

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6751562号
(P6751562)

(45) 発行日 令和2年9月9日(2020.9.9)

(24) 登録日 令和2年8月19日(2020.8.19)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 33/20	(2010.01)	H01L 33/20
H01L 33/50	(2010.01)	H01L 33/50
H01L 33/60	(2010.01)	H01L 33/60

請求項の数 11 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2015-552169 (P2015-552169)
(86) (22) 出願日	平成26年1月6日(2014.1.6)
(65) 公表番号	特表2016-506634 (P2016-506634A)
(43) 公表日	平成28年3月3日(2016.3.3)
(86) 國際出願番号	PCT/IB2014/058077
(87) 國際公開番号	W02014/108821
(87) 國際公開日	平成26年7月17日(2014.7.17)
審査請求日	平成29年1月5日(2017.1.5)
審判番号	不服2019-7064 (P2019-7064/J1)
審判請求日	令和1年5月30日(2019.5.30)
(31) 優先権主張番号	61/750,914
(32) 優先日	平成25年1月10日(2013.1.10)
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国(US)

(73) 特許権者	517152128 ルミレッズ ホールディング ベーフェー オランダ国 1118 セーエル スキポ ール, エーフェルト ファン デ ベーク ストラート 1, ザ ベース, タワー ビ ー5 ユニット 107
(74) 代理人	100107766 弁理士 伊東 忠重
(74) 代理人	100070150 弁理士 伊東 忠彦
(74) 代理人	100091214 弁理士 大貫 進介
(72) 発明者	バターワース, マーク メルヴィン オランダ国, 5656 アーエー アイン ドーフェン, ハイ・テク・キャンパス 5 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】側方放射用に成形された成長基板を有する LED

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

発光構造体であって、

発光ダイオード(LED)ダイあり、

第1の表面と該第1の表面とは反対側の第2の表面とを有する成長基板と、

前記成長基板と同様の結晶構造を有するように前記成長基板の前記第1の表面の上にエピタキシャル成長された、光を放出する活性層を含む半導体層であり、前記活性層は、前記成長基板に面する第3の表面を有する、半導体層と
を有し、

前記成長基板の前記第2の表面はその中に、前記活性層の前記第3の表面から放出された光の少なくとも一部を、前記成長基板の側壁を通じて当該LEDダイを出て行くように対称的に向け直す、角度付けられた面を持つ対称的な凹状形状を有する少なくとも1つのエッチングされた光学フィーチャを形成しており、

当該LEDダイは、当該LEDダイの底面のかなりの部分を覆う反射性のアノード及びカソード電極を有するフリップチップであり、前記アノード及びカソード電極は、前記活性層によって生成された光の大部分を前記成長基板の前記側壁が放出するように、ワイヤを用いずに支持構造の電極に直接的に結合されるように構成されている、

LEDダイと、

中に前記LEDダイがマウントされる反射カップであり、前記成長基板の前記側壁を通じて出てくる光が、前記LEDダイから離れて当該反射カップの角度付けられた反射壁で

10

20

対称的に反射するようにされている、反射カップと、

前記反射カップのマウント面に面しない側で前記成長基板内に形成された前記エッチングされた光学フィーチャであり、前記エッチングされた光学フィーチャは、前記成長基板から外方を向いた第4の表面を有し、該第4の表面は、第1の反射層によって少なくとも部分的に覆われている、前記エッチングされた光学フィーチャと、

前記LEDダイを封入するよう前記反射カップの形状に従って前記反射カップを少なくとも部分的に充填する波長変換層であり、当該波長変換層は、実質的に平坦な頂面を有し、且つ前記エッチングされた光学フィーチャの前記第4の表面を覆う前記第1の反射層と接触し、当該波長変換層内で波長変換されて前記光学フィーチャを介して前記LEDダイに入る光の量を前記第1の反射層が低減させる、波長変換層と、

を有する構造体。

【請求項2】

前記少なくとも1つの光学フィーチャは、前記活性層の前記第3の表面から放出された光の一部を、前記成長基板の前記側壁を通じて前記LEDダイを出て行くように反射させる反射層で覆われている、請求項1に記載の構造体。

【請求項3】

前記少なくとも1つの光学フィーチャは、前記成長基板内に形成された凹状の実質的に円錐状の形状を有する、請求項1に記載の構造体。

【請求項4】

前記少なくとも1つの光学フィーチャは、前記成長基板内に形成された凹状の丸みを帯びた形状を有する、請求項1に記載の構造体。

【請求項5】

前記成長基板はサファイアを有する、請求項1に記載の構造体。

【請求項6】

前記成長基板は、200ミクロン厚より大きく、1mm厚より小さい、請求項1に記載の構造体。

【請求項7】

前記成長基板は、500ミクロン厚より大きく、1mm厚より小さい、請求項1に記載の構造体。

【請求項8】

前記波長変換層は、バインダ材料に注入された蛍光体粒子を有し、前記成長基板の前記側壁から放出される光の少なくとも一部は、前記LEDダイの上にない蛍光体粒子を活性化する、請求項1に記載の構造体。

【請求項9】

当該構造体は更に、前記LEDダイの頂部及び側面を覆う蛍光体材料を有し、前記LEDダイは青色光を発し、前記蛍光体材料は、前記青色光と組み合わさる蛍光体光を発する、請求項1に記載の構造体。

【請求項10】

前記少なくとも1つの光学フィーチャは、前記活性層の前記第3の表面から放出された光の大部分を、前記成長基板の前記側壁を通じて前記LEDダイを出て行くように向け直す、請求項1に記載の構造体。

【請求項11】

発光構造を形成する方法であって、

第1の表面と該第1の表面とは反対側の第2の表面とを有する成長基板ウエハを用意し、

前記成長基板ウエハの前記第2の表面に複数の光学フィーチャを形成し、

前記光学フィーチャを覆って反射層を形成し、

前記反射層を形成した後、前記成長基板ウエハの前記第1の表面の上にエピタキシャル層を成長させて発光ダイオード(LED)を形成し、該LEDは、光を放出する活性層を有し、該活性層は、前記成長基板ウエハに面する第3の表面を有し、且つ

10

20

30

40

50

前記成長基板ウエハを個片化して、成長基板部分を有する個々のLEDダイを形成し、各成長基板部分は、前記光学フィーチャのうちの少なくとも1つを有し、前記光学フィーチャのうちの前記少なくとも1つは、前記活性層の前記第3の表面から放出された光の大部分を、前記成長基板部分の側壁を通じて前記LEDダイを出て行くように向け直すものであり、

前記LEDダイのうちの1つを反射カップ内にマウントし、且つ

該LEDダイの頂部及び側面を覆って前記反射カップ内に波長変換材料を堆積する、
ことを有し、

各LEDダイは、該LEDダイの底面のかなりの部分を覆う反射性のアノード及びカソード電極を有するフリップチップであり、前記アノード及びカソード電極は、前記活性層によって生成された光の大部分を前記成長基板部分の前記側壁が放出するように、ワイヤを用いずに支持構造の電極に直接的に結合されるように構成される、

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(LED)に関し、特に、強化された側方放射(サイドエミッション)をLEDに有させる技術に関する。

【背景技術】

【0002】

LEDダイから放射される全ての光のうち大部分は、LEDのマウント面とは反対側のLEDの頂面からである。頂面の表面積は 1 mm^2 程度であるので、これは本質的にピンポイントの光を作り出す。

【0003】

図1は、LEDの一般的な用法を表しており、LEDは、例えばスマートフォンカメラのLEDフラッシュ用などにおいて、光を特定の方向に向ける反射カップ内に置かれている。図1は、そのアノードコンタクト12及びそのカソードコンタクト14がダイ10の底面に形成された典型的なフリップチップLEDダイ10の断面図である。コンタクト12及び14は、LEDダイ10の底面のうちの大きい面積を占めるとともに反射性である。ダイ10は場合により、パッケージ20の電極に接合するための、より堅牢な金属パッドを有するサブマウントの上にマウントされ得る。

【0004】

コンタクト12及び14は、パッケージ20の電極16及び18に接合されている。そして、パッケージ電極16及び18は、例えば、プリント回路基板、基板、ソケットへの挿入用の細長いピン、等々の上の金属パッドなどの、何らかのその他の端子に接続され得る。

【0005】

LEDダイ10は反射カップ22内に置かれている。反射カップ22の反射壁24が反射性の金属又は塗料で被覆され、あるいは、カップ22自体が反射性の材料で形成され得る。

【0006】

LEDダイ10は、GaNベースであって、青色光を発するとし得る。カップ22は、シリコーン、エポキシ又はその他の封止バインダ材料25内に蛍光体粉末26を注入した材料で充填されている。蛍光体粉末26は、YAG(黄緑色光を発する)、又は、赤及び緑の蛍光体粉末の混合物、又は、何らかのその他の種類の蛍光体とし得る。幾らかの青色光が漏れ出て、結果として得られる青色光と蛍光体の光とが混ざり合ったものが、蛍光体の種類及び蛍光体の密度に応じて、白色光又は何らかのその他の色の光を作り出す。

【0007】

LEDダイ10は、その簡略化した図1の例において、n型半導体層28、活性層30、及びp型半導体層32を有している。ヘテロ接合GaN LEDには、典型的に多数の

10

20

30

40

50

その他の層が存在する。LED層は成長基板上にエピタキシャル成長される。導電体34が、p型半導体層32及び活性層30を貫いて延在して、カソードコンタクト14をn型半導体層28に接続している。図1の例において、例えばサファイアなどの成長基板は除去されている。

【0008】

一般に、LEDダイ10は、それに突き当たる可視光のうちの約15%を吸収する。図1の例において、LEDダイ10からの青色光線36が蛍光体粉末26の特定の粒子38を活性化しており、粒子38から放出される光（例えば、黄色光）は全ての方向に放射される。放射される光線40のうち、LEDダイ10の方に戻ってくる1つが示されており、この光の約15%がLEDダイ10によって吸収される。

10

【0009】

LEDダイ10によって放射される全ての光のうち大部分がその頂面を介してであり、そして、LEDダイ10の上方の蛍光体によって放出される光のほぼ半分がLEDダイ10に向かう下向きであるので、LEDダイ10によって吸収されるかなりの量の光が存在し、LEDモジュールの効率を低下させてしまう。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

例えば反射カップ内のLEDダイなどのLEDモジュールの効率を向上させる安価な技術が望まれる。

20

【課題を解決するための手段】

【0011】

一実施形態において、例えばサファイア、SiC、GaN、又はその他の成長基板ウエハなどの透明成長基板ウエハが、LED光の大部分がLEDの側壁から放射されるようにLED光の大部分を横に反射する角度付けられた面を持つ光学フィーチャ（造形部）を有するよう、マスキングとエッチングによって、あるいは何らかの他の好適手法によってパターニングされる。光学フィーチャは、成長表面の反対側（すなわち、完成したLEDの外側）に形成される。何千個というLEDが単一の成長基板ウエハ上に成長され得るので、何千個という光学フィーチャが基板に形成されることになる。一実施形態において、光学フィーチャは、凹状の円錐、又はそれが付随するLEDに対して近似的に中心にされた頂点を有するディンプルである。その他の光学フィーチャ形状も想定される。

30

【0012】

成長基板ウエハは好ましくは、従来の成長基板ウエハより遙かに厚い。例えば、従来の成長基板ウエハは典型的に100ミクロン未満（理想的には、処理中に所望の機械的支持を達成する最小厚さ）である。光学フィーチャ（例えば、円錐）の所望の深さを達成するとともに、側壁のために比較的大きい表面積を作り出すため、成長基板ウエハは、例えば0.5mm - 1mmなど、従来の成長基板ウエハの厚さの2倍より厚くされ得る。

【0013】

光学フィーチャの角度付けられた面は、LED光を全反射（total internal reflection；TIR）によって反射することができ、あるいは、光学フィーチャの外表面を被覆するように、薄い反射性の金属層が成長基板ウエハ上に堆積され得る。成長基板ウエハのエッチングは好ましくは、LEDへのダメージを回避するために、LED半導体層が成長されるのに先立って実行される。LEDが、青色光又は紫外光を発するGaNベースのLEDであると仮定する。LEDが成長基板ウエハ上に形成された後に、ウエハが個片化されて、個々の側方放射LEDダイが形成される。

40

【0014】

従って、LEDダイの活性層によって放出された全ての光のうちの大部分が、光学フィーチャによって横向きに反射されることになる。

【0015】

得られたLEDダイが反射カップ内にマウントされて、カップが蛍光体材料で充填され

50

るとき、青色光によって活性化される蛍光体粒子は、LEDダイの上方ではなく、カップの反射面の上方にあることになる。故に、それらの粒子が全ての方向に光を放射するとき、蛍光体の光（蛍光体光）のうち、より小さい割合が、活性層に突き当たってLEDによって吸収されることになり、より大きい割合が、カップの反射壁表面によって上向きに反射されることになる。これは、LEDモジュールの光出力を大いに増大させ、非常に少ない追加コストで効率を向上させる。

【0016】

本発明はフリップチップLEDに限定されず、フリップチップLEDの代わりに、縦型LED、又は頂面コンタクトを有するLEDが使用されてもよい。

【0017】

例えばバックライトでの使用のためなどで、LEDダイの頂面上に別個の側方放射用レンズを取り付けることによって、側方放射LEDを作り出すことが知られている。しかしながら、本技術はそのような側方放射用レンズを除去する。別個の側方放射用レンズが使用されないので、レンズに関するコスト及び追加の処理工程が回避されるとともに、より浅くLEDモジュールを作製することができる。成長基板内の光学フィーチャを用いてLED光を反射することはまた、側方放射用レンズを用いることよりも、光効率が高いものである。

【0018】

様々なその他の実施形態が開示される。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】蛍光体材料で充填された反射カップ内にマウントされた従来技術に係る青色又はUVフリップチップLEDダイを示す簡略化した断面図である。

【図2】比較的厚い透明成長基板ウエハのごく一部を示す断面図である。

【図3】光取り出しを向上させるように底面が粗面化された後、且つLEDを側方放射LEDにさせる光学フィーチャを有するように頂面が形成された後の、図2のウエハを例示する図である。

【図4】図3の成長基板ウエハの上に形成された2つの簡略化したLEDを示す断面図である。

【図5】LEDダイによる吸収の量を低減するよう、蛍光体粒子がLEDダイの頂面を避けるように光を放射する、蛍光体材料で充填された反射カップ内にマウントされた個片化されたLEDダイを示す断面図である。

【図6】LEDサブマウントを追加した図5の構造を例示する図である。

【図7】成長基板内に形成された光学フィーチャが、ボウル形状又は放物線形状を有した、LEDダイの他の一実施形態を示す断面図である。

【図8】成長基板内に形成された光学フィーチャが、LEDダイの頂面の上を避けるように光を屈折させるドーム形状を有した、LEDダイの他の一実施形態を示す断面図である。同じ又は同様である要素には同じ参照符号を付している。

【発明を実施するための形態】

【0020】

本発明技術は、多種類の様々なLEDに適用可能であり、LED構造の一例を記載することで本発明の適用を例示する。この例において、LEDは、青色光を発するGaNベースのLEDである。GaNベースのLEDに好適な透明成長基板は、典型的に、サファイア、SiC、又はGaNである。

【0021】

図2は、サファイア成長基板ウエハ42を例示している。このようなウエハは、直径で2-6インチの間で入手可能であるが、より大きいウエハも見込まれ且つ本発明の範囲内に含まれる。典型的なLEDはたったの約 1 mm^2 であるので、单一のウエハ42上に何千個ものLEDが形成され得る。このようなウエハの従来厚さは、100ミクロン未満であり、あるいは、処理中のLED層の機械的支持に必要な最小厚さであると製造者が信じ

10

20

30

40

50

る厚さである。しかし、本プロセスにおいては、側方放射用の光学フィーチャ（造形部）の深さを収容するとともに大きい側壁表面積を作り出すよう、遙かに厚いウエハ42が使用される。一実施形態において、ウエハ42の厚さは約0.3mm - 1mmであり、好ましくは0.5mmより大きい。

【0022】

全反射（TIR）を抑制することによって光取り出しを増大させるよう、ウエハ42の底面43（GaN成長面）が粗面化される。このような粗面化は、従来からであり、研削、化学エッティング、プラズマエッティングなどによって実行され得る。

【0023】

一実施形態において、ウエハ42の頂面が、金属（Ni）マスク又はフォトレジストマスクを用いてマスクされ、形成されることになる各LEDに1つで、何千という光学フィーチャ44を形成するように化学エッティングされる。一実施形態において、ウエハ42表面がNiマスクでパターニングされ、そして、塩素ベースの誘導結合プラズマRIEプロセスを用いて、円錐状の光学フィーチャが形成される。Niマスクの厚みが、各マスク開口のエッジ付近でシャドー効果を生み出することで、Ni開口のエッジに向かってエッティング速度が漸進的に低下する。サファイア内に造形部をエッティングすることは知られたことである。レーザ又は研削ツールも、ウエハ42をエッティングするために使用され得る。円錐状の光学フィーチャ44の断面を図3に示すが、数多くあるその他の好適なフィーチャが形成されてもよい。図6及び7は、一部のその他の光学フィーチャを例示している。

【0024】

光学フィーチャ44の深さは、幅広いTIR角を達成する45°の角度の円錐のために、個片化されたLEDの幅の1/2を上回り得る。例えば、円錐の深さは約0.5mmとし得る。他の形状の光学フィーチャは、もっと浅くされて、もっと薄いウエハ42を使用し得る。

【0025】

一実施形態において、光学フィーチャ44による反射は、TIRによってである。他の一実施形態において、光学フィーチャ44を覆って、例えば銀又はアルミニウムなどの反射性の金属の薄い層が（例えば、スパッタリングによって）堆積される。反射性の金属は、ほんの数ミクロン厚とし得る。このような場合、成長基板ウエハ42はより薄くてもよい。また、ミラーとして作用するように、光学フィーチャ44を覆うブレーリング反射器として誘電体層が形成されてもよい。

【0026】

次いで、図4に示すように、粗面化された表面43の上に、従来からの技術を用いて、LED半導体層がエピタキシャル成長され得る。このようなGaNベースのLEDは、図1に関して説明したのと同じ層28、30及び32を有し得る。そして、フリップチップLEDを形成するよう、金属の導電体34、アノードコンタクト12、及びカソードコンタクト14が形成される。

【0027】

次いで、得られたLEDウエハが、例えば、レーザエッティング又はスクライビングとそれに続く破断とによって、個片化される。その切り口を含む個片化ライン48が図4に示されている。LEDウエハを個片化する数多くの好適手法が知られている。

【0028】

図5に示すように、得られたLEDダイ50が、図1に関して説明したように、反射力アップ20内にマウントされる。場合により、図6に示すように、カップ20内にマウントされるのに先立って、ベアのLEDダイ50が堅牢なサブマウント51上にマウントされ得る。サブマウント51は、ヒートスペレッダとして作用するとともに、カップ電極16及び18への取付けのための遙かに大きくて堅牢な底部コンタクト52を提供する。しかしながら、このようなサブマウント51は、高さとコストをモジュールに追加する。

【0029】

そして、カップ20が、例えばシリコーン又はエポキシなどの透明あるいは半透明の封

10

20

30

40

50

止バインダ材料 25 に蛍光体粉末 26 を注入した材料で充填される。材料 25 はその後に硬化される。蛍光体粉末の種類、蛍光体粉末 26 の密度、及び蛍光体層の厚さが、LED 光と蛍光体光との組み合わせによって放射される全体的な色を決定する。

【0030】

図 5 に示すように、活性層 30 から放出された LED 光の多くを、光学フィーチャ 44 が、LED ダイ 50 の比較的大きい側壁から出るように反射させることになる。故に、LED ダイの放射光の多くが、LED ダイ 50 の上ではなく、反射カップ表面の上にある蛍光体粒子を活性化させることになる。これらの粒子が全ての方向に光を放射するとき、放射される光の大部分は、モジュールの頂面から出るように上向きに、あるいは反射カップによって上向きに反射されるように、の何れかで放射されることになる。放射された光のうちの小さい割合のみが LED ダイ 50 の活性層 30 に突き当たることになり、そこで、その光の約 15 % が活性層 30 によって吸収されることになる。活性層 30 によって放たれた光線 46 は、光学フィーチャ 44 によって反射されて蛍光体粒子 47 を活性化するように示されており、粒子 47 は、カップの反射壁 24 によって上向きに反射される光線 48 を放っている。10

【0031】

さらに、ウエハ 42 の頂部が例えば反射性の金属などの反射膜で被覆される場合、蛍光体粒子によって放射された、この反射膜に突き当たる光は、LED ダイ 50 から遠ざかるように向きを変えられることになって、吸収されない。これは、図 5 の構造の効率を更に高める。図 5 において、これは、蛍光体粒子 47A を活性化する光線 46A によって例示されており、粒子 47A は、ウエハ 42 上の反射膜で反射する光線 48A を放っている。20

【0032】

故に、図 1 の従来構造と比較して、活性層 30 による光の吸収に大きな低減が存在し、非常に少ない追加コストで効率が向上される。

【0033】

側方放射 LED ダイ 50 はまた、LCD スクリーンの方に光を向け直すプリズム又は粗面化表面を有するライトガイド内へと、いっそう均一に光を拡げることによって、液晶ディスプレイを背面照射するのに有用である。側方放射 LED ダイ 50 は非常に浅いので、ライトガイドは非常に薄くてもよい。LED ダイ 50 は、ライトガイドの穴の中にマウントされ、あるいはライトガイドのエッジに沿ってマウントされ得る。30

【0034】

円錐の他に、数多くある他の光学フィーチャが成長基板ウエハに形成されてもよい。例えば、頂点と、対称的な漸近形状若しくは放物線形状と、を有するディンプルが使用され得る。

【0035】

図 7 は、光学フィーチャがどのようにしてボウル（お椀）形状 56 にされ得るかを例示している。ボウル形状は、円錐形状よりも、形成するのが容易であり得る。反射は TIR によるものとすることができる、あるいは、反射性の金属がボウル内に堆積されてもよい。反射された光線 57 が示されている。

【0036】

図 8 は、光学フィーチャがどのようにして凸状のドーム形状 58 にされ得るかを例示している。このような場合、LED 光は、LED 頂面の上から遠ざかるように屈折される。屈折された光線 59 が示されている。40

【0037】

他の一実施形態において、LED ダイ 50 はフリップチップではない。

【0038】

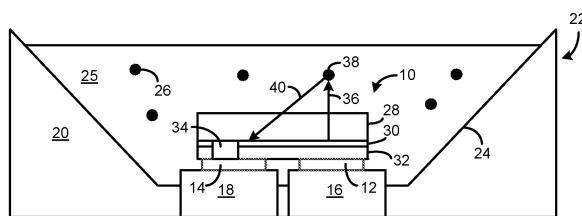
他の一実施形態において、反射カップ内の波長変換材料は、例えば量子ドット材料など、蛍光体以外のものである。

【0039】

本発明の特定の実施形態を図示して説明したが、当業者に明らかなように、より広い觀

点での本発明を逸脱することなく変形及び変更が為され得るのであり、故に、添付の請求項は、その範囲内に、本発明の真の精神及び範囲に入るそのような変形及び変更の全てを包含するものである。

【図 1】



(従来技術)

【図 2】

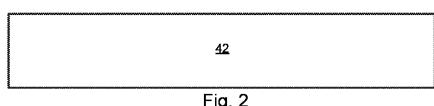


Fig. 2

【図 3】

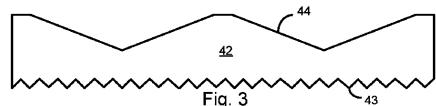


Fig. 3

【図 4】

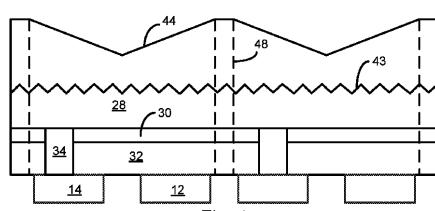


Fig. 4

【図 5】

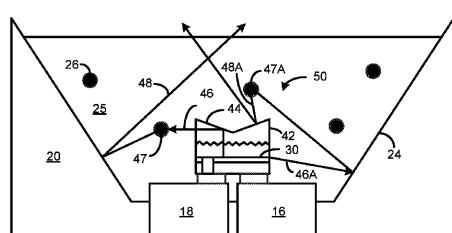


Fig. 5

【図6】

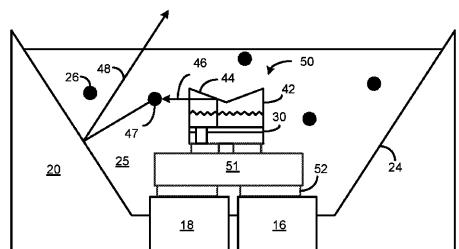


Fig. 6

【図8】

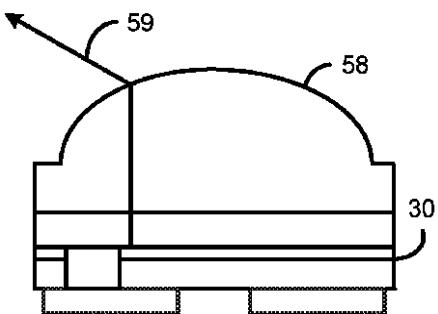


Fig. 8

【図7】

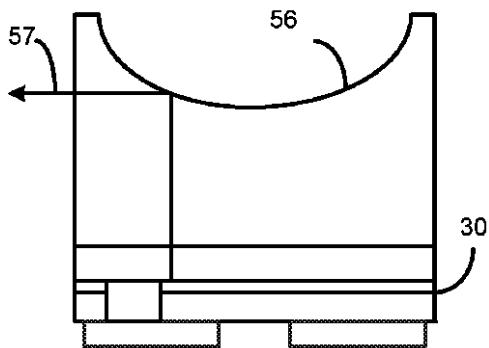


Fig. 7

フロントページの続き

合議体

審判長 井上 博之

審判官 濑川 勝久

審判官 田中 秀直

(56)参考文献 特開2008-49448(JP,A)

特開2004-128057(JP,A)

特開2004-56088(JP,A)

特開2005-19609(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L33/00