

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6401248号
(P6401248)

(45) 発行日 平成30年10月10日 (2018. 10. 10)

(24) 登録日 平成30年9月14日 (2018. 9. 14)

(51) Int. Cl. F I
H O 1 L 33/10 (2010.01) H O 1 L 33/10

請求項の数 14 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2016-513467 (P2016-513467)	(73) 特許権者	590000248
(86) (22) 出願日	平成26年5月5日 (2014. 5. 5)		コーニンクレッカ フィリップス エヌ ヴェ
(65) 公表番号	特表2016-521463 (P2016-521463A)		KONINKLIJKE PHILIPS N. V.
(43) 公表日	平成28年7月21日 (2016. 7. 21)		オランダ国 5656 アーエー アイン ドーフエン ハイテック キャンパス 5
(86) 国際出願番号	PCT/IB2014/061196		High Tech Campus 5, NL-5656 AE Eindhoven
(87) 国際公開番号	W02014/184701	(74) 代理人	100107766
(87) 国際公開日	平成26年11月20日 (2014. 11. 20)		弁理士 伊東 忠重
審査請求日	平成29年3月31日 (2017. 3. 31)	(74) 代理人	100070150
(31) 優先権主張番号	61/823, 528		弁理士 伊東 忠彦
(32) 優先日	平成25年5月15日 (2013. 5. 15)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板内に散乱機構を有するLED

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光を生成する発光ダイオード(LED)半導体層であり、発光面を有するLED半導体層と、

前記発光面の上に位置し、前記LED半導体層に取り付けられた基板と、

前記基板内に形成された1つ以上の光散乱領域と、

を有し、

前記LED半導体層は、光を生成する領域と、光を生成しない領域とを含み、前記1つ以上の光散乱領域は、光を生成しないLED半導体層領域のうち少なくとも1つの上に配置され、

前記1つ以上の光散乱領域は、光を生成するLED半導体層領域の上には形成されていない、

発光デバイス。

【請求項 2】

前記1つ以上の光散乱領域は、前記基板の全体ではなく前記基板の選択された領域のみで、前記基板内に反射粒子を有する、請求項1に記載のデバイス。

【請求項 3】

前記1つ以上の光散乱領域は、前記基板内に形成された反射ポイドを有する、請求項1に記載のデバイス。

【請求項 4】

前記基板は、前記LED半導体層が上にエピタキシャル成長された成長基板である、請求項1に記載のデバイス。

【請求項5】

前記基板は、接着剤を用いて前記LED半導体層の前記発光面に取り付けられている、請求項1に記載のデバイス。

【請求項6】

前記1つ以上の光散乱領域は反射金属粒子を有する、請求項1に記載のデバイス。

【請求項7】

前記LED半導体層は、前記発光面とは反対側の第2の表面を有し、前記1つ以上の光散乱領域のうちの少なくとも1つは、前記LED半導体層の前記第2の表面のうちの反射性が乏しい表面部分の上に位置して形成されている、請求項1に記載のデバイス。

10

【請求項8】

当該デバイスは更に、前記LED半導体層のためのメタルコンタクトを有し、前記LED半導体層はN型層及びP型層を有し、前記1つ以上の光散乱領域のうちの少なくとも1つは、前記N型層のためのメタルコンタクトの上に形成されている、請求項1に記載のデバイス。

【請求項9】

前記1つ以上の光散乱領域は、前記基板の側壁に沿って形成されている、請求項1に記載のデバイス。

【請求項10】

前記基板は波長変換材料を有する、請求項1に記載のデバイス。

20

【請求項11】

当該デバイスは更に、前記基板の上に位置する蛍光体層を有し、前記1つ以上の光散乱領域は、前記LED半導体層に向けて放射された前記蛍光体層からの光を散乱するよう位置付けられ、それにより、該光の一部が前記蛍光体層の方に反射されて戻る、請求項1に記載のデバイス。

【請求項12】

前記1つ以上の光散乱領域のうちの少なくとも1つは、前記LED半導体層に近接した前記基板の底面の近傍に配置されている、請求項1に記載のデバイス。

【請求項13】

前記1つ以上の光散乱領域のうちの少なくとも1つは、前記LED半導体層から離れた前記基板の頂面の近傍に配置されている、請求項1に記載のデバイス。

30

【請求項14】

前記基板は、前記1つ以上の光散乱領域を除いて透明である、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】

本発明は、発光ダイオード(LED)に関し、特に、LEDダイ内で光を散乱する技術に関する。

40

【背景技術】

【0002】

青色光を発するGaN系LEDにおいて、成長基板は典型的に、透明なサファイア基板、SiC基板、又はGaN基板である。フリップチップLEDでは、光は活性層によって生成されて透明基板を通して出て行く。

【0003】

図1は、従来のGaN系フリップチップLEDダイ10を例示している。半導体層は、N型層12、活性層14(量子井戸を形成する)、及びP型層16を含んでいる。これらの層は、典型的にはサファイアである透明な成長基板18の表面上に成長される。基板18の頂部上に蛍光体層20が堆積される。蛍光体粒子22が、活性層14によって放出さ

50

れた青色光によって活性化されて、光を波長シフトさせる。蛍光体の発色が黄色である場合、黄色光と青色光との組み合わせが白色光を作り出す。このようにして、実質的に如何なる色の光も作り出され得る。

【0004】

光取り出し効率は、生成された光子のうちLEDダイ10を脱出する割合に関係する。LEDダイを設計することにおける1つの目標は、光取り出し効率を高めるよう、光吸収を最小化することである。光吸収に対する1つの寄与は、基板18の内部に捕捉されている光線24によって示した、基板18による全反射(total internal reflection; TIR)であり、基板18が導光体(光ガイド)として機能する。材料同士の境界面における一致しない屈折率が、浅い角度においてそのような反射を生じさせる。大雑把な近似として、GaNの屈折率(n)は2.5 - 3であり、サファイアの屈折率は1.77であり、蛍光体の屈折率は1.6 - 1.8であり、空気の屈折率は1である。

10

【0005】

さらに、LED半導体層、底部メタルコンタクト、及びコンタクト同士間の空間は、異なる反射率を有する。図1に示した例において、露出されたP型層16に接触しているPメタルコンタクト26は銀(Ag)であり、故に、高度に反射性(>95%)である。P型層16及び活性層14をエッチング除去して、Nメタルコンタクト28とN型層12との間のオーミックコンタクトを可能にした領域では、例えばアルミニウムなどの、より低い反射性の金属が使用されるとともに、これらのコンタクト領域では光は生成されない。コンタクト26と28との間にも、光を反射しない空間が存在する。光の吸収も行う半導体機構も存在し得る。蛍光体発光は概して等方的であり、故に、例えば光線30など、それらの光のうちの有意な割合が、LEDダイ10の光吸収のある領域に突き当たる。別の光線32が、基板18の側面でLEDダイ10内に戻るように全反射されて部分的に吸収されるとして示されている。光線33が、Pメタルコンタクト26によって効率的に反射されるとして示されている。

20

【0006】

吸収のある領域の全てが、LEDダイの光取り出し効率を低下させる。

【0007】

LEDダイ内での光の吸収を低減することによって光取り出し効率を高める技術が望まれる。

30

【発明の概要】

【0008】

一実施形態において、LEDダイの透明成長基板が、例えばレーザ又はその他の方法を用いて形成されたボイド(空隙)などの、光散乱領域を有するように形成される。他の一実施形態において、成長基板が除去され、光散乱領域を含有した別の透明基板で置き換えられる。一実施形態において、光を生成しないLEDダイの光吸収性領域の一部又は全ての上に光散乱領域が形成されて、これら吸収性領域上への入射光の量が低減されるとともに、基板の側面にわたって光散乱領域が形成されて導光(光ガイディング)が抑制される。

40

【0009】

上記基板が成長基板を置き換える場合、上記基板は、選択された領域に、例えばTiO₂粒子又は反射金属フレイク(金属片)などの反射粒子を含むように形成され得る。反射領域を含有する基板層を積層することによって3D構造が形成されてもよい。

【0010】

他の一実施形態において、上記基板は、光を散乱する側壁を有するように形成された不透明な蛍光体層である。

【0011】

この蛍光体層は、LEDの頂部に取り付けられるタイルとすることができ、あるいは液体バインダ内の粒子として堆積されることができ、あるいは電気泳動法によって堆積されることができ、あるいはその他の方法によって堆積され得る。

50

【 0 0 1 2 】

その他の実施形態も記述される。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 3 】

【 図 1 】 L E D ダイによって光が吸収される様々なされ方を示す L E D ダイの断面図である。

【 図 2 】 本発明の一実施形態に従った光散乱領域を含有する基板を組み入れた L E D ダイの断面図である。

【 図 3 】 図 2 の構造において、光線がどのようにして、L E D ダイの光吸収領域及び基板の側面を避けるように向け直されるかを例示する図である。

【 図 4 】 基板内の光散乱領域の代替パターンを示す L E D ダイの断面図である。

【 図 5 】 散乱領域を有する基板がどのようにして L E D 半導体層に取り付けられ得るかを例示する図である。

【 図 6 】 基板がどのようにして光散乱側壁を有するように形成され得るかを例示する図である。

【 図 7 】 バットウィング状の発光パターンを作り出す中央光散乱領域を有する基板を例示する図である。

【 図 8 】 L E D 半導体層に取り付けられた、光散乱側壁を有する蛍光体タイルを例示する図である。

【 図 9 】 基板がどのようにして、所望の光散乱領域を作り出すように複数層を用いて形成され得るかを例示する図である。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 】

【 0 0 1 4 】

図 2 は、基板 3 8 を除いて図 1 の L E D ダイ 1 0 と同じとし得る L E D 3 6 を例示している。基板 3 8 は、L E D 半導体が上にエピタキシャル成長されている基板とすることができ、あるいは、成長基板が除去された後に L E D 半導体層に取り付けられた基板とし得る。基板 3 8 内での導光（光ガイディング）を抑制するために、基板 3 8 は、光吸収性の領域の一部又は全てにわたって光散乱領域 4 0 A、4 0 B 及び 4 0 C を有するとともに、側壁の一部又は全てにわたって光散乱領域 4 2 A 及び 4 2 B を有するように形成されている。散乱領域 4 2 A 及び 4 2 B は、側壁を周る連続的な散乱領域リングの一部とし得る。

【 0 0 1 5 】

一実施形態において、基板 3 8 は、L E D 半導体層が上にエピタキシャル成長されているサファイア成長基板である。散乱領域 4 0 A - 4 0 C、4 2 A 及び 4 2 B は、半導体層が成長される前又は後に、ポイドのレイとして形成され得る。散乱領域 4 0 A - 4 0 C、4 2 A 及び 4 2 B は、例えば多面体又は丸みのあるものなど、如何なる 3 D 形状を有していてもよい。ポイドを作製することにはパルスレーザを用い得る。透明材料内にドット（ポイド）を用いて像を書き込む又は作り出すためのパルスレーザの使用はよく知られているが、この技術は、L E D ダイ内で光を散乱させることには使用されてこなかった。

【 0 0 1 6 】

他の一実施形態において、半導体層が成長された後に、例えばレーザリフトオフによってなどで成長基板が除去され、例えば N 型層 1 2 に対してなど半導体層に対して、別の基板が取り付けられる。このような基板は、例えば、ガラス、サファイア、S i C、プラスチック、エポキシ、又はセラミックとし得る。基板 3 8 は L E D 半導体層に、例えばエポキシ若しくはシリコンなどの何らかの好適な接着剤によって取り付けられ、あるいは、基板材料を直接的に L E D 半導体層に融合させることによって取り付けられ得る。取り付け基板では、散乱領域 4 0 A - 4 0 C、4 2 A 及び 4 2 B は、ポイド又は光散乱粒子として形成され得る。基板 3 8 は、選択された領域内にポイドを形成するようにパルスレーザ処理を受け、あるいは選択された領域内に光散乱粒子を含むようにモールド成形され得る。成形する場合、大判基板ウエハ金型が用意され、基板材料が液体形態にある間に、スク

10

20

30

40

50

リーン印刷プロセス又はその他のプロセスを用いて、選択領域内に反射粒子が注入され得る。そして、成形された基板が硬化され、成長基板が除去された後のLEDウェハに取り付けられる。例えばレイヤ積層(図9に示す)又は3Dプリント法を用いるなど、基板38を形成するためのその他の手法も想定される。取り付けられた基板は、そして、残りのLED製造プロセスにおいて機械的支持を提供する。その後、LEDウェハが個片化される。

【0017】

反射粒子は、例えば、TiO₂フレーク、又はAgフレークなどの反射金属フレークとし得る。一実施形態において、これらのフレークは0.1 - 10ミクロン幅の範囲内とし得る。これらのフレークは光を散乱することを意図しているため、フレークの反射表面はランダムな角度にあるようにし得る。LEDダイの典型的な幅は1mm程度である。

10

【0018】

図2の例において、散乱領域40A、40B及び40Cは概して、光が生成されないところであるLEDダイの非活性部分の上に形成されている。故に、散乱領域40A - 40Cは、上向きに放射された光を阻止しない。散乱領域40A - 40Cはまた、好ましくは、例えばメタルコンタクト26と28との間又はNメタルコンタクト28の上など、反射性の乏しい表面である領域の上に形成される。コンタクト26と28との間を通る光は、典型的に劣った反射体である下に位置するサブマウント又は印刷回路基板によって上向きに反射されなければならないことになる。好ましくは、P型層16とのコンタクトを取るために使用される高度に反射性の銀コンタクト26の上には、散乱領域は存在しない。

20

【0019】

各散乱領域40A - 40Cの形状は、下に位置する具体的な遮られるべき領域に合わせて調整され得る。それらの形状は、矩形、円形、等々とし得る。各散乱領域40A - 40Cの厚さは、散乱領域40A - 40Cの構造に依存する。例えば、散乱領域40A - 40Cが反射フレークを含有し、且つ、フレークの非常に薄い層のみが、下に位置する領域に光が突き当たることを十分に阻止するために必要な場合には、薄い層のみが必要とされる。この層は10ミクロンほどの薄さとし得るが、典型的にはおおよそ50ミクロン厚になる。

【0020】

一実施形態において、基板38はおおよそ75 - 300ミクロン厚である。故に、基板38の底部近くの散乱領域40A - 40Cは、蛍光体層20から25 - 250ミクロン離れ得る。

30

【0021】

図2及び一部のその他の図において、蛍光体層20はLEDダイの頂部の上のみに示されている。しかしながら、蛍光体層は、全ての実施形態において、基板38及び半導体層の側壁をも覆っていてもよい。

【0022】

図3は、活性層14及び蛍光体粒子22によって生成されて散乱領域に突き当たる様々な光線を例示している。光線46は、活性層14によって生成され、散乱領域42Bによって、入射角でというよりも、様々な方向に散乱され、故に、基板38は非常に劣った導光体(光ガイド)になる(すなわち、光が2、3回のみ反射の後に脱出することになる)。

40

【0023】

光線48は、蛍光体粒子22Aから発せられ、散乱領域40Aによって、光吸収性の領域を避けるように向け直されている。光線50は、蛍光体粒子22Bによって発せられ、Pメタルコンタクト26で反射されている。光線52は、蛍光体粒子22Cによって発せられ、散乱領域42A内の複数の反射表面によって、上向き及び下向きの双方に向け直されている。

【0024】

図4は、LEDダイの吸収性の領域の上に位置した、あるいはLEDダイの非光生成領

50

域の上に位置した、基板 57 の頂部付近に、散乱領域 56A - 56C が形成されてもよいことを例示している。光線 58 が、散乱領域 56A で反射されて、半導体層又は下に位置する層による吸収を回避するとして示されている。

【0025】

図 5 は、図 4 の LED 構造がどのようにして形成され得るかを例示している。LED 半導体層が成長された後、成長基板が除去され、N 型層 12 の頂面に基板 57 が取り付けられる。接着剤として、シリコンの薄い層が使用され得る。この取付けは、真空環境内で熱及び圧力の下で実行され得る。他の例では、基板 57 が軟化されて N 型層 12 に直接的に融合する。N 型層 12 は、光取り出しを高めるため、及び接着を支援するために、先ず粗面化されてもよい。

10

【0026】

一実施形態において、散乱領域 42A、42B 及び 56A - 56C は、基板ウェハが形成されるときに基板内に形作られる。

【0027】

そして、基板 57 の上に蛍光体層 20 が形成される。蛍光体層 20 はまた、基板 57 及び LED 層の側面の上にも形成されてよい。一実施形態において、蛍光体層 20 は、シリコンの薄い層を用いて基板 57 に取り付けられるタイルである。蛍光体層 20 はまた、液体として堆積されて硬化されてもよいし、電気泳動法によって堆積されてもよい。

【0028】

図 6 は、中央の散乱領域 60 と、基板 64 の側壁を形づくる散乱領域 62A 及び 62B とを有する他の一実施形態を例示している。散乱領域 62A 及び 62B は、側壁に沿った連続した散乱領域リングの一部とし得る。散乱領域は、光吸収を低減するための散乱領域の使用にとらわれずに、所望の発光パターンを達成するための場所に位置付けられてもよい。特定の発光パターンを達成することは、例えば放物面ミラー又はプロジェクタによってなどで LED 像が拡大されるときに特に重要である。散乱領域 62A 及び 62B からの散乱が大きい場合、この実施形態は、蛍光体層 20 を通って出て行く光の量を増大させるはずである。これは、デバイスの表面にわたっての色の均一性を向上させる。

20

【0029】

中央散乱領域 60 が排除されてもよく、散乱領域 62A 及び 62B が、LED ダイからの側面放射を制限して正面放射を促進させる。

30

【0030】

図 7 は、バットウィング（コウモリの翼）状の発光パターンを形成するための、別形状の散乱領域 68 を例示している。散乱領域 68 は、所望の発光パターンを提供するよう、上から下に眺めたときに、中央に正方形又は円形を形づくり得る。一実施形態において、散乱領域 68 の直径は約 300 ミクロンである。蛍光体層 70 が、デバイスの側面を覆って下方にサブマウント 72 又は印刷回路基板の表面まで延在するコンフォーマル（共形）層として示されている。基板 73 はまた、その側壁の部分形づくる散乱領域をも有してよい。

【0031】

図 8 は、蛍光体タイル 78 内に形成された側壁散乱領域 76A 及び 76B を例示している。散乱領域 76A 及び 76B は、側壁に沿った連続した散乱領域リングの一部とし得る。図 8 において、透明基板は使用されておらず、また、成長基板は除去されている。蛍光体タイル 78 は、シリコンバインダに蛍光体粉末が注入され、半導体層に取り付けられるのに先立ってそれがプリフォームされたものとし得る。蛍光体ウェハを形成するときに金型内に反射フレークがスクリーン印刷され得る。この蛍光体ウェハを、その後、シリコンの薄い層（< 10 ミクロン）を用いて LED ウェハの頂面に取り付けることができ、得られたウェハが最終的に個片化される。散乱領域 76A 及び 76B は側面放射を制限する。この構造において、蛍光体タイル 78 は基板としての役割も果たす。この構造は特に、自動車ヘッドライト及びプロジェクタに適し得る。

40

【0032】

50

図9は、3D基板がどのようにして形成され得るかを例示しており、ここでは、散乱領域80A-80Cが、例えばスクリーン印刷又は金型を使用することなどによって第1の基板層82の頂面に形成され、続いて、熱及び圧力の下で第2の基板層84へのラミネーションが行われる。第2の基板層84は、その側壁を形づくる更なる散乱領域86A及び86Bを有するように示されている。基板材料の層を積み重ねることによって散乱領域の3Dパターンが形成され得る。斯くして、散乱領域が基板の内部に形成され得る。

【0033】

概して、散乱領域は、発光を整形するために当該散乱領域が使用されるのでない限り、性能にとって有害となる箇所には位置付けられない。シミュレーションを行って、光取り出し効率を最大化するのに最適な領域及び散乱領域形状を決定し得る。典型的に高度に吸収性であり且つ光を生成しない箇所は、LED半導体層のエッジを含む。一実施形態において、散乱領域は、光が生成されないところである半導体層のエッジの上に位置する基板の底部付近の単一のリングとして形成される。

10

【0034】

一部の用途において、光を更に散乱させるため及び/又は光取り出しを向上させるために、基板表面がテクスチャ加工される。本発明は、そのような表面テクスチャ加工と、本発明の実施形態が光を散乱させるために(単に表面上ではなく)基板内に反射粒子又は反射ポイドの何れかを導入する点で異なる。

【0035】

一実施形態において、取り付けられる基板は、例えば光拡散粒子(例えば、 TiO_2)を均一に注入された基板など、元来的に一部の光を散乱させるバルク材料で形成される。本発明の光散乱領域は、基板のバルク材料を変更することによって、特定の領域での散乱を促進させる。

20

【0036】

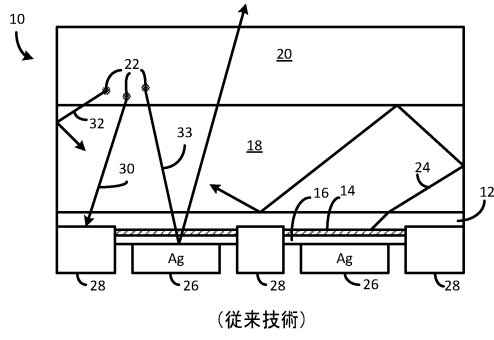
LEDの特定の用途において、当該LEDダイは、他のLEDダイを備えたシステム内、又は反射チャンバ内に置かれる。そのような場合においては、外部で生成された光が当該LEDダイに突き当たる。本発明はまた、外部で光が生成される場合の当該LEDダイによる光吸収を低減するために使用されてもよい。従って、システム効率が向上される。

【0037】

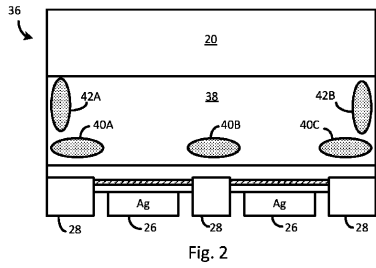
本発明の特定の実施形態を示して説明したが、当業者に明らかなように、より広い観点での本発明を逸脱することなく変形及び変更が為され得るのであり、故に、添付の請求項は、その範囲内に、本発明の真の精神及び範囲に入るような全ての変形及び変更を包含するものである。

30

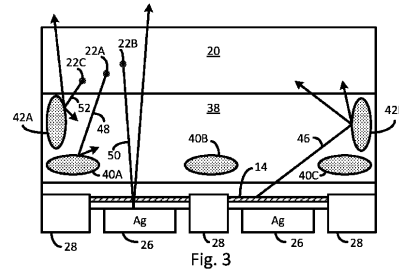
【 図 1 】



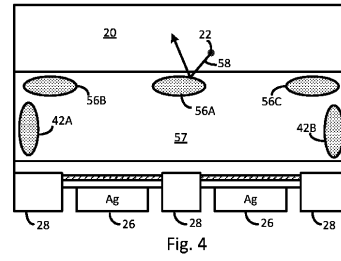
【 図 2 】



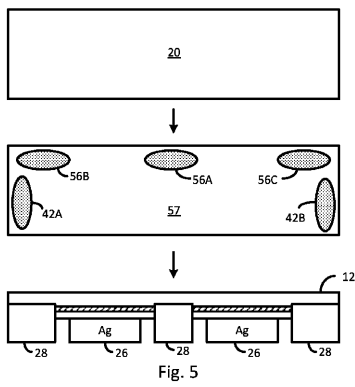
【 図 3 】



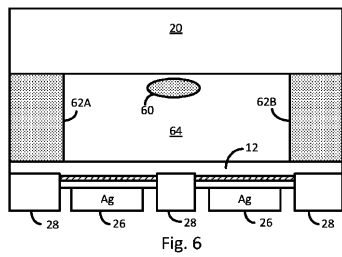
【 図 4 】



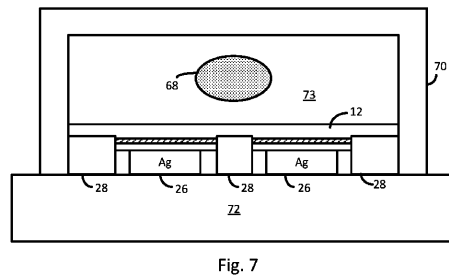
【 図 5 】



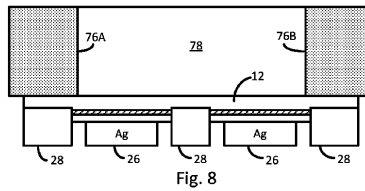
【 図 6 】



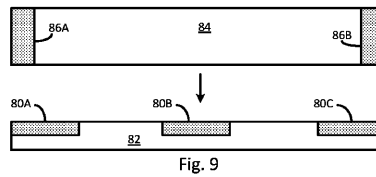
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

(74)代理人 100091214

弁理士 大貫 進介

(72)発明者 ヴァンボーラ, ケネス

オランダ国, 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン, ハイ・テク・キャンパス・ビルディング
5

(72)発明者 ベヒテル, ハンス - ヘルムート

オランダ国, 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン, ハイ・テク・キャンパス・ビルディング
5

審査官 百瀬 正之

(56)参考文献 特開2004 - 128445 (JP, A)

米国特許出願公開第2010 / 0176415 (US, A1)

特表2009 - 540558 (JP, A)

特開2007 - 184411 (JP, A)

特開2008 - 235469 (JP, A)

特開2008 - 270689 (JP, A)

特開2007 - 109793 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 33/00 - 33/64