

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5785499号
(P5785499)

(45) 発行日 平成27年9月30日(2015.9.30)

(24) 登録日 平成27年7月31日(2015.7.31)

(51) Int.Cl. F I
 HO 1 L 33/44 (2010.01) HO 1 L 33/00 3 0 0
 HO 1 L 33/50 (2010.01) HO 1 L 33/00 4 1 0

請求項の数 14 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2011-542135 (P2011-542135)	(73) 特許権者	592054856
(86) (22) 出願日	平成21年12月18日 (2009.12.18)		クリー インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2012-513673 (P2012-513673A)		C R E E I N C .
(43) 公表日	平成24年6月14日 (2012.6.14)		アメリカ合衆国 ノースカロライナ州 2
(86) 国際出願番号	PCT/US2009/006625		7 7 0 3 ダラム シリコン ドライブ
(87) 国際公開番号	W02010/074734		4 6 0 0
(87) 国際公開日	平成22年7月1日 (2010.7.1)	(74) 代理人	110000855
審査請求日	平成23年8月15日 (2011.8.15)		特許業務法人浅村特許事務所
審査番号	不服2013-20365 (P2013-20365/J1)	(72) 発明者	ドノフリオ、マシュー
審査請求日	平成25年10月21日 (2013.10.21)		アメリカ合衆国、2 7 7 0 3 ノースカロ
(31) 優先権主張番号	12/317,528		ライナ州、ダラム、シリコン ドライブ
(32) 優先日	平成20年12月23日 (2008.12.23)		4 6 0 0 クリー インコーポレイテッド
(33) 優先権主張国	米国 (US)		内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ウエハレベルの白色LEDの色補正

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の発光ダイオード(LED)チップ(複数のLEDチップ)を製造する方法であって、

ウエハ上に複数のLEDを準備する段階と、

複数のスペーサのそれぞれが、前記複数のLEDのうちの少なくとも1つの上に配される前記複数のスペーサを形成する段階と、

前記LEDを変換材料でコーティングする段階であって、前記複数のLEDのそれぞれの前記変換材料と前記スペーサとの体積の合計が互いに同一の体積となる、段階と、

を有し、

前記複数のLEDチップのそれぞれが、前記複数のLEDのそれぞれをとおり電気信号に応じて、目標波長に対して特定の標準偏差の範囲内の波長の光を放出するように、前記スペーサのそれぞれの体積は前記複数のLEDのうちの対応するLEDを覆う前記変換材料の量の減少量に相当する、

方法。

【請求項2】

前記複数のLEDのうちの対応するLEDを覆う前記複数のスペーサのそれぞれの体積は、前記複数のLEDのうちの対応するLEDの発光波長と、前記目標波長とに応じて決定される、

請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記複数のスペーサのそれぞれは、前記複数のLEDから放出される光に対して実質的に透明な材料を含む、
請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記標準偏差は、マカダムの標準楕円またはCIE図を用いて算出される、
請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記複数のLEDチップのそれぞれから放出される光は、前記LEDおよび前記変換材料からの発光を含む、
請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 6】

前記複数のLEDチップは、白色光を放出する、
請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記複数のスペーサを形成する段階の前に、前記複数のLEDのうちの少なくとも一部の発光特性を測定する段階と、
それぞれの前記発光特性に基づいて、前記複数のLEDの前記複数のLEDそれぞれの上の前記複数のスペーサの体積を決定する段階と、
をさらに有する、
請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 8】

前記複数のLEDを個片化して、ウエハから、個々のLEDチップまたは複数のLEDチップのグループを作製する段階をさらに有する、
請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記複数のLEDを覆う前記コーティングを平坦化する段階をさらに有する、
請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記複数のスペーサのそれぞれは、均一な層、不均一な層、円錐形状、ピラミッド形状、半球形状および柱状からなる群から選択される形状を有する、
請求項 1 に記載の方法。

30

【請求項 11】

ウエハ上の複数の発光ダイオード(複数のLED)と、
複数のスペーサのそれぞれが、前記複数のLEDのうちの少なくとも1つの上に配される前記複数のスペーサと、
前記複数のLEDおよび前記複数のスペーサを少なくとも部分的に覆う変換材料と、
を備え、
前記変換材料は前記LEDの少なくとも2つの面を覆い、前記複数のLEDのそれぞれの前記変換材料と前記スペーサとの体積の合計が互いに同一の体積となり、前記スペーサのそれぞれの体積は前記複数のLEDのうちの対応するLEDを覆う前記変換材料の量の減少量に相当し、

40

前記複数のLEDから放出された少なくとも一部の光は、前記変換材料を通過して変換され、

前記複数のスペーサを備えることで、LEDチップが前記標準偏差の範囲内の波長を有する光を放出する、

LEDチップウエハ。

【請求項 12】

複数の台座のそれぞれが、前記複数のLEDのひとつと電氣的に接続され、前記変換材料の表面に露出する前記複数の台座をさらに備える、

50

請求項 1 1 に記載の L E D チップウエハ。

【請求項 1 3】

表面に前記複数の L E D がフリップチップ実装されるサブマウントをさらに備える、請求項 1 1 に記載の L E D チップウエハ。

【請求項 1 4】

前記複数のスペーサが、前記複数の L E D から放出される光に対して透明である、請求項 1 1 に記載の L E D チップウエハ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、半導体発光素子 (solid state emitter) の製造方法に関連し、より詳しくは、半導体発光素子のウエハレベル (ウエハ状態) での変換材料被膜方法に関連する。

【背景技術】

【0002】

発光ダイオード (L E D または L E D s) は、電気エネルギーを光に変換する半導体素子 (solid state device) であり、概して、反対のドーピングを行われた層の間に 1 以上の半導体材料活性層を含む。ドーピングされた層にバイアスを印加すると、ホールおよび電子が活性層に注入され、活性層において、ホールおよび電子が再結合して、光が発生する。光は、活性層から放出され、さらに、L E D の全表面から放出される。

20

【0003】

従来の L E D は、活性層から白色光を発生させることができなかった。L E D の周囲に、黄色の蛍光体、ポリマーまたは染料を配することで、青色発光 L E D からの光を白色光に変換していた。典型的な蛍光体としては、セリウムがドープされたイットリウム・アルミニウム・ガーネット (C e : Y A G) が用いられる。(日亜社の白色 L E D の部品番号 N S P W 3 0 0 B S、N S P W 3 1 2 B S 等、クリー (登録商標) 社の E Z B r i g h t ^{T M} L E D s、X T h i n ^{T M} L E D 等、および、ローリー (Lowrey) の米国特許第 5 9 5 9 3 1 6 号明細書「蛍光体 - L E D デバイスの多重封止 (Multiple Encapsulation)」を参照。) 周囲の蛍光材料は、L E D の青色光の波長の幾分かを「ダウンコンバート (down convert)」し、その色を黄色に変える。青色光のかなりの部分が黄色にダウンコンバートされるものの、幾分かは変わらずに蛍光体を通過する。この L E D は、青色光と黄色光の両方を発し、これらが組み合わさって白色光を生じる。別の手法では、紫色または紫外発光 L E D からの光が、その L E D を複数色の蛍光体またはダイで取り囲むことによって、白色光に変換されている。

30

【0004】

L E D を蛍光体層で被覆するための従来方法の 1 つは、エポキシ樹脂またはシリコンポリマーと混合された変換材料 (例えば、蛍光体) を放出して L E D を覆うのに、シリンジまたはノズルを利用する。しかしながら、この方法を用いた場合には、蛍光体の形状 (geometry) および厚さを制御することが難しい場合がある。結果として、被覆の状態が異なる L E D から放出される光は異なったものとなり、異なる角度で放出される光は通過する変換材料の量が異なる。その結果、視野角に応じて色温度が不均一になる。蛍光体の形状および厚さを制御することが難しいので、同一または類似の発光特性を有する L E D を常に再現することも難しい。

40

【0005】

L E D を被覆する別の従来方法は、ローリー (Lowrey) の欧州特許出願公開第 1 1 9 8 0 1 6 号明細書に記載されているような、孔版印刷 (stencil printing) による。多重発光 (Multiple light emitting) 半導体デバイスは、隣接する L E D 同士が適切な間隔となるように、基板上に配される。L E D に合わせた開口を有するステンシルが用意される。孔は、L E D よりわずかに大きく、ステンシルは、L E D より大きい (thick)。L E D のそれぞれが、それぞれに対応するステンシルの開口の中に配されるように、ステンシ

50

ルが基板上で位置決めされる。次に、ステンシルの開口の中に組成物が堆積され、LEDを覆う。典型的な組成物としては、蛍光体を含み、熱または光によって硬化しうるシリコンポリマーが用いられる。孔が充填された後、ステンシルが基板から除去され、ステンシル組成物 (stenciling composition) が固体状態になるまで硬化される。

【0006】

上記のシリンジ法の場合と同様に、ステンシル法を用いて、蛍光体含有ポリマーの形状および層厚さを制御することが難しい場合がある。ステンシル組成物がステンシルの開口を完全には満たしておらず、結果として生じた層が均一ではない場合がありうる。蛍光体含有組成物がステンシルの開口からはなれずに、LED上に残存する組成物の量が減少する場合もありうる。ステンシルの開口が、LEDに正しく位置合わせされない場合もありうる。これらの問題点は、LEDの色温度を不均一にし、同一または類似の発光特性を有するLEDを常に再現することを難しくする。

10

【0007】

スピコーティング、スプレーコーティング、静電沈着 (ESD) および電気泳動析出 (EPD) を含む、様々なLEDの被覆プロセスが考案されてきた。スピコーティング、スプレーコーティングなどのプロセスは、蛍光体の堆積工程中にバインダ材料を利用する。一方、その他のプロセスは、堆積工程の直後にバインダを添加して、蛍光体の粒子/粉を安定させる必要がある。

【0008】

近年、チップレベルでの被覆に代わって、コストおよび製造の複雑さを低減する目的で、ウエハレベルでLEDを被覆することに対する関心が高まっている。ウエハの全面に形成された複数のLEDは、様々な発光特性または発光分散 (color spread) を有する可能性がある。図1は、複数の青色発光LEDが形成されたウエハの発光波長マップ10の一例を示す。発光波長マップ10は、ウエハの全面にわたる波長の変化を示しており、それぞれのウエハは、それぞれに特有の発光マップを有しうる。マップに示されているように、波長の分布は、およそ445から460nmの範囲である。なお、他のウエハが、ウエハの異なる領域に異なる分布を示す場合がある。この分布は、LEDの成長中におけるエピタキシャル材料の変動などの様々な要因に起因しうる。または、成長基板の平坦性 (すなわち、bow) の変動に起因しうる。

20

【0009】

上述の方法の1つを用いて、ウエハを変換材料 (すなわち、蛍光体) で被覆することができる。図2は、被覆後の変換材料の厚さマップ20を示す。いくつかの製造プロセスにおいて、コーティングが、既知の方法により平坦化されてよい。下部のウエハの厚さの変動、平坦化の変動などの様々な要因に起因して、コーティングの厚さは、ウエハの全面にわたって変動する。図示された実施形態においては、ウエハの全体的な厚さの変動 (total thickness variation) はおよそ3 μ mである。ウエハの全面にわたるLEDの発光波長の変動および変換材料の厚さの変動は、ウエハから個片化 (singulate) されたLEDチップの発光波長またはカラーポイントの分散をもたらしうる。この分散は、ウエハの全面にわたる蛍光体の流入変動 (loading variation) または濃度によって悪化しうる。

30

【0010】

人間の目は、発光波長および白色色相の変動に比較的敏感であり、発光波長または色の比較的小さな差でも感知することができる。単一色の光を発するように設計されたパッケージが発する色に知覚できる変動があると、顧客満足度が低下し、LEDパッケージの商業用途への受入れが全体的に低減しかねない。同一または類似の波長の光を発するLEDを提供する目的で、LEDが試験され、色または輝度によって分類されうる。これは当技術分野では一般にビンニング (binning) と呼ばれている。各ピンは、典型的には単一の色および輝度の群からのLEDを含み、典型的にはピンコード (bin code) によって識別される。白色発光LEDは、色度 (色) および光束 (輝度) によって分類することができる。カラーLEDは、主波長 (dominant wavelength) および光束によって分類でき、あるいはロイヤルブルーなどの特定の色の場合は、放射束 (輝度) によって分類することがで

40

50

きる。LEDは、リール状にするなどして出荷することができ、このリールは1つのピンからのLEDを含み、適切なピンコードでラベルが付けされる。

【0011】

図3は、1931 CIE図(1931 CIE Curve)上にプロットされた色度領域マップ30であり、これらの領域のそれぞれは、白色LEDの特定の色度に対応する。これらの領域は、黒体曲線または黒体軌跡(BBL)を取り囲むように示されている。これらの領域はそれぞれ、人間の目に許容可能な範囲内の色度変動を示すように設計されている。例えば、領域WFは、実質的に知覚不能な色度変動を有する特定の領域を示す。そのため、この領域の範囲内で発光するLEDは、一緒にピンングされる。

【0012】

図4は、変換材料による被覆後における、青色発光LEDを有するウエハのサンプルバッチに関する発光特性分布の一例を示す。領域記号は、図3中に示されているように、マップの異なる色度領域に対応する。被覆されたLEDの大部分は、WC、WD、WGおよびWHの領域の光を発し、残りのLEDは、その他の領域の光を発する。マップ領域の外側の領域の光を発する場合もある。発光特性の変動は、LEDウエハの全面にわたる発光波長の変動および蛍光体の厚み変動に起因する。発光変動により、個々のLEDに対して複数の異なるピンが必要になるであろう。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

このピンング工程は、通常、デバイスのテストおよび様々な発光特性による選別、ならびに、この工程に伴うデータおよびレコードに関する間接費によって、LEDの製造コストを増加させる。製造するLEDのピンの数が増えれば増えるほど、ピンング工程に関する追加費用も増加する。このことは、回りまわって、LEDの最終コストの増加をもたらす。

【0014】

ウエハの全面にわたって、被覆されたLEDが、目標とするカラーポイントまたは波長に近い光を発すれば、このピンング工程を軽減させることができる。LEDの目標発光(target emission)を測定する方法の1つは、目標とするカラーポイントまたは波長からの標準偏差によるものであり、一例として、図3に示されたCIE色領域マップ上のマカダムの偏差楕円(MacAdam Ellipses)による偏差がある。これらの楕円は、当技術分野では一般に知られており、目標光との差が知覚されない範囲でその目標からどの程度外れることができるかの境界を確立するように画定される。マカダムの偏差楕円は、「ステップ」または「標準偏差」を有するとして説明される。例えば、目標の周辺に描かれた「1ステップ」楕円の境界線上の点は、全て、目標からの1標準偏差(one standard deviation)を表す。従来の照明器具(白熱灯または蛍光灯)に関する規定の公差(specified tolerance)は、マカダムの偏差楕円で4ステップ以内である。LEDが、一般的な照明設備の消費者に、より一般的に受け入れられるためには、一般に認められた規定の公差の範囲内(例えば、マカダムの偏差楕円で4ステップ以内)の発光特性を有するLEDが提供される必要がある。現在の製造工程のいくつかに関して、マカダムの偏差楕円で4ステップ

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明は、ウエハレベルのLEDチップなどの半導体デバイス(semiconductor device)の新たな製造方法と、当該方法を用いて製造されたLED、LEDチップおよびLEDチップウエハとを開示する。本発明に係る、複数のLEDチップを製造する方法の一実施形態は、複数のLEDを準備する段階と、それぞれが少なくとも1つのLEDの上に配される、複数のスペーサを形成する段階とを有する。次に、LEDが変換材料で被覆される。このとき、複数のスペーサのそれぞれは、複数のLEDのうちのそれぞれのスペーサに対応するLEDを覆う変換材料の量を減少させる。複数のLEDチップは、電気信号に応

10

20

30

40

50

じて、目標波長の特定の標準偏差 (a standard deviation) 内の波長の光を放出する。

【 0 0 1 6 】

本発明に係る、LEDチップウエハの一実施形態は、ウエハ上の複数のLEDと、それぞれが、複数のLEDのうちのそれぞれに対応するLEDの上に配される複数のスペーサとを備える。少なくともいくつかの光が変換材料を通過して変換されるように、変換材料が、LEDおよびスペーサを少なくとも部分的に覆う。スペーサがあることで、LEDチップは、特定の標準偏差内の波長の光を放出することができる。スペーサを有しない類似のLEDチップと比較すると、当該類似のLEDチップの少なくともいくつかは、特定の標準偏差の範囲外の波長の光を放出する。

【 0 0 1 7 】

本発明に係る、発光ダイオード (LED) チップの一実施形態は、LEDと、LED上のスペーサとを備える。スペーサ上および少なくとも部分的にLEDを覆う蛍光体コーティングが含まれる。これにより、LEDによって放出された光の少なくともいくつかは蛍光体によって変換される。スペーサは、LEDからの光にとって透明であり、スペーサの容積は、スペーサがなければ変換材料によって占められていたであろう空間を使用する (consume)。これにより、LEDを覆う蛍光体コーティングの量が減少し、その結果、LEDチップは、目的とする波長の光を放出する。

【 0 0 1 8 】

本発明に係る、LEDパッケージの一実施例は、電極 (contact) と、スペーサを含むLEDを有するLEDチップを備える。スペーサは、LEDからの光にとって透明である。LEDおよびスペーサを少なくとも部分的に覆う変換コーティングが含まれる。このとき、スペーサの容積は、LEDを覆う蛍光体コーティングの量を減少させ、その結果、LEDチップは、目的とする波長の光を放出する。電極と電気的に結合され、パッケージリード (package lead) が含まれる。LEDチップおよび電気接続を取り囲む封止材 (encapsulation) が含まれる。

【 0 0 1 9 】

これらの態様、その他の態様 (aspect) および発明の効果は、以下の詳細な説明、および、発明の特徴 (feature) の一例として示される添付図面により明らかになるであろう。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 0 】

【 図 1 】 複数の青色発光LEDを有するLEDウエハの全面にわたる発光波長マップの一実施形態を示す。

【 図 2 】 LEDの全面にわたる変換材料の厚さマップの一実施形態を示す。

【 図 3 】 1 9 3 1 C I E 図上にプロットされた色度領域マップの一実施形態を示す。

【 図 4 】 変換材料を機械加工する前のLEDウエハ上の複数のLEDに関する発光特性分布を示すグラフの一例である。

【 図 5 】 本発明に係る、LEDチップを製造する方法の一実施形態に関するフロー図の一例である。

【 図 6 a 】 本発明に係る、製造されたLEDチップウエハの一実施形態の断面図の一例である。

【 図 6 b 】 後続の (subsequent) 製造工程における、図 6 a に示されたLEDチップウエハの断面図の一例である。

【 図 6 c 】 後続の製造工程における、図 6 b に示されたLEDチップウエハの断面図の一例である。

【 図 6 d 】 後続の製造工程における、図 6 c に示されたLEDチップウエハの断面図の一例である。

【 図 6 e 】 図 6 d に示されたLEDチップウエハから個片化されたLEDチップの断面図の一例である。

【 図 7 a 】 本発明に係る、製造されたLEDチップウエハの一実施形態の断面図の一例で

10

20

30

40

50

ある。

【図 7 b】後続の製造工程における、図 7 a に示された L E D チップウエハの断面図の一例である。

【図 7 c】後続の製造工程における、図 7 b に示された L E D チップウエハの断面図の一例である。

【図 7 d】図 7 c に示された L E D チップウエハから個片化された L E D チップの断面図の一例である。

【図 8】本発明に係る、製造された L E D チップウエハの別の実施形態の断面図の一例である。

【図 9】不均一なスペーサを有する本発明に係る、製造された L E D チップウエハの別の実施形態の断面図の一例である。

【図 1 0】ピラミッド形状のスペーサを有する本発明に係る、製造された L E D チップウエハの別の実施形態の断面図の一例である。

【図 1 1】半球状のスペーサを有する本発明に係る、製造された L E D チップウエハの別の実施形態の断面図の一例である。

【図 1 2】柱状のスペーサを有する本発明に係る、製造された L E D チップウエハの別の実施形態の断面図の一例である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 1 】

本発明は、発光素子を覆う変換材料の量を変えることで半導体発光素子の発光特性を制御する方法に関する。本発明は、また、上記方法を用いて製造された発光素子に関する。本発明は、複数の L E D をウエハレベル（ウエハ状態）で製造する方法に特に適用される製造方法を提供する。当該方法は、ウエハレベルで特定の L E D を覆う変換材料を修正して、ウエハの全面にわたって L E D チップの発光特性の変動を低減または撲滅する。本発明に係る方法は、個々の L E D またはウエハから個片化された L E D のグループの発光特性を変化させるのにも使用することができる。

【 0 0 2 2 】

一実施形態において、ウエハは、主発光波長（dominant emission wavelength）を有する複数の L E D を備えてよい。主発光波長は、特定の範囲内に収まる。上述のとおり、L E D の成長中におけるエピタキシャル材料の変動、成長基板の平坦性の変動などの要因に起因して、ウエハの全面にわたる複数の L E D は、異なる波長で発光してうる。ウエハが均一な変換材料層に覆われる場合、ウエハから個片化されて得られた L E D チップもまた、異なる波長または色で発光する。変換材料層が付加される前に、複数の L E D のうちの特定の L E D（複数可）を覆うスペーサを選択的に付加することによって、このような L E D チップの色の変動と、その結果生じるピニングの必要性を、ウエハレベルで低減または撲滅することができる。スペーサは、L E D または複数の L E D の発光波長に応じて、異なる厚みまたは体積を有してよい。次に、均一な変換層が付加されたとき、スペーサを有するこれらの L E D または L E D のグループ、スペーサの体積に相当する分だけ体積が減少した変換材料を有する。このように変換材料の体積が減少することで、変換材料による光の変換量が少ない L E D チップが得られ、L E D によって放出される異なる波長の光を補う（compensate）。これにより、ウエハの全面にわたって、目標とする発光波長により近い光を放出する L E D チップが得られる。

【 0 0 2 3 】

本発明は、他の L E D チップを製造する場合にも使用することもできるが、特に、白色発光 L E D チップの製造に好適に使用される。そのような一実施形態において、ウエハは、主発光波長（例えば、およそ 4 4 0 から 4 8 0 n m の間の波長）を有する複数の青色発光 L E D を含んでよい。ウエハの全面にわたって L E D の発光波長の配置を示すマップが作成され、L E D または L E D の領域の上に、スペーサが堆積されてよい。このとき、発光波長に応じて、L E D を覆うスペーサの体積が異なってよい。次に、ウエハが、セリウムがドーブされた Y A G を含むバインダのような変換材料層で覆われてよい。いくつかの

10

20

30

40

50

実施形態において、次に、変換層が平坦化されてよい。ウエハから個片化されたLEDは、CIE図上の特定の色度範囲またはマカダムの偏差楕円において特定の標準偏差以内というように、目標とする発光波長に近い白色光を放出する。

【0024】

以下に記載されるように、本発明に係るスペーサは、多くの様々な材料を含んでよく、多くの様々な形状でLEDを覆ってよい。スペーサはまた、多くの様々な方法を用いて、LEDまたはLEDのグループに付加されてよい。LEDの発光波長の変動が、同一または類似の発光波長を有する多重LED (multiple LED) の領域に分離されうるウエハにおいて、スペーサの化合物は、当該領域中のLEDのグループの上に、同一の厚さで付加されてよい。

10

【0025】

本明細書において、本発明は、特定の実施形態を参照して開示される。しかし、本発明は多くの様々な態様で具体化されることができる。また、本発明が、本明細書に開示される実施形態に限定されるかのように解釈されるべきではない。特に、以下において、本発明は、光を下方変換する (down-converter) コーティングを用いてLEDを被覆することに関して説明される。当該コーティングは、典型的には、バインダと混合された蛍光体 (蛍光体/バインダ・コーティング) を含む。しかし、本発明は、下方変換、保護、光取出し (light extraction) または散乱 (scattering) の目的で、その他の材料を用いてLEDを被覆する場合にも利用できることが理解されよう。蛍光体バインダに、散乱粒子もしくは散乱物質または光取出し粒子もしくは光取出し物質が含まれてよいことも理解されよう。コーティングが、電氣的に活性 (electrically active) であってもよいことも理解されよう。また、様々な物質を含むその他の半導体デバイスの被覆にも、本発明に係る方法を利用することができる。さらに、単一または複数のコーティングおよび/または層が、LED上に形成されてよい。コーティングは、蛍光体を含まなくてもよく、1以上の蛍光体、散乱粒子および/またはその他の物質を含んでもよい。コーティングは、有機色素 (organic dye) のような、光を下方変換することができる物質を含んでもよい。With 複数のコーティングおよび/または層を有する場合、それぞれが、他の層および/またはコーティングとは違う、蛍光体、散乱粒子、光学特性 (例えば、透明性、屈折率など) および/または物理特性を有してよい。

20

【0026】

層、領域または基板のような要素が他の要素の「上 (on)」に存在するという場合には、当該要素が、他の要素の上に直接配されてもよく、または、介在要素が存在してもよいことが理解されよう。さらに、本明細書において、「内側」、「外側」、「上部」、「上方」、「下側」、「下部」、「下方」およびこれらの類義語のような相対的な用語が、ある層または別の領域の関係を説明するのに用いられる。これらの用語は、図面に描かれた方向に加えて、デバイスの様々な方向 (orientation) をも本発明の範囲に含めることを目的としていることが理解されよう。

30

【0027】

本明細書において、第1、第2といった用語を用いて、要素 (element)、構成要素 (component)、領域、層および/または部分 (section) について説明する場合がある。しかし、これらの要素、構成要素、領域、層および/または部分は、上記の用語によって限定されるべきではない。これらの用語は、単に、特定の要素、構成要素、領域、層または部分を、別の領域、層または部分と区別するためだけに用いられる。以下の説明における、第1の要素、構成要素、領域、層または部分も、本発明の教示から逸脱しない範囲で、第2の要素、構成要素、領域、層または部分と呼ばれてもよい。

40

【0028】

本明細書において、本発明の実施形態は、本発明の実施形態の一例を概略的に説明する断面図を参照して説明される。そのため、例えば、製造技術および/または製造公差の結果として、実際の層の厚さとは異なる場合がありうる。また、図面の形状との差異が発生しうる。本発明の実施形態は、本明細書で説明された特定の領域の形状に限定されるかの

50

ように解釈されるべきではない。そうではなく、例えば製造工程に由来する形状の誤差が予定されている。正方形または長方形として説明または記載されている領域は、通常の製造公差 (manufacturing tolerance) に起因して、通常、曲線的な (rounded) または湾曲した (curved) 特徴 (feature) を有する。図面に示されている領域は、本来、略図であって、それらの形状は、特定のデバイスの特定の領域の正確な形状を示すことを目的とするものではない。さらに、それらの形状は、本発明の範囲を限定することを目的とするものでもない。

【0029】

図5は、本発明に係る、LEDチップを製造する方法40の一実施形態を示す。複数のステップが、特定の順番で示されているけれども、これらのステップは、異なる順番で実施されてもよく、異なるステップが用いられてもよいことが理解されよう。本方法は、LEDの製造を参照して説明される。しかし、本方法は、その他の半導体発光素子およびその他の半導体デバイスの製造に使用されてもよいことが理解されよう。一実施形態において、方法40が、変換材料によって被覆されたLEDを備える白色発光LEDチップの製造に用いられる。

10

【0030】

42において、成長ウエハまたは基板上にLEDが作製される。LEDは、様々な方法で配置された多くの様々な半導体層を有してよい。LEDの製造および動作は、本技術分野において一般的に知られている。そこで、本明細書では、ごく簡単にだけ説明する。LEDを構成する層は、既知のプロセスを用いて製造されてよい。上記プロセスは、好適には、有機金属気相成長法 (MOCVD) を用いた製造工程であってよい。LEDを構成する層には、通常、第1および第2の逆タイプ不純物エピタキシャル層 (oppositely doped epitaxial layer) の間に挟まれた活性層/領域が含まれる。それらの全ては、成長ウエハまたは基板 (「ウエハ」と称する場合がある。) 上に、引き続いて (successively) 形成される。LEDの層は、当初は、基板の全面にわたる連続的な層として形成されてよい。その後、層が、個々のLEDに分割または分離されてよい。このような分離は、活性領域および不純物層 (doped layer) の一部を、ウエハまでエッチングして、LED同士の間で開口 (open area) を形成することで達成されてもよい。その他の実施形態において、活性層および不純物層が、ウエハ上に連続層として残されてよく、LEDチップが個片化 (singulate) されるときに個々のデバイスに分離されてもよい。

20

30

【0031】

複数のLEDのそれぞれに、光取出し層および要素はもちろん、バッファ層、核形成層、電極層、電流拡散層を含む付加的な層および要素が含まれてもよい。なお、付加的な層および要素は、これらに限定されるものではない。活性領域は、単一量子井戸 (SQW)、多重量子井戸 (MQW)、ダブルヘテロ接合または超格子構造を含んでよい。本技術分野において知られているように、逆タイプ不純物層は、一般にn型不純物層およびp型不純物層と呼ばれる。

【0032】

LEDは、様々な材料系から製造されてよい。材料系は、好ましくは、III族窒化物を利用した材料系 (Group-III nitride based material system) であってよい。III族窒化物は、窒素および周期律表のIII族に含まれる元素との間で形成される半導体化合物である。III族に含まれる元素としては、通常、アルミニウム (Al)、ガリウム (Ga) およびインジウム (In) が用いられる。この用語は、窒化アルミニウムガリウム (AlGaIn)、窒化アルミニウムインジウムガリウム (AlInGaIn) などの三元化合物および四元化合物を表す場合がある。好ましい実施形態において、n型層およびp型層は窒化ガリウム (GaN) であり、活性領域はInGaNである。別の実施形態において、n型層およびp型層は、AlGaIn、砒化アルミニウムガリウム (AlGaAs) または砒化リン化アルミニウムガリウムインジウム (AlGaInAsP) であってよい。

40

【0033】

ウエハは、多くの材料 (例えば、サファイア、炭化ケイ素、窒化アルミニウム (AlN

50

)、GaN)で作られてよい。3C、6Hおよび15Rポリタイプを含むその他の炭化ケイ素ポリタイプもまた使用することができるけれども、好適には、4H-炭化ケイ素ポリタイプ(4H-SiC)のウエハが使用される。炭化ケイ素には、いくつかの利点がある。例えば、サファイアよりも、結晶格子がIII族窒化物と整合しやすく、より高品質のIII族窒化物膜が得られる。また、炭化ケイ素は、熱伝導率が非常に高く、その結果、炭化ケイ素上のIII族窒化物デバイスの全体的な出力電力は、(サファイア上にいくつかのデバイスが形成されている場合のように、)ウエハの熱散逸による制限を受けない。SiCウエハは、ノースキャロライナ州のダラムにあるクリー研究所から入手することができる。また、SiCウエハを製造する方法は、科学文献のほかに、米国再発行特許発明第34,861号明細書、米国特許第4,946,547号明細書および米国特許第5,200,022号明細書にも開示されている。

10

【0034】

また、複数のLEDのそれぞれは、第1および第2の電極を有してよい。LEDは、基板上に形成された第1の電極と、LEDの最上層(典型的には、p型層である。)の上に形成された第2の電極とを含む垂直型構造(vertical geometry)を有してよい。第1および第2の電極は、金(Au)、銅(Cu)、ニッケル(Ni)、インジウム(In)、アルミニウム(Al)、銀(Ag)またはそれらの組み合わせなどの、多くの様々な材料を含んでよい。さらに他の実施形態において、電極は、伝導性酸化物または透明導電酸化物を含んでよい。例えば、インジウム・スズ酸化物、酸化ニッケル、酸化亜鉛、カドミウム・スズ酸化物、タングステン・ニッケル・チタン合金(titanium tungsten nickel)、酸化インジウム、酸化スズ、酸化マグネシウム、 $ZnGa_2O_4$ 、 ZnO_2/Sb 、 Ga_2O_3/Sn 、 $AgInO_2/Sn$ 、 In_2O_3/Zn 、 $CuAlO_2$ 、 $LaCuOS$ 、 $CuGaO_2$ および $SrCu_2O_2$ 含んでよい。使用される材料の選択は、電極の配置および目的とする電気的特性(例えば、透明性、接合抵抗、シート抵抗)による。III族窒化物デバイスの場合には、通常、薄い半透明の電流拡散層が、p型層の全体またはいくらかを覆ってよいことが知られている。第2の電極がそのような層を含んでよいことが理解されよう。当該層は、他の材料を用いることもできるが、典型的にはプラチナ(Pt)などの金属、または、インジウム・スズ酸化物(ITO)などの透明な導電性酸化物の層である。

20

【0035】

本発明は、両方の電極がLEDの上層の上に形成される横型構造(lateral geometry)を有するLEDに使用されてもよいことが理解されよう。また、本発明は、LEDの光を反射するように配置されたミラーを有するサブマウントに実装することができるフリップチップ型のLEDチップに使用されてもよい。LEDは、付加的な電流拡散構造またはグリッドなどの様々な構造を有してよい。

30

【0036】

一実施形態において、複数のLEDのそれぞれは、1以上の台座をさらに備えてよい。1以上の台座のそれぞれは、LEDを蛍光体コーティング処理した後、それぞれに対応するLEDの電極の1つと電氣的に結合されてよい。本実施形態は、以下および白色チップの特許出願である米国特許出願第11/656,759号および米国特許出願第11/899,790号において、より詳細に説明される。上記の2つの特許出願は、ともに「ウエハレベルでの蛍光体コーティング方法および当該方法により製造されるデバイス」という名称であり、それらの開示は、本明細書に完全に記載されているのと同様に、参照により本明細書に組み込まれる。

40

【0037】

ウエハレベルでのLEDの製造に続いて、44において、LEDの様々な特性が測定されてよい。例えば、動作電圧、リーク電流、ピーク発光波長および主発光波長、ならびに、強度(intensity)が測定されてよい。本発明の目的上、特に興味のある特性は発光波長であり、2番目は、発光強度(emission intensity)である。様々な測定手法が用いられてよく、一実施形態においては、複数のLEDのそれぞれに電気信号を与えてそれぞれ

50

のLEDから光を放出させ、出力発光特性を測定することで、複数のLEDがプロービングされてもよい。別のプロービング手順においては、ウエハ上のLEDが全体的に駆動され、複数のLEDの出力が測定されてもよい。異なる領域またはグループの複数のLEDが駆動され、それらの出力が測定されてもよい。または、それぞれのLEDが個別に駆動され、その出力が測定されてもよい。このプロービング工程において、欠陥のあるLEDを特定して、当該欠陥のあるLEDについては、さらなる処理が実施されないようにしてもよい。これにより、全体の処理時間およびウエハに関するコストを低減させることができる。

【0038】

また、ウエハの可視欠陥を視覚的に検査して、製造物の中から、物理的欠陥のあるLEDを識別してよい。物理的欠陥のあるLEDは、結果として正常に機能しないであろう。不良LEDのマップが作成され、さらなるプロービング工程および微細加工工程において、不良LEDが処理対象から除外されてもよい。不良LEDを処理対象から除外することで、LEDウエハの処理に関する時間とコストとを低減させることができる。

10

【0039】

方法40は、オプションで、視覚検査工程およびプロービング工程の結果に基づいてマップを作成するステップ46を含んでよい。マップは、様々な特性を示してよい。例えば、ウエハの全面にわたって、複数のLEDの発光波長を示してよい。ウエハの全面にわたって、複数のLEDのうち、許容範囲内とわかっている欠陥を含む(known good defective)LEDを表してもよい。例えば、複数の青色発光LEDを含むウエハは、およそ450から460nmの発光波長変動を経験してよい。なお、本発明に係る方法の異なる実施形態は、ウエハレベルのLEDの視覚および/または発光特性マップを作成することなく完了してもよい。

20

【0040】

上述の通り、既存の従来の照明技術とより効果的に競争するには、選択されたピンの範囲内またはマカダムの偏差楕円における特定の標準偏差の範囲内(例えば、マカダムの偏差楕円において4ステップ以内)といった、カラーポイントまたは波長の安定性および再現性を備えた白色LED技術が必要となる。ウエハの全面にわたって、カラーポイントまたは波長の広がり(spread)をより狭くすべく、本発明に係るウエハまたはLEDにおいては、結果的に得られる蛍光体で被覆されたLEDチップ(phosphor coated LED chip)が、上記の標準偏差の範囲内の光を放出するように、LEDを覆って堆積される変換材料の量が調整される。異なる波長を放出する複数のLEDに関しては、LED同士が調和の取れた光を放出するように、LEDを覆う変換材料の量が調整されてよい。このことを可能にする本発明に係る方法の1つは、LEDを覆う変換材料の量を目的の量まで減少させることである。

30

【0041】

48において、ウエハ上の複数のLEDのうち、選択された複数のLEDに、スペーサが付加される。スペーサは、異なるLEDまたは複数のLEDのグループの上方では、異なる厚さまたは体積を有してよい。スペーサの厚さまたは体積を決定する要因としては、様々な要因が考えられる。主要な要因としては、LEDまたは複数のLEDのグループの発光波長、最終製品であるLEDチップにおいて定められた目標発光、LEDを覆う変換材料の厚さ、変換材料中における変換粒子の濃度などが挙げられる。適切なソフトウェアを有するコンピュータなどの様々な計算手段を用いて、様々なLEDを覆うスペーサの体積を計算することができる。スペーサの厚さまたは体積は、特定のLEDまたは複数のLEDのグループを覆う変換材料の体積の目標減少量に相当する。変換材料の体積が減少することで、変換材料によって変換されるであろうLEDの光が少なくなり、それにより、最終製品であるLEDチップが目的とする発光を発するようになる。すなわち、LEDの上方のスペーサの体積が増加するにつれ、LEDからの光が衝突または通過する変換材料が少なくなる。特定のLEDまたは複数のLEDのグループの発光波長のために、変換材料を少なくすることが要求される場合には、スペーサの厚さまたは体積を増加させればよ

40

50

い。

【0042】

スペーサは、多くの様々な材料を含んでよい。このとき、スペーサは、以下に説明されるコーティング工程（被覆工程）の間、LEDまたは複数のLEDのグループの上方の空間の体積を消費することができ、LEDからの光を少なくとも部分的に透過させることが好ましい。多くの実施形態において、スペーサは、LEDからの光の特定の波長に対して透明な材料を含み、LEDの光を吸収しないか、または、わずかな量（nominal amount）の光を吸収する。いくつかの実施形態において、スペーサは、液体状態でLEDウエハに付加された後、熱硬化、紫外線（UV）硬化、赤外線（IR）硬化または空気中での硬化により、硬化しうる材料を含んでもよい。好適には、スペーサ層に用いられる材料は、透明なシリコンまたはエポキシ樹脂を含んでよい。後に続く変換材料被覆工程の間、LEDを覆って形状を維持することができる多くの様々な材料がスペーサ層に用いられてよく、それらは、固体でも、液体でも、気体でもよいことが理解されよう。

10

【0043】

ウエハ上にスペーサを堆積させるには、多くの様々な方法が用いられてよい。例えば、複数のLEDまたは複数のLEDのグループのそれぞれを覆う適切な量のスペーサ材料を散布する（dispense）ようプログラムされうる、カートリッジ散布システム（cartridge dispense system）またはシリンジ散布システム（cartridge dispense system）が用いられてよい。上述のとおり、スペーサ材料の量は、主として、最終製品であるLEDチップにおいて目的とする発光波長と、ウエハ中のLEDにおける発光波長とによって決定される。散布方法の別の方法においては、ナノ・リットルの分解能（nano-liter resolution）で液体のスペーサ材料が散布されてよい。このとき、結果として得られる特定のスペーサ層は、1～数ミクロンの厚さである。なお、他のスペーサ層は、これより薄くても厚くてもよいことが理解されよう。

20

【0044】

上述のスペーサ形成方法は、スペーサを目的とする特定の位置に堆積または形成する段階と、スペーサを目的とする厚さに形成する段階とを含む。その他のスペーサ形成方法において、ウエハのいたるところに、化学的または機械的な方法を用いて、目的とする場所のスペーサ材料が薄くされたり、必要でない領域のスペーサ材料が除去されたりしたスペーサ材料が含まれてよい。さらに他の実施形態において、光パターンニング可能なシリコン（photo patternable silicone）またはUV硬化型の透明エポキシ樹脂が、スプレーまたはスピコートによってウエハ上に塗布され、次に、ウエハ上でエポキシ樹脂が残存すべき領域に、局所的にUVが露光される（UV exposed）。この局所的なUV露光は、UVレーザーを用いて実施されてよく、特定のスポットを間欠的にラスタリングすることにより、または、UVレーザーをブロックしたり、ブロック解除したりするシャッターを用いることにより、スペーサ層が残存すべき領域にのみ、UV露光が施される。標準的なリソグラフィ工程と同様に、スペーサ材料の露光されていない部分が、湿式化学法を用いて、溶解または除去（develop out）されてよい。または、アパチャー（aperture）を有するマスクとともにUVランプを用いて、ウエハおよびスペーサ材料のフラッド露光処理（flood exposure）が実施されてもよい。いくつかの実施形態においては、異なるウエハに対して、異なるマスクが必要になる場合がある。この工程に続いて、未露光部分が除去（develop away）されてもよい。

30

40

【0045】

以下でさらに説明されるように、スペーサが個々のLEDまたは複数のLEDのグループを覆う形状は様々であってよい。スペーサは、一実施形態において、複数のLEDは、実質的に均一な層を含んでもよく、他の実施形態において、不均一な層を含んでもよい。さらに、他の実施形態において、スペーサは、半球状またはピラミッド形状などの様々な形状を有してよく、または、少なくとも一部のLEDを覆う1以上の円筒形状または多角柱（multi-sided column）形状を有してもよい。これらは、スペーサの形状として採用しうる形状のほんのいくつかに過ぎない。スペーサは、目的とする体積（desired volume）

50

を有してよく、LEDを覆う変換材料を目的とする量だけ減少させる。

【0046】

50において、変換材料によりウエハが被覆される。一実施形態において、変換材料は、複数のLEDのそれぞれを覆う蛍光体/バインダ・コーティングを含んでよい。蛍光体/バインダ・コーティングは、既知の様々なプロセスを用いて付加されてよい。例えば、散布法、電気泳動析出法、静電沈着法、印刷法、インクジェット印刷法またはスクリーン印刷法などが用いられる。他の実施形態において、上記のコーティングは、別々に製造された成形品(preform)として提供されてよい。上記の成形品は、LEDを覆って結合または実装される。

【0047】

一実施形態において、スピコーティング法を用いて、蛍光体が、蛍光体/バインダの混合物として、ウエハの上に堆積される。スピコーティング法は、本技術分野において既知であり、一般的に、目的とする量のバインダおよび蛍光体の混合物を、ウエハの中央に堆積させる段階と、基板を高速で回転させる段階とを有する。混合物は、遠心加速度によりウエハの端まで広がり、最終的には、ウエハ上に蛍光体/バインダ混合物の層を残してウエハから離れる。最終的な層厚およびその他の特性は、混合物の特質(例えば、粘度、乾燥速度、蛍光体の含有率、表面張力など)、および、回転工程で選択されたパラメータに依存する。大型のウエハにとって、基板を高速で回転させる前に、蛍光体/バインダ混合物を基板の上に散布することは有益かもしれない。

【0048】

他の実施形態において、既知の電気泳動析出方法を用いて、ウエハ上に蛍光体が析出されてもよい。液体中に懸濁した蛍光体粒子を含む溶液中に、ウエハおよびLEDが曝される。溶液とLEDとの間に電気信号が付加され、電場が生成される。これにより、蛍光体粒子がLEDに向かって移動し、LED上に堆積(析出)する。通常、この工程により、LEDに覆いかぶさった粉末上の蛍光体が残される。その後、蛍光体の上にバインダが堆積されてよい。これにより、蛍光体粒子がバインダの中に浸透して、コーティング(被膜)が形成される。バインダ・コーティングは、多くの既知の方法を用いて付加されてよい。一実施形態において、バインダ・コーティングは、スピコーティング法を用いて付加されてよい。

【0049】

次に、蛍光体/バインダ・コーティングが硬化されてよい。使用されるバインダの種類などの様々な要因に応じて、多くの様々な硬化方法が用いられてよい。これらに限定されるものではないが、熱硬化、紫外線(UV)硬化、赤外線(IR)硬化または空気中での硬化などの様々な硬化方法が用いられてよい。バインダとして、様々な材料が用いられてよい。バインダは硬化後に強固になり、可視光の波長領域において実質的に透明であることが好ましい。好適な材料としては、シリコン、エポキシ、ガラス、無機ガラス、スピオンガラス、誘電体、BCB、ポリイミド、ポリマーおよびそれらの混成物が挙げられる。高い透明性および高出力LEDにおける信頼性のために、好適にはシリコンが用いられる。フェニル基およびメチル基を利用した好適なシリコンが、ダウ(登録商標)から販売されている。他の実施形態において、バインダ材料は凹凸が付けられてよい(textured)。または、バインダ材料は、例えば、チップ(半導体材料)および成長基板などの特徴(feature)と、反射係数が整合するように設計されてよい。これにより、全反射(TIR)を抑制して、光取出し効率を改善することができる。同様に、LEDの表面に凹凸が付けられて、光取出し効率が改善されてよい。

【0050】

好ましくは、コーティングは、1以上の光変換材料を含む。光変換材料は、LEDからの光を吸収して、異なる波長の光を再放出する。例えば、光を下方変換して、より長い波長の光を再放出する。多くの様々な変換材料が用いられてよく、好適には、蛍光体を用いられる。最終的なLEDチップに含まれる蛍光体によって吸収されるLEDの光の量は、様々な要因により決定される。上記の要因はこれに限定されるものではないが、蛍光体粒

10

20

30

40

50

子の大きさ、充填している蛍光体の割合、バインダ材料の種類、蛍光体の種類と放出光の波長との整合効率 (efficiency of the match) および蛍光体 / バインダ層の厚さなどが挙げられる。これらの様々な要因が制御されて、本発明に係る LED チップの発光波長が調整される。

【0051】

本発明に係るコーティングには、多くの様々な蛍光体を用いられる。特に、本発明は、白色光を放出する LED チップに適用される。本発明に係る一実施形態において、LED が青色の波長領域の光を放出して、蛍光体が青色光をいくらか吸収して、黄色光を再放出する。LED チップは、青色光と黄色光が合成された白色光を放出する。一実施形態において、蛍光体は、市販の YAG : Ce を含む。なお、 $Y_3Al_5O_{12} : Ce$ (YAG) のような $(Gd, Y)_3(Al, Ga)_5O_{12} : Ce$ 系材料をベースとした蛍光体で作られた変換粒子を用いて、黄色のスペクトルの全範囲にわたるブロードな発光が可能である。白色発光 LED チップには、 $Tb_{3-x}RE_xO_{12} : Ce$ (TAG) (ここで、RE は、Y、Gd、La または Lu である。)、または、 $Sr_{2-x-y}Ba_xCa_ySiO_4 : Eu$ を含むその他の黄色蛍光体を用いられてよい。

10

【0052】

色相の異なる白 (温白色) のような、CRI の大きな白については、第 1 および第 2 の蛍光体である上述の黄色蛍光体と赤色蛍光体とを組み合わせるとよい。 $Sr_xCa_{1-x}S : Eu$, Y (Y はハロゲン化物)、 $CaSiAlN_3 : Eu$ 、または、 $Sr_{2-y}Ca_ySiO_4 : Eu$ を含む別の赤色蛍光体を用いられてもよい。

20

【0053】

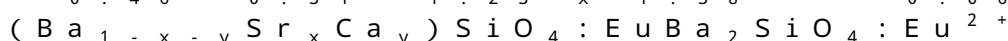
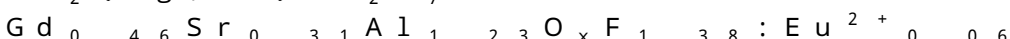
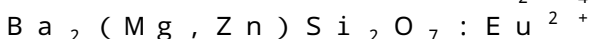
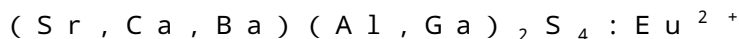
その他の蛍光体を用いられて、実質的に全ての色が、特定の色に変換されることで、飽和色 (saturated color) の発光が生成されてもよい。例えば、 $SrGa_2S_4 : Eu$ 、 $Sr_{2-y}Ba_ySiO_4 : Eu$ または $SrSi_2O_2N_2 : Eu$ といった蛍光体を用いられて、緑の飽和色が生成されてもよい。

【0054】

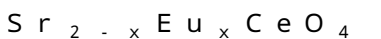
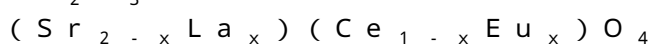
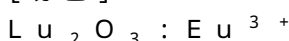
以下に、変換粒子として用いられてよい、好適な蛍光体を追加的にいくつか列挙する。なお、その他の蛍光体を用いられてもよい。それぞれは、青色および / または UV 発光領域において励起を示し、好ましいピーク発光を提供し、光の変換効率が高く、ストークスシフトも許容範囲内である。

30

[黄色 / 緑色]



[赤色]



40

【0055】

様々な大きさの蛍光体粒子が用いられてよい。粒子の大きさはこれに限定されるものではないが、10 - 100 ナノメートル (nm) の大きさの粒子から、20 - 30 マイクロメートル (μm) の大きさの粒子、または、それ以上の大きさの粒子が用いられてよい。通常、大きな粒子よりも小さな粒子の方が、光を散乱させ、色をよりよく混合させる。その結果、より均一な光が得られる。通常、小さな粒子と比較して、大きな粒子は、色を効率よく変換する一方で、均一性に劣る光を発光する。一実施形態において、粒子の大きさ

50

は、2 - 5 μm の範囲内である。他の実施形態において、コーティングは、様々な種類の蛍光体を含んでよい。または、単色光源または多色光源のための複数の蛍光体コーティングを含んでよい。

【0056】

コーティングは、バインダ中の蛍光体材料の濃度または充填量 (loading) が様々であってよい。典型的な濃度は、30 - 70 重量%の範囲内である。一実施形態において、蛍光体の濃度はおよそ65 重量%であり、バインダ中に均一に分散していることが好ましい。さらに他の実施形態において、コーティングは、蛍光体の濃度または種類が異なる複数の層を有してよい。複数の層は、異なるバインダ材料を含んでよい。その他の実施形態において、蛍光体を含まず、LEDの光にとって実質的に透明な1以上の層が付加されてよい。

10

【0057】

LEDの最初の被覆の後、コーティングの下側の構造物 (例えば、台座) を露出させる、または、コーティングの全体的な厚さを減少させるために、さらなるプロセス (例えば、蛍光体/バインダ・コーティングの薄膜化または平坦化) が必要になるかもしれない。好ましくは、バインダが硬化された後に、研削、ラッピング、研磨などの既知の機械的なプロセスを含む、多くの様々な薄膜化工程が用いられてよい。その他の製造方法は、コーティングの硬化前に、スクイージー (squeegee) を用いてコーティングを薄くする工程を含んでよく、また、コーティングの硬化前に、加圧による平坦化工程が用いられてもよい。さらに他の実施形態において、物理的または化学的、エッチング法または研磨法を用いて、コーティングが薄くされてよい。コーティングは、平坦化工程によって、多くの様々な厚さとしてよい。一実施形態において、コーティングの厚さは、1から100 μm の範囲内である。さらに別の実施形態において、適切な厚さの範囲は、30から50 μm である。

20

【0058】

本発明に係るスペーサおよび平坦化は、LEDの上に適切な量の変換材料を残すように計画される。その結果、LEDチップを、目的とする波長の標準偏差の範囲内で発光させるためのさらなる工程を必要としない。これにより、LEDチップが個片化できる状態になる。別の方法では、追加的な工程を含んでもよい。これらの実施形態のいくつかにおいて、ウエハ上のLEDの出力特性が、再度、測定されてよい。例えば、LEDをプロービングして、現状のLEDチップが予め定められた波長特性の光を放出しているか否か、または、目的とする波長に対する偏差が許容範囲内であるか否かを判断する。上述のとおり、これらの特性のマップが作成されてよい。複数のLEDチップのうちのいくつかは、許容範囲内の波長で発光していない場合には、ウエハがさらに処理されてよい。このような処理は、「発光調節方法および当該方法を用いて製造されたデバイス」という名称であり、本明細書に完全に記載されているのと同様に、参照により本明細書に組み込まれる米国特許仮出願番号第61/072,546号に開示されているような微細加工処理を含んでよい。追加的な変換材料を追加したり、変換材料を除去したりするような、他の方法が使用されて、LEDチップを覆う変換材料の量に変更されてもよいことが理解されよう。

30

【0059】

52において、ダイシング法、スクライブ・アンド・ブレイク法、エッチング法などの既知の方法を用いて、ウエハから、個々のLEDチップが個片化される。この工程は、被覆および平坦化工程50の直後に実施されてもよく、または、LEDの発光が許容範囲内であり、さらなる微細工程が不要である場合には、2度目のプロービング工程の後で実施されてもよい。個片化工程は、LEDチップのそれぞれが実質的に同一の発光特性を有するように、LEDのそれぞれを分離する。これにより、同一の発光特性を有するLEDチップの、信頼性があり、一貫性のある (consistent) 製造が可能になる。LEDが個片化されるとき、LEDの側面に、蛍光体/バインダ・コーティングがいくらか残存してよい。その結果、側面から外側に放出されるLEDの光もまた、変換される。これにより、個片化されたLEDチップの側面から外側へのLEDの光の漏出を低減または撲滅 (elimin

40

50

ate) する。

【 0 0 6 0 】

54において、LEDチップがパッケージ化される。当該工程は、パッケージの中、または、サブマウントもしくはプリント配線基板(PCB)にLEDチップを実装する段階を有してよい。当該プロセスは、蛍光体を追加または削除するさらなるプロセスを必要とすることなく、実施される。一実施形態において、パッケージ/サブマウント/PCBは、台座と電氣的に結合される通常の(conventional)パッケージリードを有してよい。次に、通常の封止材が、LEDチップおよび電気接続を取り囲んでよい。別の実施形態において、LEDチップは、密閉カバー(a hermetically sealed cover)に取り囲まれてよい。密閉カバーによって、LEDチップが、大気圧下または大気圧よりも低い圧力条件下の不活性雰囲気に取り囲まれてもよい。

10

【 0 0 6 1 】

本発明に係る別の実施形態において、追加的な段階が含まれてよいことが理解されよう。本発明に係る方法は、方法40に含まれる全ての段階を有する必要はなく、また、本発明に係る方法は、完全なウエハのLEDの処理に限定されないことが理解されよう。例えば、当該方法は、ウエハから分離された複数のLEDのグループの処理に用いられてよい。当該グループは、多くの様々な波長で発光するLEDを含んでもよく、実質的に同一の波長で発光するLEDを含んでもよい。その他の実施形態において、スペーサを利用する方法が、パッケージの中に実装する前または実装した後の、単一のLEDの処理に用いられてよい。一実施形態において、LEDチップがパッケージの中に実装されてよく、当該パッケージの目的とする発光特性に応じて、LEDチップにスペーサが付加されてよい。その後、上述の方法の1つを用いて変換材料が付加されてもよく、変換材料が成形品として付加されてもよい。

20

【 0 0 6 2 】

本発明に係る方法は、多くの様々なデバイスの製造に利用されてよい。図6aから図6eを通して、本発明に従って処理されるLEDウエハ90の一実施形態を示す。しかしながら、本発明は、多くの様々なLEDの実施形態の処理に利用できることが理解されよう。また、個々のLED、ウエハレベルのLEDよりも小さな複数のLEDのグループについても、ウエハレベルのLEDと同様に処理されてよいことが理解されよう。本発明に従って製造されうるLEDの様々な実施形態としては、クリー社が提供している市販のEZ Bright(登録商標)LEDチップ(例えば、EZ1000、EZ700、EZ600、EZ400、EXBright290)を例示することができる。

30

【 0 0 6 3 】

LEDウエハ90の製造方法のより詳細については、米国特許出願第11/656,759号および米国特許出願第11/899,790号に記載されており、上述のとおり、これらは本明細書に組み込まれる。図6aを参照すると、製造プロセスにおける、ウエハレベルでのLEDチップ92を含むLEDウエハ90が示されている。点線は、追加的な後の製造工程における、LEDチップ92の間の分離ラインまたはダイシングラインを示す目的で図示されている。図6aは、ウエハレベルにおいて5個のデバイスしか図示していない。しかし、単一のウエハからさらに多くのLEDチップが製造されることが理解されよう。例えば、1mm角の大きさのLEDチップを製造する場合には、3インチウエハ上に4500以上のLEDチップが製造されてよい。

40

【 0 0 6 4 】

LEDチップ92のそれぞれは、半導体LED94を含む。上述のとおり、半導体LED94は、様々な方法で配置された多くの様々な半導体層を有してよい。方法40に関して説明したように、LED94を構成する層は、通常、第1および第2の逆タイプ不純物エピタキシャル層に挟まれた活性層/領域を含む。それらの層の全ては、既知の方法を用いて、ウエハレベルで、基板96に形成または実装されてよい。図示されている一実施形態において、LED94は、基板96上に分離して存在するデバイスとして図示されている。活性領域および不純物層の一部を基板96に至るまでエッチングして、LED94同

50

土の間に開口を形成することで、このような分離を達成することができる。その他の実施形態において、活性層および不純物層が、基板 96 上に連続層として残されてよく、LEDチップが個片化されるときに個々のデバイスに分離されてもよい。上述のとおり、LED94は、様々な材料系により構成されてよく、基板も様々な材料により構成されてよい。追加的な層および要素がLED94に含まれてもよく、活性領域96が多くの様々な構造を有してもよいことが理解されよう。図示されているように、LED94の表面に凹凸を形成して、光取出し率を向上させてもよい。

【0065】

LED94は、垂直型構造を有してよい。なお、本発明は、横型構造を有するLEDにも等しく適用できることは明らかである。LED94のそれぞれは、第1電極98を有する。第1電極98のそれぞれは、LED94の1つの上層の上に配されており、第1電極98のそれぞれは、上述された材料により構成されてよい。LED94のそれぞれは、電流拡散層および上述された構造を有してもよい。第1電極98のそれぞれに与えられた電気信号は、第1電極98のそれぞれに対応するLEDの中へと拡散する。LED94のそれぞれの第2電極（図示されていない。）は、基板96上に用意されてよく、第2電極のそれぞれに与えられた電気信号は、基板96を通過して、複数のLED94のうち、第2電極のそれぞれに対応するLED94の中へと拡散する。第1電極および第2電極を横切ってLEDに与えられた電気信号は、LED94を発光させる。本発明は、LED94上に第1電極および第2電極を有する横型構造を備えたLEDにも等しく適用できることが理解されよう。

【0066】

LEDチップ92のそれぞれは、第1電極98の上に形成された電極台座100をさらに有してよい。電極台座100のそれぞれは、対応するLED94との間の電気接続を確立するのに用いられる。台座100は、多くの様々な導電性材料により形成されてよく、多くの様々な既知の物理的または化学的析出プロセスを用いて形成されてよい。例えば、電気めっき法、マスク蒸着法（電子ビーム、スパッタリング）、無電解めっき法、または、スタッドバンプ法（stud bumping）が用いられてよい。好ましくは、電極台座は、金（Au）であり、本技術分野において一般的に知られているスタッドバンプ法を用いて形成されてよい。台座100は、Au以外の導電性材料により構成されてよい。例えば、第1電極および第2電極に利用されている金属により構成されてよく、銅、ニッケル、インジウムもしくはそれらの組み合わせ、または、既に列挙したような導電性酸化物および透明導電性酸化物を含んでよい。台座100の高さは、変換材料の目標とする厚さに応じて調整されてよく、蛍光体を含むバインダ・コーティングの上層と一致するまたは当該上層からLEDの上方に延伸するのに十分な高さであればよい。

【0067】

LEDウエハ90上のLED94のそれぞれの出力特性は、上述したプロービングなどの方法により測定されてよい。その後、ウエハの全面にわたってLEDの発光波長を示すマップが作成されてよい。図6bに示されるとおり、個々のLED94の発光波長と、最終的なLEDチップ92における発光波長の目標値とに基づいて、LED94のそれぞれの上に、スペーサ102が堆積されてよい。LEDのいくつかは、スペーサを必要としない波長で光を放出するかもしれない。複数のLED94について、異なるLEDには、異なる厚さまたは体積のスペーサが用いられてよい。

【0068】

図6cを参照すると、LED94は、変換材料によって覆われてよい。この実施形態において、変換材料は、上述の方法により堆積された蛍光体/バインダ・コーティング104を含む。蛍光体/バインダ・コーティング104は、複数のLED94のそれぞれと、複数の電極98のそれぞれとを覆う。蛍光体/バインダ・コーティング104は、当初、台座100を覆う/埋めるような厚さを有する。その後、上述の方法により、蛍光体/バインダ・コーティング104が硬化される。なお、上述のとおり、蛍光体/バインダ・コーティング104は、様々なバインダおよび蛍光体材料を含んでよい。図6dを参照する

10

20

30

40

50

と、LEDの当初のコーティングの後、さらなる処理（例えば、コーティングを全体的に薄くして、台座100を露出させる平坦化処理、または、コーティング104の厚さを全体的に減少させるその他の処理）が必要とされてよい。

【0069】

台座100が露出した時点で、LEDウエハ90が、再度プロービングされて、LEDチップ92のそれぞれの発光特性が測定されてよい。LEDチップに変換材料を追加したり、LEDチップから変換材料を除去したりする追加的な段階が実施されてもよい。これにより、発光波長を、目的とする発光により近づけることができる。しかしながら、LEDチップのさらなる処理を回避しつつ、目的とする発光を達成するように、スペーサ層の配置が設計され、平坦化処理に続くLEDチップの個片化処理が実施できる状態になるはずであることが理解されよう。

10

【0070】

図6dを参照すると、上述の既知のプロセスを用いて、LEDチップ92が、（図6aから図6dに図示されているように）LEDウエハ90から個片化され、図示されるような個々のデバイス、または、その代わりに複数のデバイスを含む複数のグループに分割される。コーティング104のいくらかは、LED94の側面上に残存して、LEDの側面から外側に放出されるLEDの光を変換する。これにより、LED94の側面からのLEDの光の漏出を低減または撲滅する。その後、上述のようにLEDチップ92がパッケージ化され、コンタクトされる。

【0071】

20

以上の通り、本発明は、多くの様々なLEDウエハおよびLEDチップ構造物のために用いられてよい。図7aから図7dを通して、本発明に係る他の実施形態であるLEDウエハ120について説明する。LEDウエハ120は、ウエハレベルで、サブマウント124上にフリップチップ実装されたLEDチップ122を有する。これは、フリップチップ型のデバイスの一例にすぎず、多くの様々な形態のフリップチップ実装型のLEDが用いられてよく、多くの様々な特徴を有するLEDが用いられてよいことが理解されよう。図中の点線は、後に続く追加的な製造工程における、LEDチップ122の間の分離ラインまたはダイシングラインを示す。図にはLEDチップ122が2つしか示されていないが、上述のとおり、ウエハ上には、より多くのLEDチップが製造されてよい。

【0072】

30

LEDチップ122のそれぞれは、半導体LED126を有する。上述のとおり、半導体LED126は、様々な方法で配置された多くの様々な半導体層を有してよい。LED126は、通常、第1および第2の逆タイプ不純物エピタキシャル層に挟まれた活性層/領域を含む。それらの全ての層は、基板の上に順番に形成されている。本発明は、特に、横型構造を有するLEDのように、両方の電極が一方の表面からアクセスできるLEDに適用される。LED126のそれぞれは、第1および第2のエピタキシャル層の上に、それぞれ、第1電極130および第2電極132を有する。上述のとおり、電流拡散層および構造を有してもよい。

【0073】

LEDチップ122のそれぞれは、サブマウント124の部分（portion）をさらに有する。サブマウント124は、LED126が、サブマウント124に対してフリップチップ実装されるように配される。サブマウント124は、導電材料、半導体材料、絶縁材料などの多くの様々な材質により構成されてよい。いくつかの好ましい材料としては、アルミナ、酸化アルミニウム、窒化アルミニウムなどのセラミックス、または、ポリイミドが例示できる。その他の実施形態において、サブマウント・ウエハは、プリント配線基板（PCB）、サファイア、シリコン、炭化ケイ素、他の適切ないかなる材料を含んでもよい。例えば、市販のTクラッド、サーマルクラッド（登録商標）絶縁基板を含んでもよい。サブマウント・ウエハ124には、エッチングなどの既知のプロセスを用いて、複数の貫通孔134が形成されてよい。2以上の貫通孔134は、複数のLED126のうちの対応するLEDと組になるように配置される。図示された実施形態において、貫通孔134

40

50

は2つ1組で配される。各組のそれぞれの貫通孔は、対応するLED126の第1電極130および第2電極132に合致するような大きさと位置に配される。

【0074】

サブマウント124の表面(貫通孔134の表面を含む。)を覆う誘電体層136が含まれてよい。誘電体層136は、サブマウント124の表面上の電気信号がサブマウント124の中に拡散しないように、ウエハを電氣的に絶縁する。誘電体層には、様々な材料が用いられる。好適には、窒化ケイ素または二酸化シリコンが用いられる。サブマウント・ウエハが、セラミックなどの絶縁材料から構成されている場合には、誘電体層または電氣的分離層(electrical isolation)を含まなくてもよい。

【0075】

貫通孔134のそれぞれが、導電材料で充填されて、サブマウント124を貫通する導電ビア138が形成されてよい。LEDチップ122のそれぞれは、サブマウント124部分の下部表面上に、第1下部金属パッドまたは配線140および第2下部金属パッドまたは配線142を有してよい。第1下部金属パッド140および第2下部金属パッド142は、LEDチップのダイシングの後、下部表面上の空間によって、電氣的および物理的に分離されるように配される。下部配線140および下部配線142のそれぞれは、それぞれに対応するビア138と電氣的に結合される。第1下部金属配線140に与えられた電気信号が、LEDチップのビア138の1つに伝えられるとともに、第2下部金属配線142に与えられた電気信号が、LEDチップの他のビア138に伝えられる。ビア138からの信号を第1電極130および第2電極132に伝えるために、サブマウント124の上層の上に、第1上部配線144および第2上部配線146が含まれてよい。導電性の結合材料148によって、LED126が、サブマウント124に実装されてよい。導電性の結合材料148は、典型的には、1以上の、はんだなどの結合/金属層である。結合材料は、通常、第1上部配線144と、第1電極130とを結合し、第2上部配線146と、第2電極132とを結合する。

【0076】

上述のとおり、プロービングなどにより、LEDウエハ120上のそれぞれのLED126の出力特性が測定されてよい。その後、ウエハの全面にわたって、LEDの発光波長を示すマップが作成されてよい。図7bを参照すると、個々のLED126の発光波長と、最終的なLEDチップ122における発光波長の目標値とに基づいて、LED126のすべてまたはいくつかの上に、スペーサ152が堆積され、特定のLEDの上に形成されたであろう変換材料の量を減少させてよい。複数のLED126について、異なるLEDには、異なる厚さまたは体積のスペーサが用いられてよい。上述の方法の1つを用いて、スペーサが形成されてよい。

【0077】

図7cを参照すると、LEDウエハ120が、変換材料によって覆われてよい。変換材料は、LEDチップ122のそれぞれに対してLED126を覆う蛍光体/バインダ・コーティング156の形をしている。蛍光体/バインダ・コーティングは、上述のバインダ材料および蛍光体材料を含んでよく、上述のとおり、付加され、硬化され、平坦化されてよい。上述のとおり、スペーサ152および平坦化によりLED126を覆う変換材料を目的とする量だけ残すことができる。その結果、LED126は、目標波長に対して特定の標準偏差の範囲内の光を放出する。平坦化工程に続いて、LEDウエハ120の個片化の準備が整う。上述のとおり、別の実施形態においては、LED126を覆う蛍光体が、LEDの出力特性を測定して、LEDを覆う蛍光体の量を調整することで、さらに処理されてもよい。図7dを参照すると、その後、LEDチップ122が、LEDウエハから個片化されて、個々のLEDチップ122、または、LEDチップ122のグループに分割される。このとき、LED126の側面に、いくらかのコーティング156が残存してよい。上述のとおり、その後、LEDチップ122がさらにパッケージ化される。

【0078】

以上の実施形態において、スペーサが個々のLEDに対して付加される場合について説

10

20

30

40

50

明した。しかし、同様の厚さまたは体積のスペーサが、LEDのグループに対して付加されてもよく、ウエハの領域の上に付加されてもよい。いくつかのLEDウエハ製造工程において、個々のLEDに関する発光波長の変動が、ウエハ上の別の領域へと分離されてよい。これらの領域のそれぞれに対して、実質的に均一な厚さまたは体積のスペーサ層が、LED上に形成されてよい。図8を参照すると、図6aから図6eに関連して説明されたLEDウエハ90と同様のLEDウエハ170が示される。LEDウエハ170は、LED172を含み、LED172は、領域174において、実質的に同一の波長の光を放出する。この領域に関して、実質的に同一の厚さまたは体積のスペーサ176が、LED172を覆って形成される。その他のLED172に関しては、それぞれのLEDの発光波長に応じて、異なる厚さおよび体積のスペーサが付加される。

10

【0079】

本実施形態において、スペーサは、LED上の実質的に均一な層として示される。しかし、スペーサは、多くの様々な形状を有してよく、様々な方法で配置されてよいことが理解されよう。図9、図10、図11および図12を通して、本発明に係るスペーサとして用いられうる、他のいくつかの形状が示される。それぞれに共通することは、スペーサがなければ変換材料によって占められていたであろう空間の体積が、スペーサによって使用されていることである。これにより、結果として得られるLEDチップ上の変換材料の量が減少し、これに応じて、変換材料によって変換されるLEDの光の量が減少する。

【0080】

図9は、図6aから図6eに関連して説明されたウエハ90と同様の、本発明に係るLEDウエハ180を示す。LEDウエハ180は、LED182およびスペーサ184を有する。しかし、本実施形態において、スペーサ184は、LED上の不均一な厚さの層を含んでよい。図10は、LED192およびLEDを覆うスペーサ194を有する別の同様のLEDウエハ190を示す。しかし、本実施形態において、スペーサ194は、ピラミッド形状または円錐形状を有する。図11は、LED202およびLED202を覆うスペーサ204を有する別の同様のLEDウエハ200を示す。本実施形態において、スペーサ204は、半球形状を有する。図12は、LED212およびLED212を覆うスペーサ214を有する、さらに別の同様のLEDウエハ210を示す。本実施形態において、スペーサ214は、1以上の柱形状を有する。当該柱形状の大きさは異なってもよい。LEDのそれぞれは、同一または異なる数の柱形状のスペーサを有してよい。

20

30

【0081】

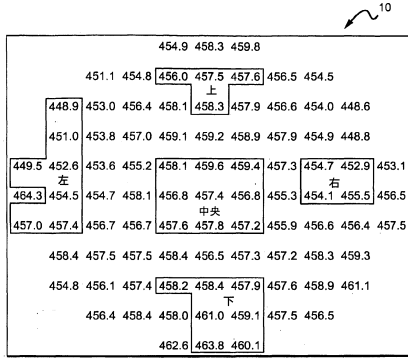
上述されたスペーサは、上述されえた方法に限られず、様々な配置されてよく、また、単一のウエハ上の複数のLEDに対して、様々な形状のスペーサが用いられてよいことが理解されよう。本発明に係るスペーサは、異なる材質の複数の層を含んでよく、散乱粒子などの光の放出を向上させる物質を含んでよい。スペーサの表面は、凹凸が付けられてもよく、または、光の取り出しをさらに向上させるよう成形されてもよい。

【0082】

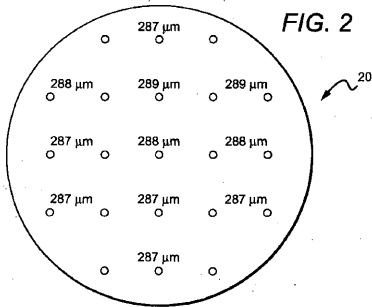
特定の好ましい構造を参照して、本発明が詳細に説明されたけれども、他のバージョンも可能である。例えば、本発明は、デバイスの性能を向上させる多くの様々なデバイス構造（配置、形状、大きさ、ならびに、チップ上、チップ中およびチップの周囲のその他の要素）とともに用いられてよい。このように、本発明の思想および範囲は、上述のバージョンに限定されるものではない。

40

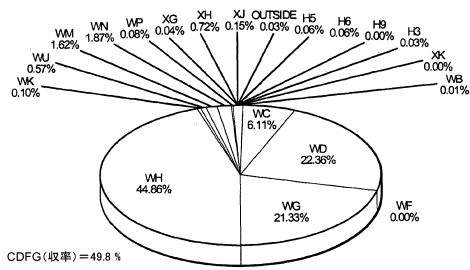
【図 1】



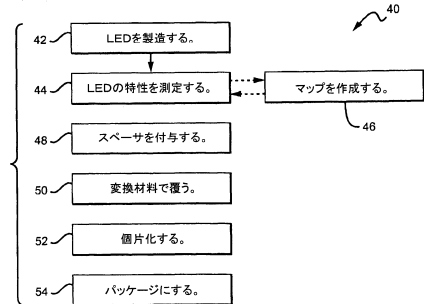
【図 2】



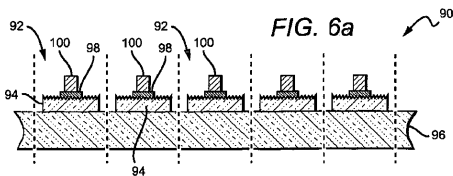
【図 4】



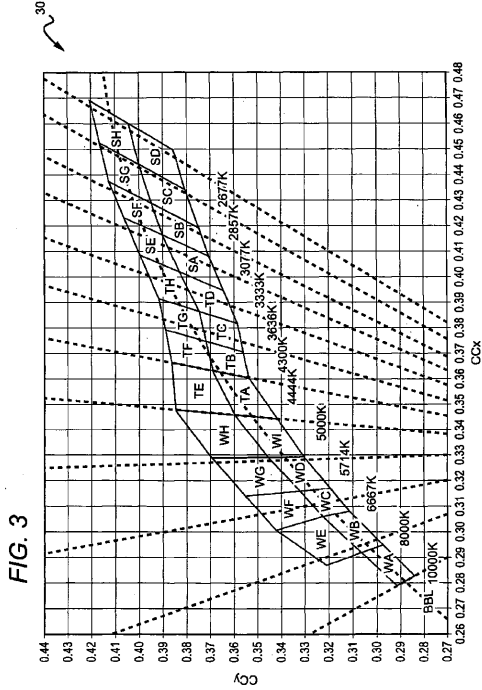
【図 5】



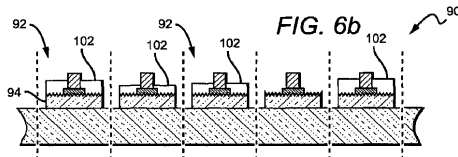
【図 6 a】



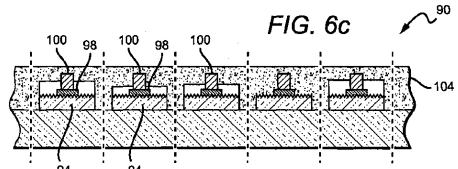
【図 3】



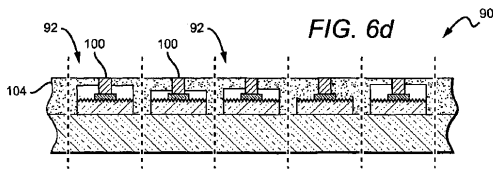
【図 6 b】



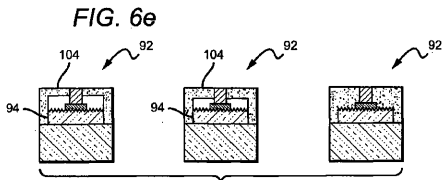
【図 6 c】



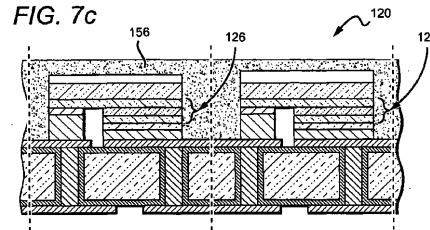
【図 6 d】



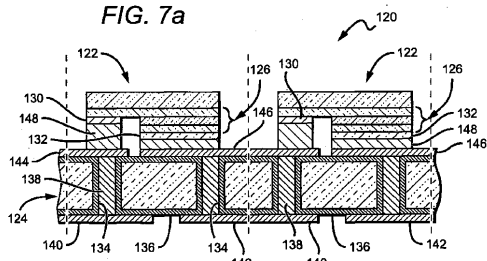
【 6 e 】



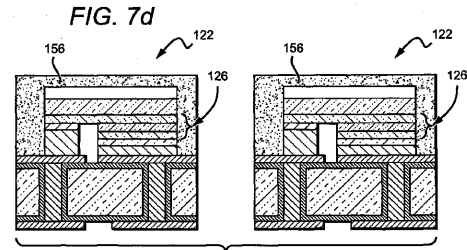
【 7 c 】



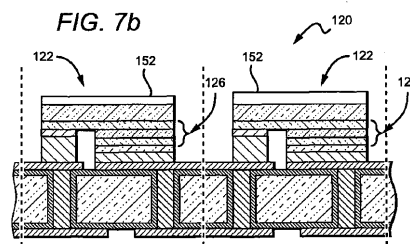
【 7 a 】



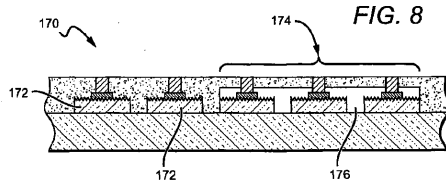
【 7 d 】



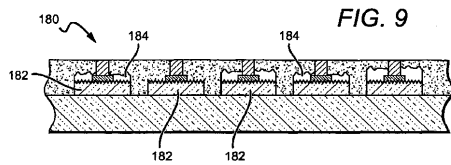
【 7 b 】



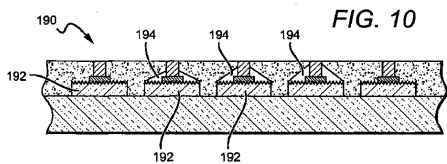
【 8 】



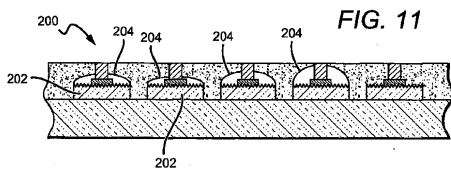
【 9 】



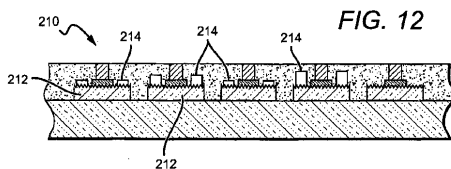
【 1 0 】



【 1 1 】



【 1 2 】



フロントページの続き

合議体

審判長 吉野 公夫

審判官 松川 直樹

審判官 近藤 幸浩

- (56)参考文献 特開2007-201010(JP,A)
特開2008-300544(JP,A)
特開2007-251122(JP,A)

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