

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5746505号
(P5746505)

(45) 発行日 平成27年7月8日(2015.7.8)

(24) 登録日 平成27年5月15日(2015.5.15)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 33/22 (2010.01)
H01L 33/50 (2010.01)H01L 33/00 172
H01L 33/00 410

請求項の数 8 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2010-517514 (P2010-517514)
(86) (22) 出願日	平成20年7月3日(2008.7.3)
(65) 公表番号	特表2010-534931 (P2010-534931A)
(43) 公表日	平成22年11月11日(2010.11.11)
(86) 國際出願番号	PCT/IB2008/052687
(87) 國際公開番号	W02009/016529
(87) 國際公開日	平成21年2月5日(2009.2.5)
審査請求日	平成23年6月30日(2011.6.30)
審判番号	不服2013-24544 (P2013-24544/J1)
審判請求日	平成25年12月13日(2013.12.13)
(31) 優先権主張番号	11/829,799
(32) 優先日	平成19年7月27日(2007.7.27)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	500507009 フィリップス ルミレックス ライティング カンパニー リミテッド ライアビリティ カンパニー
(74) 代理人	110001690 特許業務法人M&Sパートナーズ
(72) 発明者	ウィーラー ジェイアール ジョナサン ジェイ アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95 131 サン ホセ ウエスト トリンブル ロード 370

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光結晶及び発光セラミックを含む光放射デバイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

n型領域とp型領域との間に配される光放射層と、半導体構造の面内又は面上に形成される屈折率の変動部とを有する前記半導体構造と、前記光放射層により放射される光の通路に配される、剛性の凝集蛍光体粒子を有する発光セラミック層と、

前記光放射層により放射される光の通路に配される誘電体集光器とを有し、前記半導体構造からの光は、前記誘電体集光器の側面により反射されて、前記誘電体集光器の下部の大きな領域から前記誘電体集光器の上部の狭い領域を通って放射され、前記大きな領域から前記狭い放射領域へ光を放射するように前記屈折率の変動部を合わせることにより当該狭い放射領域からの光の輝度を増大させ、前記発光セラミック層は前記誘電体集光器により前記半導体構造から離隔されている、デバイス。

【請求項 2】

前記デバイスの半導体層の全体の厚さが約1μmより小さい、請求項1に記載のデバイス。

【請求項 3】

前記半導体構造と前記セラミック層との間に配される光バルブを更に有する、請求項1に記載のデバイス。

【請求項 4】

前記光バルブが誘電体積層、配布されたプラッギフレクタ、ダイクロイックフィルタ、2次元光結晶及び3次元光結晶のうちの一つを有する、請求項3に記載のデバイス。

【請求項 5】

屈折率の前記変動部が、あらかじめ決められた角度放射プロフィール内の光を放射し、前記光バルブが、前記あらかじめ決められた角度放射プロフィール内で放射されて前記光バルブに入射する主要な部分の光を透過する、請求項3に記載のデバイス。

【請求項 6】

前記半導体構造から出る光の 60 %より多い光が前記半導体構造の主表面に対する法線から円錐 45 °内で放射され、前記円錐 45 °内で放射される光の 90 %より多い光が前記光バルブにより透過される、請求項5に記載のデバイス。

【請求項 7】

前記セラミック層により放射される光の 10 %より少ない光が前記光バルブにより透過される、請求項6に記載のデバイス。 10

【請求項 8】

前記誘電体集光器がガラスレンズである、請求項 1 に記載のデバイス。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

これは、ここに参照により組み込まれるゲルド・オー・ミューラー等により 2004 年 6 月 3 日に「光放射デバイスのための発光セラミック」というタイトルで出願された米国の出願番号 10 / 861,172 の一部継続出願である。

【0002】

本発明は、波長変換半導体光放射デバイスに関する。 20

【背景技術】**【0003】**

発光ダイオード (LED) は、光スペクトルの特定の領域にピーク波長を持つ光を生成できる良く知られた固体デバイスである。 LED は代表的には発光体、インジケータ及びディスプレイとして用いられる。伝統的に、最も効率的な LED は、光スペクトルの赤い領域にピーク波長を持つ光、すなわち赤い光を放射する。しかしながら、スペクトルの緑から UV までの領域にピーク波長を持つ光を効率的に放射できる III 値の窒化物 LED が開発してきた。 III 値の窒化物 LED は、従来の LED より著しく明るい出力光を出力できる。 30

【0004】

加えて、III 値の窒化物デバイスからの光が、赤い光より短い波長を一般に持つので、III 値の窒化物 LED により生成される光は、より長い波長を持つ光を生じるために容易に変換できる。第 1 のピーク波長（「主要な光」）を持つ光が、発光 / 蛍光として知られるプロセスを使用して、より長いピーク波長（「第 2 の光」）を持つ光に変換できることは、公知技術である。蛍光プロセスは、蛍光体のような波長変換物質により主要な光を吸収し、蛍光体物質の発光中心を刺激して、第 2 の光を放射することに関する。第 2 の光のピーク波長は、蛍光体物質に依存する。蛍光体物質のタイプは、特定のピーク波長を持つ第 2 の光を得るために選ばれる。

【0005】

図 1 を参照して、米国特許 6,351,069 に記載されている従来技術の蛍光体 LED 10 が示される。 LED 10 は、活性するとき青い主要な光を生成する III 値の窒化物ダイ 12 を含む。 III 値の窒化物ダイ 12 は、リフレクタカップ・リードフレーム 14 に配され、導線 16 及び 18 に電気的に結合される。導線 16 及び 18 は、電力を III 値の窒化物ダイ 12 へ伝える。 III 値の窒化物ダイ 12 は、波長変換物質 22 を含む、しばしば透明な樹脂である、層 20 によりカバーされる。層 20 を形成するために利用される波長変換物質のタイプは、蛍光物質 22 により生成される第 2 の光の所望のスペクトル分布に依存して、変えられる。 III 値の窒化物ダイ 12 及び蛍光層 20 は、レンズ 24 により封入される。レンズ 24 は、透明なエポキシ又はシリコンで典型的にできている。 40

【0006】

動作時、電力が、ダイを活性させるために I II 倍の窒化物ダイ 12 に供給される。活性されるとき、ダイ 12 はダイの上面から離れる主要な光を放射する。放射された主要な光の一部は、層 20 の波長変換物質 22 により吸収される。その後、波長変換物質 22 は、主要な光の吸収に応じて第 2 の光、すなわちより長いピーク波長を持つ変換光を放射する。放射された主要な光の残りの吸収されていない部分は、第 2 の光とともに、波長変換層を通って伝送される。レンズ 24 は、出力光として矢印 26 により示される通常の方向に、吸収されていない主要な光及び第 2 の光を導く。よって、前記出力光は、ダイ 12 から放射される主要な光と、波長変換層 20 から放射される第 2 の光とから成る複合光である。可視の第 2 の光を放射する一つ以上の波長変換物質と結合する、UV の主要な光を放射するダイの場合の様に、波長変換物質は主要な光がデバイスをほとんど又は全く出ないように構成される。10

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

I II 倍の窒化物 LED は、高い電力及びより高い温度で動作されるので、層 20 に使用される有機封入剤の透明度が劣化する傾向があり、デバイスの光取出効率を望ましくなく減少し、デバイスから放射される光の外観を潜在的に望ましくなく変えてしまう。米国特許 6,630,691 に説明されているような単一の結晶発光の基板上の LED デバイスの成長、米国特許 6,696,703 に説明されているような薄膜蛍光物質層、及び米国特許 6,576,488 に説明されているような電気泳動付着又は米国特許 6,650,044 に説明されているようなステンシル印刷により堆積する共形の層のような、波長変換物質の幾つかの択一的構造が提案してきた。しかしながら、従来の解決案の 1 つの大きな不利な点は、蛍光体 / 封入剤システムの光学異質性であり、これは散乱を導き、潜在的に変換効率の損失を生じてしまう。20

【課題を解決するための手段】**【0008】**

本発明の実施例によると、n 型領域と p 型領域との間に配される光放射層と、半導体構造の面上又は内に形成される光結晶とを含む半導体構造が、光放射層により放射される光の経路に配されているセラミック層と結合される。前記セラミック層は、蛍光体のような波長変換物質から構成されるか又は当該物質を含む。30

【図面の簡単な説明】**【0009】**

【図 1】図 1 は、従来技術の蛍光物質変換半導体光放射デバイスを例示する。

【図 2】図 2 は、セラミック蛍光物質層を含むフリップチップ半導体光放射デバイスを例示する。

【図 3】図 3 は、結合されたホスト基板及びセラミック蛍光物質層を含む半導体光放射デバイスを例示する。

【図 4】図 4 は、セラミック蛍光物質層のドーピング・プロフィールの例を示す。

【図 5】図 5 は、複数のセラミック層を含む半導体光放射デバイスを例示する。40

【図 6】図 6 は、成形されたセラミック蛍光物質層を含む半導体光放射デバイスを例示する。

【図 7】図 7 は、当該デバイス内のエピタキシャル層より広いセラミック蛍光物質層を含む半導体光放射デバイスを例示する。

【図 8】図 8 は、セラミック蛍光物質層及び熱取出構造を含む半導体光放射デバイスを例示する。

【図 9】図 9 は、成長基板を欠いている光結晶光放射デバイスの実施例の断面図である。

【図 10】図 10 は、図 9 のデバイスの平面図である。

【図 11】図 11 は、本発明の別の実施例を例示する。

【図 12】図 12A ~ 12D は、図 11 のデバイスの切り離された平面図である。50

【図13】図13は、穴の平面格子を有する光結晶構造の平面図である。

【図14】図14は、図9のデバイスを組み立てる方法を例示する。

【図15】図15は、ホスト基板に結合する前のエピタキシャル構造を例示する。

【図16】図16は、ホスト基板にエピタキシャル構造を結合する方法を例示する。

【図17】図17は、III-V族の窒化物エピタキシャル構造からサファイア基板を除去する方法を例示する。

【図18】図18は、成長基板除去の後に、エピタキシャル層を薄くするためのフォト電気化学的エッティングを例示する。

【図19】図19は、光結晶構造を形成する方法を例示する。

【図20】図20は、光結晶構造を形成する方法を例示する。

10

【図21】図21は、光結晶構造を形成する方法を例示する。

【図22】図22は、光結晶構造を形成する方法を例示する。

【図23】図23A及び23Bは、光結晶構造を形成する方法を例示する。

【図24】図24は、光結晶を含む半導体構造から離れて間隔を置く光バルブ及び発光セラミックを含むデバイスを例示する。

【図25】図25は、光結晶を含む半導体構造に付着した光バルブ及び発光セラミックを含むデバイスを例示する。

【図26】図26は、光結晶を含む半導体構造から離れて間隔を置く光バルブ、発光セラミック及びレンズを含むデバイスを例示する。

20

【図27】図27は、光結晶を含む半導体構造から離れて間隔を置くレンズとして成形される光バルブ及び発光セラミックを含むデバイスを例示する。

【図28】図28は、レンズにより光結晶を含む半導体構造から離れて間隔を置く光バルブ及び発光セラミックを含むデバイスを例示する。

【図29】図29は、レンズにより離された光バルブ及び発光セラミックを含み、光結晶を含む半導体構造に接続されたデバイスを例示する。

【図30】図30は、幾つかの入射角度で光バルブに当たる光に対する透過パーセント対波長のプロットである。

【図31】図31は、光結晶を含む半導体光放射デバイスから例えば放射される狭い放射パターンを例示する。

【図32】図32は、粗い面を含む半導体光放射デバイスから例えば放射されるランバート放射パターンを例示する。

30

【図33】図33は、ランバート光源から、及び狭い放射パターン源から光バルブに当たる光に対する透過パーセント対波長のプロットである。

【図34】図34は、さまざまな狭い放射パターンの光を放射する幾つかの光源から光バルブに当たる光に対する透過パーセント対波長のプロットである。

【発明を実施するための形態】

【0010】

薄膜又は共形の蛍光物質層を持つ上述のデバイスは、蛍光物質層が壊れやすい傾向があるので、処理するのが困難である。本発明の実施例によると、蛍光体のような波長変換物質は、以下に「発光セラミック」と呼ばれるセラミックスラブに形成される。セラミックスラブは、一般に、半導体デバイスとは別に形成されて、その後完成した半導体デバイスに取り付けられるか、又は半導体デバイスのための成長基板として使われる、自立層である。セラミック層は、半透明であるか又は透明であり、共形の層のような不透明な波長変換層と関連する散乱損失を減らす。発光セラミック層は、薄膜又は共形の蛍光物質層より頑強である。加えて、発光セラミック層は固体であるので、レンズ及び2次の光学系のような固体の追加の光学素子と光学的接触を容易にする。

40

【0011】

発光セラミック層へ形成される蛍光体の例は、黄緑色の範囲の光を放射する $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12} : \text{Ce}^{3+}$ 及び $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12} : \text{Ce}^{3+}$ のような一般式($\text{Lu}_{1-x-y-a-b}\text{Y}_x\text{Gd}_y\text{Al}_{1-z}\text{Ga}_z\text{O}_{12} : \text{Ce}_a\text{Pr}_b$)、ここにおいて、0

50

$x < 1$ 、 $0 < y < 1$ 、 $0 < z < 0.1$ 、 $0 < a < 0.2$ 及び $0 < b < 0.1$ と、赤の範囲の光を放射する $\text{Sr}_2\text{Si}_5\text{N}_8 : \text{Eu}^{2+}$ のような ($\text{Sr}_{1-x-y}\text{Ba}_x\text{Ca}_y$)
 $_{2-z}\text{Si}_{5-a}\text{Al}_a\text{N}_{8-a}\text{O}_a : \text{Eu}_{z}^{2+}$ 、ここにおいて、 $0 < a < 5$ 、 $0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$ 及び $0 < z < 1$ とを持つアルミニウム・ガーネット蛍光体を含む。適切な $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12} : \text{Ce}^{3+}$ のセラミックスラブは、シャーロット、NC の Baikowski インターナショナル社から購入される。例えば、 $\text{SrSi}_2\text{N}_2\text{O}_2 : \text{Eu}^{2+}$ を含む ($\text{Sr}_{1-a-b}\text{Ca}_b\text{Ba}_c$) $\text{Si}_x\text{NyO}_z : \text{Eu}_a^{2+}$ ($a = 0.002 - 0.2$ 、 $b = 0.0 - 0.25$ 、 $c = 0.0 - 0.25$ 、 $x = 1.5 - 2.5$ 、 $y = 1.5 - 2.5$ 、 $z = 1.5 - 2.5$)、例えば $\text{SrGa}_2\text{S}_4 : \text{Eu}^{2+}$ を含む ($\text{Sr}_{1-u-v-x}\text{Mg}_u\text{Ca}_v\text{Ba}_x$) ($\text{Ga}_{2-y-z}\text{Al}_y\text{In}_z\text{S}_4 : \text{Eu}^{2+}$ 、 $\text{Sr}_{1-x}\text{Ba}_x\text{SiO}_4 : \text{Eu}^{2+}$ 、例えば、 $\text{CaS} : \text{Eu}^{2+}$ 及び $\text{SrS} : \text{Eu}^{2+}$ を含む ($\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x$) $\text{S} : \text{Eu}^{2+}$ を含む、他の緑、黄色、及び赤の放射蛍光体もまた適している。
10

【0012】

発光セラミックは、蛍光体粒子の面が軟化して溶解し始めるまで高圧で粉蛍光体を加熱することにより形成される。部分的に溶解する粒子は、粒子の剛性凝集物を形成するよう に一緒に固着される。光学的に不連続のない单一の大きな蛍光体粒子として光学的にふるまう薄膜と異なって、発光セラミックは、異なる蛍光体粒子の間のインターフェースに小さな光学不連続があるような、きつくパックされた個々の蛍光体粒子としてふるまう。よって、発光セラミックは、光学的にほぼ均質であって、発光セラミックを形成する蛍光体物質と同じ屈折率を持つ。樹脂のような透明な物質に配されている蛍光物質層又は共形の蛍光物質層とは異なり、発光セラミックは、蛍光体自体以外の（有機樹脂又はエポキシのよう）結合剤物質を通常必要とせず、個々の蛍光体粒子の間で異なる屈折率のごくわずかな空間又は物質がほとんどない。結果として、発光セラミックは、共形の蛍光物質層とは異なり、透明又は半透明である。
20

【0013】

発光セラミック層は、例えば、ウェハー結合、焼結、エポキシ又はシリコンのような既知の有機接着剤の薄い層で接着、高いインデックスの無機接着剤で接着、ゾルゲルガラスで接着することにより光放射デバイスに取り付けられる。
30

【0014】

高いインデックスの接着剤の例は、ショットガラス S F 5 9、ショットガラス L a S F 3、ショットガラス L a S F N 1 8 及びこれらの混合物のような高いインデックスの光学ガラスを含む。これらのガラスは、Duryea Pa のショットガラステクノロジー社から入手可能である。他の高いインデックス接着剤の例は、(G e , S b , G a) (S , S e) カルコゲニドガラスのような高いインデックスのカルコゲニドガラス、限定はしないが G a P 、 I n G a P 、 G a A s 及び G a N を含む I II ~ V 半導体、限定はしないが Z n S 、 Z n S e 、 Z n T e 、 C d S 、 C d S e 及び C d T e (グループ I V 半導体を含む I I ~ V I 半導体、限定はしないが S i 及び G e を含むグループ I V 半導体及び化合物、有機半導体、限定はしないが酸化タンゲステン、酸化チタン、酸化ニッケル、酸化ジルコニアム、酸化インジウムスズ及び酸化クロムを含む金属酸化物、限定はしないがフッ化マグネシウム及びフッ化カルシウムを含む金属フッ化物、限定はしないが Z n 、 I n 、 M g 及び S n を含む金属、イットリウム・アルミニウム・ガーネット (Y A G) 、リン化物化合物、ヒ化物化合物、アンチモン化合物合成物、窒化物合成物、高いインデックスの有機化合物及びこれらの混合物又は合金を含む。高いインデックスの無機接着剤で接着することは、2000年9月12日に出願の出願シリアル番号第09/660317号及び2001年6月12日に出願の第09/880204号において更に詳細に説明されていて、これら両方とも参考によりここに組み込まれる。
40

【0015】

ゾルゲルガラスで接着することは、米国特許 6,642,618 に更に詳細に説明されていて、これは参考によりここに組み込まれる。発光セラミックがゾルゲルガラスにより
50

デバイスに取り付けられる実施例において、チタン、セリウム、鉛、ガリウム、ビスマス、カドミウム、亜鉛、バリウム又はアルミニウムの酸化物のような一つ以上の物質は、発光セラミック及び光放射デバイスのインデックスとガラスのインデックスとをより近接に整合するように、ガラスの屈折率を増大するために、 SiO_2 ゾルゲルガラスに含まれる。例えば $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12} : \text{Ce}^{3+}$ セラミック層は、約 1.75 と 1.8 との間の屈折率を持ち、半導体光放射デバイスのサファイア成長基板に取り付けられ、このサファイア基板は約 1.8 の屈折率を持つ。接着剤の屈折率を、 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12} : \text{Ce}^{3+}$ セラミック層及びサファイア成長基板の屈折率と合わせることが望ましい。

【0016】

幾つかの実施例において、発光セラミックは、半導体光放射デバイスのための成長基板として役立つ。これは特に InGaN のような III-V 値の窒化物光放射層でもっともらしく、これは格子不一致基板（例えば、サファイア又は SiC ）上で成長でき、高めのずれ密度となるが、まだ LED の高い外部量子効率を示している。よって、半導体光放射デバイスは、同様の態様で発光セラミック上で成長してもよい。例えば、金属有機化学気相成長又は他のエピタキシャル技術を使用して、III-V 値の窒化物核生成層は、概して低温（~550 °C）で、発光セラミック基板上に直接堆積される。その後、 GaN （「バッファ」層）の厚めの層が、概して高めの温度で、III-V 値の窒化物核生成層上に堆積され、単一の結晶膜へと合体される。前記バッファ層の厚みを増大することは、全体のずれ密度を低減でき、層品質を改善できる。最後に、n型及びp型層が堆積され、これらの間に光放射 III-V 値の窒化物活性層が含まれる。III-V 値の窒化物成長環境（例えば、1,000 °C より高い温度及び NH_3 環境）に耐える能力は、成長基板として発光セラミックの選択を決定する。セラミックが多結晶であり、結果として生じる III-V 値の窒化物層は単一の結晶であるべきなので、特別な追加の成長要件が適用されてもよい。例えば、上記の状況に対して、 GaN 成長を「リセット」し、セラミック粒配向効果が III-V 値の窒化物デバイス層に広がることを回避するために、 GaN バッファ層内に複数の低温中間層を挿入することが必要である。これら及び他の技術は、格子不一致基板上の成長のための従来技術から知られている。例えば、適切な成長技術は、ゲツツ等の米国特許 6,630,692 に説明されていて、これは本願の譲受人に譲渡され、参照によりここに組み込まれる。

【0017】

下記の例は III-V 値の窒化物光放射ダイオードを参考するが、本発明の実施例が、III-V 値のリン化物及び III-V 値のヒ化物のような他の物質システム並びに共振キャビティ LED、レーザダイオード及び縦型キャビティ面放出レーザのような他の構造のデバイスを含む他の光放射デバイスまで拡張してもよいことは理解されるべきである。

【0018】

図 2 及び図 3 は、発光セラミック層を含む III-V 値の窒化物デバイスを例示する。図 2 のデバイスにおいて、n型領域 42 は適切な成長基板 40 の上で成長され、活性領域 43 及び p型領域 44 により後続される。成長基板 40 は、例えば、サファイア、 SiC 、 GaN 又は他の適切な成長基板でもよい。n型領域 42、活性領域 43 及び p型領域 44 の各々は、異なる組成物、厚み及びドーパント濃度の複数の層を含む。例えば、n型領域 42 及び p型領域 44 は、活性領域 43 内にキャリアを含むために最適化されるクラッド層と、オーミック接触のために最適化されるコンタクト層とを含む。活性領域 43 は、単一の光放射層を含むか、又は障壁層により分離される複数の量子井戸光放射層を含んでもよい。

【0019】

図 2 に図示されるデバイスにおいて、p型領域 44 及び活性領域 43 の一部は、n型領域 42 一部を露わにするために、エッチング除去される。pコンタクト 45 は、p型領域 44 の残りの部分上に形成され、nコンタクト 46 は n型領域 42 の露出部上に形成される。図 2 に図示される実施例において、光がデバイスから基板 40 の裏面を通して取り出されるように、コンタクト 45 及び 46 は反射する。あるいは、コンタクト 45 及び 46

10

20

30

40

50

は、透明であるか又はp型領域44及びn型領域42の面の大きな部分がコンタクトによりカバーされないまま残るような態様で形成される。斯様なデバイスにおいて、光は、エピタキシャル構造の一番上の面、コンタクト45及び46が形成される面を通ってデバイスから取り出される。

【0020】

図3に図示されるデバイスにおいて、エピタキシャル層は、pコンタクト45を通ってホスト基板49に接着される。結合を容易にする補助層(図示せず)が、p型領域44とホスト49との間に含まれてもよい。エピタキシャル層がホスト49に接着された後、成長基板はn型領域42の面を露出させるために除去される。活性領域のp側に対するコンタクトは、ホスト49を通じて供給される。nコンタクト46は、n型領域42の一部の露出面上に形成される。光は、n型領域42の上面を通ってデバイスから取り出される。成長基板除去は、「光結晶光放射デバイス」というタイトルで、2004年3月19日に出願の出願シリアル番号第10/804,810号において更に詳細に説明されていて、当該出願は本発明の譲受人に譲渡され、参照によりここに組み込まれる。

【0021】

図2及び図3に図示されるデバイスにおいて、上述のセラミック層のような発光セラミック層50は、光が取り出されるデバイスの面、図2の基板40の後部及び図3のn型領域42の上部に取り付けられる。セラミック層50は、光がデバイスから取り出される面の上に形成されるか又は取り付けられてもよい。例えば、セラミック層50は、図2に図示されるデバイスの側にわたって延在してもよい。図3は、活性領域43からの光がセラミック層50へ通ることができるが、セラミック層50により放射される光を反射するフィルタ30であって、セラミック層50により放射される光が、デバイス52に入力することを妨げられ、当該光がここでおそらく吸収されて失われるような、フィルタ30を例示する。好適なフィルタの例としては、リヒテンシュタインのUnaxis Balzers社又はサンタローザ(カリフォルニア)のOptical Coating Laboratory社から入手可能なダイクロイックフィルタがあげられる。

【0022】

発光セラミック層50は、単一の蛍光体又は一緒に混ぜ合わせられる複数の蛍光体を含む。幾つかの実施例において、セラミック層のドーパントを活性させる量が、段階分けされる。図4は、発光セラミック層の段階的なドーピング・プロフィールの例を示す。図4の点線は、デバイス面を表す。デバイス面に最も近いセラミック層の部分の蛍光体は、最高のドーパント濃度を持つ。デバイス面からの距離が増大するにつれて、蛍光体のドーパント濃度は減少する。一定のドーパント濃度の領域を持つ線形ドーパントプロフィールが図4に示されるが、段階的なプロフィールが、例えば、ステップ段階的なプロフィール又はべき乗プロフィールを含む何れかの形状をとってもよいし、一定のドーパント濃度の領域がなくてもよいし複数含んでもよいことは理解されるべきである。そのほかに、幾つかの実施例では、デバイス面に最も近い領域が小さなドーパント濃度を持ち、デバイスからの距離が増大するにつれて濃度が増大するような、段階的プロフィールを逆転させることは有利であろう。幾つかの実施例では、デバイス面から最も遠いセラミック層の部分は、蛍光体又はドーパントを含まなくてもよいし、光取り出し用に成形されてもよい(以下に示すように)。

【0023】

幾つかの実施において、デバイスは、図5に図示されるデバイスのように複数のセラミック層を含む。セラミック層50aは、例えば、図2及び図3に図示されるデバイスの何れかでもよいデバイス52に取り付けられる。セラミック層50bは、セラミック層50aに取り付けられる。幾つかの実施例では、2枚のセラミック層50a及び50bのうちの一方が、当該デバイスで使用されるすべての波長変換物質を含み、2枚のセラミック層のうちの他方は、透明でありデバイス52に隣接するセラミック層である場合スペーサ層として使用され、デバイス52から最も遠いセラミック層である場合光取り出し層として使用される。幾つかの実施例では、セラミック層50a及び50bの各々は、異なる蛍光

10

20

30

40

50

体又は複数の蛍光体を含む。2つのセラミック層が図5に図示されているが、2つより多いセラミック層及び/又は2つより多い蛍光体を含むデバイスが本発明の範囲内であることは理解されるべきである。セラミック層50a及び50bの異なる蛍光体又はセラミック層50a及び50b自体の取り合わせは、デバイスの複数の蛍光体間の相互作用を制御するように選ばれ、このことは、2004年2月23日に出願された出願シリアル番号N0.10/785,616にて説明されていて、当該出願は参照によりここに組み込まれる。セラミック層50a及び50bが図5のデバイス52の上に積み重なって示されているが、他の配置も可能であって、本発明の範囲内である。幾つかの実施例では、一つ以上のセラミック層を含むデバイスは、図1に示される波長変換物質のような他の波長変換層、又は薄膜、共形の層、及び背景技術で説明された発光基板と組み合わされてもよい。発光でない透明なセラミック層は、例えば、活性ドーパントがない、発光セラミック層と同じホスト材料でもよい。

【0024】

発光セラミック層の利点は、例えば増大した光取り出しのための所望な形状にセラミック層を、モールドし、グラインドし、機械加工し、ホットスタンプし、又は研磨する能力である。発光セラミック層は、一般に高い屈折率、例えば $Y_3Al_5O_{12}Ce^{3+}$ セラミック層に対して1.75~1.8を持つ。高いインデックスのセラミック層と低いインデックスの空気との間のインターフェースで全内反射を避けるために、前記セラミック層は、図6及び図7に図示されるように成形される。図6に図示されるデバイスにおいて、発光セラミック層54は、ドームレンズのようなレンズに成形される。デバイスからの光取り出しは、図7にて図示されるように、ランダムに、又は例えばフレネルレンズ形状にセラミック層の上部を加工（テクスチャ）することにより、更に改善される。幾つかの実施例において、セラミック層の上部は、セラミック内に形成される穴の周期的な格子のような光結晶構造で加工されてもよい。成形されたセラミック層は、取り付けられるデバイス52の面より小さいか又は同じサイズでもよいし、図6及び図7に図示されるように、取り付けられるデバイス52の面より大きくてよい。図7のようなデバイスにおいて、セラミック層がマウントされるデバイス52の面より少なくとも2倍の長さの底部長を持つ成形されたセラミック層に対して、好ましい光取り出しが予期される。幾つかの実施例において、波長変換物質は、デバイス52に最も近いセラミック層の部分に限られている。他の実施例において、図7に図示されるように、波長変換物質は、第1のセラミック層50aに供給され、その後第2の成形された透明なセラミック層50bが取り付けられる。

【0025】

幾つかの実施例において、一番上のセラミック層の面は、例えば、光放射デバイス及び一つ以上の波長変換層からの光が白色の光を形成するために混合するデバイスにおいて、光を混合するために必要な散乱を増大するために粗くされている。他の実施例では、充分な混合は、従来から知られているように、レンズ又は光ガイドのような2次的光学系により達成されてもよい。

【0026】

発光セラミック層の他の利点は、セラミックの好ましい熱特性である。発光セラミック層及び熱取り出し構造を含むデバイスが、図8に図示される。図7のように、図8は、光取り出しのために成形される、透明な又は発光セラミック層50bを含む。オプションの付加的な透明な又は発光セラミック層50aは、層50bとデバイス52との間に配される。デバイス52は、例えば図2に図示されるようなフリップチップとしてサブマウント58にマウントされる。図3のサブマウント58及びホスト基板49は、例えば、Cuフオイル、Mo、Cu/Mo及びCu/Wのような金属、オーミックコンタクトを持つSi、及び例えばPd、Ge、Ti、Au、Ni、Agの一つ以上を含むオーミックコンタクトを持つGaAsのような金属コンタクトを持つ半導体、並びに圧縮されたダイヤモンドのようなセラミックでもよい。層56は、セラミック層50bをサブマウント58に接続する熱伝導性材料であり、発光セラミック層50a及び/又は50bの温度を潜在的に低

10

20

30

40

50

下させ、これにより光出力を増大する。層56に適する物質は、上述のサブマウント物質を含む。図8に図示される配列は、SiCのような導電基板を持つフリップチップ・デバイスから熱を取り出すために特に有効である。

【実施例】

【0027】

サファイア基板に結合されるセリウム・ドープ・イットリウム・アルミニウム・ガーネット・セラミック・スラブ拡散の例が、以下に挙げられる。

【0028】

拡散結合されたYAGサファイア複合物は、高い機械的強度及び優れた光学品質のため有利である。組成物範囲 Al_2O_3 及び $3\text{Y}_2\text{O}_3\text{--}5\text{Al}_2\text{O}_3$ 内のフェーズ線図イットリアアルミナによると、他のいかなるフェーズも33%のAlを持つ共晶(eutectic)を除いて存在しない。従って、焼結結合されたYAGサファイア複合物は、YAGセラミック($n_i = 1.84$)とサファイア基板($n_i = 1.76$)との間の(共晶の)インターフェースで平均屈折率を持ち、よって、高品質光学的コンタクトが得られる。加えて、YAG及びサファイアの同様の膨張係数(YAG: $6.9 \times 10^{-6}\text{ K}^{-1}$ 、 Al_2O_3 : $8.6 \times 10^{-6}\text{ K}^{-1}$)のため、低い機械応力を持つ焼結結合されたウェハーが作られる。

【0029】

拡散結合されたYAG:Ceセラミックサファイア・ウェハーは、以下の通りに形成される。

【0030】

a) YAG:Ceセラミックの製造: 40gの Y_2O_3 (99.998%)、32gの Al_2O_3 (99.999%)及び3.44gのCeO₂が、12時間、ローラーベンチ上でイソプロパノールの1.5kgの高純度アルミナ・ボール(2mmの直径)で粉に砕かれる。その後、乾燥前駆体粉が、CO₂霧囲気の下で2時間、1300°Cで焼成される。その後、得られたYAG粉は、エタノールの下、プラネットボールミル(研磨器ボール)で塊が分解される。その後、乾燥した後にセラミック素地を得るために、セラミック泥漿がスリップキャストされる。その後、前記セラミック素地は、2時間1700°Cで、黒鉛板間で焼結される。

【0031】

b) サファイア揺動及びYAG:Ceセラミックの拡散結合: 握いて磨かれたサファイア及びYAGウェハーは、単軸のホットプレス装置(HUP)において拡散結合される。この目的のために、サファイア及びYAGウェハーは、タンクステン・フォイル(0.5mm厚)の間に積み重なって、黒鉛加圧ダイに置かれる。処理する速度を増大するため、幾つかのサファイア/YAG:Ceセラミック/タンクステンフォイルスタックが同時に積み重ねて処理できる。

【0032】

HUP装置の排気の後、温度は、最初、外圧を印加することなく4時間以内に1700°Cまで増大される。その後、300バールの単軸の圧力が印加されて、2時間一定に保たれる。ドウェル時間の後、温度は、圧力を一定に保ちながら、2時間以内に1300°Cまで下げられる。最後に、システムは、前記圧力を解除した後に、6時間以内に室温にクールダウンされる。

【0033】

c) 焼結結合されたサファイアYAG:Ceウェハーのポスト処理: 焼結結合されたウェハーの表面の粉碎及び研磨の後、サンプルは、空気中1300°Cで、2時間焼き戻され(加熱率: 300K/時間)、その後12時間以内に室温にクールダウンされる。

【0034】

本発明の幾つかの実施例において、光結晶は、ホスト基板に付着されるIII-V族の窒化物デバイスのn型層に形成され、そこから成長基板が除去された。斯様なデバイスは、約280nmと約650nmとの間の光を放射し、また、通常約420nmと約550nm

10

20

30

40

50

との間の光を放射する。図9は、本発明の実施例の断面図である。図10は、図9のデバイスの平面図である。図9に図示されるように、光結晶122は、p型領域116よりもむしろn型領域108に形成される。他の実施例においてnコンタクト60がn型領域108の光結晶領域上に形成されるが、nコンタクト60は、光結晶で加工されないn型領域108の領域上に形成される。光結晶がn型領域に形成されるので、n型材料はコンタクト60から光結晶122まで側面から電流を注入できる。光は、デバイスから光結晶122を通って取り出せ、よって、nコンタクト60の配置は、光結晶の領域を最大にするように選択される。例えば、図10に図示されるように、nコンタクト60は、光結晶領域122-iを囲む。nコンタクト60は、リングコンタクトに限らず、適当な電流拡散を促進する格子又は他の構造でもよい。光がnコンタクト60により吸収されることを回避するために、注入又は誘電体がnコンタクト60下のエピタキシャル物質上に用いられ、その領域の電流の流れ及び光発生を防止する。反射のpコンタクト62は、p型領域116に形成される。図9のデバイスは、当該デバイスの対向し合う側に形成されるp及びnコンタクトを持つ。pコンタクト62は、直接、又はオプションの結合層64を介して、エピタキシャル層70をホスト基板66に接続する。オプションのコンタクト68は、デバイス層70とは反対側のホスト基板66の面上に形成される。

【0035】

図11及び図12A～12Dは、本発明の別の実施例を例示する。図12A、12B、12C、及び12Dは、それぞれ、図11の断面図に図示される軸90、91、92、及び93に沿って切り離された平面図である。図11のデバイスにおいて、p及びnコンタクト62及び60は、図9及び10のデバイスのようなデバイスのホスト基板側にあり、一番上側のnコンタクトによる光の吸収を排除する。一つ以上のバイア穴は、nコンタクト60を作るために、p型領域116及び活性領域112を通ってn型領域108までエッチングされる。ホスト基板構造49は、p及びnコンタクトを電気的に絶縁するために、層構造で作られる。層構造の例は、図12A～12Dにより例示され、これらは図11の軸90、91、92、及び93に沿ったホスト基板の平面図スライスを示す。前記ホスト基板の底部で正及び負のコンタクトが分離され、他の構造に容易にはんだ付けできるよう、n金属301及びp金属303は経路を定められる。n金属301及びp金属303は、誘電体305により電気的に絶縁される。LEDの領域に依存して、一つ以上のnコンタクトバイア穴は、充分な電流拡散を供給する必要がある。パターン化されたLEDをパターン化されたホストに結合することは、フリップチップ結合機を使用して達成できる。

【0036】

デバイスのエピタキシャル層をホスト基板に結合して、その後、成長基板を除去することによって、デバイスの光結晶構造がn型領域に形成できる。p型領域よりはむしろn型領域の光結晶構造をエッチングすることは、p型III-V族の窒化物をエッチングすることに関連した型変換を回避する。また、エッチングからn型領域に導かれる空所は、物質の伝導率に影響を及ぼさない。加えて、n型領域108の光子的構造がp型領域116及び活性領域112から離隔されるので、前記光子的構造をエッチングすることにより生じるこれらの領域への損傷が回避される。露出された一番上のn型層は、活性領域に最も近い光結晶の形成を可能にする。表面再結合が低い別の実施例において、光結晶は、活性領域及びp型領域に侵入してもよい。

【0037】

別法として、エピタキシャル層をホストに結合して、その後、成長基板を除去するよりはむしろ、露出された一番上のn型領域を持つデバイスが、成長基板上に最初にp型領域を成長させ、その後活性領域及びn型領域を成長させることにより形成されてもよい。成長の困難さを無視すると、これは、エッチング損傷が懸念されないような、ちょうど図9のような面上のn型層を呈示するだろう。p-GaN層に対するコンタクトは、メサをエッチングすることにより最初にp型層を露出させることにより、表面上に形成されなければならない。従って、電流は抵抗性p型層に沿って横に広がらなければならず、高い動作

10

20

30

40

50

電圧を持つデバイスを作成し、多くのアプリケーションで望ましくない結果となる。代わりに、基板がこの構造から除去できるので、動作電圧が高くなかった。これは、最初にホストに一番上のn型層を結合して、その後成長基板を除去することによりなされる。次に、最初の成長層を除去し、p型領域を露出させるためにエッティングが実行される。その後、第2のホストとの第2の結合ステップが、現在露出されているp型層上に実行される。最初のホストは、光結晶形成のためn型領域を再露出させるために除去される。結果として生じる構造は、図9と同じである。

【0038】

光結晶構造は、最大及び最低を交換させることで、n型領域108の厚みの周期的变化を含むことができる。例は、穴122の平面格子（二次元の格子）又は格子（一次元の格子）である。前記格子は、穴の直径d、最も近い隣同士の中心の間の距離を計量する格子定数a、穴の深さw、及び穴に配される誘電体の誘電率hにより特徴づけられる。パラメータa、d、w及びhは、バンドの状態の密度、特に光結晶のスペクトルのバンドエンジでの状態の密度に影響する。よって、パラメータ、d、w及びhは、デバイスにより放射される放射パターンに影響して、デバイスから取出効率を強化するように選択できる。あるいは、適当な光結晶パラメータが選択されるとき、放射される光の放射パターンは狭くでき、LEDの放射輝度を増大する。これは、特定の角度だけの光が有効であるアプリケーションで有効である。一つの実施例において、光結晶パラメータは、デバイスを出る50%を超える放射線がデバイスの面に対する法線に45度の角度により定められる出口円錐内に放射されるように選択される。

10

20

【0039】

穴122-iは、三角形、正方形、六角形、ハニカム、又は他の良く知られた二次元の格子のタイプを形成するように配列できる。幾つかの実施例では、異なる格子のタイプが、デバイスの異なる領域に形成される。穴122-iは、円形、正方形、六角形、又は他の横断面を持つことができる。幾つかの実施例では、格子間隔aは、約0.1と約10との間、好ましくは約0.1と約4との間であり、ここでaは、活性領域により放射される光のデバイスの波長である。幾つかの実施例では、穴122は、約0.1aと約0.5aとの間の直径dを持ち、ここでaは格子定数である。穴122-iは、空気、又はしばしば約1と約16との間にある誘電率hのオプショナルの誘電体11（図9）で満たされる。あり得る誘電体は、シリコン酸化物を含む。

30

【0040】

光結晶122と反射pコンタクト62からの光結晶の反射とは、GaN共振キャビティを形成する。前記共振キャビティは、光の優れた制御を提供する。GaNキャビティが薄くなるにつれ、光学モードボリュームは低減される。光がデバイスを出る機会を増大するより小さい導波モードが、キャビティにトラップされる。これは、以下の考察で説明できる。光結晶は、当該結晶から導波モードを散乱されることにより、導波モードに影響を及ぼすことができる。導波モードの数が低減されるにつれて、LEDの光取り出しは、より効率的になる。例えば、エピタキシャル層が1つの導波モード（m）だけをサポートするのに十分薄い場合、その時、まず最初に、50%の光がGaNを出て（L_{out}）、50%の光がエピタキシャル層に導波されるだろう（L_{in}）。この議論のために、この導波光（S_{eff}）のさらに40%を取り出すことができる光結晶を形成すると仮定する。取り出し効率（C_{ext}）は、以下のように書ける：

40

$$C_{ext} = L_{out} + m * (L_{in} * S_{eff})$$

従って、この構造の取り出し効率は、 $50\% + 1 * (50\% * 40\%) = 70\%$ である。これを再び $S_{eff} = 40\%$ を持つ光結晶での4導波モードをサポートするエピタキシャル構造と比較する。光が等しくすべてのモードに入る場合、1つの出口モードを含む各モードは20%の光を持つ。この構造は、 $20\% + 4 * (20\% * 40\%) = 52\%$ の取り出し効率を持つだけである。この議論において、光結晶は、100%効率的に光を散乱して出すわけではない。幾つかの実施例において、光結晶は十分に深くエッティングされ、適当な格子の寸法を持つので、光子的バンド・ギャップが、導波モード（S_{eff} = 100

50

%)を阻害するLEDの面に作成される。エピタキシャル層が薄くなるほど、光子的バンドギャップを作ることが容易になる。キャビティの厚さ(すなわちエピタキシャル層70の厚み)は、エピタキシャル層が導波モードの数を低減するためにできるだけ薄いが、効率的に電流を拡散するには十分厚いように選択される。多くの実施例において、エピタキシャル層70の厚みは、約1μm未満、好ましくは約0.5μm未満である。

【0041】

幾つかの実施例において、エピタキシャル層70の厚みは約と約5との間であり、450nmの光を放射するデバイスに対しては約0.18μmと約0.94μmとの間である。穴122は、約0.05とn型領域108の全体の厚さとの間の深さを持つ。通常、穴122は、完全にn型領域108内で形成され、活性領域にまで入りこまない。n型領域108は、約0.1ミクロン以上の厚さを通常持つ。穴122の深さは、活性領域に侵入することなく、できるだけ活性領域に近く穴122の底部を配置するように選択される。別の実施例において、光結晶は、活性層及びP型層に侵入する。

10

【0042】

デバイスから放射される放射パターンは、格子のタイプ、活性領域と光結晶との間の距離、格子定数a、直径d、深さw及びエピタキシャル厚み(70)を変えることにより調整できる。格子定数a及び直径dは、図13に図示される。幾つかの実施例において、放射パターンは、選択された方向に優先して光を放射するように調整される。

【0043】

幾つかの実施例において、周期構造は、一つ以上の選択された半導体層の厚みの変化である。前記周期構造は半導体層の面内の一方向に沿った厚さの変化を含むが、変化のない第2の方向に沿って延在し、本質的に一組の平行溝を形成する。厚さの2次元の周期的变化は、くぼみのさまざまな格子を含む。

20

【0044】

図9及び10に図示されるデバイスは、図14に図示される方法により組み立てられる。ステージ31において、図9のエピタキシャル層70は、従来の成長基板上で成長する。その後、前記エピタキシャル層は、ステージ35で成長基板が除去できるように、ステージ33でホスト基板に取り付けられる。エピタキシャル層はオプショナルのステージ37において薄くされてもよく、その後光結晶構造が、ステージ39でエピタキシャル層の露出面上に形成される。

30

【0045】

図15は、更に詳細に図14のステージ31を例示する。図2のデバイスのエピタキシャル層70は、サファイア、SiC又はGaNのような基板80上で成長する。例えば、バッファ層又は核生成層を含むオプショナルの予備層81は、適切な成長基板を供給するために、最初に基板80上で成長する。その後、一つ以上のオプショナルのエッチストップ層82が成長してもよい。エッチストップ層82は、後述するように、成長基板の解除を容易にするか、又はエピタキシャル層を薄くすることを容易にする。エピタキシャル層70は、エッチストップ層82上で成長し、n型領域108、活性領域112及びp型領域116を含む。通常、n型領域が最初に成長し、活性領域及びp型領域が後続して成長する。しばしば反射タイプのpコンタクト62は、p型領域116の面上に形成される。pコンタクト62は、単一の層でもよいし、又はオーミックコンタクト層、反射層及びガード金属の層のような複数の層を含んでもよい。前記反射層は、通常銀又はアルミニウムである。前記ガード金属は、例えば、ニッケル、チタン又はタンゲステンを含む。前記ガード金属は、特に銀の反射層の場合、反射金属層が移動するのを防止し、エピタキシャル構造をホスト基板に結合するために用いられる接着層を結合層64Aに供給するように選ばれる。

40

【0046】

図16は、エピタキシャル層をホスト基板に取り付ける図14のステージ33を更に詳細に例示する。典型的には金属の結合層64A及び64Bは、エピタキシャル構造とホスト基板との間の熱圧着又は共晶結合のための適合材料として役立つ。好適な結合層の金属

50

の例には、金及び銀を含む。ホスト基板 6 6 は、成長基板が除去された後、機械的支持をエピタキシャル層に供給し、電気的コンタクトを p コンタクト 6 2 に供給する。ホスト基板 6 6 は、電気伝導性であって（すなわち約 0 . 1 cm 未満）、熱伝導性であり、エピタキシャル層の熱膨張係数と整合する熱膨張係数（CTE）を持ち、強いウェハー結合を形成するために十分に平坦（すなわち約 10 nm 未満の最小二乗平均粗さを持つ）であるように選択される。適切な物質には、例えば、Cu、Mo、Cu / Mo 及び Cu / W のような金属、オーミックコンタクトを持つ Si、例えば Pd、Ge、Ti、Au、Ni、Ag の一つ以上を含むオーミックコンタクトを持つ GaAs のような金属コンタクトを持つ半導体（図 16 の層 8 6 及び 6 8）、及び圧縮ダイヤモンドのようなセラミックを含む。下の表は、比較のための Al₂O₃ 及び GaN の特性だけでなく、幾つかの適切なホスト基板の特性をリストする。

10

物質	CTE (10 ⁻⁶ /K)	熱伝導率 (W/m·K)	電気的抵抗 (Ωcm)
GaN	2.4	130	0.01
Al ₂ O ₃	6.8	40	非常に高い
Si	2.7	150	0.01 + コンタクト抵抗
GaAs	6.0	59	0.01 + コンタクト抵抗
Mo	4.8	140	5 × 10 ⁻⁶

【 0 0 4 7 】

ホスト基板構造 8 9 及びエピタキシャル構造 8 8 は、結合層 6 4 A と 6 4 B との間の耐久性のある金属結合を形成するために、高い温度及び圧力で一緒にプレスされる。幾つかの実施例において、結合は、エピタキシャル構造を持つウェハーが個々のデバイスにダイスカットされる前に、ウェハー・スケールでなされる。結合のための温度及び圧力範囲は、結果として生じる結合の強さにより下限が、ホスト基板構造及びエピタキシャル構造の安定性により上限が制限される。例えば、高温及び / 又は高圧は、構造 8 8 のエピタキシャル層の分解、p コンタクト 6 2 の層間剥離、例えば p コンタクト 6 2 における拡散バリヤの失敗、又はエピタキシャル層の部品物質のガス放出を生じ得る。適切な温度範囲は、例えば約 200 °C ~ 約 500 °C である。適切な圧力範囲は、例えば約 100 psi ~ 約 300 psi である。

20

【 0 0 4 8 】

図 17 は、図 14 のステージ 3 5 で、サファイア成長基板を除去する方法を例示する。サファイア基板 8 0 と I II 値の窒化層 8 5 との間のインターフェースの部分が、ステップ及び繰り返しのパターンで高い流束量のパルス化された紫外レーザー 7 0 0 に、サファイア基板を通って曝される。レーザーの光子エネルギーは、サファイア（幾つかの実施例では GaN）に隣接する I II 値の窒化層のバンドギャップを超え、よって、パルスエネルギーがサファイアに隣接するエピタキシャル物質の最初の 100 nm 以内で効率的に熱エネルギーに変換される。GaN のバンド・ギャップより上で、サファイアの吸収端より下の光子エネルギー（すなわち約 3 . 44 と約 6 eV との間）及び十分に高い流束量（すなわち約 1 . 5 J / cm² を超える）で、最初の 100 nm の範囲内の温度は、ナノセカンドのスケールで、1000 °C まで上昇し、当該温度は GaN がガリウム及び窒素ガスに分離するために十分に高く、基板 8 0 からエピタキシャル層 8 5 を解放する。結果として生じる構造は、ホスト基板構造 8 9 に結合されるエピタキシャル層 8 5 を含む。

30

【 0 0 4 9 】

レーザパルスへの露出は、露出領域から外へ進む機械的衝撃波及び大きい気温勾配となり、エピタキシャル物質の割れ及びウェハー結合 6 4 の失敗が生じるのに十分なエピタキシャル物質内の熱及び機械応力の結果となり、このことは基板除去プロセスの収率を制限してしまう。熱及び機械応力により生じる損傷は、ウェハー上の個々のデバイスの間に溝を形成するために、エピタキシャル構造を、サファイア基板まで又はエピタキシャル構造の適切な深さまでパターン化することにより低減される。前記溝は、ウェハーがホスト基板構造に結合される前に、従来のマスキング及び乾燥エッチング技術により形成される。

40

50

その後、レーザー露出領域が、ウェハー上の溝のパターンと整合される。前記溝は、露出される半導体領域へのレザパルスの影響を絶縁する。

【0050】

サファイア以外の成長基板は、通常の化学腐食液で除去されてもよく、よって、上述のレーザー露出基板除去手順を必要としない。例えば、適切な成長基板は、Si又はSiO_xの厚い層上に成長又は処理されるSiCの薄い層を含む。Si基層及び/又は酸化物層は、従来のシリコン処理技術により容易に除去される。残っているSiC層は、既知のエッティング技術により完全に取り除かれるほど十分薄い。その後、nコンタクト60が、エピタキシャル層の露出面上に形成される。あるいは、nコンタクト60は、SiC層の穴に形成されてもよい。

10

【0051】

成長基板が除去された後、残っているエピタキシャル層は、光結晶とpコンタクト62との間に、最適な深さ及び均一な厚み、通常約20nm未満の厚みバリエーションを持つキャビティを形成するために、オプションで薄くされてもよい。前記エピタキシャル層は、例えば、ケミカルメカニカルポリシング、従来のドライエッティング又はフォト電気化学的エッティング(PEC)により薄くされてもよい。PECが、図18に図示される。

【0052】

図18にて図示されるように、ホスト基板及びエピタキシャル層(構造530)は、塩基性溶液500に浸漬される。多くの他の適切な塩基性溶液が使用されてもよく、典型的にはエッティングされるべき物質の組成物に依存するが、適切な塩基性溶液の例は0.1MのKOHである。構造530、しばしばn型GaN層のエピタキシャル面は、面層のバンド・ギャップより大きいエネルギーを持つ光を浴びる。図18に図示される例では、約365ナノメートルの波長及び約10と約100mW/cm²との間の強度を持つ紫外線光が使用される。光への露出は、面半導体層の電子正孔対を生成する。ホールは、n型半導体の電界の影響の下、エピタキシャル層の面を移動する。その後、ホールは、2GaN+6OH⁻+6e⁺=2Ga(OH)₃+N₂という式にしたがって、GaN結合を断つために、塩基性溶液500及び面でGaNと反応する。外部電位が、エッティング・プロセスを加速し制御するために、電極510と520との間に印加される。

20

【0053】

幾つかの実施例において、図14で上述されたように、エッチトップ層は、エピタキシャル層に組み込まれる。前記エッチトップ層は、エッティングされるべき層より大きいバンド・ギャップを持ってもよい。例えば、エッティングされた層はGaNであり、エッチトップ層はAlGaNである。構造530を露出させるために使用される光源は、エッティングされるべき層のバンド・ギャップより大きいが、エッチトップ層のバンド・ギャップより小さいエネルギーを持つように選択される。従って、光への露出は、エッチトップ層内の電子正孔対を生成せず、一旦エッチトップ層に達すると、エッティングを効果的に停止させる。幾つかの実施例において、InGaNが、エッチトップ層として使われる。InGaNが分解するにつれて形成されるインジウム酸化物は、エッティング液に不溶性で、エッティングされた層の面をコーティングして、エッティングを終わらせる。

30

【0054】

図9に図示される実施例は光結晶領域及びコンタクト60の下の領域内で同じ厚さを持つn型領域を示すが、幾つかの実施例において、三次元構造が、薄層化の間、n型領域108上に形成されてもよい。例えば、コンタクト60の下の部分がキャビティの厚さを最小化するために、光結晶を形成する部分より厚いようにn型領域108がパターン化される一方、適切な電流拡散、最適コンタクト抵抗及び機械的強度のためコンタクト60の下に十分なn型物質を供給する。

40

【0055】

薄層化の後、光結晶構造は、エピタキシャル層の露出面上に形成される。図19-22は、図9のデバイスの光結晶構造を製造する方法を例示する。図19に図示されるように、一つ以上のレジスト、金属又は誘電層202は、エピタキシャル層の上面の上に形成さ

50

れる。レジスト層 202 は、電子ビーム・リソグラフィー、ナノインプリントリソグラフィー、深部 X 線リトグラフィー、干渉法リソグラフィー、ホットエンボシング又はミクロコントакт印刷のような高解像度リソグラフィー技術を用いて、図 20 の穴の格子を形成するためにはパターン化される。図 21において、エピタキシャル層 200 は、既知のエッティング技術を使用してエッティングされる。ドライエッティングにより生じる損傷は、後続の短い湿式化学エッティング、アニール、これらの組み合わせ又は他の面不動態化技術により緩和できる。その後、図 22において、残っているレジスト層 202 が取り除かれる。エピタキシャル横方向への過成長のような他の技術が、光結晶を形成するために用いられてもよい。図 9 に図示されるように、露出された n 形層の一部の面は、光結晶で加工されなくてもよく、n コンタクト 60 が平坦層上に形成されてもよい。前記光結晶が形成された後、n コンタクト 60 は従来の技術により堆積される。10

【0056】

図 23A 及び図 23B は、光結晶を形成するための代替方式を例示する。成長基板を除去した後に光結晶をエッティングするよりはむしろ、埋設された光結晶が、エピタキシャル成長の間に形成される。図 23A では、活性層が成長する前に、エピタキシャル成長は止められる。その後、光結晶は、例えば図 19 22 において上述されたようなエッティングにより、n 型領域 108 に形成される。その後、物質が成長反応器に入れ戻され、最初に、平坦化 n 型層 310、しばしば GaN が成長される。光結晶穴の深さは、当該穴の直径より大きい。平坦化層 310 の成長パラメータは、横方向の成長が垂直成長より急速であるように選択され、光結晶穴が埋められないことを確実にする。平坦化層 310 が n 型領域 108 の光結晶穴の上に閉じられると、活性領域 112 及び p 型領域 116 が成長される。その後、コンタクトが p 型領域 116 上に形成され、成長基板が上述のように除去される。20

【0057】

図 17 に図示されるプロセスにおいて、デバイスのウェハーはマウントのウェハーに接続され、その後、基板は取り除かれ、ウェハーは個々のデバイスへダイスカットされる。あるいは、基板が取り除かれる前に、デバイスのウェハーは個々のデバイスにダイスカットされてもよい。その後、各デバイスは成長方向に関係して反転され、マウントにマウントされ、その後、基板は個々のデバイスから取り除かれる。このような場合、前記マウントは、デバイスのものより大きい側方限界を持っててもよい。デバイスは、はんだ又は金のスタッフバンプのような相互接続により、前記マウント上にマウントされる。半導体層を支持し、基板除去の間にひびが入るのを妨げるためにマウントする前か後に、剛性のアンダーフィルが前記デバイスと前記マウントとの間に供給されてもよい。成長基板を除去した後に、光結晶は、半導体の露出面に形成される。光結晶を形成する前に、半導体構造は、例えばドライ又はウェットエッティングにより薄くされてもよい。30

【0058】

幾つかの実施例において、発光セラミックは、半導体構造の面上に、又は半導体構造内に屈折率の変動部を組み込んでいるデバイスと結合される。幾つかの実施例において、屈折率の変動部は、フィーチャのランダムな配列であり、各フィーチャの側方範囲は光放射層のピークの発光波長のだいたい 2 倍である。幾つかの実施例において、屈折率の変動部は、光放射層のピークの発光波長の 2 倍より大きな周期を持つフィーチャの周期的な配置である。幾つかの実施例において、屈折率の変動部は、光結晶である。例えば図 9 に示されるように、例えば光結晶は図 3 の n 型領域 42 に形成される。発光セラミック 50 は、領域 42 の光結晶に直接隣接して配されるか、又はオプショナルの介在構造 30 により光結晶から離隔されてもよい。40

【0059】

図 24、25、26、27、28、及び 29 は、光結晶、発光セラミック及び光バルブ 406 を持つ半導体構造を含むデバイスを例示する。光バルブ 406 は、しばしば、分散されたプラグ反射体 (DBR) 又はダイクロイックフィルタのような誘電スタッカ、2 次元の光結晶、又は 3 次元の光結晶である。光バルブは活性領域 (図 24 の光子 600 A 50

及び 600B)により放射される光子を透過し、発光セラミックにより変換された光子(光子 601A 及び 601B)を反射し、変換光子を半導体構造から離れるように向けて、デバイスからこれら(光子 602A、601B 及び 602B)を出させる。このように、光バルブは、変換された光子の吸収を半導体構造により防止し、潜在的にシステムの変換効率を増大する。

【0060】

光バルブの面(0°)に対する法線の近くの角度で、光バルブのインターフェースにぶつかる半導体構造の活性領域により放射される光子(光子 600A 及び 600B)は透過され、光バルブの面に対してより高い角度で光バルブのインターフェースにぶつかる光子(光子 605A 及び 605B)は反射される。このように、光バルブの反射及び透過特性は、光バルブにぶつかる各光子の入射角度に依存する。光放射層と発光セラミックとの間に配置されるとき、光バルブは発光セラミックにより変換された光を反射し、半導体構造の方へ進ませる。10

【0061】

上述のように、一般的な光バルブは、典型的には、屈折率が変わる交互の物質の複数の層を含む誘電スタックである。適切な誘電スタックの1つの例は、 SiO_2 及び TiO_2 の6つの対を含む。1つの好ましい実施例では、適切な誘電スタックは、できるだけ広い角度範囲に対して、半導体構造により放射される90%を超える青い光を透過し、発光セラミックにより放射される90%を超える黄色の光を反射する。20

【0062】

図30は、カリフォルニアのサンノゼのBookhamから入手可能な最新型の誘電スタックの角度依存性を例示する。この誘電スタックの透過率は、青い波長に対して、70°未満の入射角度に対しては90%より大きい。より高い入射角度では、誘電スタックは、青い波長の透過率が低くなる。黄色の波長の透過率は、70°未満の入射角度に対して低い。20

【0063】

図33は、2つのシステムに対する波長の関数として、全体の光(すなわち、全角度で放射される光の合計)の透過パーセントを例示する。図33の実線は、ランパート・パターンの光を放射する半導体構造と組み合わされるとき、図30に図示される光バルブを通る透過率を例示する。ランパート・パターンで放射される光の例は、図32に示される。光が取り出される面が粗いLEDは、ランパート・パターンの光を放射する。図33に図示されるように、透過率は、透過率がハイからロウへ変化する(460 - 550ナノメートル)広範囲にわたる波長で、青(<460ナノメートル)において高く、黄色(>550ナノメートル)において低い。最善のパフォーマンスのために、透過波長(460 - 550ナノメートル)範囲の外側の波長で放射する半導体構造及び発光セラミックを選択することが必要である。遷移波長の範囲が広くなるほど、可能な半導体構造及び発光セラミックのプールは小さくなる。半導体放射波長及び発光セラミック放射波長が一緒に間近であることが望ましいので、光バルブの遷移波長範囲を制限することが好ましい。30

【0064】

図33の点線は、狭い放射パターンの光を放射する半導体構造と組み合わされるときに、図30に図示される光バルブを通る透過率を例示する。狭い放射パターンで放射される光の例は、図31に示される。光結晶を含むLEDは、狭い放射パターンの光を放射する。図33の点線により示されるように、狭い放射パターンを放射するデバイスで透過率は、実線により示されるランパート・パターンの光を放射するデバイスより非常に狭い波長範囲上でハイからロウへ変化する。透過率がランパート・デバイスに対して変化する幅広い波長範囲は、システムの効率を望ましくなく低下させる。狭い放射パターン・デバイスに対する遷移の狭い波長範囲は、半導体放射波長及び発光セラミック放射波長のより大きいプールの効率的利用を許容する。発光セラミックで最高の変換効率を与える半導体放射波長が選択され、これはシステムの効率を増大し、放射波長の可能な範囲を増大する。40

【0065】

10

20

30

40

50

半導体構造の面内又は半導体構造内に形成される光結晶402からの発光である、角度発光は、特定の光バルブに対して調整できる。例えば、図34は、4つの可能なLEDデバイス、光が $\pm 30^\circ$ 、 $\pm 45^\circ$ 、 $\pm 60^\circ$ の狭い発光円錐内に放射されるデバイス、及び光がランパート・パターン($\pm 90^\circ$ の発光円錐に対応する)で放射されるデバイスと組み合わされる誘電スタックからなる光バルブの性能を例示する。図34から明らかのように、発光円錐が狭くなるほど、伝送がハイからロウへ変化する波長の範囲が小さくなる。伝送がハイからロウへ変化する波長の範囲を低減することは、デバイス、特に発光セラミックのような波長変換物質を含むデバイスの効率を改善する。

【0066】

図24-29に図示されるデバイスの各々において、半導体構造は、図9に図示されるように、半導体構造の上面上の第1のコンタクトと、ホスト基板と半導体構造との間に配される第2のコンタクトとでホスト基板に接続されてもよく、又は図11に図示されるように、半導体構造とホスト基板との間に配される両方のコンタクトでホスト基板に接続されてもよい。

10

【0067】

図24に図示されるデバイスにおいて、当該面に形成される光結晶404を含む半導体構造402は、ホスト400に接続されている。光バルブ406は、例えば誘電スタック層を発光セラミック上に置くことにより、発光セラミック408に接続されている。光バルブ406及び発光セラミック408の組合せは、光が発光セラミック408の前に光バルブ406に当たるように、半導体構造402の光放射層から放射される光の経路に配される。光バルブ406は、例えば、エアギャップ410により、光結晶404を含む半導体構造402の面から離隔されてもよい。例えば、ギャップ410を維持するための構造が、光バルブ406と半導体構造402との間に配されてもよい。あるいは、光バルブ406及び発光のセラミック408は、第1のパッケージ素子、例えばカバー又はレンズと接続され、半導体構造402及びホスト400は、第2のパッケージ素子、例えばマウントに接続されもよく、2つのパッケージ素子が一緒に接続されるとき、ギャップ410は光バルブ406と半導体構造402との間に維持される。図24に示される光子601A及び601Bで示されるように、発光セラミック408により半導体構造402の方へ後方散乱する光は、光バルブ406により反射される。

20

【0068】

30

図25に図示されるデバイスにおいて、光バルブ406は、図24に示されるような発光セラミック408に接続されている。光バルブ406は、接着剤412の層により、半導体構造402の光結晶面に接続されている。接着剤412は、例えばマイクロメートルのオーダー、例えば約3ミクロンの厚みを持つシリコンの層である。前記シリコンは、接着剤412が半導体構造から放射される放射パターンの所望の変化を引き起こすか、又は放射パターンを著しく変えないように、特定の屈折率を持つように選択される。例えば、III-V族の窒化物構造402は、約2.4の屈折率を持つ。前記構造に形成される光結晶404は、約2.0の屈折率を持つ。接着剤412は、1.3~1.7の屈折率を持つように選択される。幾つかの実施例において、接着剤412は、少なくとも部分的に穴404を埋めるが、他の実施例では、そうではない。幾つかの実施例において、接着材層412は、放射パターン上の何れの効果も最小化するために薄く(例えば、1ミクロン未満に)保たれる。

40

【0069】

図25に示されるオプショナルのリフレクタ409は、図24及び25に示されるデバイスの発光セラミック408の上に配される。リフレクタ409は、光がデバイスの上部を通って出るのを防止する。リフレクタ409及び光バルブ406は、光が発光セラミック408の側部を通ってデバイスを出るだけであるように、導波路を作成し、側部放射デバイスに結果としてなる。リフレクタ409は、鏡面であるか又は拡散的であってもよい。好適な鏡面反射体の例は、酸化チタンのような無機若しくは有機物質の層を有するDBR、アルミニウム、銀若しくは他の反射する金属の層、又はDBR及び金属の層の組合せ

50

を含む。好適な拡散リフレクタの例は、適切な白色の塗料のような拡散物質又は粗い面上に堆積される金属を含む。他の適切なリフレクタは、上記のようにダイクロイックフィルタ、又は発光セラミック408の上面に形成される光結晶を含む。

【0070】

図26に図示されるデバイスにおいて、光バルブ406及び発光セラミック408は、図24に図示されるように、半導体構造402から離隔される。光バルブ406及び半導体構造402は、図24を参照して上述されたように振舞う。レンズ414は、発光セラミック408の上にマウントされてもよい。レンズ414の側面は、図26に示される光線により図示されるように、入射光を反射し、当該入射光は最終的に上部415を通っていく。レンズ414は、大きな領域A₁から小さめの領域A₂までデバイスの放射領域を低減する。デバイスにより作られる光の総量は変わらないが、放射領域を低減することは、放射輝度が放射領域により分割されるパワーの関数であるので、より高い放射輝度デバイスとなる。図26の領域A₁とA₂との間の関係は、入射角（空気中で定められる）及びレンズの屈折率nとして、

$$A_2 = A_1 \sin^2 \theta / n^2$$

により決定される。誘電体集光器としても知られるレンズ414は、半導体構造により放射される放射パターンに対して最適化されてもよい。例えば、狭い放射円錐へ光を放射するように光結晶を合わせることは、領域A₁を低減させてもよくなり、これは領域A₂内の輝度を増大させる。

【0071】

レンズ414は、光が全内反射により、又は側面に付与されるオプショナルの反射コーティングからの反射によって、側面から反射するような、ガラスレンズでもよい。代わりに、レンズ414は、空気で満たされる空間を閉じる反射側壁を含んでもよい。光は、上部の反射側壁の開口を通って出てもよい。レンズ414の上部面415は、光取り出しを増大するために、加工されるか粗くされてもよい。レンズ414は、エポキシ又はシリコンのような従来の接着剤により発光セラミック408と接続されてもよい。

【0072】

図27に図示されるデバイスにおいて、光バルブ406は、図24のように、半導体構造402から離隔される。光バルブ406の上に配される発光セラミック416は、小さめの領域から光を放射するように成形される。発光セラミック416は、波長を変換し、半導体構造402により放射される光の放射領域を変える。代わりに、発光セラミック416は、所望の放射パターンを放射するために、例えばドームレンズ、又はフレネルレンズのような異なる形状に成形されてもよい。発光セラミック416は、光バルブ406に結合される前又は後に、所望の形状に成形されてもよい。

【0073】

図28に図示されるデバイスにおいて、光バルブ406は、発光セラミック408に結合される。前記光バルブ及び発光セラミックは、レンズ414により半導体構造402内の光結晶404から離隔されている。半導体構造402により放射される光は、レンズ414を介して小さめの領域から発光セラミック408へ放射される。図26を参照して上述されたレンズ414は、図25を参照して上述されたように、高いインデックスの接着剤により半導体構造402に接続されてもよい。

【0074】

図29に図示されるデバイスにおいて、D B R 406は、図26を参照して上述されたように、レンズ414により発光セラミック408から離隔されている。D B R 406は、図25を参照して上述されたように、高いインデックスの接着剤により半導体構造402の光結晶面に結合されてもよい。

【0075】

好みしい光学システムは、L E Dのような半導体光放射デバイス、誘電体スタックのような光バルブ、及び発光セラミックを持つ。幾つかの実施例において、L E Dは、例えば光結晶、共鳴キャビティ、又は他の適切な表面加工若しくはチップ成形を含むことにより

10

20

30

40

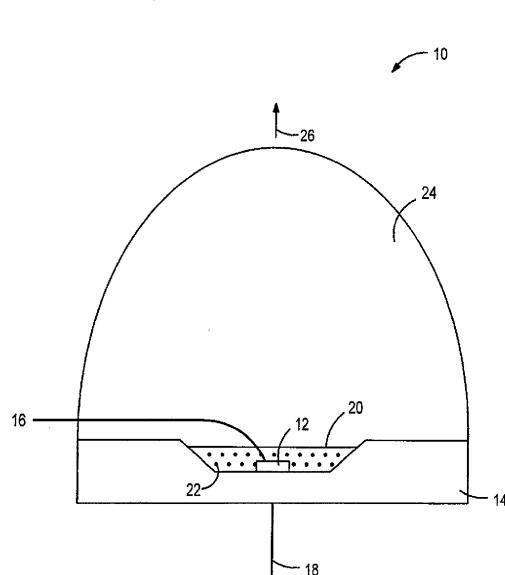
50

、所望の円錐内で大部分の光を放射するように構成される。発光セラミック波長は、LEDにより放射される光の少なくともいくらかを変換する。前記光バルブは、LEDから放射される大部分の光を通し、発光セラミックからの変換された光の大部分を反射する。LEDの放射パターンは、光がLEDから発光セラミックへ効率的に取り出され、変換された光がLEDから効率よく反射されて離れるように、光バルブの反射及び透過特性に合わせられる。上述の例は青い光を放射する半導体デバイスと、黄色、緑及び/又は赤の光を放射する発光セラミックとを参照するが、本発明の実施例は、白又は他の何れかの色の単色光を放射する何れの組み合わせも含んで、UVからIRまでの何れかの色を放射する発光セラミック及び半導体構造まで拡がることは理解されるべきである。光バルブにおいての低い透過から高い透過への遷移は、図33に図示されるように500nmぐらいに制限されず、所望の発光セラミック放射波長及び半導体放射波長に依存して、UVからIRまでの如何なる波長でも起こり得る。増大した放射輝度のためにレンズは、システムの放射エリアを低減することと相まって使用できる。

【0076】

本発明を詳細に説明してきたが、当業者は、本開示を与えることによりここで説明された本発明の要旨から逸脱することなく本発明の变形がなされることを理解するだろう。例えば、上述の種々異なるデバイスの異なる特徴が、省略されたり又は他のデバイスからの特徴と組み合わされてもよい。したがって、本発明の範囲は、図示され説明された特定の実施例に制限されることは意図されていない。

【図1】



従来技術

【図2】

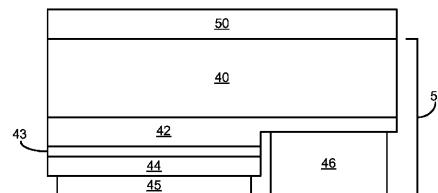


FIG. 2

【図3】

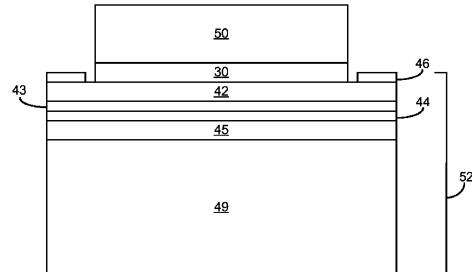
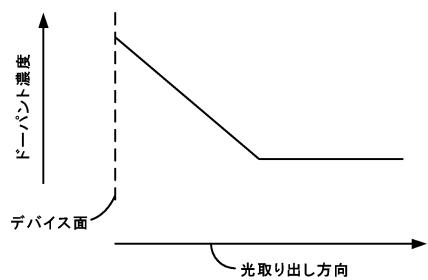


FIG. 3

【図4】



【図5】

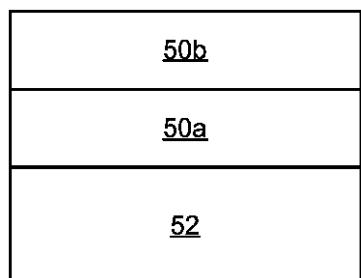


FIG. 5

【図6】

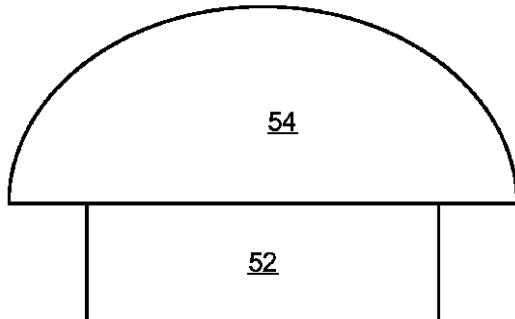


FIG. 6

【図7】

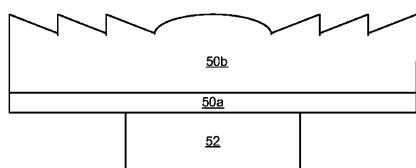


FIG. 7

【図8】

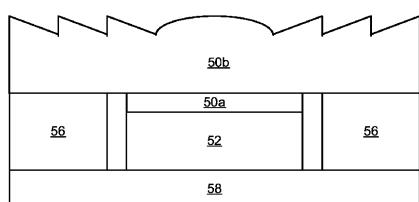


FIG. 8

【図9】

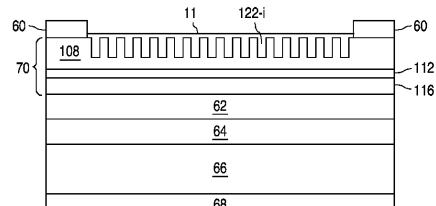


FIG. 9

【図10】

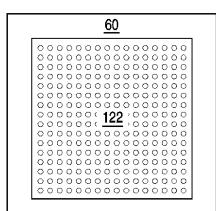


FIG. 10

【図11】

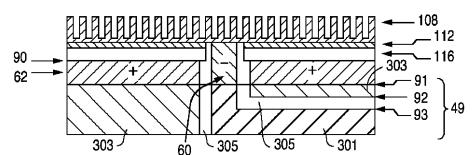


FIG. 11

【図12A - 12B】

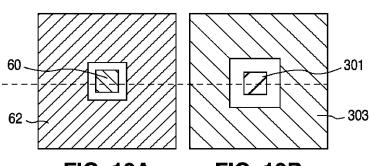


FIG. 12A

FIG. 12B

【図12C - 12D】

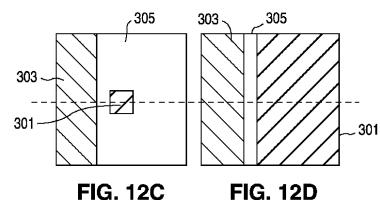


FIG. 12C

FIG. 12D

【図13】

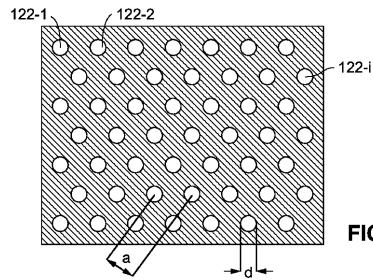
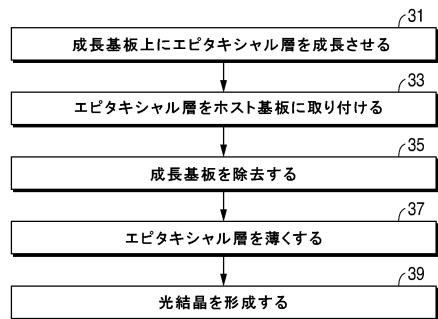


FIG. 13

【図14】



【図15】

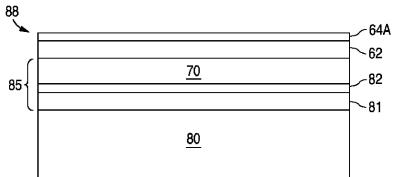


FIG. 15

【図16】

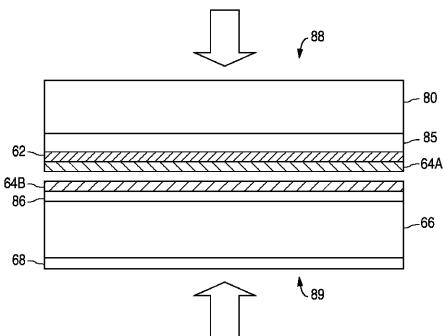


FIG. 16

【図17】

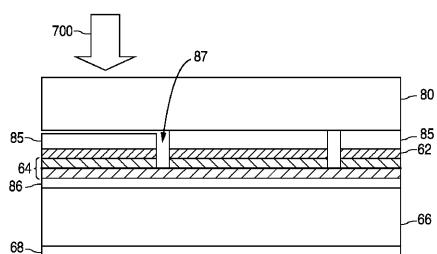


FIG. 17

【図18】

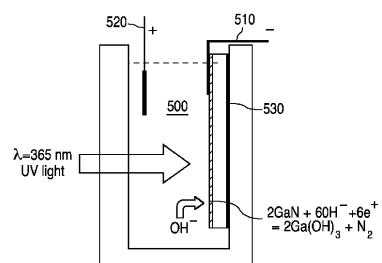


FIG. 18

【図19】



FIG. 19

【図20】

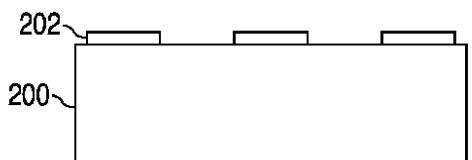


FIG. 20

【図21】

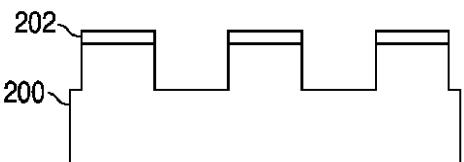
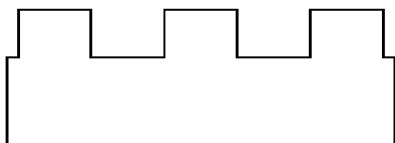
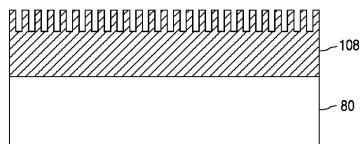


FIG. 21

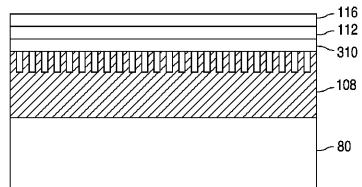
【図 2 2】

**FIG. 22**

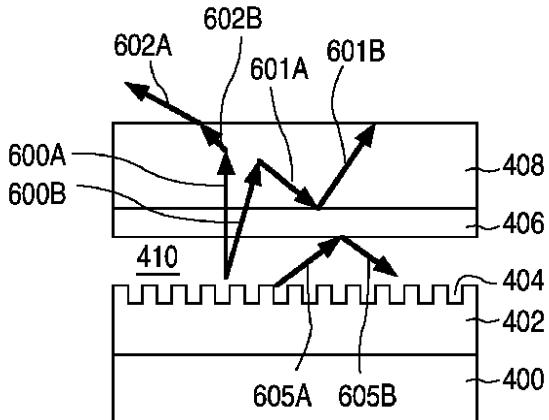
【図 2 3 A】

**FIG. 23A**

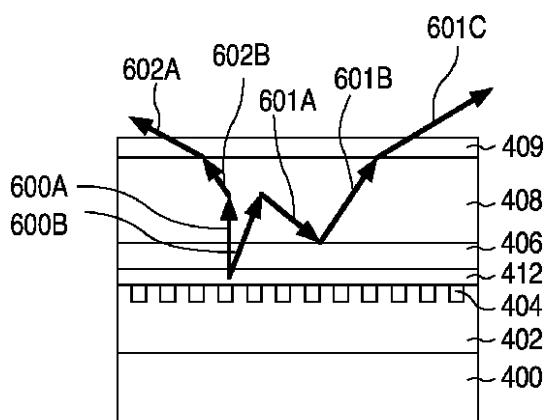
【図 2 3 B】

**FIG. 23B**

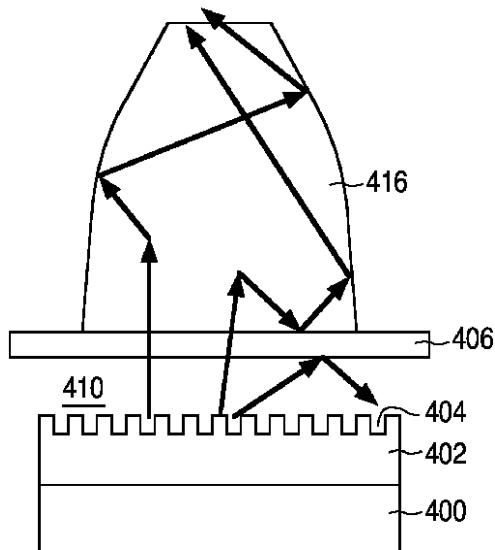
【図 2 4】

**FIG. 24**

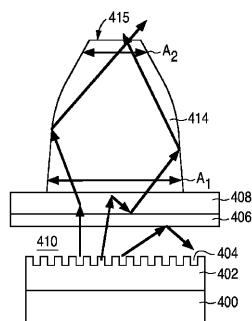
【図 2 5】

**FIG. 25**

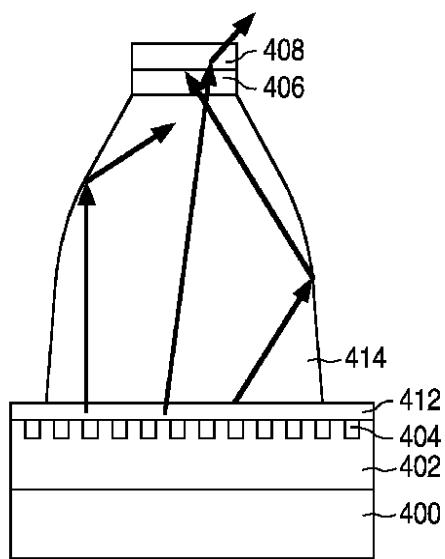
【図 2 7】

**FIG. 27**

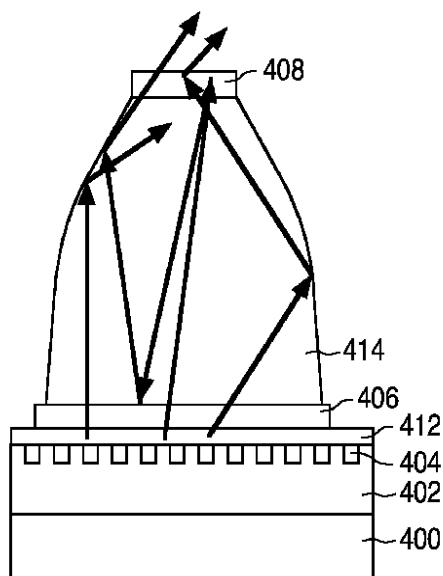
【図 2 6】

**FIG. 26**

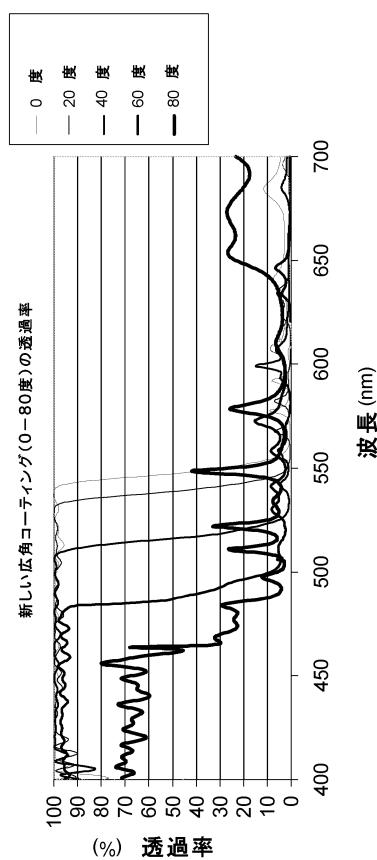
【図 28】

**FIG. 28**

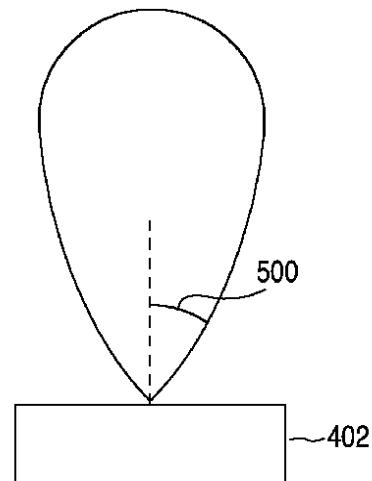
【図 29】

**FIG. 29**

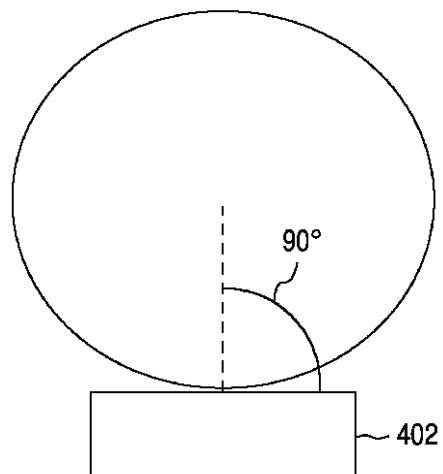
【図 30】



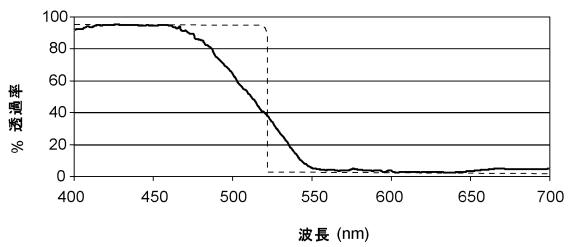
【図 31】

**FIG. 31**

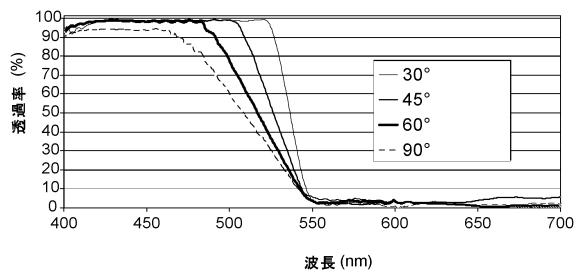
【図 3 2】

**FIG. 32**

【図 3 3】



【図 3 4】



フロントページの続き

(72)発明者 ピールフィゼン サーゲ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95131 サン ホセ ウエスト トリンブル ロード
エムエス 91 / エムジー 370

(72)発明者 デイビッド オーレリエン ジェイ エフ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95131 サン ホセ ウエスト トリンブル ロード
エムエス 91 / エムジー 370

(72)発明者 クラメス マイケル アール

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95131 サン ホセ ウエスト トリンブル ロード
エムエス 91 / エムジー 370

(72)発明者 ウエイス リチャード ジェイ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95131 サン ホセ ウエスト トリンブル ロード
エムエス 91 / エムジー 370

合議体

審判長 吉野 公夫

審判官 近藤 幸浩

審判官 鈴木 肇

(56)参考文献 国際公開第2005/119797 (WO, A1)

特開2005-317959 (JP, A)

特表2006-523956 (JP, A)

特開2005-57266 (JP, A)

特開2005-327660 (JP, A)

特開平10-163533 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L33/00 - 33/64