(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第5206923号
(P5206923)
(45)発行日　平成25年6月12日(2013.6.12)　(24)登録日　平成25年3月1日(2013.3.1)

(51)Int.Cl.　F I
H01L 33/22 (2010.01)　H01L 33/00 172

請求項の数 14　(全 11 頁)

(21)出願番号　特願2007-121093(P2007-121093)
(22)出願日　平成19年5月1日(2007.5.1)
(65)公開番号　特開2007-311784(P2007-311784A)
(43)公開日　平成19年11月29日(2007.11.29)
審査請求日　平成22年3月31日(2010.3.31)
(31)優先権主張番号　10-2006-0043477
(32)優先日　平成18年5月15日(2006.5.15)
(33)優先権主張国　韓国(KR)

(73)特許権者　390019839
三星電子株式会社
Ｓａｍｓｕｎｇ　Ｅｌｅｃｔｒｏｎｉｃｓ　Ｃｏ．，Ｌｔｄ．
大韓民国京畿道水原市霊通区三星路１２９
１２９，Ｓａｍｓｕｎｇ－ｒｏ，Ｙｅｏｎｇｔｏｎｇ－ｇｕ，Ｓｕｗｏｎ－ｓｉ，Ｇｙｅｏｎｇｇｉ－ｄｏ，Ｒｅｐｕｂｌｉｃ　ｏｆ　Ｋｏｒｅａ
(74)代理人　110000051
特許業務法人共生国際特許事務所
(74)代理人　110000877
龍華国際特許業務法人

最終頁に続く

(54)【発明の名称】半導体発光素子

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
基板、ならびに、前記基板上に順次形成された第１半導体層、活性層、および、第２半導体層を備える半導体発光素子において、
前記基板の表面は、
凹部および凸部が交互に繰り返す第１凹凸構造からなる第１パターンと、
前記凹部の底面および前記凸部の上面に形成され、前記第１凹凸構造よりも幅の狭い凹部および凸部が交互に繰り返す第２凹凸構造からなる第２パターンとを有し、
前記第１半導体層は、前記第１パターンおよび第２パターンを有する前記基板の表面の前記第１パターンおよび前記第２パターンの上に堆積されて形成される
半導体発光素子。
【請求項２】
前記第１凹凸構造における凹部および凸部は、当該凹部および凸部が交互に繰り返す方向に垂直で、かつ、当該凹部の底面または当該凸部の上面の中心を通る面に対して対称である
請求項１に記載の半導体発光素子。
【請求項３】
前記第１凹凸構造は、角形の凹凸と曲面型の凹凸のうち少なくともいずれかを含む
請求項１または２に記載の半導体発光素子。
【請求項４】

前記第１凹凸構造の前記凸部は、曲面を含む
請求項３に記載の半導体発光素子。
【請求項５】
前記基板は、サファイアまたはＳｉを含む物質から形成される
請求項１から４のいずれか一項に記載の半導体発光素子。
【請求項６】
前記第２凹凸構造の前記凸部は、ナノパターンで形成された透光性物質からなる
請求項１から５のいずれか一項に記載の半導体発光素子。
【請求項７】
前記透光性物質は、ＳｉＯ２またはＳｉＮｘである
請求項６に記載の半導体発光素子。
【請求項８】
前記第２凹凸構造の前記凸部は、曲面を含む
請求項１から７のいずれか一項に記載の半導体発光素子。
【請求項９】
第１の極性の第１電極層および前記第１の極性と異なる第２の極性の第２電極層をさらに備え、
前記活性層、前記第２半導体層、及び前記第１電極層は、前記第１半導体層の第１領域上に順次に形成され、
前記第２電極層は、前記第１半導体層の前記第１領域と異なる第２領域上に形成される、
請求項１に記載の半導体発光素子。
【請求項１０】
前記基板は、サファイアまたはＳｉを含む物質から形成される
請求項９に記載の半導体発光素子。
【請求項１１】
前記第２凹凸構造の前記凸部は、ナノパターンで形成された透光性物質からなる
請求項９または１０に記載の半導体発光素子。
【請求項１２】
前記透光性物質は、ＳｉＯ２またはＳｉＮｘである
請求項１１に記載の半導体発光素子。
【請求項１３】
前記第１凹凸構造の前記凸部は、曲面を含む
請求項９から１２のいずれか一項に記載の半導体発光素子。
【請求項１４】
前記第２凹凸構造の前記凹部の内部に透光性物質が充填されている
請求項１または９に記載の半導体発光素子。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、パターン構造を含む発光素子に係り、さらに詳細には、発光素子に使われる基板表面に多重凹凸パターンを形成して、発光素子の欠陥密度の制御及びストレス分布の制御が容易であり、光抽出効率を向上させた多重パターン構造を有する発光素子に関する。
【背景技術】
【０００２】
一般的な半導体発光素子は、レーザーダイオード及び発光ダイオード（Ｌｉｇｈｔ　Ｅｍｉｔｔｉｎｇ　Ｄｉｏｄｅ：ＬＥＤ）があり、ここで、ＬＥＤは、化合物半導体の特性を利用したものであり、電気エネルギーを赤外線、可視光線または光の形態に変換させた信号の発信に使われる素子である。

【０００３】
ＩＩＩ族窒化物系化合物半導体は、直接遷移型半導体であり、他の半導体を利用した素子よりも高温で安定した動作が得られ、ＬＥＤやレーザーダイオード（Ｌａｓｅｒ Ｄｉｏｄｅ：ＬＤ）などの発光素子に広く応用されている。このようなＩＩＩ族窒化物系化合物半導体は、通常、サファイア（Al_2O_3）を基板として利用してその上部に形成されることが一般的である。
【０００４】
図１は、従来技術による一般的なＩＩＩ族窒化物系化合物半導体発光素子の構造を示す断面図である。図１を参照すれば、サファイア基板１１上にｎ－ＧａＮ層１２が形成され、前記ｎ－ＧａＮ層１２上の一部に活性層１３、ｐ－ＧａＮ層１４、及びｐ型電極層１５が順次に形成されている。ｎ－ＧａＮ１２層上の前記活性層１３が形成されていない部位にｎ型電極層１６が形成されている。
【０００５】
図１に示すような一般的な発光素子では、内部の活性層から発生した光をどの程度効率的に外部に抽出できるかが重要な問題である。サファイア基板及び活性層の縦方向に発生した光を効率的に抽出するために、透明電極または反射層の形成に努力してきた。しかし、活性層から発生する光の相当量は、横方向に伝播するので、これを縦方向に抽出するために、例えば、半導体素子の積層構造の側壁に所定の角度を形成し、前記側壁を反射面として形成するなどの努力をしたが、その加工及び費用面での問題がある。また、サファイア基板を使用したＩＩＩ族窒化物系化合物半導体の発光素子の光出力を向上させるために、フリップチップ形態の素子構造を採用している。しかし、光抽出効率は、ＧａＮとサファイア基板との屈折率差によって約４０％となっている。
【０００６】
これを補完するために、最近では、図２Ａに示すように、サファイア基板２１の表面に凹凸構造を形成した後、その上部に活性層２２などを含む半導体結晶層を形成したＬＥＤ構造が紹介された。図２Ａのような構造は、活性層２２の下方に凹凸形態の屈折率界面を形成することによって、素子内部で消滅する横方向光の一部を外部に抽出可能にしたのである。
【０００７】
また、サファイア基板２１上にＩＩＩ族窒化物系化合物の半導体を形成した場合、サファイア基板２１とＩＩＩ族窒化物系化合物半導体との格子定数の不整合によって電位が発生するという問題がある。これを防止するために、図２Ｂ－ｄのようにサファイア基板２１の表面に凹凸構造を導入して、その上部にＧａＮ層２３を形成した。このような凹凸構造を有するサファイア基板上にＬＥＤを形成する工程を概略的に説明すれば、次の通りである。
【０００８】
図２Ｂ－ａのような凹凸構造を有するサファイア基板２１上に、ＧａＮ層２３を形成する場合、図２Ｂ－ｂのように、凹凸の上部及び各凹凸の側部でＧａＮファセット（ｆａｃｅｔ）２４が成長し、このような成長が進んだ後、図２Ｂ－ｃのような平坦化されたＧａＮ層２３が得られる。このように平坦化されたＧａＮ層２３の第１領域上部に活性層２２、ＧａＮ層２５、第１電極層２６を形成し、ＧａＮ層２３の第２領域上に第２電極層２７を形成して完成したＬＥＤを図２Ｂ－ｄに示した。
【０００９】
かかる単純凹凸構造の半導体発光素子の場合、従来の平面形基板を使用した半導体発光素子に比べて光抽出効率が向上したが、光抽出効率をさらに上昇させるための半導体発光素子の構造が要求される。
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【００１０】
本発明は、前記問題点を解決するためのものであって、従来の一般的な平板型基板及び

単一凹凸パターンを有する発光素子の基板構造を向上させて、発光層から発生した光の発光素子外部への抽出効率を高めうる多重パターン構造を有する半導体発光素子を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【００１１】

本発明のひとつの態様においては、基板、ならびに、基板上に順次形成された第１半導体層、活性層、および、第２半導体層を備える半導体発光素子において、基板の表面は、凹部および凸部が交互に繰り返す第１凹凸構造からなる第１パターンと、凹部の底面および凸部の上面に形成され、第１凹凸構造よりも幅の狭い凹部および凸部が交互に繰り返す第２凹凸構造からなる第２パターンとを有し、第１半導体層は、第１パターンおよび第２パターンを有する基板の表面の第１パターンおよび第２パターンの上に堆積されて形成される半導体発光素子を提供する。

【００１２】

本発明において、前記凹凸構造の第２パターンは、前記第１パターンの凹凸と凹凸構造との間に形成されたことを特徴とする。

【００１３】

本発明において、前記凹凸構造は、角形の凹凸と曲面型の凹凸のうち少なくともいずれか一つを含むことを特徴とする。

【００１４】

本発明において、前記基板は、サファイアまたはＳｉを含む物質から形成されたことを特徴とする。

【００１５】

本発明において、前記第２パターンは、前記第１パターンの凹凸構造の突出部または溝部に透光性物質をナノパターン構造で形成したことを特徴とする。

【００１６】

本発明において、前記透光性物質は、SiO_2またはSiN_xであることを特徴とする。

【００１７】

本発明において、前記基板上に形成された第１半導体層、前記第１半導体層の第１領域上に順次に形成された活性層、第２半導体層、及び第１電極層、前記第１半導体層の第２領域上に形成された第２電極層を備えることを特徴とする。

【００１８】

本発明において、前記突出部は、曲面型の突出部であることを特徴とする。

【発明の効果】

【００１９】

本発明によれば、第１パターン表面に第２パターンが形成された多重パターン構造の基板上に発光層を備える発光素子を形成することによって、従来の一般的な平面基板または単純凹凸構造の基板を使用した半導体発光素子に比べて、活性層、すなわち、発光層から発生した光の発光素子外部への抽出効率を高めることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００２０】

以下、図面を参照して、本発明による発光素子について詳細に説明する。本発明は、半導体発光素子の基板に多重パターン構造を形成して、光抽出効率を向上させたことを特徴とする。

【００２１】

図３は、本発明の実施形態による多重パターン構造を有する半導体発光素子を示す断面図である。

【００２２】

図３を参照すれば、基板３１上に第１半導体層３４が形成され、第１半導体層３４の第１領域上には、活性層３５、第２半導体層３６、及び第１電極３７が順次に形成されてい

る。そして、第１半導体層３４の第２領域上には、第２電極層３８が形成されている。ここで、基板３１は、一般的な半導体発光素子に使われるサファイアまたはＳｉを含む物質から形成された基板を用いることが望ましいが、これらの基板には限定されず、シリコン（Ｓｉ）、炭化ケイ素（ＳｉＣ）など、ＩＩＩ族窒化物系化合物半導体を成長させる基板であれば、いずれも使用することができる。

【００２３】

そして、第１半導体層３４は、ｎ－ＧａＮから形成され、第２半導体層３６は、ｐ－ＧａＮを含む物質から形成できる。ここで、第１半導体層３４及び第２半導体層３６を形成する物質は、ＧａＮに限定されず、ＡｌＮまたはＩｎＮのような２元系、３元系及び４元系の物質を含む。

【００２４】

本発明では、基板３１の表面に多重パターン構造を含むことを特徴とする。具体的には、基板３１の表面には、第１パターン３２が形成され、第１パターン３２の表面には、第２パターン３３が形成されている。このとき、第１パターン３２及び第２パターン３３の形態に特別な制限はない。

【００２５】

図４Ａ及び図４Ｂは、本発明の実施形態による多重パターン構造を有する半導体発光素子に使われる基板を示す断面図である。

【００２６】

図４Ａを参照すれば、基板３１は、一般的な半導体発光素子の基板として使われるサファイア基板またはＳｉを含む基板である。基板３１の表面には、ステップ型、すなわち角形の凹凸状に形成された第１パターン３２が設けられている。そして、第１パターン３２の突出部及び溝部には、凹凸状に形成された第２パターン３３が設けられている。すなわち、本発明の実施形態による多重パターンを有する半導体発光素子は、基板３１に第１パターン３２と第１パターン３２に形成された第２パターン３３とを含むので、結果的に多重パターン構造を有する。また、選択的に第２パターン３３内にさらに他のパターン構造を形成してもよい。

【００２７】

図４Ｂには、前記図４Ａのステップ型の凹凸型パターンではない、第１パターン３２が曲面型の凹凸構造である実施形態を示す。図４Ｂを参照すれば、基板３１の表面には、曲面型第１パターン３２が設けられている。そして、第１パターン３２の曲面型の突出部及び各突出部の間には、凹凸状に形成された第２パターン３３が設けられている。また、第２パターン３３内に選択的に第３パターン（図示せず）を形成してもよい。結果として、本発明の実施形態による半導体発光素子は、多重パターン構造を有する基板を備えることを特徴とする。ここで、前記曲面型の凹凸構造は、半球型またはストライプ型でありうる。

【００２８】

図５Ａないし図５Ｃは、本発明の実施形態による多重パターンを有する半導体発光素子の基板のパターン領域を拡大した図である。図５Ａを参照すれば、基板３１、例えば、一般的に半導体発光素子に使われるサファイア基板に第１パターン３２が設けられており、第１パターン３２領域には、第２パターン３３構造が形成されている。ここで、第１パターン３２及び第２パターン３３は、凹凸型構造であることが分かる。

【００２９】

基板３１とその上部の半導体層との界面で屈折率差を利用した光路変更の効果を極大化するために、図５Ｂ及び図５Ｃでは、パターンとパターンとの間またはパターン上に、SiO_2またはＳｉＮｘのように基板と屈折率差のある透光性物質をナノドット４０で形成した構造を示す。すなわち、このように基板３１の第１パターン３２領域の表面に透光性物質をナノドット４０に形成して、第２パターン３３と同じ機能を果たすことができる。

【００３０】

したがって、本発明の実施形態による多重パターンを有する半導体発光素子の基板３１

は、基板３１自体の表面構造を多重パターンに形成して使用してもよく、透光性物質を基板３１上にパターン構造に形成して使用してもよく、これらをいずれも含む構造で使用してもよい。

【００３１】

以下、本発明の実施形態による多重パターンを有する半導体発光素子の製造方法について説明する。本発明では、基板表面に多重パターン構造を形成するために、２回以上の乾式エッチング工程を実施する。

【００３２】

まず、平面形基板、例えばサファイア基板を用意する。そして、基板上にパターニングされたフォトレジストを位置させ、フォトリソグラフィ工程によって第１パターンを形成する。そして、例えば、一般的なＲＩＥ（Ｒｅａｃｔｉｖｅ　Ｉｏｎ　Ｅｔｃｈｉｎｇ：反応性イオンエッチング）工程で第１パターンを形成する。

【００３３】

エッチングガスとしては、Cl_2、BCl_3、ＨＣｌ、CCl_4、$SiCl_4$などのＣｌ系ガスのうちから選択することが望ましい。作動圧力の場合、エッチングガスまたは状況によって数ｍＴｏｒｒ～数十ｍＴｏｒｒで選択的に調節できる。もし、SiO_2またはSiN_xのような透光性物質をナノドットに形成しようとする場合には、パターン構造が形成された基板表面にSiO_2またはSiN_xのような透光性物質を薄く塗布した後、所定領域が開口されたマスクを位置させた後、開口された領域をエッチングする。

【００３４】

基板表面に多重パターン構造を形成した後、基板上に発光素子の製作に必要なｎ－ＧａＮ層、活性層、ｐ－ＧａＮ層、ｐ型電極層、及びｎ型電極層などを順次に形成する。本発明の実施形態による多重パターン構造を有する発光素子において、基板上に形成される化合物半導体層は、従来の形態とあまり差がなく、その製造工程も公知の技術を使用すれば、容易に実施できる。

【００３５】

以下、本発明の実施形態による多重パターンを有する半導体発光素子と従来技術による半導体発光素子との光抽出効率を図６Ａないし図６Ｃを参照して説明する。図６Ａは、一般的な平面構造の半導体基板、すなわち、図１に示す半導体発光素子の基板を含む半導体発光素子を示し、図６Ｂは、図２Ａに示す凹凸構造を含む基板を含む半導体発光素子を示す。図６Ｃは、本発明の実施形態による多重パターン構造を有する基板を含む半導体発光素子を示す。

【００３６】

具体的には、図６Ａは、基板６１上に第１半導体層６２が形成され、第１半導体層６２上に活性層６３が形成された一般的な構造を示す図である。

【００３７】

図６Ｂは、基板６１上に第１半導体層６２が形成され、第１半導体層６２上に活性層６３が形成され、第１半導体層６２と接する基板６１の表面には、第１パターン６１ａ構造が形成された図である。

【００３８】

そして、図６Ｃは、半導体基板６１上に第１半導体層６２が形成され、第１半導体層６２上に活性層６３が形成されている。第１半導体層６２と接する基板６１の表面には、第１パターン６１ａ構造が形成されており、第１パターン６１ａ構造の突出部及び突出部の間の領域には、第２パターン６１ｂ構造が形成されている。

【００３９】

図６Ａないし図６Ｃに示す半導体発光素子の光抽出効率を測定したグラフを図７に示す。図６Ａの基板構造を使用した半導体発光素子を平面、図６Ｂの基板構造を使用した半導体発光素子をパターン１、図６Ｃの基板構造を使用した半導体発光素子をパターン２で表示した。

【００４０】

図７を参照すれば、平面構造の半導体基板を使用した半導体発光素子の光抽出効率を１００とした時、単純凹凸構造の基板を使用した半導体発光素子の光抽出効率は、１３０を示し、本発明の実施形態による多重パターン構造を有する半導体発光素子の光抽出効率は、約１７０を示した。すなわち、本発明の実施形態による多重パターン構造を有する半導体発光素子の場合、単純平面構造の基板を使用した発光素子に比べて、約７０％の光抽出効率が改善された効果を示し、単純凹凸構造を有する半導体発光素子に比べて、約３０．８％の光抽出効率が改善された結果が得られたことを確認することができる。

【００４１】

前記した説明で多くの事項が具体的に記載されているが、それらは、発明の範囲を限定するものではなく、望ましい実施形態の例示として解釈されねばならない。したがって、本発明の範囲は、説明された実施形態によって限定されず、特許請求の範囲に記載された技術的思想によって決定されねばならない。本発明による発光素子の第１パターン及び第２パターンの構造は制限されず、第１パターンは、単純凹凸型または曲面型であってもよく、前記曲面型構造は、半球型、ストライプ型、馬蹄型などを含む。そして、パターンの配列形態も規則的、不規則的な配列形態がいずれも含まれうる。

【産業上の利用可能性】

【００４２】

本発明は、半導体発光素子の関連技術分野に好適に用いられる。

【図面の簡単な説明】

【００４３】

【図１】従来技術による一般的なＩＩＩ族窒化物系化合物半導体の構造を示す断面図である。

【図２Ａ】従来技術による凹凸構造を有するＩＩＩ族窒化物系化合物半導体を示す断面図である。

【図２Ｂ】従来技術による凹凸構造を有する基板上に発光素子を形成する過程を概略的に示す図である。

【図３】本発明の実施形態による多重パターン構造を有する半導体発光素子を示す断面図である。

【図４Ａ】本発明の実施形態による多重パターン構造を有する発光素子に使われる基板の実施形態を示す断面図である。

【図４Ｂ】本発明の実施形態による多重パターン構造を有する発光素子に使われる基板の実施形態を示す断面図である。

【図５Ａ】本発明の実施形態による多重パターン構造を有する発光素子の基板領域を拡大した断面図である。

【図５Ｂ】本発明の実施形態による多重パターン構造を有する発光素子に透光性ナノドットを形成したことを示す断面図である。

【図５Ｃ】本発明の実施形態による多重パターン構造を有する発光素子に透光性ナノドットを形成したことを示す断面図である。

【図６Ａ】従来技術による平面基板を示す図である。

【図６Ｂ】従来技術による凹凸構造を有する基板を示す図である。

【図６Ｃ】本発明の実施形態による多重凹凸基板を示す図である。

【図７】図６Ａないし図６Ｃに示す従来技術による基板及び本発明の実施形態による多重凹凸構造を有する発光素子の光抽出効率を示すグラフである。

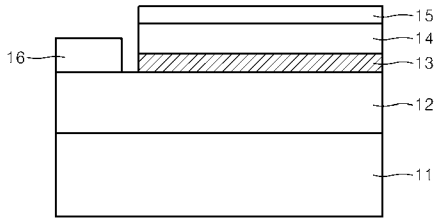
【符号の説明】

【００４４】

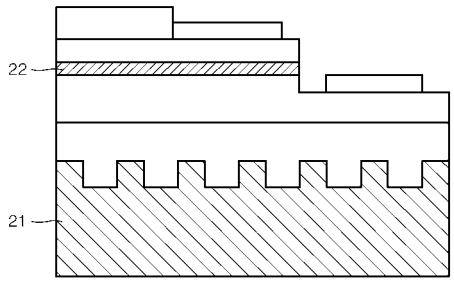
１１、２１、３１、６１　基板、
１２、３４、６２　第１半導体層、
１３、２２、３５、６３　活性層、
１４、３６　第２半導体層、
１５、１６、３７、３８　電極層、

３２、６１ａ　第１パターン、
３３、６１ｂ　第２パターン、
４０　ナノドット。

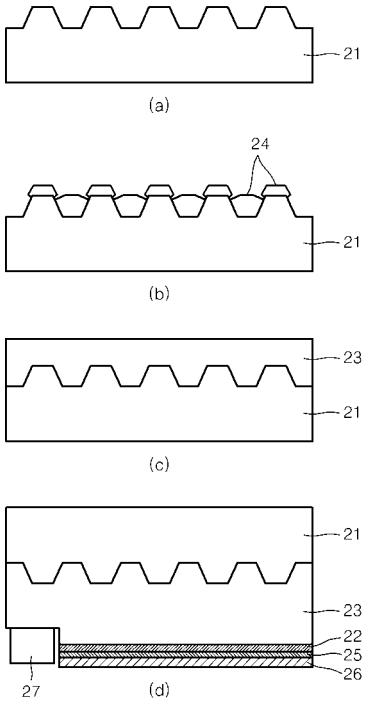
【図１】



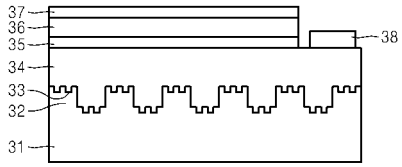
【図２Ａ】



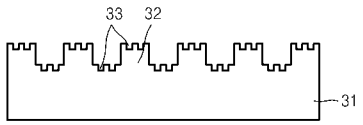
【図２Ｂ】



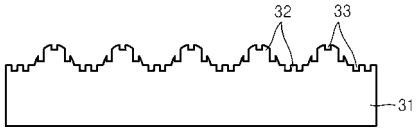
【図３】



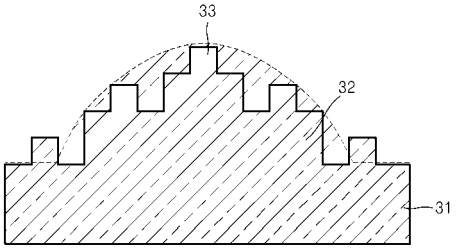
【図４Ａ】



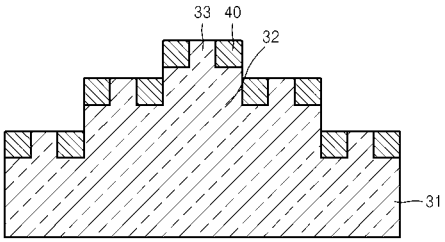
【図４Ｂ】



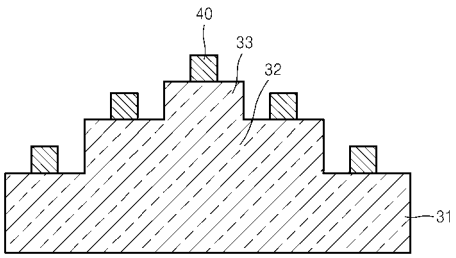
【図５Ａ】



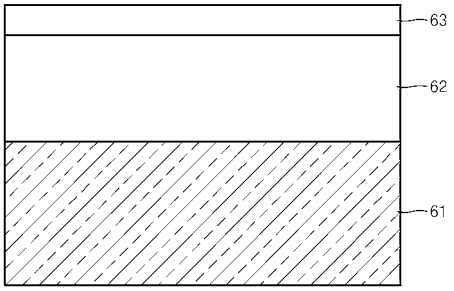
【図５Ｂ】



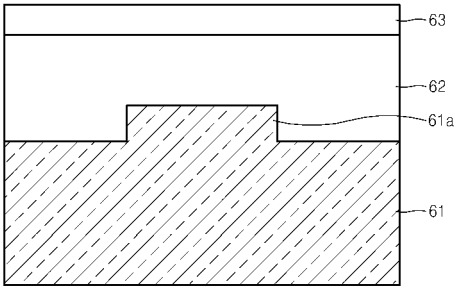
【図５Ｃ】



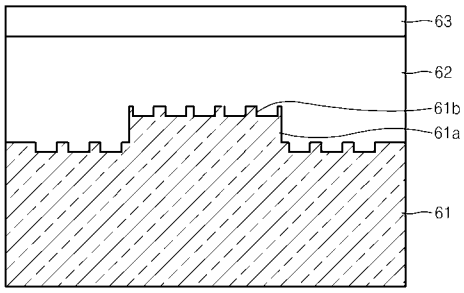
【図６Ａ】



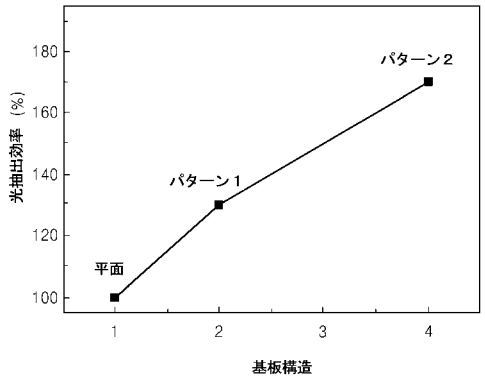
【図６Ｂ】



【図６Ｃ】


63
62
61b
61a
61

【図７】


180
160
140
120
100
光抽出効率（%）
パターン２
パターン１
平面
1
2
3
4
基板構造

フロントページの続き

(73)特許権者 503434302
財団法人ソウル大学校産学協力財団
Ｓｅｏｕｌ Ｎａｔｉｏｎａｌ Ｕｎｉｖｅｒｓｉｔｙ Ｉｎｄｕｓｔｒｙ Ｆｏｕｎｄａｔｉｏｎ
大韓民国ソウル特別市冠岳区奉天洞山４－２
Ｓａｎ ４－２, Ｂｏｎｇｃｈｕｎ－ｄｏｎｇ, Ｋｗａｎａｋ－ｇｕ, Ｓｅｏｕｌ, Ｋｏｒｅａ
(74)代理人 110000877
龍華国際特許業務法人
(74)代理人 100110995
弁理士 奈良 泰男
(74)代理人 100114649
弁理士 宇谷 勝幸
(74)代理人 100129126
弁理士 藤田 健
(74)代理人 100130971
弁理士 都祭 正則
(74)代理人 100134348
弁理士 長谷川 俊弘
(72)発明者 李 庭 旭
大韓民国京畿道龍仁市器興区農書洞山１４－１番地 三星綜合技術院内
(72)発明者 林 填 緒
大韓民国京畿道龍仁市器興区農書洞山１４－１番地 三星綜合技術院内
(72)発明者 ボッキ ミン
大韓民国京畿道龍仁市器興区農書洞山１４－１番地 三星綜合技術院内
(72)発明者 白 光 鉉
大韓民国京畿道龍仁市器興区農書洞山１４－１番地 三星綜合技術院内
(72)発明者 田 憲 秀
大韓民国京畿道龍仁市器興区農書洞山１４－１番地 三星綜合技術院内

審査官 芝沼 隆太

(56)参考文献 韓国公開特許第１０－２００６－０００００４６４（ＫＲ, Ａ）
特開２００６－４１４７９（ＪＰ, Ａ）
特開２００３－２０９２８３（ＪＰ, Ａ）
特開２００５－６４４９２（ＪＰ, Ａ）
特開２００２－１６４２９６（ＪＰ, Ａ）
特開２００４－２５３７４３（ＪＰ, Ａ）
特開２００６－１００５１８（ＪＰ, Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
Ｈ０１Ｌ ３３／００－３３／６４
Ｈ０１Ｓ ５／００－５／５０