じ込め構造は、イオン注入を使用して基礎LED構造の中に形成される。電流閉じ込め構造は、選択的酸化を使用してLED基礎構造に形成してもよい。電流閉じ込め構造は、エピタキシャル再成長を用いてLED構造の一部として形成してもよい。

【0015】

10

さらに、LEDは、吸収性コンタクトのまわりに粗面（roughed surface）を備えてもよい。粗面は、基礎LED構造の層の表面積のすべて又は一部に含まれてもよく、または、基礎LED構造に付けられた追加の材料層の表面積のすべて又は一部に含まれてもよい。例えば、十分に厚いn型材料層を有し、n型側が上であるLED構造では、n型層を粗面処理することが好ましいことがある。比較的薄いp型材料層を有し、p型側が上である基礎LED構造では、透明材料の層をp型層に追加し、その透明材料層を粗面処理することが好ましいことがある。透明材料の層を、n型側が上であるLED構造のn型層に追加してもよい。いずれの場合にも、粗面と、電流を粗面の方に方向付けて吸収性コンタクトから遠ざける電流閉じ込め構造との組合せは、さらなる光抽出の向上を実現する。そうでなければ内部全反射でLED内に捕獲される可能性のある光が脱出し、光放射に寄与することができるようにする多様な表面を実現することによって、粗面は光抽出を改善する。

20

【0016】

ここで図面、特に図1および2を参照すると、本発明に従ったLED10の一実施形態が示されている。LED10は、光が放射される第1の表面14を有する第1の材料層12と、第2の材料層16と、第1の層と第2の層との間にサンドイッチ状に挟まれた活性材料の層18とを備える。第1の層12、第2の層16、および活性層18が、支持構造36の上に位置付けられた基礎LED構造を形成している。

【0017】

30

基礎LED構造は、III族窒化物ベースの材料系等の異なる半導体材料系から作製してもよい。III族窒化物は、窒素と、周期律表のIII族の元素、通常はアルミニウム（Al）、ガリウム（Ga）、およびインジウム（In）、との間で形成される半導体化合物を意味する。この用語は、また、AlGaInやAlInGaのような三元化合物や三次（tertiary）化合物も意味する。好ましい実施形態では、活性材料の層18は、第1の層12および第2の層16と隣接接触し（adjacent contact）、第1および第2の層を形成する材料はGaInであり、第1の層と第2の層のいずれかがp型材料であり他方の層がn型材料である。この実施形態では、活性層を形成する材料はInGaInである。代替実施形態では、第1および第2の層の材料は、AlGaIn、AlGaAs、またはAlGaInPであることがある。

【0018】

40

LED構成に応じて、支持構造36は基板またはサブマウントとすることができる。p型側が上であるLED構成では、支持構造36は基板である可能性があり、適切な基板は4Hポリタイプの炭化珪素であるが、3C、6Hおよび15Rポリタイプを含む他の炭化珪素ポリタイプを使用することもできる。炭化珪素は、サファイアよりもIII族窒化物に遥かに近い結晶格子整合を有し、その結果、より高い品質のIII族窒化物膜をもたらす。炭化珪素は、非常に高い熱伝導率を有するので、炭化珪素上のIII族窒化物デバイスの全出力パワーは、（サファイア上に形成された一部のデバイスの場合にそうであるように）基板の熱放散によって制限されない。また、炭化珪素基板を利用できることで、商業デバイスを可能にするデバイス分離および寄生キャパシタンス減少の能力が与えられる。SiC基板は、ノースカロライナ州ダラムのCree Inc. から入手可能であり、

50

この基板を製造する方法は、特許文献 1、2、および 3 や科学文献に明らかにされている。n 型側が上である LED 構成では、支持構造 36 はサブマウントである可能性がある。

【0019】

第 1 のコンタクト 22 は第 1 の層 12 と関連し、第 2 のコンタクト 24 は第 2 の層 16 と関連している。コンタクト 22、24 のそれぞれの層 12、16 との関連は、直接的である場合があり、間接的である場合もある。第 1 のコンタクトが第 1 の層 12 と直接に接触し、かつ第 2 のコンタクト 24 が第 2 の層 16 と直接に接触している直接的な関連が、図 1 に示されている。第 2 のコンタクト 24 では、基板 36 が非電導性材料で形成されたとき、この関連が存在する。間接的な関連は図 2 に示され、第 1 のコンタクト 22 に関しては LED が透明電導性材料の層 25 を備える場合に、また第 2 のコンタクト 24 に関しては支持構造 36 が電導性材料から形成された基板である場合に、間接的な関連が存在する可能性がある。直接的接触および間接的接触の両方で光抽出を向上させるために、第 2 のコンタクトは、銀 (Ag)、アルミニウム (Al) またはロジウム (Rh) 等の反射性材料から形成してもよい。

【0020】

電流閉じ込め構造 20 は、LED と一体であり、(図 2 に示されるように) 第 1 の層 12、第 2 の層 16、または基板 36 のうちの少なくとも 1 つの中等の LED 内の異なる位置に形成することができる。いくつかの実施形態では、2 以上の電流閉じ込め構造が使用されることがあり、一実施形態では、電流閉じ込め構造 20 は、活性材料 18 の一部が閉じ込め構造 20 の間にあるように第 1 の層 12 および第 2 の層 16 の両方に形成されることがある。いくつかの実施形態では、閉じ込め構造 20 は、イオン注入または酸化等の当技術分野で知られたプロセスによって結晶構造または分子特性が変化させられた材料の層の領域であることがある。他の実施形態では、閉じ込め構造 20 は、第 1 または第 2 の層 12、16 の材料に対して反対にドーパされた材料から形成された電流阻止層であってもよい。この電流阻止材料層は、既知のプロセスであるエピタキシャル再成長によって第 1 および第 2 の層の 1 つまたは複数に組み込まれてもよい。

【0021】

電流閉じ込め構造 20 は、第 1 のコンタクトの中心または軸 26 が閉じ込め構造の中心または軸 28 とほぼ一列に並ぶように、第 1 のコンタクト 22 に対して位置付けされる。閉じ込め構造 20 の断面積の大きさは、本質的に第 1 のコンタクト 22 の大きさを反映している。電流閉じ込め構造 20 の厚さは、層の全厚さの 0.1% から 80% までの範囲にあってもよい。例えば、厚さ 1 ミクロンの n 型材料層では、電流閉じ込め構造 20 は、厚さ 0.001 から 0.8 ミクロンであってもよい。

【0022】

電流閉じ込め構造 20 は、活性領域 18 の方に向かって流れている電流 30 を、第 1 のコンタクト 22 と実質的に一致し一列に並んだ活性領域の部分 32 から遠ざけるように方向付ける。この電流の再方向付けは、第 1 のコンタクト 22 と一列に並んだ活性領域の部分 32 における電流電荷、すなわち「正孔」および「電子」の再結合を実質的に妨げ、したがって、この領域を本質的に不活性にする。

【0023】

光 34 は、活性材料 18 から放射され、LED 構造を通して伝播する。光は活性材料 18 からすべての方向に放射するが、図示を容易にするために、図中の光は LED の上面すなわち主放射面の方に向かう上向き方向だけが示されている。図 1 において、上面は、上部材料層 12 の表面 14 である。図 2 では、上面は、粗面処理された材料の層 25 である。

【0024】

図 3 を参照すると、p 型材料の第 1 の層 40 および n 型材料の第 2 の層 42 を有する p 型側が上である LED を備える、本発明による図 1 の概略的な LED の一実施形態が示されている。好ましい実施形態では、材料は GaN である。以下でさらに説明されるように、LED 製造プロセス中に、電流閉じ込め構造 44 は n 型材料層 42 内に組み込まれる。

構造 4 4 は、n 型材料内に不純物を添加することによって形成される。不純物の添加は、イオン注入によって行ってもよい。例えば、n 型 GaN 材料の場合には、Al イオン又は Ga イオンのいずれかを注入してもよい。

【0025】

p コンタクト 4 6 と n コンタクト 4 8 との間にバイアスを加えると、(p 型材料の「正孔」移動の形の)電流が p 型材料を通過して、活性領域の方へ更に活性領域の中へ流れる。同様に、(n 型材料の「電子」移動の形の)電流が n 型材料 4 2 を通過して、活性領域 5 0 の方へ更に活性領域 5 0 の中へ流れる。閉じ込め構造 4 4 の不純物のために、n 型材料 4 2 中を流れる電流は、電流閉じ込め構造から遠ざかり、電流閉じ込め構造と実質的に一致し一列に並んだ活性領域の不活性部分 5 4 のまわりの部分 5 2 において活性領域 5 0 に入る。活性領域のこの部分は、活性領域の活性部分 5 2 と呼ばれる。

10

【0026】

また、p 型材料 4 0 中を流れる電流も、電流閉じ込め構造 4 4 から遠ざかって、n 型材料からの電流が入った活性領域の部分に流れ込む。p 型材料電流のこの動きは、n 型材料内に電流閉じ込め構造 4 4 が存在することと、活性領域 5 0 の活性部分 5 2 に存在する n 型電流「電子」に p 型電流「正孔」が引き付けられることの両方の組合せの結果である。

【0027】

電流閉じ込め構造 4 4 は、n 型層 4 2 の深さに沿ったいくつかの位置のいずれかに位置付けることができる。これは、n 型層 4 2 の成長プロセスを中断し、不純物を不完全な n 型層に注入し、次に、成長プロセスを再開して n 型層の残りを完成することによって行われることができる。成長プロセスは、金属酸化物化学気相成長 (MOCVD)、ハイブリッド気相エピタキシ (HVPE)、または分子線エピタキシ (MBE) を含む様々な既知のプロセスのいずれかとすることができる。例示的な閉じ込め構造形成プロセスは、n 層に、180 KeV のアルミニウムイオンを 10^{13} 、 10^{14} 、および 10^{15} cm^{-2} のドーズで注入することを含む。好ましい実施形態では、n 型電流が電流閉じ込め構造を完全に回って、さらに再び不活性領域 5 4 の方に流れるのを効果的に防ぐために、さらに、電流閉じ込め構造 4 4 が活性領域 5 0 の反対側の p 型層の電流に及ぼす効果を高めるために、電流閉じ込め構造 4 4 は活性領域 5 0 の近くに位置付けられる。

20

【0028】

図 4 を参照すると、電流閉じ込め構造 4 4 が p 型層 4 0 中に位置していることを除いて図 3 を参照して説明したものと本質的に同一である p 型側が上である LED を備える、本発明による図 2 の概略的な LED 10 の別の実施形態が示されている。また、基板 5 8 は電導性であり、したがって n コンタクト 4 8 と n 型層 4 2 との間の間接的関連を可能にしている。透明電導性材料の層 5 6 が p 型層 4 0 の上に備えられ、この電導性材料層の一部が p コンタクト 4 6 と p 型層との間にサンドイッチ状に挟まれている。この材料層は、ZnO、 In_2O_3 、および酸化インジウム錫 (ITO) から形成されてもよい。図 4 に示される電導性材料層の上面のすべては粗面処理されているが、p コンタクト 4 6 で覆われていない電導性材料層 5 6 の少なくとも一部が粗面処理される。透明電導性材料 5 6 の層と、電流閉じ込め構造 4 4 によって実現された吸収性コンタクト 4 6 から離れた局所的な光発生との組合せは、LED の光抽出効果を高める。

30

40

【0029】

図 5 を参照すると、n 型材料の第 1 の層 6 0 および p 型材料の第 2 の層 6 2 を有する n 型側が上である フリップチップ LED を備える、図 1 の概略的な LED 10 の別の実施形態が示されている。追加の処理ステップとして、LED の上の主放射面を露出させるために、一般に第 1 の n 型層 6 0 に隣接している基板が除去される。

【0030】

好ましい実施形態では、LED 材料は GaN である。LED 製造プロセス中に、層 6 0、6 2、6 4 および p コンタクト下部構造 (substructure) をサブマウント 7 8 の上に裏返しにする前に、電流閉じ込め構造 6 4 が p 型材料層 6 2 に組み込まれる。成長中にイオン注入により p 型材料に不純物を添加することによって、閉じ込め構造 6 4

50

が形成される。例えば、p型Ga_{0.4}N_{0.6}材料の場合、Al⁺イオン又はGa⁺イオンのいずれかを打ち込むことができる。n型層の上面66は、光抽出粗面を形成するために、粗面処理される。この粗面は、光電気化学(PEC)エッチング等の当技術分野で知られたいくつかの方法のいずれかを使用して、エッチングにより実現してもよい。この構成において粗面は、p型側が上であるLEDの場合にp層の相対的な薄さのために一般に必要とされるような透明電導性材料の別個の追加層を介してではなく、直接n型層に加えられる。

【0031】

nコンタクト68とpコンタクト70との間にバイアスを加えると、電流はp型材料を
通って活性領域72の方に流れ、さらに活性領域72の中に流れ込む。同様に、電流はn
型材料60を通して活性領域72の方に流れ、さらに活性領域72の中に流れ込む。p型
材料62を流れる電流は、電流閉じ込め構造64から遠ざかり、不活性部分76のまわりの
活性部分74の活性領域72に入る。n型材料60を流れる電流もまた、電流閉じ込め
構造64から遠ざかって、活性領域の活性部分74の中に流れ込む。

10

【0032】

図3の実施形態のように、電流閉じ込め構造64は、p型層の成長プロセスを中断し、
不完全なp型層に不純物を注入し、次に、成長プロセスを再開してこの層を完成すること
によって、p型層62の深さに沿って様々な位置に位置付けてもよい。好ましい実施形態
では、p型電流が電流閉じ込め構造を完全に回って、さらに再び活性領域76の方へ流れ
るのを効果的に防ぐために、さらに、電流閉じ込め構造が活性領域72の反対側のn型層
の電流に及ぼす効果を高めるために、電流閉じ込め構造64は活性領域72の近くに位置
付けられる。図6を参照すると、別の実施形態において、図1の概略的なLEDは、電流
閉じ込め構造64がn型層60に位置付けられていることを除いて、図5を参照して説明
したものと本質的に同一のn型側が上であるLEDである。

20

【0033】

ここで図7を参照すると、光の大部分が放射される第1の表面104を有する第1の材
料層102、第2の材料層106、および第1の層と第2の層との間にサンドイッチ状に
挟まれた活性材料の層108を備えるLED100が示されている。好ましい実施形態で
は、活性材料の層108は、第1の層102および第2の層106と隣接接触しており、
第1および第2の層を形成する材料はGa_{0.4}N_{0.6}であり、活性層を形成する材料はInGa_{0.4}N_{0.6}
である。代替実施形態では、第1および第2の層の材料は、AlGa_{0.4}N_{0.6}、AlGa_{0.4}Asま
たはAlGa_{0.4}InPとすることができる。

30

【0034】

第1のコンタクト110は第1の層102と関連し、第2のコンタクト112は第2の
層106と関連する。電流閉じ込め構造114は第2のコンタクトの層112に備えられ
、さらに、第1のコンタクトの中心または軸116が閉じ込め構造の中心または軸118
とほぼ一列に並ぶように、第1のコンタクト110に対して位置付けられている。第2の
コンタクトの層112および閉じ込め構造114は、コンタクト材料の層を堆積し、コン
タクト材料の層の一部をエッチング除去し、そしてその一部を閉じ込め構造の材料に取り
替えることによって形成される。閉じ込め構造114は、SiO₂、AlN、およびSi
Nなどの絶縁性、非電導性材料から形成され、第1のコンタクト110の大きさと本質的
に同じ断面積の大きさを有している。

40

【0035】

電流閉じ込め構造114は、活性領域108の方に向かって流れている電流120を、
第1のコンタクト110と実質的に一致しかつ一列に並べられた活性領域の部分122か
ら遠ざかるように方向付ける。この電流の再方向付けは、第1のコンタクト110と一列
に並んだ活性領域の部分122における電流電荷、すなわち「正孔」および「電子」の再
結合を実質的に妨げ、したがって、この領域を本質的に不活性にする。

【0036】

図3から6を参照して説明した実施形態のように、図7の概略的なLEDは、第1の層
102がn型層またはp型層のいずれかであり、第2の層106が第1の層の型と反対の

50

型の層であるように形成される。LED 100はまた、第1の層102の粗面処理された上面か、粗面処理された上面を有する追加の透明電導材料層かのいずれかの態様の粗面処理を含む。

【0037】

当業者によって理解されることであろうが、図1～7の実施形態で説明したような本発明の概念は、他のLED構成に組み込むことができる。例えば、図1～7のLEDは縦方向に、すなわちLEDの対向する側にコンタクトを有しているが、本発明は横方向に配列されたコンタクト、すなわち共振空洞LED等のLEDの同一側にコンタクトを有するLEDに適用してもよい。

【0038】

本発明の特定の形態を図示して説明してきたが、本発明の精神および範囲から逸脱することなく様々な修正を行うことができることは、上記から明らかであろう。したがって、添付の特許請求の範囲以外によっては、本発明は限定されない意図である。

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図1】電導性材料の2つの層間の活性領域と、電導性材料のいずれかの層に位置付けることができる電流閉じ込め構造とを備えるLEDのある概略的实施形態を示す断面図である。

【図2】電導性材料の2つの層間の活性領域と、基板と、粗面処理された上面と、電導性材料のいずれかの層または基板に位置付けることができる電流閉じ込め構造とを備えるLEDの別の概略的实施形態を示す断面図である。

【図3】n型材料の下層に電流閉じ込め構造を備える図1のLEDの構成の断面図である。

【図4】p型材料の上層の電流閉じ込め構造と、粗面処理された上面を有する透明電導性材料の層とを備える図2のLEDの構成の断面図である。

【図5】p型材料の下層の電流閉じ込め構造と、粗面処理された上面を有するn型材料の層とを備える図1のLEDの構成の断面図である。

【図6】n型材料の上層の電流閉じ込め構造と、粗面処理された上面を有するn型材料の層とを備える図1のLEDの構成の断面図である。

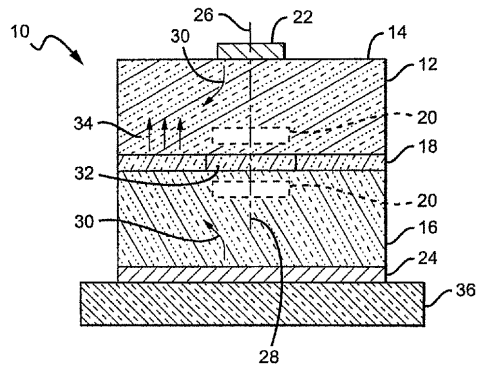
【図7】電導性材料の2つの層間の活性領域と、上側コンタクトと、下側コンタクトと、下側コンタクトの層内に位置付けられた電流閉じ込め構造とを備えるLEDの別の概略的实施形態の断面図である。

10

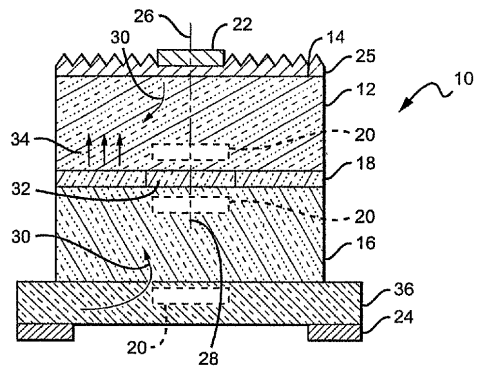
20

30

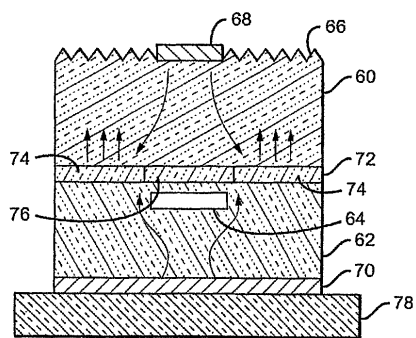
【図 1】



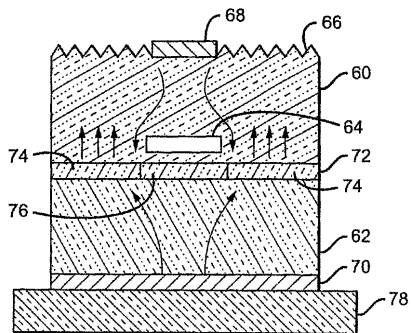
【図 2】



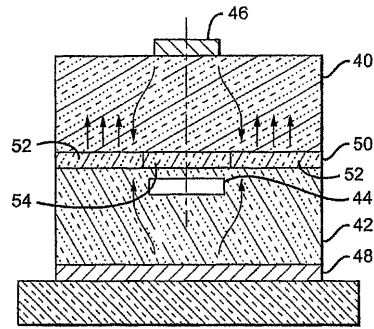
【図 5】



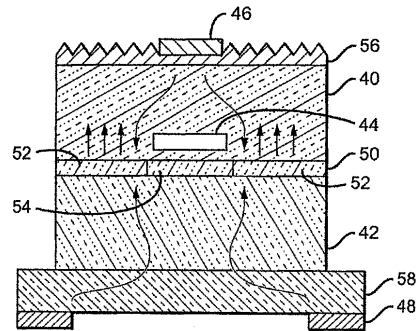
【図 6】



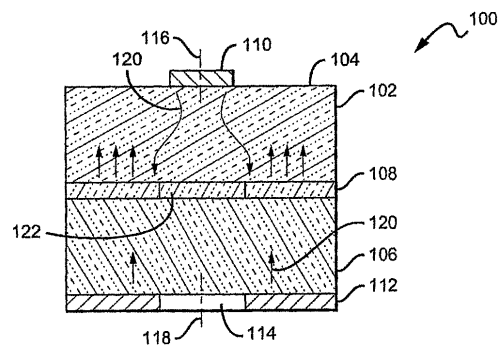
【図 3】



【図 4】



【図 7】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
 /US2005/036552

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. H01L33/00		
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) H01L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, IBM-TDB, INSPEC, COMPENDEX, PAJ		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 12, 26 December 1996 (1996-12-26) -& JP 08 213649 A (SANKEN ELECTRIC CO LTD), 20 August 1996 (1996-08-20)	1,4,7,8, 18,19,31
Y	abstract	1,5,6, 19,23,24
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 03, 31 March 1997 (1997-03-31) -& JP 08 288550 A (SANKEN ELECTRIC CO LTD), 1 November 1996 (1996-11-01)	1,4,7,8, 19
Y	abstract	1,5,6, 19,23,24
	----- -/-	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art *Z* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
11 May 2006		24/05/2006
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Gnugesser, H

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
 PCT/US2005/036552

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 10, 31 October 1996 (1996-10-31) -& JP 08 167738 A (SANKEN ELECTRIC CO LTD), 25 June 1996 (1996-06-25)	1,4,7,8, 18,19,31
Y	abstract	1,5,6, 19,23,24
X	US 6 420 732 B1 (KUNG HSING ET AL) 16 July 2002 (2002-07-16) column 10, lines 53-62 column 11, line 59 - column 12, line 52 column 14, lines 6-8 column 14, line 30 - column 15, line 14 column 15, line 50 - column 16, line 11; figures 7,8,11-14	1,8,19, 28
X	US 6 455 343 B1 (CHEN TZER-PERNG ET AL) 24 September 2002 (2002-09-24) column 4, line 46 - column 5, line 23; figures 2,5-8	8,18,19, 28,31
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 082 (E-0889), 15 February 1990 (1990-02-15) & JP 01 295469 A (HITACHI CABLE LTD), 29 November 1989 (1989-11-29) abstract	8,19,28
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2003, no. 12, 5 December 2003 (2003-12-05) -& JP 2004 047760 A (HITACHI CABLE LTD), 12 February 2004 (2004-02-12) abstract	8,19,28
X	US 2002/163007 A1 (MATSUMOTO YUKIO ET AL) 7 November 2002 (2002-11-07) paragraphs [0005], [0008], [0017] - [0022], [0034]; claims 5,14; figures 1D,2D,3A,3B	2,8,9, 11,19
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 07, 31 July 1997 (1997-07-31) -& JP 09 074221 A (SHARP CORP), 18 March 1997 (1997-03-18) abstract	8,19
X	US 5 565 694 A (HUANG ET AL) 15 October 1996 (1996-10-15) column 1, line 53 - column 2, line 4 column 2, line 41 - column 3, line 39; figures 2,3	8,19,28
	-/--	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

US2005/036552

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 44 22 660 A1 (MITSUBISHI KASEI CORP., TOKIO/TOKYO, JP) 9 February 1995 (1995-02-09) column 1, line 49 - column 2, line 1; figure 2	1,5,6
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 240 (E-1545), 9 May 1994 (1994-05-09) -& JP 06 029570 A (MITSUBISHI CABLE IND LTD), 4 February 1994 (1994-02-04) abstract	19,23,24

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

 national application No
 T/US2005/036552

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 08213649	A	20-08-1996	NONE	
JP 08288550	A	01-11-1996	JP 2870449 B2	17-03-1999
JP 08167738	A	25-06-1996	NONE	
US 6420732	B1	16-07-2002	TW 541716 B	11-07-2003
US 6455343	B1	24-09-2002	NONE	
JP 01295469	A	29-11-1989	JP 1950123 C JP 6082862 B	10-07-1995 19-10-1994
JP 2004047760	A	12-02-2004	NONE	
US 2002163007	A1	07-11-2002	JP 2002329885 A	15-11-2002
JP 09074221	A	18-03-1997	JP 3625088 B2	02-03-2005
US 5565694	A	15-10-1996	NONE	
DE 4422660	A1	09-02-1995	GB 2280061 A JP 7022646 A	18-01-1995 24-01-1995
JP 06029570	A	04-02-1994	NONE	

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, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 ナカムラ シュウジ

アメリカ合衆国 9 3 1 6 0 カリフォルニア州 サンタバーバラ(番地なし) ピー・オー・ボックス 6 1 6 5 6

(72)発明者 マックス バトレス

アメリカ合衆国 9 3 1 0 1 カリフォルニア州 サンタバーバラ ウェスト オルテガ ストリート 4 1 4

Fターム(参考) 5F041 AA03 CA04 CA12 CA34 CA36 CA65 CA66 CA71 CA72 CA77
CA88 CB03 CB04 CB06 CB15 CB16