

(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2011-523212

(P2011-523212A)

(43) 公表日 平成23年8月4日(2011.8.4)

(51) Int.Cl.

H01L 33/08 (2010.01)
H01L 33/50 (2010.01)

F 1

H01L 33/00 120
H01L 33/00 410

テーマコード(参考)

5FO41

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2011-512493 (P2011-512493)
 (86) (22) 出願日 平成21年4月23日 (2009.4.23)
 (85) 翻訳文提出日 平成23年1月28日 (2011.1.28)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2009/041521
 (87) 國際公開番号 WO2009/148717
 (87) 國際公開日 平成21年12月10日 (2009.12.10)
 (31) 優先権主張番号 61/059,073
 (32) 優先日 平成20年6月5日 (2008.6.5)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 505005049
 スリーエム イノベイティブ プロパティ
 ズ カンパニー
 アメリカ合衆国, ミネソタ州 55133
 -3427, セント ポール, ポスト オ
 フィス ボックス 33427, スリーエ
 ム センター
 (74) 代理人 100099759
 弁理士 青木 篤
 (74) 代理人 100092624
 弁理士 鶴田 準一
 (74) 代理人 100114018
 弁理士 南山 知広
 (74) 代理人 100160716
 弁理士 遠藤 力

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】半導体波長変換器が接合された発光ダイオード

(57) 【要約】

本発明のエレクトロルミネッセンスデバイスは、ポンプ波長で発光する。第1のフォトルミネッセンス素子は、このエレクトロルミネッセンスデバイスの第1及び第2の領域を覆い、このエレクトロルミネッセンスデバイスの第1の領域からのポンプ光の少なくとも一部を第1の波長の光に変換する。第2のフォトルミネッセンス素子は、このエレクトロルミネッセンスデバイスの第2の領域を覆い、このエレクトロルミネッセンスデバイスの第1の領域を覆わず、ポンプ波長の光の少なくとも一部を、その第1の波長と異なる第2の波長の光に変換する。いくつかの実施形態では、第1及び第2のフォトルミネッセンス素子は、エレクトロルミネッセンスデバイスの第1及び第2の領域のそれぞれから入射するポンプ光の実質的に全てを変換する。エッチング停止層は、その第1のフォトルミネッセンス素子と第2のフォトルミネッセンス素子とを分離することができる。

【選択図】図1

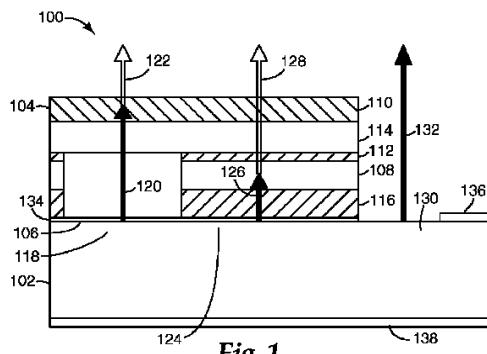


Fig. 1

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第1の波長及び第2の波長で発光する発光デバイスであって、ポンプ波長で発光するエレクトロルミネッセンスデバイスと、前記エレクトロルミネッセンスデバイスの第1及び第2の領域を覆う第1のフォトルミネッセンス素子であって、前記エレクトロルミネッセンスデバイスの前記第1の領域からの前記ポンプ波長の前記入射光の少なくとも一部を、前記第1の波長の光に変換する能力を有する、第1のフォトルミネッセンス素子と、

前記第1のフォトルミネッセンス素子と前記エレクトロルミネッセンスデバイスとの間に配置された第2のフォトルミネッセンス素子であって、当該第2のフォトルミネッセンス素子が前記エレクトロルミネッセンスデバイスの前記第2の領域を覆い、かつ、前記エレクトロルミネッセンスデバイスの前記第1の領域は覆わないものであり、当該第2のフォトルミネッセンス素子が、前記エレクトロルミネッセンスデバイスの前記第2の領域からの前記ポンプ波長の前記入射光の少なくとも一部を前記第1の波長とは異なる前記第2の波長の光に変換する能力を有するものである、第2のフォトルミネッセンス素子と、を備える、発光デバイス。

【請求項 2】

前記第1のフォトルミネッセンス素子が少なくとも第1のポテンシャル井戸を有し、かつ、前記第2のフォトルミネッセンス素子が少なくとも第2のポテンシャル井戸を有する、請求項1に記載のデバイス。

【請求項 3】

前記第1のフォトルミネッセンス素子が、前記エレクトロルミネッセンスデバイスからの前記ポンプ波長の前記入射光を吸収する吸収性半導体層の間に配置される複数の第1のポテンシャル井戸を有し、前記第1のポテンシャル井戸が前記第1の波長の光を発する能力を有するものである、請求項2に記載のデバイス。

【請求項 4】

前記第2のフォトルミネッセンス素子が、前記エレクトロルミネッセンスデバイスからの前記ポンプ波長の前記入射光を吸収する吸収性半導体層の間に配置される複数の第2のポテンシャル井戸を有し、当該第2のポテンシャル井戸が前記第2の波長の光を発する能力を有するものである、請求項3に記載のデバイス。

【請求項 5】

前記第1及び前記第2のフォトルミネッセンス素子が、ⅠⅠ～ⅤⅠ族半導体材料を含む、請求項1に記載のデバイス。

【請求項 6】

前記第1及び前記第2のフォトルミネッセンス素子のそれぞれが、カドミウムマグネシウム亜鉛セレナイト(CdMgZnSe)の吸収層の間に配置された複数のカドミウム亜鉛セレナイト(CdZnSe)量子井戸を有する、請求項5に記載のデバイス。

【請求項 7】

前記第2のフォトルミネッセンス素子と前記エレクトロルミネッセンスデバイスとの間に配置された接着剤層を更に備え、当該接着剤層が前記第2のフォトルミネッセンス素子を前記エレクトロルミネッセンスデバイスに取り付けている、請求項1に記載のデバイス。

【請求項 8】

前記第2の発光素子が、前記エレクトロルミネッセンスデバイスに直接接合される、請求項1に記載のデバイス。

【請求項 9】

前記第1のフォトルミネッセンス素子が、前記第2のフォトルミネッセンス素子と一緒にエピタキシャル成長される、請求項1に記載のデバイス。

【請求項 10】

前記第1及び前記第2のフォトルミネッセンス素子との間に、エピタキシャル成長され

た窓層とエッティング停止層とを更に備える、請求項 9 に記載のデバイス。

【請求項 1 1】

前記第 1 のフォトルミネッセンス素子が、前記エレクトロルミネッセンスデバイスの前記第 1 の領域からの当該第 1 のフォトルミネッセンス素子上の前記ポンプ波長の前記入射光の実質的に全てを吸収し、前記第 2 のフォトルミネッセンス素子が、前記エレクトロルミネッセンスデバイスの前記第 2 の領域からの当該第 2 のフォトルミネッセンス素子上の前記ポンプ波長の前記入射光の実質的に全てを吸収する、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 1 2】

前記第 1 のフォトルミネッセンス素子とともにエピタキシャル成長され、かつ、当該第 1 のフォトルミネッセンス素子と前記エレクトロルミネッセント素子との間に配置される窓層を更に備え、前記第 1 の領域からの前記ポンプ波長の光が、前記第 1 の発光素子へ入射する前に当該窓層を通過する、請求項 1 に記載のデバイス。

10

【請求項 1 3】

前記第 2 のフォトルミネッセンス素子によって発され、前記第 1 のフォトルミネッセンス素子へ入射する前記第 2 の波長の光が、前記第 1 のフォトルミネッセンス素子を実質的に透過する、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 1 4】

第 1 の波長と第 2 の波長とで発光する能力を有する発光デバイスであって、ポンプ波長で発光するエレクトロルミネッセンスデバイスと、

前記エレクトロルミネッセンスデバイスの第 1 の領域を覆う第 1 のフォトルミネッセンス素子であって、前記第 1 のフォトルミネッセンスデバイスが、前記エレクトロルミネッセンスデバイスの前記第 1 の領域からの前記ポンプ波長の前記入射光の実質的に全てを前記第 1 の波長の光に変換する能力を有する、第 1 のフォトルミネッセンス素子と、

20

前記エレクトロルミネッセンスデバイスの第 2 の領域を覆う第 2 のフォトルミネッセンス素子であって、当該第 2 のフォトルミネッセンス素子が、前記エレクトロルミネッセンスデバイスの前記第 2 の領域からの前記ポンプ波長の前記入射光の実質的に全てを前記第 2 の波長の光に変換する能力を有する、第 2 のフォトルミネッセンス素子と、を備える、発光デバイス。

【請求項 1 5】

前記第 1 のフォトルミネッセンス素子が、前記エレクトロルミネッセンスデバイスの前記第 2 の領域をも覆っている、請求項 1 4 に記載のデバイス。

30

【請求項 1 6】

前記第 2 のフォトルミネッセンス素子が、前記エレクトロルミネッセンスデバイスの前記第 1 の領域を覆っていない、請求項 1 4 に記載のデバイス。

【請求項 1 7】

前記第 2 のフォトルミネッセンス素子によって発され、前記第 1 のフォトルミネッセンス素子へ入射する前記第 2 の波長の光が、前記第 1 のフォトルミネッセンス素子を実質的に透過する、請求項 1 4 に記載のデバイス。

【請求項 1 8】

前記第 1 のフォトルミネッセンス素子が、前記エレクトロルミネッセンスデバイスからの前記ポンプ波長の前記入射光を吸収する吸収性半導体層の間に配置される複数の第 1 のポテンシャル井戸を有し、当該第 1 のポテンシャル井戸が前記第 1 の波長の光を発する能力を有するものである、請求項 1 4 に記載のデバイス。

40

【請求項 1 9】

前記第 2 のフォトルミネッセンス素子が、前記エレクトロルミネッセンスデバイスからの前記ポンプ波長の前記入射光を吸収する吸収性半導体層の間に配置される複数の第 2 のポテンシャル井戸を有し、当該第 2 のポテンシャル井戸が前記第 2 の波長の光を発する能力を有するものである、請求項 1 8 に記載のデバイス。

【請求項 2 0】

前記第 1 及び第 2 のフォトルミネッセンス素子が、II ~ VI 族半導体材料を含む、請

50

求項 1 4 に記載のデバイス。

【請求項 2 1】

前記第 1 及び第 2 のフォトルミネッセンス素子のそれぞれが、カドミウムマグネシウム亜鉛セレナイト (CdMgZnSe) の吸収層の間に配置された複数のカドミウム亜鉛セレナイト (CdZnSe) 量子井戸を有する、請求項 2 0 に記載のデバイス。

【請求項 2 2】

前記第 2 のフォトルミネッセンス素子と前記エレクトロルミネッセンスデバイスとの間に配置された接着剤層を更に備え、当該接着層が前記第 2 のフォトルミネッセンス素子を前記エレクトロルミネッセンスデバイスに取り付けている、請求項 1 4 に記載のデバイス。

10

【請求項 2 3】

前記第 2 のフォトルミネッセンス素子が、前記エレクトロルミネッセンスデバイスに直接接合されている、請求項 1 4 に記載のデバイス。

【請求項 2 4】

前記第 1 のフォトルミネッセンス素子が、前記第 2 のフォトルミネッセンス素子と一緒にエピタキシャル成長される、請求項 1 4 に記載のデバイス。

【請求項 2 5】

前記第 1 フォトルミネッセンス素子と前記第 2 のフォトルミネッセンス素子の間に、エピタキシャル成長された窓層とエッチング停止層とを更に備える、請求項 2 4 に記載のデバイス。

20

【請求項 2 6】

前記第 1 のフォトルミネッセンス素子が、前記第 2 のフォトルミネッセンス素子に接着剤で取り付けられている、請求項 1 4 に記載のデバイス。

【請求項 2 7】

半導体構造体であって、

ポンプ波長の光を、当該ポンプ波長とは異なる第 1 の波長の光に変換する能力を有する第 1 の再発光半導体構造であって、前記再発光半導体構造が第 1 のエッチング液によってエッチングすることができる、第 1 の再発光半導体構造と、

前記第 1 の再発光半導体構造とともにエピタキシャル成長されたエッチング停止層であって、当該エッチング停止層は前記第 1 のエッチング液にエッチング耐性がある、エッチング停止層と、

30

前記エッチング停止層上でエピタキシャル成長され、かつ、前記ポンプ波長の光を前記ポンプ波長とも前記第 1 の波長とも異なる第 2 の波長の光に変換する能力を有する第 2 の再発光半導体構造と、を有するものであり、前記第 1 の再発光半導体構造及び前記エッチング停止層の両方が、前記第 2 の再発光半導体構造が発する前記第 2 の波長の前記光に対して実質的に透明である、半導体構造体。

【請求項 2 8】

基板を更に有し、当該基板上で前記第 1 の再発光半導体構造がエピタキシャル成長される、請求項 2 7 に記載の構造体。

【請求項 2 9】

前記基板が、リン化インジウム (InP) を含む、請求項 2 8 に記載の構造体。

40

【請求項 3 0】

前記エッチング停止層が、前記第 2 の波長より短い波長を有する第 3 の波長で蛍光を発光する能力を有する、請求項 2 7 に記載の構造体。

【請求項 3 1】

前記エッチング停止層と前記第 1 の再発光半導体構造との間にエピタキシャル成長された窓層を更に備え、前記第 2 の再発光半導体構造及び前記エッチング停止層の部分が取り除かれて前記窓層が露出されている、請求項 2 7 に記載の構造体。

【請求項 3 2】

光変換素子の形成方法であって、

50

第1の再発光部分と、第2の再発光部分と、前記第1の再発光部分と前記第2の再発光部分との間にあるエッチング停止層とを有する半導体構造体を提供する工程であって、前記第1の再発光部分と、前記エッチング停止層と、前記第2の再発光部分とが一緒にエピタキシャル成長される、半導体構造体を提供する工程と、

前記エッチング停止層の領域を露出するために前記第2の再発光部分における第1の領域をエッチングする工程と、

前記エッチング停止層が照射されて第1の波長で蛍光を発光する間に前記エッチング停止層の前記露出された領域をエッチングする工程と、

前記第1の波長の前記光を検出する工程と、

前記第1の波長の光がもはや検出されなくなった際に前記エッチング停止層のエッチングを終了する工程と、を含む、光変換素子の形成方法。 10

【請求項33】

前記半導体構造体を提供する工程が、カドミウム亜鉛セレナイト($CdZnSe$)で形成された前記エッチング停止層を有する前記半導体構造体を提供することを含み、かつ、前記エッチング停止層をエッチングする工程が、前記エッチング停止層を HBr / H_2O / Br_2 溶液に曝露することを含む、請求項32に記載の方法。

【請求項34】

前記第2の再発光部分が、カドミウムマグネシウム亜鉛セレナイト($CdMgZnSe$)を含み、かつ、前記第2の再発光領域をエッチングする工程が、前記第2の再発光部分を HCl 及び HBr のうちの少なくとも1つの溶液に曝露することを含む、請求項33に記載の方法。 20

【請求項35】

前記第1及び第2の再発光部分が、それぞれ、 $CdMgZnSe$ で形成された吸収層の間に配置された $CdZnSe$ 量子井戸構成と、緑色光を発するように構成された前記第1の再発光部分の量子井戸と、赤色光を発するように構成された前記第2の再発光部分の量子井戸とを、有する、請求項32に記載の方法。

【請求項36】

多重波長発光ダイオード(LED)の形成方法であって、

第1のフォトルミネッセンス素子を LED に取り付ける工程であって、当該第1のフォトルミネッセンス素子が、前記 LED からのポンプ光で照射した際に第1の波長の光を生成する能力を有する、取付工程と、 30

前記第1のフォトルミネッセンス素子の部分を取り除く工程と、

第2のフォトルミネッセンス素子を前記第1のフォトルミネッセンス素子の上に取り付ける工程であって、当該第2のフォトルミネッセンス素子が、前記 LED からのポンプ光で照射した際に前記第1の波長と異なる第2の波長の光を生成する能力を有する、取付工程と、を含む、方法。

【請求項37】

前記第2のフォトルミネッセンス素子の部分を取り除く工程を更に含む、請求項36に記載の方法。

【請求項38】

前記第1のフォトルミネッセンス素子の部分を取り除く工程が、前記第1のフォトルミネッセンス素子の部分をエッチングすることを含む、請求項36に記載の方法。 40

【請求項39】

前記第1のフォトルミネッセンス素子を前記 LED に取り付ける工程が、前記第1のフォトルミネッセンス素子を接着剤で前記 LED に取り付けることを含む、請求項36に記載の方法。

【請求項40】

前記第1のフォトルミネッセンス素子を前記 LED に取り付ける工程が、前記第1のフォトルミネッセンス素子と前記 LED との間に光学接合を形成することを含む、請求項36に記載の方法。 50

【請求項 4 1】

前記第1及び第2のフォトルミネッセンス素子が、それぞれ、II～VII族半導体材料で形成されたポテンシャル井戸構造を有する、請求項36に記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は発光ダイオードに関するものであり、特にLEDによって発光される光の波長を変換する波長変換器を含む発光ダイオード(LED)に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

LEDが通常発生しない光の色を必要とする場合や、単独のLEDを、通常は複数の様々なLEDを合わせて作られるスペクトルを有する光の製作に使用する場合の照明装置に関して、波長を変換する発光ダイオード(LED)が益々重要となっている。この様な装置の例は、液晶ディスプレイ(LCD)のコンピューターモニターやテレビの様なディスプレイの背面照明が該当する。この様な装置では、LCDパネルの照明用に実質的に白色の光が必要である。単独のLEDで白色を発生させる一つの方法としては、まずLEDで青色を発生させて、次にその光の一部若しくは全部を異なる色に変換するものがある。一例として、青色発光LEDが白色源として用いられる場合には、青色光の一部分は波長変換器を用いて黄色光に変換され得る。結果として生ずる黄色と青色の組み合わせの光は、観察者には白く見える。

10

20

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0003】**

しかし、その白色光は2つの異なる色のみの結果であるため、結果としてもたらされる光の色(白色点)は、表示装置に用いるには最適ではない場合がある。

【課題を解決するための手段】**【0004】**

本発明の一実施形態は、第1及び第2の波長で発光する発光デバイスを対象とする。このデバイスは、ポンプ波長で発光するエレクトロルミネッセンスデバイスを含む。第1のフォトルミネッセンス素子は、エレクトロルミネッセンスデバイスの第1の領域及び第2の領域を覆う。第1のフォトルミネッセンス素子は、エレクトロルミネッセンスデバイスの第1の領域からのポンプ波長の入射光の少なくとも一部を第1の波長の光に変換する能力を有する。このデバイスは、また、第1のフォトルミネッセンス素子とエレクトロルミネッセンスデバイスとの間に配置された第2のフォトルミネッセンス素子も含む。第2のフォトルミネッセンス素子は、エレクトロルミネッセンスデバイスの第2の領域を覆い、エレクトロルミネッセンスデバイスの第1の領域は覆わない。第2のフォトルミネッセンス素子は、エレクトロルミネッセンスデバイスの第2の領域からのポンプ波長の入射光の少なくとも一部を第1の波長と異なる第2の波長の光に変換する能力を有する。

30

【0005】

本発明の別の実施形態は、第1の波長及び第2の波長で発光することができる発光デバイスを対象とする。このデバイスは、ポンプ波長で発光するエレクトロルミネッセンスデバイスを含む。第1のフォトルミネッセンス素子は、エレクトロルミネッセンスデバイスの第1の領域を覆う。第1のフォトルミネッセンスデバイスは、エレクトロルミネッセンスデバイスの第1の領域からのポンプ波長の入射光の実質的に全てを第1の波長の光に変換する能力を有する。第2のフォトルミネッセンス素子は、エレクトロルミネッセンスデバイスの第2の領域を覆う。第2のフォトルミネッセンス素子は、エレクトロルミネッセンスデバイスの第2の領域からのポンプ波長の入射光の実質的に全てを第2の波長の光に変換する能力を有する。

40

【0006】

本発明の別の実施形態は、ポンプ波長の光をそのポンプ波長とは異なる第1の波長の光

50

に変換する能力を有する第1の再発光半導体構造を有する半導体構造体を対象とする。第1の再発光半導体構造は、第1のエッティング液でエッティングすることができる。エッティング停止層は、第1の再発光半導体構造とともにエピタキシャル成長される。エッティング停止層は、第1のエッティング液によるエッティングに抵抗する能力を有する。第2の再発光半導体構造は、エッティング停止層上にエピタキシャル成長され、かつ、ポンプ波長の光を、そのポンプ波長とも第1の波長とも異なる第2の波長の光に変換する能力を有する。第1の再発光半導体構造及びエッティング停止層は、両方とも、第2の再発光半導体構造が発する第2の波長の光に対して実質的に透明である。

【0007】

本発明の別の実施形態は、光変換素子の形成方法を対象とする。この方法は、第1の再発光部分と、第2の再発光部分と、第1と第2の再発光部分間にあるエッティング停止層とを有する半導体構造体を提供する工程を含む。第1の再発光部分と、エッティング停止層と、第2の再発光部分とは、一緒にエピタキシャル成長される。エッティング停止層を露出するために、第2の再発光部分において第1の領域がエッティングされる。エッティング停止層の第1の領域は、エッティング停止層が照射されて第1の波長で蛍光を発する間に、エッティングされる。第1の波長の光が検出され、かつ、この第1の波長の光がもはや検出されなくなると、エッティング停止層の第1の領域のエッティングが終了となる。

10

【0008】

本発明の別の実施形態は、多重波長発光ダイオード（LED）の形成方法を対象とする。この方法は、第1のフォトルミネッセンス素子をLEDに取り付ける工程を含む。第1のフォトルミネッセンス素子は、LEDからのポンプ光で照射されたときに第1の波長の光を生成することができる。次いで、第1のフォトルミネッセンス素子の部分を取り除く。第2のフォトルミネッセンス素子を第1のフォトルミネッセンス素子の上に取り付ける。第2のフォトルミネッセンス素子は、LEDからのポンプ光で照射されたときに、第1の波長とは異なる第2の波長で光を生成することができる。

20

【0009】

本発明の上記の概要は、本発明のそれぞれの図示の実施形態又は全ての実施を説明しようとするものではない。以下の図及び詳細な説明によって、これらの実施形態をより具体的に例示する。

30

【図面の簡単な説明】

【0010】

添付の図面と共に以下の本発明の様々な実施形態の詳細な説明を検討することで、本発明はより完全に理解され得る。

【図1】本発明の原理に従う、波長を変換された発光ダイオード（LED）の実施形態の概略図。

40

【図2】本発明の原理に従う、波長変換器の実施形態の概略図。

【図3A】本発明の一実施形態の波長変換LED製造における製作工程の概略図。

【図3B】本発明の一実施形態の波長変換LED製造における製作工程の概略図。

【図3C】本発明の一実施形態の波長変換LED製造における製作工程の概略図。

【図3D】本発明の一実施形態の波長変換LED製造における製作工程の概略図。

【図3E】本発明の一実施形態の波長変換LED製造における製作工程の概略図。

【図3F】本発明の一実施形態の波長変換LED製造における製作工程の概略図。

【図4】波長変換LEDの別の実施形態の概略図。

【図5A】本発明の原理に従う、波長変換LEDの他の実施形態の概略図。

【図5B】本発明の原理に従う、波長変換LEDの他の実施形態の概略図。

【図6A】波長変換LEDの別の実施形態における製作工程の概略図。

【図6B】波長変換LEDの別の実施形態における製作工程の概略図。

【図6C】波長変換LEDの別の実施形態における製作工程の概略図。

【図6D】波長変換LEDの別の実施形態における製作工程の概略図。

【0011】

50

本発明は種々の修正及び代替の形態に容易に応じるが、その細部は一例として図面に示されており、また詳しく説明することにする。しかしながら、その意図は、記載された特定の実施形態に本発明を限定することでないことを理解するべきである。反対に、その意図は添付の特許請求の範囲により規定されるように、本発明の趣旨及び範囲内にあるすべての変更、等価物、及び代替物を網羅しようとするもの。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明は、波長変換器を用いる発光ダイオードに適用可能であり、この波長変換器は、所定波長で発光するLEDの光の少なくとも一部の波長を2つの追加波長に変換する。本明細書で、ある波長の光に言及する場合、その光が、ある範囲の波長を有することができ、その波長の範囲内でピーク波長となる特定の波長を伴うものと理解するべきである。例えば、光が波長を有すると述べた場合、その光は、その波長の範囲内のピーク波長としてを有する、波長の範囲を含むことができるものと理解するべきである。

10

【0013】

本発明の第一の実施形態による、波長変換LEDデバイス100の例は図1に概略図で示されている。デバイス100には、1つのタイプのエレクトロルミネッセンスデバイスであるLED102が含まれる。半導体波長変換器104は、LED102の上側表面106に取り付けられる。変換器104は、LED102から受ける波長 p の光を変換して少なくとも2つの異なる波長(1及び2)の光を生成することができる。変換器104は、第2のフォトルミネッセンス素子110よりLED102のより近くに配置された第1のフォトルミネッセンス素子108を含むスタックに形成される。フォトルミネッセンス素子は半導体構造体であり、概してそれより短い波長特性の別の光によって照射された場合に、1つの波長特性の光を生成する。第1のフォトルミネッセンス素子は、LED102からの p の光で照射された場合に、1の光を発生する。第2のフォトルミネッセンス素子は、LED102からの p の光で照射された場合に、2の光を発生する。2つのフォトルミネッセンス素子108、110は、エッチング停止層112及び窓層114によって分離されている。更に、第2の窓層116が、第1のフォトルミネッセンス素子をLED102から分離する場合がある。

20

【0014】

それぞれの半導体フォトルミネッセンス素子108、110は、LED102からの p の光を吸収する少なくとも1つの層を含むことにより、その半導体内のキャリア対と、これらのキャリアを収集する例えば量子井戸層である少なくとも1つのポテンシャル井戸層とを生成するものであり、収集されたキャリアは再結合されて、 p より長い波長の光を発する。第1のフォトルミネッセンス素子108に発生した光の波長1は、第2のフォトルミネッセンス素子110に発生した光の波長2より概して長いので、1の光は第2のフォトルミネッセンス素子110を通過することができる。例えば、LED102がGaN系LEDである場合、 p の光は通常青色であり、そのLEDは、赤色光を発生する第1のフォトルミネッセンス素子108と、緑色光を発生する第2のフォトルミネッセンス素子とを伴う。故に、LED装置100は、ディスプレイに使用される赤色、緑色、青色の3色全ての光を発する能力を有することができる。

30

【0015】

LED102の第1の領域118は、第2のフォトルミネッセンス素子110のみによって覆われている。LED102の第1の領域118(116)からの波長 p を有する光120は、第2のフォトルミネッセンス素子110に入射し、2の光122を発生する。第2のフォトルミネッセンス素子110は、LED102の第1の領域118(116)からの入射光120の実質的に全てを吸収する場合もあり、入射光120の一部のみを吸収する場合もある。

40

【0016】

LED102の第2の領域124は、第1及び第2のフォトルミネッセンス素子108、110の両方で覆われている。LED102の第2の領域124からの波長 p を

50

有する光 126 は、第1のフォトルミネッセンス素子 108 に入射し、1の光 128 を発生する。第1のフォトルミネッセンス素子 108 は、LED 102 の第2の領域 124 からの入射光 126 の実質的に全てを吸収することができる。1の光 128 は、第2のフォトルミネッセンス素子 110 を実質的に透過し、波長変換器 104 を出る。

【0017】

LED 102 の第3の領域 130 は、第1及び第2のフォトルミネッセンス素子 108 、 110 のいずれにも覆われていない。故に、p の光 132 は、波長変換器 104 を直接通過して出て行くことができる。LED 102 からの光、及び同様に、第1及び第2の再発光領域 108 、 110 からの光は、多数の異なる方向に伝播することを理解されたい。故に、異なる波長の光 122 、 128 、及び 132 は、LED デバイスを通過して出て、空間的に混合されたものになる。

10

【0018】

波長変換器 104 は、LED 102 に直接接合することもできれば、所望により接合層 134 を介して取り付けることもできる。接合層 134 については、米国特許出願第 60/978,304 号（2007 年 10 月 8 日付出願）に詳述されており、LED 102 への波長変換器 104 の直接接合については、米国特許出願第 61/012,604 号（2007 年 12 月 10 日付出願）に記載されている。LED 102 の駆動電流を与えるために、電極 136 及び 138 を LED 102 のそれぞれの側面に備えることができる。また、LED デバイス 100 の 1 つ以上の表面に、例えば仮特許出願第 60/978,304.5 号に記載されているような抽出機能を設けてもよい。

20

【0019】

本発明は使用可能な LED 半導体材料のタイプを限定せず、したがって LED 内に発生される光の波長も限定しないが、本発明は青色光の変換に有用なものとして見出されるであろうと予想される。例えば、青色光を生成する AlGaNN LED は、青色光を吸収して赤色光及び緑色光を生成する波長変換器とともに用いることができ、結果として白色に見える空間的に混合された光をもたらす。

【0020】

LED デバイス 100 とともに使用できる多層波長変換器は、通常 II ~ VI 族半導体材料（例えば、CdMgZnSe のような多様なセレナイト金属合金）をベースとした多層量子井戸構造を採用する。そのような多層波長変換器では、半導体波長変換器は、LED によって発光されるポンプ光の少なくとも一部が吸収されるような構造のバンドギャップ部分となるように構築される。ポンプ光の吸収によって発生した電荷キャリアは、吸収領域より小さいバンドギャップを有するように作られた量子井戸層に拡散し、ここでキャリアは再結合し、より長い波長の光を発生する。この記述は、半導体材料の種類や波長変換器の多層構造を限定するものではない。

30

【0021】

代表的な波長変換器 200 のバンド構造の概略図を図 2 に示す。波長変換器は、例えば、分子線エピタキシー（MBE）又は他の何らかのエピタキシャル技法を用いてエピタキシャル成長される。変換器 200 の異なる層をエピタキシャルスタックとして示し、それぞれの層の幅は各層のバンドギャップを表す。波長変換器は、通常、InP 基板上に成長される。代表的な波長変換器の多様な層の厚さ、材料、及びバンドギャップを、下表 I にまとめた。

40

【0022】

【表1】

表1：代表的な波長変換器構造体の概要

層番号	説明	物質	厚さ (μm)	バンドギャップ (eV)
202	底窓	CdMgZnSe	0.05	2.92
204	バンドギャップのグレーディング	CdMgZnSe	0.22	2.92~2.48
206	赤色量子井戸	CdZnSe	0.0057	1.88 (1.96で発光)
208	赤色量子井戸の吸収体	CdMgZnSe:Cl	0.12	2.48
210	赤色量子井戸の吸収体	CdMgZnSe:Cl	0.64	2.48
212	エッティング停止層	CdZnSe	0.1	2.1
214	バンドギャップのグレーディング	CdMgZnSe	0.15	2.48~2.92
216	中間窓	CdMgZnSe	0.35	2.92
218	バンドギャップのグレーディング	CdMgZnSe	0.22	2.92~2.48
220	緑色量子井戸	CdZnSe	0.0023	2.13 (2.25で発光)
222	緑色量子井戸の吸収体	CdMgZnSe:Cl	0.12	2.48
224	緑色量子井戸の吸収体	CdMgZnSe:Cl	0.5	2.48
226	グレードされた吸収体	CdMgZnSe	0.13	2.48~2.35
228	バッファ層	GalnAs	0.2	InPと整合した格子
230	基板	InP		

10

20

30

40

50

【0023】

窓層は、窓層への入射光の少なくとも一部に対して透明であるように設計された半導体層である。底窓層202は、LEDに取り付けられた層である。グレードされた層は、隣接する層の間のバンドギャップの滑らかな推移をもたらすように1つの側からもう一方の側にかけて組成が変化する層である。この代表的な構造体では、グレードされた層の層組成は、Cd、Mg、Znの相対量を変えることによって変化される。フォトトルミネッセンス素子は、ポテンシャル井戸層と吸収層とが交互にあるスタックを含む。故に、赤色フォトトルミネッセンス素子は層206、208、及び210を含み、一方、緑色フォトトルミネッセンス素子は層220、222(224)、及び224を含む。エッティング停止層212は、赤色フォトトルミネッセンス素子をエッティングするために使用されるエッティング液によるエッティングに抵抗して、緑色フォトトルミネッセンス素子にエッティングが到達しないようにする層である。

【0024】

次に、デュアル波長変換器を含むLEDデバイスを製作する1つのアプローチについて、図3A~3Fを参照して説明する。プロセスについては、一般論として説明するが、具体的な例については、図2を参照して説明したデュアル波長変換器を再び参照する。

【0025】

最初に、図3Aに概略的に示したようなデュアル波長変換器ウェハ300を生産するために、フォトトルミネッセンス素子のスタックを、基板上にエピタキシャル成長させる従来の技法を用いて製作することができる。デュアル波長変換器ウェハ300は、基板302と、光を第1の変換波長に変換するための第1のフォトトルミネッセンス素子304と、中間窓層306と、エッティング停止層308と、光を第2の変換波長に変換するための第2のフォトトルミネッセンス素子310とを含む。その他の層、例えば、追加の窓層、バッファ層、及びグレーディング層は、簡略化するために省かれている。この製作法では、第2のフォトトルミネッセンス層310はLEDに最後に取り付けられる。

【0026】

例えば従来のフォトリソグラフィ・パターニングを用いて、第2のフォトトルミネッセン

ス層 310 の様々な領域 312 を、エッティング停止層 308 まで、好適なエッティング液を用いてエッティングする。図 2 の例では、第 2 のフォトルミネッセンス層 310 は、CdMgZnSe 層を含み、この場合、エッティング液は、例えば、HCl 又は HBr を含有する溶液であつてよい。

【0027】

第 2 のフォトルミネッセンス層 310 は、吸収光を第 2 の変換波長に変換するように設計されるものであり、その特性を用いてエッティングプロセスをモニターすることができる。第 2 のフォトルミネッセンス層 310 のエッティング領域 312 を、第 2 のフォトルミネッセンス層 310 に吸収された光で照射することができ、結果としてもたらされる第 2 の変換波長の変換光を検出することができる。第 2 の変換波長で発生した光は、目視により、又は例えば、第 2 の変換波長でない光を排除するフィルタ又はスペクトル分析器を結合した光検波器など任意の好適な検出器を使用して、検出することができる。第 2 の変換波長で発生した光の量は、第 2 のフォトルミネッセンス層 310 の量子井戸がエッティング領域 312 から取り除かれると減少する。第 2 のフォトルミネッセンス層 310 が領域 312 で完全にエッティングされると、エッティング速度は遅くなるか、又はエッティング停止層 308 の表面で実質的に停止して、図 3B の概略図に示されるウェハを生産する。

【0028】

図 2 のデュアル波長変換器の特定の実施例では、エッティング領域 312 が LED、レーザー、又は他の好適な光源からの青色又は UV 光で照射され、第 2 のフォトルミネッセンス層 310 からの赤色変換光が検出される。エッティング停止層 308 は橙色の蛍光を発するので、第 2 のフォトルミネッセンス層 310 の量子井戸がエッティング領域 312 から取り除かれると、赤色変換光の発光は停止する。

【0029】

次いで、ウェハ 300 を洗浄してから、エッティング領域 312 のエッティング停止層 308 をエッティングする。次いで、第 2 のエッティング液を用いてエッティング領域 312 のエッティング停止層 308 を取り除く。このエッティングプロセスは、エッティングするにつれて生じるエッティング停止層 308 の照射によってもたらされるエッティング停止層 308 からの蛍光をモニターすることによって追跡調査できる。光源で照射したときに、エッティング停止層 308 によって発生した蛍光のスペクトルが、その下の中間窓層 306 又は第 1 のフォトルミネッセンス層 304 によって発生した光のスペクトルと異なる場合、エッティング停止層 308 からの蛍光の減衰は、エッティング停止層 308 がエッティング領域 312 から取り除かれた際に感知できる。この時点で、エッティングプロセスを停止して、図 3C に概略的に示されたウェハを生産することができる。エッティング領域 312 を照射するために用いられる光の波長に依存して、その照射光は、中間窓層 306 に蛍光を発生するか、若しくは第 1 のフォトルミネッセンス層 304 で第 1 の変換波長の光を発生する。

【0030】

図 2 のデュアル波長変換器の特定の実施例では、エッティング停止層 308 は、塩素をドープした CdZnSe で形成され、第 2 のエッティングは、例えば、HBr / H₂O / Br₂ (容積比 200 / 40 / 1) の溶液でよい。CdZnSe のエッティング停止層 308 を、第 2 のフォトルミネッセンス層 310 を照射するために使用したのと同じ青色光又は UV 光で照射することができる。照明光が、波長変換器が取り付けられる予定の LED によって発生される光と近接又は同一の波長であるとき、中間窓 306 はその照射光に対して実質的に透明であるので、エッティング停止層 308 がいったんエッティングによって取り除かれるとすぐに、第 1 のフォトルミネッセンス層によって緑色光が発生される。したがつて、いったん放射光が橙色から緑色に変化したら、エッティングプロセスを停止することができる。

【0031】

例えば、フォトリソグラフィ技法によってパターニングした後、中間窓層 306 及び第 1 のフォトルミネッセンス層 304 を取り除くことによってウェハ 300 のいくつかの領域 314 を基板 302 までエッティングして、図 3D に概略図を示した構造体をもたらすこ

とができる。これらの層は、第2のフォトルミネッセンス層310のエッティングに用いたのと同じエッティング液を用いてエッティングすることができる。

【0032】

次いで、例えば、接着剤層(図示せず)を使用して、又は直接接合によって、ウェハ300をLEDウェハ316に取り付けて、図3Eに概略図を示した構造体を生産することができる。

【0033】

次いで、例えばエッティングによって基板302を取り除き、図3Fに概略的に示した構造体を生産することができる。図2のデュアル波長変換器の例では、基板302はInPであり、HCl:H₂Oの3:1溶液中でのエッティングにより取り除くことができる。GaInAs(図示せず)のバッファ層は、エッティング液(40gのアジピン酸:200mLのH₂O:30mLのNH₄OH:15mLのH₂O₂)を用いて取り除くことができる。深いエッティング領域312は、LEDウェハ316からの光が第1の変換波長の光を発生するように、中間窓層306から第1のフォトルミネッセンス領域304へ直接的に通過することを可能にする。第2のフォトルミネッセンス層310がLEDウェハ316に取り付けられている領域は、第2の変換波長の光を発生するようにLEDウェハ316からの光が第2のフォトルミネッセンス層310を照射することを可能にする。深いエッティング領域314は、LEDウェハ316からの光が波長変換器を直接通過して出て行くことを可能にする。

10

【0034】

LEDウェハ316に取り付けられ、エッティングされた変換器ウェハ300を備える変換型LEDウェハ318は、破線320で分離することにより、個別の変換型LEDデバイスにすることができる。変換型LEDウェハ318を、例えばウェハ用のこぎりを用いて破線320で切断して、個別の波長変換型LEDデバイスを生産することができる。他の方法、例えばレーザー・スクライビングやウォータージェット・スクライビング等を用いてウェハ318から個別のデバイスを分離しても良い。

20

【0035】

デュアル波長変換LED装置400の別の実施形態は図4に概略図を示す。この図のいくつかの要素は、図1に関連して上で述べたものと同様であり、同じ識別番号を有する。しかし、LED402は個別に指定可能な領域418、424、及び430を含む。各領域418、424、及び430の活性化に使用される電極は、図を簡略化するために省かれているが、各領域418、424、及び430は別々の電気接続を備えるものと理解されたい。各領域418、424、及び430の特有の活性化は、発光される3つの波長122、128、132のそれぞれにおいてデバイス400によって生成される光の量を個別に制御することを可能にする。結果として、デバイス400によって発される光として感知されるシェード(shade)は、1つ以上の波長p、1、2で発光される光の量を変化することによって変えることができるであろう。例えば、感知される色が白色となるように異なる波長の発光を均衡化する場合、赤色光を生成するLED領域424の電流を減らして、シアンとして感知されるシェードを生成することができる。

30

【0036】

デュアル波長変換デバイスの別の実施形態では、変換によって又は変換器のエッティングされた領域を通過することによって、それぞれの個別に指定可能なLEDが単色で光を生成するように、デュアル変換器を、ポンプLEDのアレイのピクセル化と一致するようにパターニングすることができる。そのようなデバイスは、マルチカラーディスプレイとして使用することができる。

40

【0037】

別の実施形態の波長変換型LED500を図5Aに概略図で示す。この実施形態では、波長変換型LED500はLED502を含み、その上に第1のフォトルミネッセンス素子504と第2のフォトルミネッセンス素子506がある。第1のフォトルミネッセンス素子504は、LED502からのpの光で照射されたときに、1の光を発

50

生する。第2のフォトルミネッセンス素子506は、LED 502からのpの光で照射されたときに、2の光を発生する。この実施形態では、2つのフォトルミネッセンス素子504、506は、互いに別々に成長されるものであり、第1のフォトルミネッセンス素子504がLED 502に取り付けられる前又は後のいずれかに、一体に取り付けることができる。第1のフォトルミネッセンス素子504は、例えば、上述したような光学接合等の任意の好適な方法を使用して、又は光学接着剤の使用によって、LED 502に取り付けることができる。図示した例では、光学接着剤508を使用して第1のフォトルミネッセンス素子504はLED 502に取り付けられる。LED 502の第2及び第3の領域502b、502cの上の第1のフォトルミネッセンス素子504の部分は、例えばエッチングによって、取り除かれる。図示した実施形態では、第2のフォトルミネッセンス素子506は、光学接着剤508を介して第1のフォトルミネッセンス素子に取り付けられる。LED 502の領域502cの上の第2のフォトルミネッセンス素子506の部分は、例えばエッチングによって、取り除かれる。

【0038】

従って、第1のフォトルミネッセンス素子504は、LED 502の領域502aから受光したpの光510を1の光512に変換する。第2のフォトルミネッセンス素子506は、LED 502の領域502bから受光したpの光514を2の光516に変換する。LED 502の領域502cからのpの光518は、波長変換型LED 500から送出される。

【0039】

図5Bに概略図を示した別の実施形態では、第1のフォトルミネッセンス素子504の上にある第2のフォトルミネッセンス素子506の部分もまた、例えばエッチングによって、取り除くことができる。

【0040】

次に、図5A又は5Bのデバイスを製造するための1つの可能なアプローチについて図6A～6Dを参照して説明する。基板608(606)上の第1のフォトルミネッセンス層604は、図6Aの概略図に示したように、LEDデバイスに取り付けられる。第1のフォトルミネッセンス層604は、接着剤606(608)のような接合剤を用いて取り付けてもよい。図6Bに概略的に示したように、基板608(606)は取り除かれ、例えば、標準的なリソグラフィ技法を使用して、フォトルミネッセンス層604はパターニングされる。

【0041】

第2のフォトルミネッセンス層610は、第1のフォトルミネッセンス層604に取り付けられる。第2のフォトルミネッセンス層610は、図6Cの概略図に示したように、接着剤612を使用して、又は直接接合を使用して、第1のフォトルミネッセンス層604に取り付けてもよい。第2のフォトルミネッセンス層610は、取り扱いを容易にするために、基板614に取り付けてもよい。図示した例のように接着剤612が使用される場合は、第2のフォトルミネッセンス層610を追加する前にまず接着剤612を使用して、パターニングされた第1のフォトルミネッセンス層604を平坦化することができる。その後に、例えば、標準的なフォトリソグラフィ技法を使用して、図6Dの概略図に示したように、第2のフォトルミネッセンス層をパターニングすることができる。

【0042】

本発明は、上記の特定の実施例に限定されると考えられるべきではなく、むしろ添付の特許請求の範囲に適正に記載されるように、本発明のすべての態様を網羅すると理解されるべきである。本明細書を検討すれば、本発明が適用可能であっても良い様々な変更、等価の処理、並びに多数の構造が、本発明が対象とする技術の当業者には容易に明らかになるであろう。特許請求の範囲は、そのような修正及び工夫を網羅することを意図したものである。例えば、上記の記述はGaN系LEDを論じたものであるが、本発明は他のII～V族半導体材料を用いて製作されたLEDにも応用でき、更にII～VI族半導体材料を用いるLEDにも応用できる。

【図1】

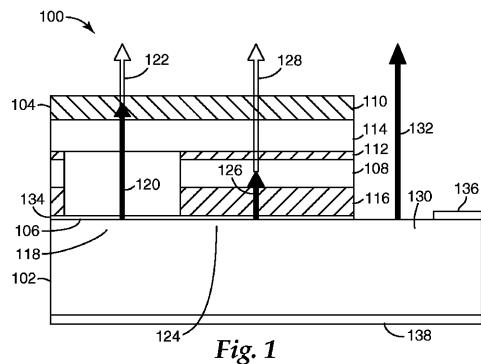


Fig. 1

【図2】

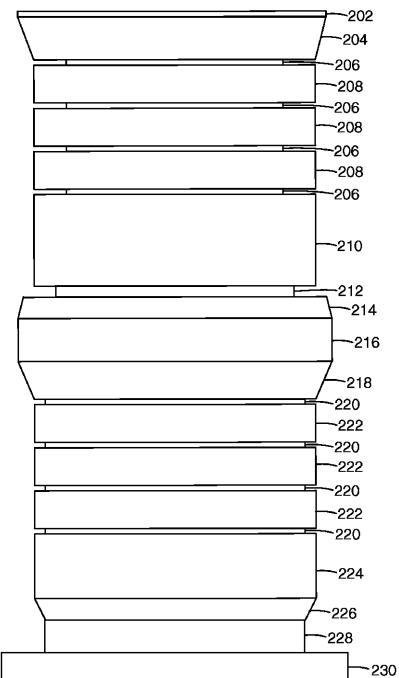


Fig. 2

【図3A】

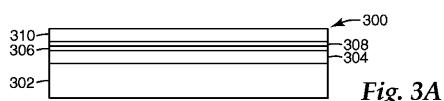


Fig. 3A

【図3B】

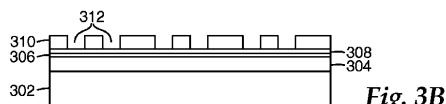


Fig. 3B

【図3C】

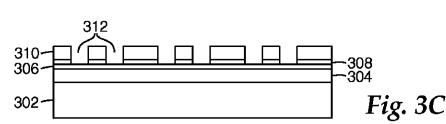


Fig. 3C

【図3D】

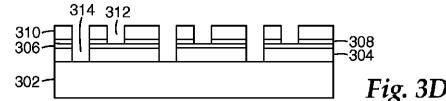


Fig. 3D

【図3E】

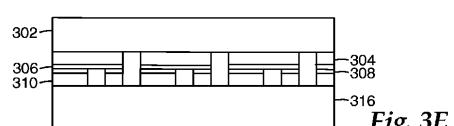


Fig. 3E

【図3F】

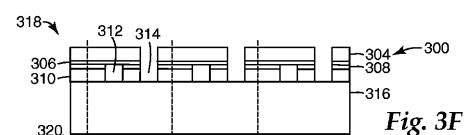


Fig. 3F

【図4】

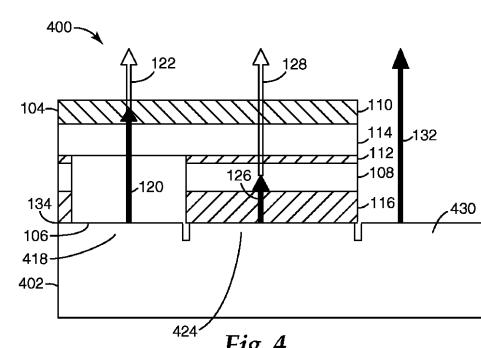


Fig. 4

【図 5 A】

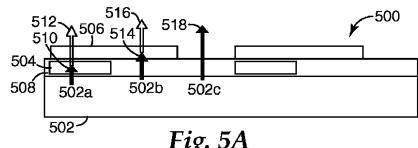


Fig. 5A

【図 5 B】

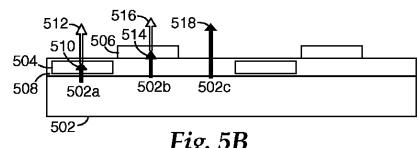


Fig. 5B

【図 6 A】

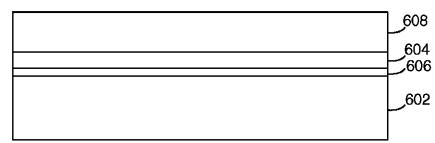


Fig. 6A

【図 6 C】

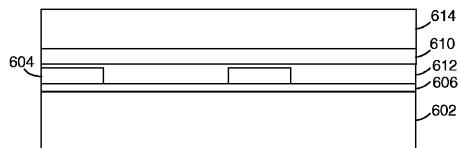


Fig. 6C

【図 6 D】

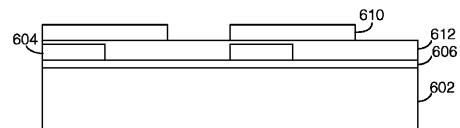


Fig. 6D

【図 6 B】

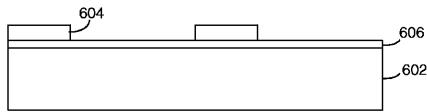


Fig. 6B

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2009/041521
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H01L 33/00(2006.01)i		
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 33/00		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models since 1975. Japanese utility models and applications for utility models since 1975.		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) e-Kompass "light emitting diode, photoluminescent, wavelength, multi"		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-170989 A (SHARP CO.) 14 June 2002 See abstract and figure 4	1-41
A	JP 2007-157943 A (STANLEY ELECTRIC CO., LTD.) 21 June 2007 See abstract and figure 3	1-41
A	US 2007-0228931 A1 (KIM, BUM JOON et al.) 04 October 2007 See abstract and figure 4	1-41
A	US 2006-0124917 A1 (MILLER, THOMAS J. et al.) 15 June 2006 See abstract and figure 1	1-41
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
09 DECEMBER 2009 (09.12.2009)	14 DECEMBER 2009 (14.12.2009)	
Name and mailing address of the ISA/KR  Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon, 139 Seonsa-ro, Seo-gu, Daejeon 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140	Authorized officer PARK, Hye Lyun Telephone No. 82-42-481-8362	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/US2009/041521

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2002-170989 A	14.06.2002	US 2002-074558 A1 US 6720584 B2	20.06.2002 13.04.2004
JP 2007-157943 A	21.06.2007	None	
US 2007-0228931 A1	04.10.2007	JP 2007-273989 A KR 10-0723233 B1	18.10.2007 22.05.2007
US 2006-0124917 A1	15.06.2006	CN 101076897 A EP 1831934 A1 JP 2008-523615 A US 2007-051967 A1 US 2008-272362 A1 US 2008-272387 A1 US 7402831 B2 WO 2006-062588 A1	21.11.2007 12.09.2007 03.07.2008 08.03.2007 06.11.2008 06.11.2008 22.07.2008 15.06.2006

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,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,SE,SI,S,K,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,K,E,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LA,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,ME,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,ST,SV,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,ZA,ZM,ZW

(74)代理人 100165191

弁理士 河合 章

(72)発明者 ハーセ,マイケル エー.

アメリカ合衆国,ミネソタ 55133-3427,セント ポール,ポスト オフィス ボック
ス 33427,スリーエム センター

(72)発明者 ミラー,トーマス ジェイ.

アメリカ合衆国,ミネソタ 55133-3427,セント ポール,ポスト オフィス ボック
ス 33427,スリーエム センター

(72)発明者 オウダーカーク,アンドリュー ジェイ.

シンガポール国,シンガポール 768923,イシュン アベニュー 7 1

(72)発明者 ケリー,トニー ダブリュ.

アメリカ合衆国,ミネソタ 55133-3427,セント ポール,ポスト オフィス ボック
ス 33427,スリーエム センター

(72)発明者 レザーデイル,キャサリン エー.

アメリカ合衆国,ミネソタ 55133-3427,セント ポール,ポスト オフィス ボック
ス 33427,スリーエム センター

F ターム(参考) 5F041 AA11 AA12 AA14 CA05 CA12 CA40 CA74 CB25