

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2012-502475
(P2012-502475A)

(43) 公表日 平成24年1月26日(2012.1.26)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 33/50 (2010.01)	HO 1 L 33/00 4 1 0	5 F O 4 1
HO 1 L 33/60 (2010.01)	HO 1 L 33/00 4 3 2	

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2011-526094 (P2011-526094)
 (86) (22) 出願日 平成21年8月18日 (2009. 8. 18)
 (85) 翻訳文提出日 平成23年5月6日 (2011. 5. 6)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2009/054149
 (87) 国際公開番号 W02010/027650
 (87) 国際公開日 平成22年3月11日 (2010. 3. 11)
 (31) 優先権主張番号 61/094, 192
 (32) 優先日 平成20年9月4日 (2008. 9. 4)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

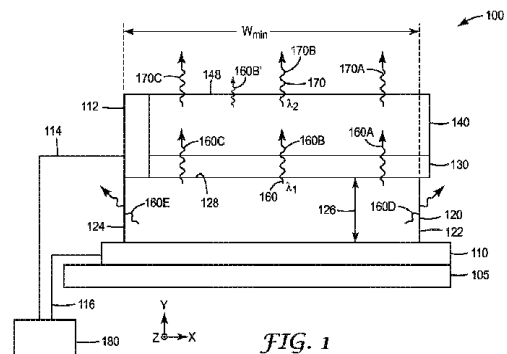
(71) 出願人 505005049
 スリーエム イノベイティブ プロパティ
 ズ カンパニー
 アメリカ合衆国, ミネソタ州 5 5 1 3 3
 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オ
 フィス ボックス 3 3 4 2 7, スリーエ
 ム センター
 (74) 代理人 100088155
 弁理士 長谷川 芳樹
 (74) 代理人 100128381
 弁理士 清水 義憲
 (74) 代理人 100107456
 弁理士 池田 成人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 改善された単色性を有する光源

(57) 【要約】

発光システムが開示される。発光システムは、第1の波長で発光するLEDを含み、LEDの上面からの発光を強化し、LEDの1つ以上の側面からの発光を抑制するパターンを含む。この発光システムは、II-VI族ポテンシャル井戸を備える再発光半導体構造体を更に含む。この再発光半導体構造体は、LEDを出射する第1の波長の光を受容し、受容した光の少なくとも一部を第2の波長の光に変換する。発光システムを出射する第2の波長のすべての光の総合発光強度は、発光システムを出射する第1の波長のすべての光の総合光強度の少なくとも4倍である。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

発光システムであって、

第 1 の波長で発光し、LED の上面からの発光を強化し、前記 LED の 1 つ以上の側面からの発光を抑制するためのパターンを含む LED と、

II ~ VI 族ポテンシャル井戸を含み、前記 LED を出射する前記第 1 の波長の光を受容し、前記受容した光の少なくとも一部を第 2 の波長の光に変換する再発光半導体構造体であって、前記発光システムを出射する前記第 2 の波長のすべての光の総合発光強度が、前記発光システムを出射する前記第 1 の波長のすべての光の総合発光強度の少なくとも 4 倍である再発光半導体構造体と、を含む発光システム。

10

【請求項 2】

前記パターンが周期的である、請求項 1 に記載の発光システム。

【請求項 3】

前記パターンが非周期的である、請求項 1 に記載の発光システム。

【請求項 4】

前記パターンが準周期的である、請求項 1 に記載の発光システム。

【請求項 5】

前記パターンが二次元パターンである、請求項 1 に記載の発光システム。

【請求項 6】

前記パターンがパターン化された誘電率を含む、請求項 1 に記載の発光システム。

20

【請求項 7】

前記 LED が多数の層を含み、前記パターンが前記 LED の多数の層の 1 つ以上の層内の厚みパターンを含む、請求項 1 に記載の発光システム。

【請求項 8】

前記 LED 内のポテンシャル井戸が前記パターンを含む、請求項 1 に記載の発光システム。

【請求項 9】

前記パターンが三角形又は正方形のアレイを形成する、請求項 1 に記載の発光システム。

【請求項 10】

前記 LED を出射し、前記再発光半導体構造体で受容される前記第 1 の波長の光の相当部分が、前記 LED の上面を通過して前記 LED を出射する、請求項 1 に記載の発光システム。

30

【請求項 11】

前記発光システムを出射する前記第 2 の波長のすべての光の前記総合発光強度が、前記発光システムを出射する前記第 1 の波長のすべての光の総合光強度の少なくとも 10 倍である、請求項 1 に記載の発光システム。

【請求項 12】

前記ポテンシャル井戸が Cd (Mg) Zn Se 又は Zn Se Te を含む、請求項 1 に記載の発光システム。

40

【請求項 13】

第 1 の方向に沿って前記発光システムから放射された光が、第 1 の色度座標セットを有し、第 2 の方向に沿って前記発光システムから放射された光が、前記第 1 の色座標セットと実質的に同じである第 2 の色度座標セットを有し、前記第 1 の方向と前記第 2 の方向との間の角度が 20 度以上である、請求項 1 に記載の発光システム。

【請求項 14】

前記第 1 の色度座標セットが u_1' 及び v_1' であり、前記第 2 の色度座標セットが u_2' 及び v_2' であって、 u_1' と u_2' との差の絶対値及び v_1' と v_2' との差の絶対値がそれぞれ 0.01 以下である、請求項 13 に記載の発光システム。

【請求項 15】

50

発光システムであって、

第 1 の波長 λ_1 の光を反射する反射板と、

前記反射板に配置され、前記第 1 の波長の光を放射するエレクトロルミネッセンスデバイスであって、前記エレクトロルミネッセンスデバイスが、前記第 1 波長の光子を生成するための活性領域を有し、前記活性領域と前記反射板との間の距離が、前記エレクトロルミネッセンスデバイスの上面からの発光が強化され、前記エレクトロルミネッセンスデバイスの 1 つ以上の側面からの発光が抑制される距離である、エレクトロルミネッセンスデバイスと、

II ~ V 族ポテンシャル井戸を含み、前記上面から前記エレクトロルミネッセンスデバイスを出射する前記第 1 の波長の光を受容し、前記受容した光の少なくとも一部を第 2 の波長の光に変換する再発光半導体構造体であって、前記発光システムを出射する前記第 2 の波長のすべての光の総合発光強度が、前記発光システムを出射する前記第 1 の波長のすべての光の総合発光強度の少なくとも 4 倍である再発光半導体構造体と、を含む発光システム。

10

【請求項 16】

前記反射板が金属を含む、請求項 15 に記載の発光システム。

【請求項 17】

前記反射板がブラッグ反射器を含む、請求項 15 に記載の発光システム。

【請求項 18】

前記エレクトロルミネッセンスデバイスが LED を含む、請求項 15 に記載の発光システム。

20

【請求項 19】

前記反射板が前記 LED 全体に電流を横方向に拡散できる、請求項 18 に記載の発光システム。

【請求項 20】

前記活性領域と前記反射板との間の距離が約 $0.6 \lambda_1 \sim 約 1.4 \lambda_1$ の範囲である、請求項 15 に記載の発光システム。

【請求項 21】

前記活性領域と前記反射板との間の距離が約 $0.6 \lambda_1 \sim 約 0.8 \lambda_1$ の範囲である、請求項 15 に記載の発光システム。

30

【請求項 22】

前記活性領域と前記反射板との間の距離が約 $1.2 \lambda_1 \sim 約 1.4 \lambda_1$ の範囲である、請求項 15 に記載の発光システム。

【請求項 23】

第 1 の方向に沿って前記発光システムから放射された光が、第 1 の色度座標セットを有し、第 2 の方向に沿って前記発光システムから放射された光が、前記第 1 の色度座標セットと実質的に同じである第 2 の色度座標セットを有し、前記第 1 の方向と前記第 2 の方向との間の角度が 20 度以上である、請求項 15 に記載の発光システム。

【請求項 24】

前記第 1 の色度座標セットが u_1' 及び v_1' であり、前記第 2 の色度座標セットが u_2' 及び v_2' であって、 u_1' と u_2' との差の絶対値及び v_1' と v_2' との差の絶対値がそれぞれ 0.01 以下である、請求項 23 に記載の発光システム。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概して半導体発光デバイスに関する。本発明は、特に単色の半導体発光デバイスに適用可能である。

【背景技術】

【0002】

単色発光ダイオード (LED) は、照明など光学的用途において重要性が増している。

50

この様な装置の例は、液晶ディスプレイ（LCD）のコンピュータのモニターやテレビの様なディスプレイのバックライトにある。波長変換発光ダイオードは、LEDでは本来生成されない、又は効率的に生成されない色の光が必要な用途における使用が増えている。幾つかの既知の発光デバイスは、例えば、青色光を放射するLEDなどの光源と、青色光を例えば赤色光に変換するための光変換層とを含む。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしこのような既知のデバイスでは、未変換の青色光の一部が漏れて赤色光と混合し、非単色光となる。更に、このような既知の発光デバイスのスペクトル特性は、方向に応じて異なる。

10

【課題を解決するための手段】

【0004】

概して、本発明は半導体発光デバイスに関する。一実施形態において、発光システムは、第1の波長で発光するLEDを含む。放射された第1の波長の光の主要部分は、最小横寸法 W_{min} を有するLEDの上面からLEDを出射する。放射された第1の波長の光の残りの部分は、最大縁厚 T_{max} を有するLEDの1つ以上の側面からLEDを出射する。比率 W_{min} / T_{max} は、少なくとも30である。この発光システムは、半導体ポテンシャル井戸を備える再発光半導体構造体を更に含む。この再発光半導体構造体は、上面からLEDを出射する第1の波長の光を受容し、受容した光の少なくとも一部を第2の波長の光に変換する。発光システムを出射する第2の波長のすべての光の総合発光強度は、発光システムを出射する第1の波長のすべての光の総合光強度の少なくとも4倍である。ある場合では、第1の方向に沿って発光システムから放射された光は第1の色度座標セットを有し、第2の方向に沿って発光システムから放射された光は、実質的に第1の色度座標セットと同じである第2の色度座標セットを有する。第1の方向と第2の方向との間の角度は、20度以上である。ある場合では、第1の色度座標セットは、 u_1' 及び v_1' であり、第2の色度座標セットは、 u_2' 及び v_2' であり、 u_1' と u_2' との差の絶対値及び v_1' と v_2' との差の絶対値は、それぞれ0.01以下である。ある場合では、上面は、長さ L 及び幅 W を有する矩形であり、幅は上面の最小横寸法である。ある場合では、再発光半導体構造体は、受容した光の少なくとも20%を第2の波長の光に変換する。

20

30

【0005】

別の実施形態において、発光システムは、第1の波長で発光するLEDを含み、LEDの上面からの発光を強化し、LEDの1つ以上の側面からの発光を抑制するパターンを含む。この発光システムは、II-VI族ポテンシャル井戸を含み、LEDを出射する第1の波長の光を受容し、受容した光の少なくとも一部を第2の波長の光に変換する再発光半導体構造体を更に含む。発光システムを出射する第2の波長のすべての光の総合発光強度は、発光システムを出射する第1の波長のすべての光の総合光強度の少なくとも4倍である。ある場合では、このパターンは周期的である。ある場合では、このパターンは非周期的である。ある場合では、このパターンは準周期的である。ある場合では、このLEDは1つ以上の層を含み、このパターンは、層の一部に厚みパターンを含む。ある場合では、このLED内のポテンシャル井戸がパターンを含む。ある場合では、LEDを出射し、再発光半導体構造体で受容された第1の波長の光の相当部分は、LEDの上面を通過してLEDを出射する。ある場合では、第1の方向に沿って発光システムから放射された光は第1の色度座標セットを有し、第2の方向に沿って発光システムから放射された光は、実質的に第1の色度座標セットと同じである第2の色度座標セットを有する。このような場合、第1の方向と第2の方向との間の角度は、20度以上である。ある場合では、第1の色度座標セットは、 u_1' 及び v_1' であり、第2の色度座標セットは、 u_2' 及び v_2' であり、 u_1' と u_2' との差の絶対値及び v_1' と v_2' との差の絶対値は、それぞれ0.01以下である。

40

50

【0006】

別の実施形態において、発光システムは、第1の波長で発光し、エレクトロルミネッセンスデバイスの上面からの発光を強化し、エレクトロルミネッセンスデバイスの1つ以上の側面からの発光を抑制する形状を有するエレクトロルミネッセンスデバイスを含む。この発光システムは、IⅠ~VⅠ族ポテンシャル井戸を含み、上面からエレクトロルミネッセンスデバイスを出射する第1の波長の光を受容し、受容した光の少なくとも一部を第2の波長の光に変換する再発光半導体構造体を更に含む。発光システムを出射する第2の波長のすべての光の総合発光強度は、発光システムを出射する第1の波長のすべての光の総合発光強度の少なくとも4倍である。ある場合では、このエレクトロルミネッセンスデバイスは、エレクトロルミネッセンスデバイスの側面に向けてエレクトロルミネッセンスデバイス内を伝搬する第1の波長の光の相当部分を上面に向けて方向転換させる形状である。ある場合では、このエレクトロルミネッセンスデバイスは、第1の側面及び第1の側面とは平行ではない第2の側面を有する。ある場合では、このエレクトロルミネッセンスデバイスは、上面に対して垂直な平面に実質的に台形の横断面を有する。ある場合では、このIⅠ~VⅠ族ポテンシャル井戸は、Cd(Mg)ZnSe又はZnSeTeを含む。

10

【0007】

別の実施形態において、発光システムは、第1の波長でエレクトロルミネッセンスデバイスの上面から発光する、エレクトロルミネッセンスデバイスを含む。この発光システムは、遮断しなければ側面から出射する第1の波長の光を遮断するための、エレクトロルミネッセンスデバイスの側面に隣接する構造体を更に含む。この発光システムは、IⅠ~VⅠ族ポテンシャル井戸を含み、エレクトロルミネッセンスデバイスを出射する第1の波長の光を受容し、受容した光の少なくとも一部を第2の波長の光に変換する再発光半導体構造体を更に含む。発光システムを出射する第2の波長のすべての光の総合発光強度は、発光システムを出射する第1の波長のすべての光の総合発光強度の少なくとも4倍である。ある場合では、第1の波長の光を遮断するための、エレクトロルミネッセンスデバイスの側面に隣接する構造体は、主として光を吸収することによって光を遮断する。ある場合では、第1の波長の光を遮断するための、エレクトロルミネッセンスデバイスの側面に隣接する構造体は、主として光を反射させることによって光を遮断する。ある場合では、エレクトロルミネッセンスデバイスの側面に隣接する構造体は第1の波長の光を遮断するが、電磁スペクトルの可視範囲内にある他の波長の光は遮断しない。ある場合では、この構造体は電気絶縁性であり、エレクトロルミネッセンスデバイスの少なくとも1つの電極に直接接触する。ある場合では、この構造体は、遮断しなければ再発光半導体構造体の側面から出射する第1の波長又は第2の波長の光も遮断する。ある場合では、エレクトロルミネッセンスデバイスを出射し、再発光半導体構造体によって受容された第1の波長の光の相当部分は、エレクトロルミネッセンスデバイスの上面を通過してエレクトロルミネッセンスデバイスから出射する。ある場合では、この発光システムは、構造体と構造体に隣接する側面との間に中間領域も含む。

20

30

【0008】

別の実施形態において、発光システムは、第1の波長 λ_1 の光を反射する反射板を含む。この発光システムは、反射板に配置され、第1の波長で発光するエレクトロルミネッセンスデバイスを更に含む。このエレクトロルミネッセンスデバイスは、第1の波長の光子を生成するための活性領域を有する。活性領域と反射板との間の距離は、エレクトロルミネッセンスデバイスの上面からの発光が強化され、エレクトロルミネッセンスデバイスの1つ以上の側面からの発光が抑制される距離である。この発光システムは、IⅠ~VⅠ族ポテンシャル井戸を含み、上面からエレクトロルミネッセンスデバイスを出射する第1の波長の光を受容し、受容した光の少なくとも一部を第2の波長の光に変換する再発光半導体構造体を更に含む。発光システムを出射する第2の波長のすべての光の総合発光強度は、発光システムを出射する第1の波長のすべての光の総合発光強度の少なくとも4倍である。ある場合では、この反射板は金属を含む。ある場合では、この反射板はブラッグ反射器を含む。ある場合では、この反射板は、LED全体に電流を横方向に拡散できる。ある場

40

50

合では、活性領域と反射板との間の距離は、約 $0.6 \lambda_1$ ~ 約 $1.4 \lambda_1$ の範囲である。ある場合では、この距離は約 $0.6 \lambda_1$ ~ 約 $0.8 \lambda_1$ の範囲である。ある場合では、この距離は約 $1.2 \lambda_1$ ~ 約 $1.4 \lambda_1$ の範囲である。ある場合では、第1の方向に沿って発光システムから放射された光は第1の色度座標セットを有し、第2の方向に沿って発光システムから放射された光は、実質的に第1の色度座標セットと同じである第2の色度座標セットを有する。このような場合、第1の方向と第2の方向との間の角度は、20度以上である。ある場合では、第1の色度座標セットは、 u_1' 及び v_1' であり、第2の色度座標セットは、 u_2' 及び v_2' であり、 u_1' と u_2' との差の絶対値及び v_1' と v_2' との差の絶対値は、それぞれ 0.01 以下である。

【図面の簡単な説明】

【0009】

本発明は、添付の図面に関連して以下の本発明の種々の実施形態の詳細な説明を考慮して、より完全に理解し正しく認識することができる。

【図1】光放出システムの概略側面図。

【図2】異なる例示の方向に沿って発光する発光システムの概略側面図。

【図3】再発光構造体の概略側面図。

【図4】別の発光システムの概略側面図。

【図5】異なる位置にパターンを有する発光ダイオード(LED)の概略側面図。

【図6A】矩形パターンの概略平面図。

【図6B】三角形パターンの概略平面図。

【図7】別の発光システムの概略側面図。

【図8】別の発光システムの概略側面図。

【図9】別の発光システムの概略側面図。

【図10】光遮断構造体と発光システムの側面との間に中間領域を有する発光システムの概略平面図。

【図11】波長の関数としての発光システムの出カスペクトルのプロット。

【図12】伝搬方向の関数としての発光システムの光出力率のプロット。

【図13】別の発光システムの概略側面図。

【0010】

多数の図で使用される同一の参照番号は、同一又は類似の特性及び機能を有する同一又は類似の要素を指す。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本出願は、半導体光源と1つ以上の波長変換器とを含み、変換器が半導体波長変換器であってよい、半導体発光デバイスを開示している。具体的には、開示されるデバイスは、単色である。つまり、放射光のスペクトル分布は、発光波長に相当する単一のピークと、狭いスペクトル半値全幅(FWHM)とを有する。このような場合、FWHMは、約50nm未満、又は約10nm未満、又は約5nm未満、又は約1nm未満であってよい。ある場合では、半導体光源の波長 λ_1 は、約350nm~約650nm、又は約350nm~約600nm、又は約350nm~約550nm、又は約350nm~約500nm、又は約350nm~約450nmの範囲であってよい。例えば、波長 λ_1 は、約365nm又は約405nmであってよい。

【0012】

開示されるデバイスの幾つかは、異なる方向への放射光について実質的に同じスペクトル特性を有する。例えば、放射光の色度座標は、異なる方向に沿ってデバイスを出射する光についても実質的に同じであってよい。開示される単色デバイスの幾つかは、発光ダイオード(LED)と、蛍光体又は半導体光変換ポテンシャル井戸若しくは量子井戸などの光変換器とを用いる。開示されるデバイスは、発光方向の関数として改善されたスペクトル安定度を示してよい。

【0013】

10

20

30

40

50

開示されるデバイスの幾つかは、光源と、III～V半導体族などの同じ半導体族による光変換層とを有する。このような場合では、例えば、III～V族波長変換器をIII～V族LEDなどのIII～V族光源の上に直接モノリシックに成長させ、作製することは実行可能であることもある。しかしある場合では、高い変換効率及び/又は他の望ましい特性を有する所望の波長で発光できる波長変換器が、LEDが属する半導体族とは異なる半導体族のものであってよい。そのような場合では、一方のコンポーネントを他方の上に高品質に成長させることは不可能であるか、又は実現不可能な場合がある。例えば、高効率安定波長変換器は、II～VI族のものであってよく、LEDなどの光源は、III～V族のものであってよい。そのような場合には、光変換器を光源に取り付けるために様々な方法を採用することができる。このような方法の幾つかは、米国特許出願第61/012608号(2007年12月10日出願)に開示されており、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。

10

【0014】

幾つかの用途では、緑色波長など所望の単一波長で発光する光源を有することが望ましい場合がある。しかしこのような用途では、小型で効率的な光源を使用できない場合がある。このような用途では、本出願で開示されるデバイスを有利に使用することができ、このデバイスは、より小さいなど所望の波長とは異なる単一の波長で発光する単色III～V族LEDと、放射光を所望の単一波長に(ダウンコンバートするなど)変換するための効率的なII～VI族ポテンシャル井戸とを含んでよい。本出願で開示されるデバイスは、単色性の向上に加えて、高変換効率、低製造原価、及び/又小型など他の潜在的利点を有してよい。本明細書で使用する時、ダウンコンバートは、変換された光の光子エネルギーが、未変換の光、つまり入射光の光子エネルギーよりも小さいことを意味する。還元すれば、変換された光の波長は、入射光の波長よりも大きい。

20

【0015】

ある場合では、開示される発光デバイスは、ピクセルサイズの光源のアレイを形成することによって、ピクセルディスプレイを作製するために使用されてよい。このような場合、表示される画像は、発光方向又は観察方向の関数として変化しない、又はほとんど変化しないスペクトル特性を有してよい。

【0016】

ある場合では、本出願で開示される発光デバイスのアレイは、例えば、投射システム又は他の光学システムで使用するための、適応照明システムなどの照明システムで使用されてよい。

30

【0017】

図1は、基板105と、基板に配置された底面電極110と、第1の波長 λ_1 で発光し、底面電極と電氣的に接続するLED120と、LEDによる λ_1 の放射光の少なくとも一部をより長い波長 λ_2 に変換するためにLEDに配置された再発光構造体140と、再発光構造体をLEDに取り付けるための任意の接着層130と、LEDと電氣的に接続する上面電極112と、導線116で電極110に接続され、導線114で電極112に接続されたLEDに電圧を加えるための電源180を含む概略的な発光システム100である。

40

【0018】

LED120は実質的に、スペクトル半値全幅(FWHM)の狭い第1のピーク波長 λ_1 で、光160を放射する、単色LEDである。例えば、FWHMは、約50nm未満、又は約30nm未満、又は約15nm未満、又は約10nm未満、又は約5nm未満、又は約1nm未満であってよい。

【0019】

LED120は、用途において望ましい及び/又は使用可能な任意の形状を有して活性上面、つまり発光面128を有する(活性上面とは、LEDによって上面を通過して放射された光が、実質的に上面全体に広がることを意味する)。上面128は、最小横寸法 W_{min} を有する。例えば、発光面128は正方形であってよい。この場合、最小横寸法

50

W_{min} は正方形の幅に等しい。別の実施例として、上面は、長さ L と、 L よりも小さい幅 W を有する矩形であってよく、この場合、上面の最小横寸法 W_{min} は W である。このような場合、幅 W は、約 $50\ \mu\text{m}$ ~ 約 $1000\ \mu\text{m}$ 、又は約 $100\ \mu\text{m}$ ~ 約 $600\ \mu\text{m}$ 、又は約 $200\ \mu\text{m}$ ~ 約 $500\ \mu\text{m}$ の範囲であってよい。ある場合では、 W は、約 $250\ \mu\text{m}$ 、又は約 $300\ \mu\text{m}$ 、又は約 $350\ \mu\text{m}$ 、又は約 $4000\ \mu\text{m}$ 、又は約 $4500\ \mu\text{m}$ であってよい。ある場合では、幅 W は、約 $1\ \mu\text{m}$ ~ 約 $50\ \mu\text{m}$ 、又は約 $1\ \mu\text{m}$ ~ 約 $40\ \mu\text{m}$ 、又は約 $1\ \mu\text{m}$ ~ 約 $30\ \mu\text{m}$ の範囲であってよい。

【0020】

長さ L は、約 $500\ \mu\text{m}$ ~ 約 $3000\ \mu\text{m}$ 、又は約 $700\ \mu\text{m}$ ~ 約 $2500\ \mu\text{m}$ 、又は約 $900\ \mu\text{m}$ ~ 約 $2000\ \mu\text{m}$ 、又は約 $1000\ \mu\text{m}$ ~ 約 $2000\ \mu\text{m}$ の範囲であってよい。ある場合では、 L は約 $1100\ \mu\text{m}$ 、又は約 $1200\ \mu\text{m}$ 、又は約 $1500\ \mu\text{m}$ 、又は約 $1700\ \mu\text{m}$ 、又は約 $1900\ \mu\text{m}$ であってよい。更に別の実施例として、上面は、寸法 D を有する円形であってよく、この場合、上面の最小横寸法 W_{min} は D である。

10

【0021】

ある場合では、LED 120 の活性上面、つまり発光面 128 が修正されて、新しい活性上面を画定してよい。例えば、LED の活性上面が、例えば不伝導性コーティングを使用して選択的にパターン化されて、新しい活性上面を画定してよい。概して、活性上面は LED の主要発光領域、つまり出射領域であり、放射光線はこの領域を通過して、再発光構造体 140 に向かって LED を出射する。このような場合、放射光線は、実質的に上面全体から LED を出射する。

20

【0022】

概して、LED からの放射光は、様々な方向に沿って伝搬してよい。ある場合では、様々な放射光は、様々な方向に沿って伝搬してよい。ある場合では、当初所定方向に沿って伝搬していた放射光線は、例えば、LED の内面の反射又は散乱が原因で方向を変更してよい。ある場合では、光線 160A、160B、及び 160C などの幾つかの光線は上方向に伝搬し、再発光構造体 140 に向かって上面 128 を出射してよい。幾つかの他の光線は、異なる方向に伝搬し、上面 128 以外の領域から LED を出射してよい。例えば、光線 160D は LED の第 1 の側面 122 から LED を出射し、光線 160E は LED の第 2 の側面 124 から LED を出射する。ある場合では、このような光線は、再発光構造体 140 に入射しない。したがって、波長 λ_2 の光へは変換不能である。しかし、このような光線は、出力光線の一部として最終的には発光システム 100 を出射できる。この場合、出力光線は波長 λ_1 及び λ_2 の両方の光を有することができる。ある場合では、発光システム 100 から漏れた λ_1 の光は、特定の方向（ただし、すべての方向ではない）に沿って伝搬する。このような場合、システムの出力光は、異なる方向に沿って、異なる色など異なるスペクトル特性を有してよい。

30

【0023】

ある場合では、放射された第 1 の波長の光の主要部分が λ_1 の光 160 として活性上面 128 から再発光構造体 140 に向かって LED 120 を出射する。このような場合、LED を出射する波長 λ_1 の光の少なくとも 70%、又は少なくとも 80%、又は少なくとも 90%、又は少なくとも 95% は、再発光構造体 140 に向かって上面を通過する。放射された第 1 の波長の光の残りの部分は、上面 128 を通過して LED を出射するのではなく、例えば、LED の側面 122 及び 124 など LED の 1 つ以上の側面から出射する。

40

【0024】

例えば側面 122 などの LED の側面は、最大高さ T_{max} を有する最大の出射孔又は開口部を画定し、第 1 の波長 λ_1 の光はここを通過して LED を出射してよい。概して、 T_{max} は、少なくとも実質的に λ_1 で光学的に透明である、LED 内の様々な層の厚さの合計に相当する。ある場合では、 T_{max} は、LED 内の全半導体層の厚さの合計に相当する。ある場合では、 T_{max} は、 λ_1 で透明ではない縁部を除く LED の最大縁厚さに相当する。ある場合では、 T_{max} は、約 $1\ \mu\text{m}$ ~ 約 $1000\ \mu\text{m}$ 、又は約 $2\ \mu\text{m}$ ~ 約

50

500 μm、又は約3 μm～約400 μmの範囲である。ある場合では、 T_{max} は、約4 μm、又は約10 μm、又は約20 μm、又は約50 μm、又は約100 μm、又は約200 μm、又は約300 μmである。ある場合では、比率 W_{min}/T_{max} は十分に大きく、 λ_1 でLEDを出射する光の主要部分は上面128から出射し、より小さい残りの部分は側面などLEDの他の領域から出射する。例えば、このような場合、比率 W_{min}/T_{max} は、少なくとも約30、又は少なくとも約40、又は少なくとも約50、又は少なくとも約70、又は少なくとも約100、又は少なくとも約200、又は少なくとも約500である。

【0025】

再発光構造体140は、LED 120の上面128からLEDを出射する第1の波長(λ_1)の光を受容し、受容した光の少なくとも一部をスペクトル半値全幅(FWHM)が約50 nm未満、又は約30 nm未満、又は約15 nm未満、又は約10 nm未満、又は約5 nm未満、又は約1 nm未満である第2のピーク波長 λ_2 を有する、実質的に単色の光170にダウンコンバートする。図1に概略的に示されるように、再発光構造体は、波長 λ_1 を有する光線160Aの少なくとも一部を波長 λ_2 を有する光線170Aに、波長 λ_1 を有する光線160Bの少なくとも一部を波長 λ_2 を有する光線170Bに、波長 λ_1 を有する光線160Cの少なくとも一部を波長 λ_2 を有する光線170Cに変換するが、概して、変換された光線は、相当する入射光線の方向とは異なる方向に沿って伝搬してよい。例えば、入射光線160Aは、図1に概略的に示されるようにy軸に沿って伝搬してよく、変換された光線170Aは、例えばx軸又はx軸とy軸との間の任意の場所に位置する方向に沿って伝搬してよい。

10

20

【0026】

ある場合では、光線160Bなど光線の一部は、再発光構造体によって変換されなくてもよい。このような場合、 λ_1 の未変換の光の少なくとも一部は、再発光構造体140の活性上面、つまり発光面148を通過して再発光構造体によって光160B'として伝搬されてよい。ある場合では、再発光構造体140は、LED 120から受容する第1の波長の少なくとも20%、又は少なくとも30%、又は少なくとも40%、又は少なくとも50%、又は少なくとも60%、又は少なくとも70%、又は少なくとも80%、又は少なくとも90%を第2の波長の光に変換する。

【0027】

例示の発光システム100では、光170は再発光構造体の活性上面から発光システムを出射するが、ある場合では、変換された光の一部は、上面148以外の場所から発光システムを出射してよい。例えば、図1に明示されていない一部の変換された光線は、再発光構造体の1つ以上の側面から発光システムを出射してよい。別の例では、一部の変換された光線は、例えば発光システムの内面からの1つ以上の反射を受けた後で、LED 120の側面122及び124を通過して発光システムを出射してよい。

30

【0028】

概して、再発光構造体140は、光160の少なくとも一部を光170に変換できる任意の構造体又は材料を含んでよい。例えば、再発光構造体140は、蛍光体、蛍光染料、ポリフルオレンなどの共役発光有機材料、又は光輝性半導体層を含んでよい。再発光構造体140として使用できる例示の蛍光体としては、ストロンチウムチオガレート、ドーブGaN、銅活性化硫化亜鉛、及び銀活性化硫化亜鉛が挙げられる。その他の有用な蛍光体としては、ドーブYAG、ケイ酸塩、窒素化ケイ素、窒化ケイ素、及びアルミン酸塩系蛍光体が挙げられる。かかる蛍光体の例には、Ce:YAG、SrSiON:Eu、SrBaSiO:Eu、SrSiN:Eu及びBaSrSiN:Euが挙げられる。

40

【0029】

ある場合では、再発光構造体140は、Ce:YAGスラブなどのスラブ蛍光体(slab phosphor)を含んでよい。Ce:YAGスラブは、例えば、米国特許第7,361,938号に記載されているように、例えばCe:YAG蛍光粒子を高温かつ高圧で焼成して、実質的に光学的に透過性かつ非散乱性のスラブを形成することにより作製することがで

50

きる。

【0030】

ある場合では、再発光構造体140は、ポテンシャル井戸、量子井戸、量子細線、量子ドット、又はそれぞれの多数の若しくは複数を含んでよい。無機半導体ポテンシャル及び量子井戸などの無機ポテンシャル及び量子井戸は、通常、例えば、有機材料と比べて高い光変換効率を有しており、水分などの環境要素の影響を受けにくいことにより、より信頼性が高い。更に、無機ポテンシャル井戸及び量子井戸は、より狭い出力スペクトルを有する傾向にあり、例えば、改善された色域をもたらす。

【0031】

本明細書で使用するとき、ポテンシャル井戸は、キャリアを1つの次元内だけに閉じ込めるように設計された多層半導体構造内の半導体層(1つ又は複数)を意味しており、その際、半導体層(1つ又は複数)は、周囲の層よりも低い伝導帯エネルギー、及び/又は周囲の層よりも高い価電子帯エネルギーを有する。量子井戸は、一般に、量子化効果が井戸内の電子正孔対再結合のためのエネルギーを増大させるほど十分に薄いポテンシャル井戸を意味する。量子井戸は、通常、約100nm以下又は約10nm以下の厚さを有する。量子細線は、2つの直交方向に沿ってキャリア閉じ込めを提供し、通常、それぞれのキャリア閉じ込め方向に沿って約100nm以下又は約10nm以下の厚さを有する。量子ドットは、3個の相互直交方向に沿ってキャリア閉じ込めを提供し、通常、約100nm以下又は約10nm以下の最大寸法を有する。

【0032】

ある場合では、LED120は、ピーク発光の1つの波長である波長 λ_1 で1つ以上のピークを備える発光スペクトルを有する。ある場合では、LED120は、本質的に単一の波長 λ_1 で発光する。つまり、放射スペクトルは、 λ_1 の狭いピークと、狭いスペクトル半値全幅(FWHM)とを有する。このような場合、FWHMは、約50nm未満、又は約10nm未満、又は約5nm未満、又は約1nm未満であってよい。ある場合では、LED光源は、III-V族LED光源であってよい。ある場合では、LED光源の代わりにIII-V族半導体レーザ光源などの半導体レーザ光源を使用してよい。ある場合では、ポンプ波長 λ_1 は、約350nmと約500nmとの間である。例えば、このような場合、 λ_1 は、約405nmであってよい。

【0033】

ある場合では、発光システム100を出射する光は、実質的に単色である。つまり、出射光は、実質的に第2の波長 λ_2 の光であり、第1の波長の光をほとんど含まないか、全く含まない。このような場合、発光システム100を出射する第2の波長 λ_2 のすべての光の総合発光強度、つまり合計発光強度は、発光システムを出射する第1の波長 λ_1 のすべての光の総合発光強度、つまり合計発光強度の少なくとも4倍、又は少なくとも10倍、又は少なくとも20倍、又は少なくとも50倍である。発光システム100の総合発光強度は、すべての放射角度及び方向について1つ以上の波長でシステムの出力強度を統合することによって測定され、ある場合では、4平方ラジアン又は4ステラジアンであってよい。

【0034】

ある場合では、異なる方向に沿って発光システム100を出射する光は、色などの異なるスペクトル特性を有してよい。例えば、異なる方向に沿って進む光は、異なる比率の第1の波長の光及び第2の波長の光を有してよい。例えば、図2は、第1の方向210(y軸)に実質的に沿って光220を放射し、異なる第2の方向240に実質的に沿って光230を放射する発光システム100を概略的に示す。ある場合では、光220及び230は異なるスペクトル特性を有してよい。例えば、光220は、光230よりも大きい第2の波長内容を有してよい。ある場合、例えば比率 W_{min}/T_{max} が十分に大きい場合には、光220及び230は、実質的に同じスペクトル特性を有してよい。例えば、ある場合では、光220は、色度座標 x_1 及び y_1 を有する第1の色 C_1 を有してよく、光230は、色度座標 x_2 及び y_2 を有する第2の色 C_2 を有してよく、色 C_1 と色 C_2 とは

10

20

30

40

50

実質的に同じである。このような場合、 x_1 と x_2 との差の絶対値及び y_1 と y_2 との差の絶対値は、それぞれ約 0.01 以下、又は約 0.005 以下、又は約 0.002 以下、又は約 0.001 以下、又は約 0.0005 以下である。

【0035】

ある場合では、第 1 の方向 210 と第 2 の方向 240 との間の角度は、約 10 度以上、又は約 15 度以上、又は約 20 度以上、又は約 25 度以上、又は約 30 度以上、又は約 35 度以上、又は約 40 度以上、又は約 45 度以上、又は約 50 度以上、又は約 55 度以上、又は約 60 度以上、又は約 65 度以上、又は約 70 度以上である。

【0036】

概して、LED 120 は、所望の波長で発光できる任意の LED であってよい。例えば、ある場合では、LED 120 は、UV 光、紫色光、又は青色光を放射する LED であってよい。ある場合では、LED 120 は、1 つ以上の p 型半導体層及び / 又は n 型半導体層、1 つ以上のポテンシャル井戸及び / 又は量子井戸を含み得る 1 つ以上の活性層、緩衝層、基板層、並びにスーパーストレート (superstrate) 層を含んでよい。

10

【0037】

ある場合では、LED 120 は、III-V 族半導体 LED であってよく、AlGaInN 半導体合金を包含してよい。例えば、LED 120 は、GaN 系 LED であってよい。ある場合では、色スペクトルなどの LED 120 の発光スペクトルは、電源 180 によって LED に印加される入力励起信号のサイズ又は大きさには実質的に依存しなくてよい。例えば、ある場合、LED 120 が GaN 系 LED であり、電源 180 の励起信号又は出力が励起信号の最大定格の約 50% から約 100% に変化した場合には、波長 λ_1 で LED 120 から放射される光 160 の色度座標 x_1 及び y_1 は、それぞれ約 1% 以下、又は約 0.5% 以下、又は約 0.1% 以下変化する。

20

【0038】

ある場合、例えば、LED 120 が GaN 系 LED であり、再発光構造体 140 が 1 つ以上の III-V 族ポテンシャル井戸を含み、電源 180 の励起信号又は出力が励起信号の最大定格の約 50% から約 100% に変化した場合には、波長 λ_2 の光 170 の色度座標 x_2 及び y_2 は、それぞれ約 1% 以下、又は約 0.5% 以下、又は約 0.1% 以下変化する。

30

【0039】

ある場合では、再発光構造体 140 は、第 1 の波長 λ_1 の光の少なくとも一部を吸収し、吸収した光の少なくとも一部を第 2 の波長 λ_2 の光として再発光することによって第 1 の波長の入射光線 160 の少なくとも一部を第 2 の波長の出力光 170 に変換する。この場合、第 2 の波長 λ_2 は、第 1 の波長 λ_1 よりも大きい。例えば、ある場合では、第 1 の波長 λ_1 は UV、紫色、又は青色であり、第 2 の波長 λ_2 は青色、緑色、黄色、琥珀色、又は赤色である。

【0040】

図 3 は、再発光構造体 140 に類似の再発光構造体 340 に含まれてよい、様々な例示の層の概略である。具体的には、再発光構造体 340 は、第 1 のウィンドウ 320、第 2 のウィンドウ 360、第 1 の光吸収層 330、第 2 の吸収層 350、及びポテンシャル井戸 370 を含む。

40

【0041】

ある場合では、ポテンシャル井戸 370 は、LED 120 が発光する光子のエネルギー E_1 よりも小さい遷移エネルギー E_{pw} を有する、III-V 族半導体ポテンシャル井戸である。概して、ポテンシャル井戸 370 の遷移エネルギーは、ポテンシャル井戸又は量子井戸が再発光する光子のエネルギー E_2 に実質的に等しい。

【0042】

ある場合では、ポテンシャル井戸 370 は、合金の 3 つの構成要素として化合物 ZnSe、CdSe、及び MgSe を有する、CdMgZnSe 合金を含むことができる。ある場合では、Cd、Mg、及び Zn のうちの 1 つ以上、特に Mg は、合金に存在しなくても

50

よい。例えば、ポテンシャル井戸370は、赤色で再放射することができる $Cd_{0.70}Zn_{0.30}Se$ 量子井戸、又は緑色で再放射することができる $Cd_{0.33}Zn_{0.67}Se$ 量子井戸を含むことができる。別の例として、ポテンシャル井戸370は、Cd、Zn、Se、及び所望によりMgの合金を含むことができ、その場合、合金系は、 $Cd(Mg)ZnSe$ によって表すことができる。別の例として、ポテンシャル井戸370は、Cd、Mg、Se、及び所望選択のZnの合金を含むことができる。ある場合では、ポテンシャル井戸はZnSeTeを含むことができる。ある場合では、量子井戸370は、約1nm~約100nm、又は約2nm~約35nmの範囲の厚さを有する。

【0043】

一般に、ポテンシャル井戸370は、任意の伝導及び/又は価電子帯プロファイルを有することができる。例示のプロファイルは、例えば、米国特許出願第60/893804号に記載されており、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。

【0044】

ある場合では、ポテンシャル井戸370は、nドープ又はpドープされていてよく、その際、ドーピングは、任意の好適な方法によって、及び任意の好適なドーパントを含めることによって、達成することができる。ある場合では、LED120及び再発光構造体340は、2つの異なる半導体族からのものであってもよい。例えば、このような場合、LED120はIII~V族半導体デバイスであってよく、再発光構造体340はII-VI族ポテンシャル井戸であってよい。ある場合では、LED120はAlGaInN半導体合金を含んでよく、再発光構造体340はCd(Mg)ZnSe半導体合金を含んでよい(ここで括弧に括られている材料は任意の材料である)。

【0045】

例示の再発光構造体340は、1つのポテンシャル井戸を含む。ある場合では、再発光構造体340は多数のポテンシャル井戸を有してよい。例えば、このような場合、再発光構造体340は、少なくとも2個のポテンシャル井戸、又は少なくとも5個のポテンシャル井戸、又は少なくとも10個のポテンシャル井戸を有してよい。ある場合では、再発光構造体340は、少なくとも2個のポテンシャル井戸、又は少なくとも3個のポテンシャル井戸、又は少なくとも4個のポテンシャル井戸を有してよく、ポテンシャル井戸の少なくとも幾つかは、異なる遷移エネルギーを有する。

【0046】

ある場合では、ポテンシャル井戸370は、第1の波長 λ_1 の光を実質的に吸収する。例えば、このような場合、ポテンシャル井戸370は、ポテンシャル井戸に入射する第1の波長 λ_1 の光の少なくとも30%、又は少なくとも40%、又は少なくとも50%を吸収する。ある場合では、ポテンシャル井戸370は、第1の波長 λ_1 において実質的に光透過性である。例えば、このような場合、ポテンシャル井戸370は、ポテンシャル井戸に入射する第1の波長 λ_1 の光の少なくとも60%、又は少なくとも70%、又は少なくとも80%、又は少なくとも90%を伝搬する。

【0047】

ある場合では、再発光構造体340は、II~VI族化合物の少なくとも1つの層を含む。例えば、このような場合、再発光構造体340は、LED120が発光するUV光、紫色光、又は青色光などの光の少なくとも一部を緑色光又は赤色光などのより長い波長の光に変換できる1つ以上のII~VI族ポテンシャル井戸を含んでよい。

【0048】

第1の吸収層330及び第2の吸収層350は、ポテンシャル井戸370に隣接して、LED120から放射される光の吸収を助ける。ある場合では、吸収層は1つ以上の材料を含み、1つ以上の材料内の光生成キャリアがポテンシャル井戸へと効率的に拡散できる。ある場合では、光吸収層は、II~VI族半導体など、無機半導体などの半導体を含んでもよい。例えば、吸収層330及び350の少なくとも1つは、Cd(Mg)ZnSe半導体合金を含んでもよい。

【0049】

10

20

30

40

50

ある場合では、光吸収層は、LED 120が放射した光子のエネルギーよりも小さいバンドギャップエネルギーを有する。そのような場合では、光吸収層は、光源によって放射される光を強力に吸収することができる。例えば、このような場合、再発光構造体340内の光吸収層は、LED 120から再発光構造体340に入射する第1の波長 λ_1 の入射光の少なくとも50%、又は少なくとも60%、又は少なくとも70%、又は少なくとも70%、又は少なくとも80%、又は少なくとも90%、又は少なくとも95%を吸収できる。ある場合では、光吸収層は、ポテンシャル井戸370の遷移エネルギーよりも大きいバンドギャップエネルギーを有する。そのような場合では、光吸収層は、ポテンシャル井戸によって再放射される光に対して、実質的に、光学的に透明である。例えば、このような場合、再発光構造体340内の光吸収層は、ポテンシャル井戸370が放射した第2の波長 λ_2 の光の少なくとも50%、又は少なくとも60%、又は少なくとも70%、又は少なくとも70%、又は少なくとも80%、又は少なくとも90%、又は少なくとも95%を伝搬できる。

10

【0050】

ある場合では、光吸収層330及び350の少なくとも1つは、ポテンシャル井戸370に密接に隣接してもよく、すなわち、1つ又は数個の介在層が吸収層とポテンシャル井戸との間に配置されてもよい。ある場合では、光吸収層330及び350の少なくとも1つは、ポテンシャル井戸370に直接隣接してもよく、すなわち、いずれの介在層も吸収層とポテンシャル井戸との間に配置されない。

20

【0051】

例示の再発光構造体340は、2個の光吸収層330及び350を含む。概して、光変換層は、0、1、2又はそれ以上の光吸収層を含んでよい。概して、光吸収層は、ポテンシャル井戸370に十分密接しており、光吸収層内の光生成キャリアは、ポテンシャル井戸に拡散する適切な機会を有する。ある場合、例えば再発光構造体340が光吸収層を含まないか、十分な数の光吸収層を含まない場合には、再発光構造体内のポテンシャル井戸は、実質的に第1の波長 λ_1 で光を吸収できる。

【0052】

第1のウィンドウ320及び第2のウィンドウ360は、主としてバリアを提供するように設計され、吸収層で光生成される電子-正孔対などのキャリアは、面322など再発光構造体340の自由面、つまり外部面に拡散しないしは別の方法で移動しないか、又は拡散しないしは別の方法で移動する機会がほとんどない。例えば、第1のウィンドウ320は、少なくとも部分的にLED 120が放射した吸収光の結果として第1の吸収層330で生成されたキャリアが、無放射で再結合できる面322に拡散しないように設計されている。ある場合では、ウィンドウ320及び360は、LED 120で放射される光子のエネルギーよりも大きいバンドギャップエネルギーを有する。このような場合、ウィンドウ320及び360は、LED 120で放射される光、及びポテンシャル井戸370で再発光される光に対して、実質的に、光学的に透明である。例えば、このような場合、第1の波長 λ_1 又は第2の波長 λ_2 でのウィンドウ320及び360の光透過率は、少なくとも60%、又は少なくとも70%、又は少なくとも80%、又は少なくとも90%、又は少なくとも95%である。

30

40

【0053】

図3の例示の再発光構造体340は、2個のウィンドウを含む。概して、光変換層は、0、1、2又はそれ以上のウィンドウを含んでよい。例えば、ある場合では、再発光構造体340は、LED 120とポテンシャル井戸370との間又はLED 120と光吸収層330との間に配置された単一のウィンドウを有してよい。

【0054】

ある場合では、再発光構造体340内の2つの隣接する層間の境界面の位置は、明確に画定された、つまりはっきりとした境界面であってよい。ある場合では、層内の材料組成物は、厚さ方向に沿った距離に応じて変化し、2つの隣接する層間の境界面は、明確でなくてもよく、例えば段階的な境界面であってよい。例えばある場合では、第1の吸収層

50

330及び第1のウィンドウ320は、同じ材料構成成分を有するが、異なる材料濃度であり得る。そのような場合では、吸収層の材料組成物は、ウィンドウ層の材料組成物に徐々に変化し2層間の段階的な境界面が得られる。例えば、両方の層がMgを含む場合では、Mgの濃度は吸収層からウィンドウへ段階的に移るときに増加していてもよい。

【0055】

例示の再発光構造体340は、2つの光吸収層330と350との間に配置された単一のポテンシャル井戸370を含む。概して、再発光構造体340は1つ以上のポテンシャル井戸を有してよい。ある場合では、再発光構造体340内のポテンシャル井戸は、より大きいバンドギャップエネルギーを有する2層の間に直接隣接して配置され、2層のうち少なくとも1つは、実質的に第1の波長 λ_1 の光を吸収している。

10

【0056】

ある場合では、再発光構造体340は、図3に明示される層以外の層を含んでよい。例えば、再発光構造体340は、再発光構造体340における歪みを補償又は緩和するために、IⅢ-V族歪補償層などの歪補償層を含んでよい。歪補償層は、例えば、ポテンシャル井戸370と第1の吸収層330及び/又は第2の吸収層350との間に配置されてよい。歪補償層は、例えば、ZnSSe及び/又はBeZnSeを含むことができる。

【0057】

図1を再び参照すると、基板105は、用途において好適な任意の材料を含んでよい。例えば、基板105は、Si、Ge、GaAs、GaN、InP、サファイア、SiC、及びZnSeを含んでよく、又はそれらで作製されてよい。場合によっては、基板105は、Si基板、GaN基板、又はSiC基板とすることができる。ある場合では、基板105は、nドーピング、pドーピング、絶縁、又は半絶縁であってよく、ドーピングは、任意の好適な方法によって、及び/又は任意の好適なドーパントを含めることによって、達成されてよい。

20

【0058】

ある場合では、LED120は、再発光構造体140から分離していてもよい。ある場合では、例えば接着層130を使用してこの2つを結合することが望ましいこともある。概して、LED120は、ホットメルト接着剤などの接着剤、溶接、加圧、熱、若しくはこのような方法の任意の組み合わせなどの任意の好適な方法によって、又は用途において望ましいことのある他の方法によって、再発光構造体140に取り付けるか、接合することができる。好適なホットメルト接着剤の例としては、半結晶ポリオレフィン、熱可塑性ポリエステル、及びアクリル樹脂が挙げられる。

30

【0059】

他の例示の接着材料としては、Norland Products (Cranbury, NJ) から供給されるNorland 83Hなどのアクリレート系光学接着剤など光学的に透明なポリマー接着剤を含む光学的に透明なポリマー材料、3M Company (St. Paul, MN) から供給されるScotch-Weld瞬間接着剤などのシアノアクリレート、Dow Chemical Company (Midland, MI) から供給されるCyclotene (商標) などのベンゾシクロブテン、Ted Pella Inc. (Redding, CA) から供給されるCrystal Bondなどの透明ワックス、ケイ酸ナトリウム系の液体、水、又は可溶性ガラス、及びスピンオンガラス(SOG)などが挙げられる。

40

【0060】

ある場合では、LED120は、例えば、Q. - Y. Tong and U. Goselle, 「Semiconductor Wafer Bonding」 (John Wiley & Sons, New York, 1999) の第4章及び第10章に記載されているようにウエファー結合技法によって再発光構造体140に取り付けることができる。

【0061】

図4は、活性上面428、第1の側面422、及び第2の側面424を有するLED

50

420を含む発光システム400の概略側面図である。このLEDは、第1の波長 λ_1 の光460を放射することができ、一般のy方向に沿うなど1つ以上の所定の方向に沿ってLEDからの発光を強化し、一般のx方向及びz方向に沿うなど他の方向に沿って発光を抑制するように設計されている内部パターン490(LEDに対して内部)を含む。この場合、所定の方向及び他の方向は、異なる用途に応じて異なってよい。例示の発光システム400では、パターン490は、LEDの活性上面428からの発光を強化又は増加するように設計されている。パターン490は、LEDの1つ以上の側面からの発光を減少又は抑制するように更に設計されている。例えば、パターン490は、y軸に沿って光線460A、460B、及び460Cの放射を強化して、上面428からLEDを出射させ、第1の側面422からの光線460Dの放射及び第2の側面424からの光線460Eの放射を抑制する。 10

【0062】

パターン490は、主として1つ以上の所定の方向に沿って発光を強化し、1つ以上の他の所定の方向に沿って発光を抑制できる任意のパターンであってよい。幾つかの例示のプロファイルは、例えば、米国特許出願第5,955,749号及び同第6,831,302号に記載されており、これらはともに参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。ある場合では、パターン490は位相パターンであってよい。つまりこのパターンは、少なくとも主として屈折率パターンである。このような場合、屈折率は1つ以上の方向に沿って変化し、その結果、パターンが形成される。ある場合では、パターン490は、少なくとも主として層厚パターン又は表面レリーフパターンであってよい。このような場合、1つ以上の層の厚みは1つ以上の方向に沿って変化し、その結果、レリーフ又は厚みパターンが形成される。例えば、ある場合では、パターン490は、正方形又は正弦波形状の位相格子又は厚み格子などの位相格子又は厚み格子であってよい。 20

【0063】

ある場合では、厚みパターン又はレリーフパターンは、1つ以上の層にパターンをエッチングすることによって形成されてよい。ある場合では、エッチングは、1つ以上の層の1つ以上の領域を完全に貫通してよい。ある場合では、LED420は多数の層を含み、このパターン490は、LEDの1つ以上の層内の厚みパターンである。

【0064】

ある場合では、パターン490は周期的なパターンであってよい。ある場合では、パターン490は周期的な誘電率パターンであってよい。ある場合では、パターン490は非周期的又は準周期的なパターンであってよい。ある場合では、パターン490は、一次元、つまり線パターン、二次元、つまり表面パターン、三次元、つまり容積パターン、又はこれらの任意の組み合わせであってよい。 30

【0065】

パターン490は、LED420内の異なる位置にあってよく、LEDは、1つ以上のp型及び/又はn型半導体層、1つ以上のポテンシャル井戸及び/又は量子井戸を含み得る1つ以上の活性発光層、1つ以上の緩衝層、及び用途において望ましい場合があり得るその他の層を含んでよい。例えば、図5は、nドープされている上クラッド層510、量子井戸520、及びpドープされている下クラッド層540を含むLED500の概略側面図である。図5は、単一量子井戸(SQW)構造を示す。ある場合では、LED500は、図5に明示されていない多重量子井戸(MQW)を含んでよい。ある場合では、パターン490は、完全にLEDの1つの層内にあってよい。例えば、パターン530は、完全に上クラッド層510内にあり、パターン531は完全に量子井戸520内にあり、パターン532は完全に下クラッド層540内にある。ある場合、例えばパターン520の場合には、LED内のポテンシャル井戸又は量子井戸は、パターン全体を含む。ある場合では、パターン490の全体は、2つ以上の直接隣接する層内に含まれてよい。つまり、例えば、1つの層がパターンの一部を含み、直接隣接する層がパターンの残りの部分を含む。例えば、パターン534は、完全に直接隣接する層510及び520内にある。別の例として、パターン533は、直接隣接する層510、520、及び540内にあ 40 50

る。ある場合では、パターン490は、LED内の境界面にあってよい。例えば、パターン535は、層520と540との間の境界面525にある。

【0066】

ある場合では、パターン490は、三角形、正方形、又は矩形のアレイを形成してよい。例えば、図6Aのパターン610は、要素615の三角形のアレイを形成し、図6Bのパターン620は、要素625の矩形のアレイを形成する。ある場合では、パターン490は、2つ以上のパターン又はアレイの重ね合わせであってよい。

【0067】

図4を再び参照すると、再発光構造体140は、Cd(Mg)ZnSe又はZnSeTeポテンシャル井戸などのII-VI族ポテンシャル井戸を含んでよい。再発光構造体140は、LED420を出射する波長 λ_1 の光460を受容し、受容した光の少なくとも一部を第2の波長 λ_2 の光470に変換する。ある場合では、LED420を出射し、再発光構造体140で受容された第1の波長の光の相当部分は、LEDの活性上面428を通過してLEDを出射する。例えば、このような場合、LED420を出射し、再発光構造体140で受容された第1の波長の光460の少なくとも50%、又は少なくとも60%、又は少なくとも70%、又は少なくとも80%、又は少なくとも90%、又は少なくとも95%、又は少なくとも98%は、LEDの活性上面428を通過してLEDを出射する。

【0068】

ある場合では、発光システム400を出射する光は、実質的に単色である。つまり、出射光は、実質的に第2の波長 λ_2 の光であり、第1の波長 λ_1 の光をほとんど含まないか、全く含まない。このような場合、発光システム400を出射する第2の波長 λ_2 のすべての光の総合発光強度、つまり合計発光強度は、発光システム400を出射する第1の波長 λ_1 のすべての光の総合発光強度、つまり合計発光強度の少なくとも4倍、又は少なくとも10倍、又は少なくとも20倍、又は少なくとも50倍である。

【0069】

ある場合では、異なる方向に沿って発光システム400を出射する光は、色などの異なるスペクトル特性を有してよい。例えば、異なる方向に沿って進む光は、異なる比率の第1の波長の光及び第2の波長の光を有してよい。例えば、出力光470は、実質的に第1の方向475(y軸)に沿って伝搬してよく、出力光471は、実質的に第2の方向476に沿って伝搬してよい。ある場合では、光470及び471は異なるスペクトル特性を有してよい。例えば、光470は、光471よりも大きい第2の波長内容を有してよい。ある場合、例えばパターン490によって主としてyに沿った発光がもたらされる場合には、光470及び471は、実質的に同じスペクトル特性を有する。例えば、ある場合では、光470は、CIE色度座標 u_1' 及び v_1' と、色度座標 x_1 及び y_1 とを有する第1の色 C_1 を有してよく、光471は、色度座標 u_2' 及び v_2' と、色度座標 x_2 及び y_2 とを有する第2の色 C_2 を有してよく、色 C_1 と色 C_2 とは実質的に同じである。このような場合、 u_1' と u_2' との差の絶対値及び v_1' と v_2' との差の絶対値は、それぞれ0.01以下、又は0.005以下、又は0.004以下、又は0.003以下、又は0.002以下、又は0.001以下、又は0.0005以下であり、色 C_1 と C_2 との差(u' , v')は、0.01以下、又は0.005以下、又は0.004以下、又は0.003以下、又は0.002以下、又は0.001以下、又は0.0005以下である。

【0070】

ある場合では、第1の方向475と第2の方向476との間の角度 θ は、約10度以上、又は約15度以上、又は約20度以上、又は約25度以上、又は約30度以上、又は約35度以上、又は約40度以上、又は約45度以上、又は約50度以上、又は約55度以上、又は約60度以上、又は約65度以上、又は約70度以上である。

【0071】

図8は、第1の波長 λ_1 の光860を放射できる、LED820などのエレクトロル

10

20

30

40

50

ミネッセンスデバイス 820 を含む発光システム 800 の概略側面図である。LED 820 は、第 1 の波長 λ_1 でのエレクトロルミネッセンスデバイスの活性上面 828 からの発光を強化し、側面 822 及び 824 などのエレクトロルミネッセンスデバイスの 1 つ以上の側面など他の方向からの発光を抑制するための形状を有する。

【0072】

ある場合では、LED 820 は、側面 822 又は 824 などの LED の側面に向けて LED 820 内を伝搬する第 1 の波長の光の相当部分を活性上面 828 に向けて方向転換させる形状である。例えば、図 8 の LED 820 は、上面に垂直な $x-y$ 面などの平面に実質的に台形の横断面を有する。この側面は、第 1 の側面 822 に向けて伝搬する波長 λ_1 の光線 860A を、光線 860A' とし、上面 828 に向けて側面 822 によって方向転換させ、第 2 の側面 824 に向けて伝搬する波長 λ_1 の光線 860B を、光線 860B' とし、上面 828 に向けて側面 824 によって方向転換させるように設計され、配置される。

10

【0073】

例示の発光システム 800 では、LED 820 は、円錐台又はピラミッドの形状を有し、第 1 の側面 822 と第 2 の側面 824 は平行ではない。概して、LED 820 は、第 1 の波長 λ_1 での LED 820 の活性上面 828 からの発光を強化し、側面 822 及び 824 など LED 820 の 1 つ以上の側面からの発光を抑制できる任意の形状を有してよい。

【0074】

発光システム 800 は、Cd(Mg)ZnSe 又は ZnSeTe ポテンシャル井戸などの II-VI 族ポテンシャル井戸を含み、LED 820 を出射する第 1 の波長の光を受容し、受容した光の少なくとも一部を第 2 の波長 λ_2 の光に変換する再発光構造体 140 を更に含む。例えば、再発光構造体 140 は、LED 820 を出射する波長 λ_1 の光 860 を受容し、受容した光の少なくとも一部を第 2 の波長 λ_2 の出力光 870 に変換する。ある場合では、LED 820 を出射し、再発光構造体 140 で受容される第 1 の波長の光の相当部分は、LED の活性上面 828 を通過して LED を出射する。例えば、このような場合、LED 820 を出射し、再発光構造体 140 で受容される第 1 の波長の光 860 の少なくとも 50%、又は少なくとも 60%、又は少なくとも 70%、又は少なくとも 80%、又は少なくとも 90%、又は少なくとも 95%、又は少なくとも 98% は、LED の活性上面 828 を通過して LED を出射する。

20

30

【0075】

ある場合では、発光システム 800 を出射する光は、実質的に単色である。つまり、出射光は、実質的に第 2 の波長 λ_2 の光であり、第 1 の波長 λ_1 の光をほとんど含まないか、全く含まない。このような場合、発光システム 800 を出射する第 2 の波長 λ_2 のすべての光の総合発光強度、つまり合計発光強度は、発光システム 800 を出射する第 1 の波長 λ_1 のすべての光の総合発光強度、つまり合計発光強度の少なくとも 4 倍、又は少なくとも 10 倍、又は少なくとも 20 倍、又は少なくとも 50 倍である。

【0076】

ある場合では、異なる方向に沿って発光システム 800 を出射する光は、色などの異なるスペクトル特性を有してよい。例えば、異なる方向に沿って進む光は、異なる比率の第 1 の波長の光及び第 2 の波長の光を有してよい。例えば、実質的に第 1 の方向 874 (y 軸) に沿って伝搬する出力光 870 及び実質的に第 2 の方向 876 に沿って伝搬する出力光 872 は、異なるスペクトル特性を有してよい。例えば、光 870 は、光 872 よりも大きい第 2 の波長内容を有してよい。ある場合、例えば側面 822 及び 824 が、他の方向に沿って伝搬する光を方向転換させることによって主として y 軸に沿った発光を強化する場合には、光 870 及び 872 は、実質的に同じスペクトル特性を有する。例えば、このような場合、光 870 は、CIE 色度座標 u_1' 及び v_1' と、色度座標 x_1 及び y_1 とを有する第 1 の色 C_1 を有してよく、光 872 は、色度座標 u_2' 及び v_2' と、色度座標 x_2 及び y_2 とを有する第 2 の色 C_2 を有してよく、色 C_1 と色 C_2 とは実質的に同

40

50

じである。このような場合、 u_1' と u_2' との差の絶対値及び v_1' と v_2' との差の絶対値は、それぞれ 0.01 以下、又は 0.005 以下、又は 0.004 以下、又は 0.003 以下、又は 0.002 以下、又は 0.001 以下、又は 0.0005 以下であり、色 C_1 と C_2 との差 (u' , v') は、0.01 以下、又は 0.005 以下、又は 0.004 以下、又は 0.003 以下、又は 0.002 以下、又は 0.001 以下、又は 0.0005 以下である。

【0077】

ある場合では、第1の方向874と第2の方向876との間の角度は、約10度以上、又は約15度以上、又は約20度以上、又は約25度以上、又は約30度以上、又は約35度以上、又は約40度以上、又は約45度以上、又は約50度以上、又は約55度以上、又は約60度以上、又は約65度以上、又は約70度以上である。

10

【0078】

図9は、第1の側面922、第2の側面924、及び活性上面928を含み、第1の波長 λ_1 の光960を上面928から放射できる、LED120などのエレクトロルミネッセンスデバイス120を含む、発光システム900の概略側面図である。発光システム900は、遮断しなければ側面から出射する第1の波長 λ_1 の光を遮断するための、エレクトロルミネッセンスデバイス120の側面に隣接する又は側面付近にある1つ以上の光遮断構造体を更に含む。例えば、光遮断構造体910は、遮断しなければ側面922から出射する、第1の波長 λ_1 の放射光960Aを遮断し、遮断しなければ側面924から出射する、第1の波長 λ_1 の放射光960Bを遮断する。ある場合では、光遮断構造体910及び920は、別個の独立した構造体であってよい。ある場合では、光遮断構造体910及び920は、発光システムの1つ以上の側面から出射しないように光を遮断する構造体の一体部分であってよい。

20

【0079】

再発光構造体140は、Cd(Mg)ZnSe又はZnSeTeポテンシャル井戸などのII-VI族ポテンシャル井戸を含み、活性上面928からエレクトロルミネッセンスデバイスを出射する第1の波長の光960を受容し、受容した光の少なくとも一部を第2の波長 λ_2 の光970に変換する。

【0080】

光遮断構造体910及び920は、用途において望ましい及び/又は使用可能な任意の手段で、横方向に伝搬する光を遮断してよい。例えば、ある場合では、光遮断構造体910及び920は、主に光を吸収することによって光を遮断する。光吸収構造体の例としては、様々なフォトレジストなどのポリマーが挙げられる。他のある場合では、光遮断構造体910及び920は、主に光を反射させることによって光を遮断する。光反射構造体の例としては、銀又はアルミニウムなどの金属が挙げられる。ある場合では、構造体は、部分的に光を吸収し、部分的に光を反射させることによって光を遮断する。

30

【0081】

ある場合では、光遮断構造体910及び920の1つ以上は、第1の波長 λ_1 の光を遮断するが、所定の波長範囲内にある他の波長を遮断しなくてよい。例えば、第1の光960がUV光、紫色光、又は青色光であり、変換された光970が緑色光、又は赤色光の場合、光遮断構造体910及び920は、UV光、紫色光、又は青色光を遮断するが、電磁スペクトルの可視範囲にある他の光は遮断しなくてよい。

40

【0082】

ある場合では、光遮断構造体910及び920は電気絶縁性であり、エレクトロルミネッセンスデバイスの少なくとも1つの電極に直接接続しているか、直接接触してよい。例えば、電気絶縁性の光遮断構造体910の場合、この構造体は、2つの電極間で電氣的短絡を起こさずに(例えば、構造体920を貫通して)底面電極110及び上面電極112に直接接触してよい。

【0083】

ある場合では、光遮断構造体910及び920は、LED120の側面から出射する

50

光を遮断するが、再発光構造体 140 など発光システムの他の要素の側面からの光は遮断しない。ある場合、例えば例示の発光システム 900 システムの場合では、光遮断構造体 910 は上方向に延び、再発光構造体 140 の側面 942 を覆う。このような場合、光遮断構造体 910 は、遮断しなければ再発光半導体構造体の側面 942 を出射する、第 1 の波長 λ_1 の光及び / 又は第 2 の波長 λ_2 の光を遮断してよい。

【0084】

ある場合では、LED 120 の側面とこの側面に隣接する光遮断構造体との間に中間領域がある。例えば、図 10 は、光遮断構造体 910 及び 920 と LED 120 の 4 側面との間に中間領域 1020 を含む、発光システム 900 の概略平面図である。

【0085】

ある場合では、発光システム 900 を出射する光は、実質的に単色である。つまり、出射光は、実質的に第 2 の波長 λ_2 の光であり、第 1 の波長 λ_1 の光をほとんど含まないか、全く含まない。このような場合、発光システム 900 を出射する第 2 の波長 λ_2 のすべての光の総合発光強度、つまり合計発光強度は、発光システム 900 を出射する第 1 の波長 λ_1 のすべての光の総合発光強度、つまり合計発光強度の少なくとも 4 倍、又は少なくとも 10 倍、又は少なくとも 20 倍、又は少なくとも 50 倍である。

【0086】

ある場合では、異なる方向に沿って発光システム 900 を出射する光は、色などの異なるスペクトル特性を有してよい。例えば、異なる方向に沿って進む光は、異なる比率の第 1 の波長の光及び第 2 の波長の光を有してよい。例えば、実質的に第 1 の方向 974 (y 軸) に沿って伝搬する出力光 970 及び実質的に第 2 の方向 976 に沿って伝搬する出力光 972 は、異なるスペクトル特性を有してよい。例えば、光 970 は、光 972 よりも大きい第 2 の波長内容を有してよい。ある場合、例えば光遮断構造体 910 及び 920 がエレクトロルミネッセンスデバイスの側面から発光システムを出射する光 960 を遮断する場合には、光 970 及び 972 は実質的に同じスペクトル特性を有する。例えば、ある場合では、光 970 は、CIE 色度座標 u_1' 及び v_1' と、色度座標 x_1 及び y_1 とを有する第 1 の色 C_1 を有してよく、光 972 は、色度座標 u_2' 及び v_2' と、色度座標 x_2 及び y_2 とを有する第 2 の色 C_2 を有してよく、色 C_1 と色 C_2 とは実質的に同じである。このような場合、 u_1' と u_2' との差の絶対値及び v_1' と v_2' との差の絶対値は、それぞれ 0.01 以下、又は 0.005 以下、又は 0.004 以下、又は 0.003 以下、又は 0.002 以下、又は 0.001 以下、又は 0.0005 以下であり、色 C_1 と C_2 との差 (u', v') は、0.01 以下、又は 0.005 以下、又は 0.004 以下、又は 0.003 以下、又は 0.002 以下、又は 0.001 以下、又は 0.0005 以下である。

【0087】

ある場合では、第 1 の方向 974 と第 2 の方向 976 との間の角度 θ は、約 10 度以上、又は約 15 度以上、又は約 20 度以上、又は約 25 度以上、又は約 30 度以上、又は約 35 度以上、又は約 40 度以上、又は約 45 度以上、又は約 50 度以上、又は約 55 度以上、又は約 60 度以上、又は約 65 度以上、又は約 70 度以上である。

【0088】

ある場合では、光遮断構造体は、活性発光表面のサイズにも影響を与えてよい。例えば、図 7 では、光遮断構造体 710 は、LED 120 の側面 712 から LED を出射する光 730 を遮断し、光遮断構造体 720 は、LED 120 の側面 714 から LED を出射する光 731 を遮断する。側面からの発光の遮断に加えて、光遮断構造体 710 及び 720 は、LED の上面 728 の一部に沿っても延び、そうすることによって、LED 120 の有効発光面をより小さい横寸法「d」を有するより小さい活性上面 728 へと縮小できる。ある場合では、光遮断構造体 710 及び 720 は、1 つ以上のフォトレジストなどの光吸収ポリマーを含んでよい。

【0089】

開示される構造体の利点の一部を、以下の実施例によって更に説明する。この実施例で

10

20

30

40

50

列挙される特定の材料、量及び寸法、並びに他の条件及び詳細は、本発明を不当に制限するものと解釈すべきではない。

【実施例】

【0090】

(実施例1) :

発光システム100に類似の、琥珀色光を放射する発光システムを作製した。 $\lambda_1 = 455 \text{ nm}$ の光を放射できるLEDをEpistar Corporation (Hsinchu, Taiwan)から購入した。LEDは、シリコンウエファーに接合されたエピタキシャルAlGaInN系LEDであった。電流を拡散させ、ワイヤー接合用パッドをもたらすために、LEDウエファーの上面の一部をゴールドトレースで金属化した。

10

【0091】

再発光構造体140に類似の多層再発光半導体構造体を作製した。材料組成物の相対的な層順序及び推定値、厚さ、並びにバルクのバンドギャップエネルギーを表Iに要約する。

【0092】

最初に、GaInAs緩衝層をInP基板上にモレキュラービームエピタキシー(MBE)により成長させて、以降のII~VI成長のための表面を作製した。続いて、異なるII~VI族エピタキシャル層を成長させるために、超高真空移送システムを通して別のMBEチャンバにコーティングされた基板を移動させた。再発光半導体構造体は、4個のCdZnSe量子井戸を含んでいた。各量子井戸は、ポテンシャル井戸340に類似であり、約 2.09 eV のバルクのエネルギーギャップ(E_g)を有した。各量子井戸は、光吸収層330及び350に類似の2つのCdMgZnSe光吸収層の間に挟まれた。光吸収層は、約 2.48 eV のエネルギーギャップを有し、LEDが放射する青色光を強力に吸収できた。再発光半導体構造体は、ウィンドウ360に類似のウィンドウと、光吸収層とウィンドウ層との間のグレーディング層とを更に含んでいた。グレーディング層の材料組成は、光吸収側の光吸収層の材料組成からウィンドウ側の材料組成へと漸次変化した。

20

【0093】

【表1】

表I : 実施例1の構成体の種々の層の詳細 :

層番号	物質	厚さ(A)	バンドギャップ(eV)	説明
1	InP	—	—	基材
2	$\text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As}$	2000	0.77	緩衝剤
3	$\text{Cd}_{0.38}\text{Mg}_{0.21}\text{Zn}_{0.41}\text{Se:Cl}$	10924	2.48	吸収体
4	$\text{Cd}_{0.53}\text{Zn}_{0.47}\text{Se}$	56	2.09	量子井戸
5	$\text{Cd}_{0.38}\text{Mg}_{0.21}\text{Zn}_{0.41}\text{Se:Cl}$	1178	2.48	吸収体
6	$\text{Cd}_{0.53}\text{Zn}_{0.47}\text{Se}$	56	2.09	量子井戸
7	$\text{Cd}_{0.38}\text{Mg}_{0.21}\text{Zn}_{0.41}\text{Se:Cl}$	1178	2.48	吸収体
8	$\text{Cd}_{0.53}\text{Zn}_{0.47}\text{Se}$	56	2.09	量子井戸
9	$\text{Cd}_{0.38}\text{Mg}_{0.21}\text{Zn}_{0.41}\text{Se:Cl}$	1178	2.48	吸収体
10	$\text{Cd}_{0.53}\text{Zn}_{0.47}\text{Se}$	56	2.09	量子井戸
11	$\text{Cd}_{0.38}\text{Mg}_{0.21}\text{Zn}_{0.41}\text{Se:Cl}$	1178	2.48	吸収体
12	吸収体側: $\text{Cd}_{0.38}\text{Mg}_{0.21}\text{Zn}_{0.41}\text{Se}$ ウィンドウ側: $\text{Cd}_{0.22}\text{Mg}_{0.45}\text{Zn}_{0.33}\text{Se}$	2500	2.48~2.93	グレーディング層
13	$\text{Cd}_{0.22}\text{Mg}_{0.45}\text{Zn}_{0.33}\text{Se}$	5000	2.93	窓

30

40

【0094】

次に、接着層130に類似の接着層を使用して、LEDの発光面、つまり上面に再発光構造体のウィンドウ側を接合した。接着層は、Norland Products, Inc. (Cranbury, New Jersey)から入手したNorland光学接着剤83Hだった。接着層の厚さは、約4マイクロメートル~約8 μm の範囲だった。

【0095】

次に、 $3\text{HCl} : 1\text{H}_2\text{O}$ 溶液を使用してInP基板を除去した。GaInAs緩衝層

50

でエッチング剤を停止した。30 mLの水酸化アンモニウム(30重量%)、5 mLの過酸化水素(30重量%)、40 gのアジピン酸、及び200 mLの水の攪拌した溶液中で緩衝層を引き続いて除去して、LEDに接着したII~VI族再発光構造体のみを残した。

【0096】

次に、LEDの上面の金でコーティングされた部分と電氣的に接触させるために、再発光構造体及び接着層を貫通する通路をエッチングした。通路は、ネガティブフォトリソグリスト(Futurrex(Franklin, New Jersey)から入手したNR7-1000PY)を使用して従来の接触フォトリソグラフィによって作製した。通路の作製時には、容積比240 H₂O:40 HBr:1 Br₂の溶液に2.5分間構造体を浸漬することによって再発光構造体のII~VI層をエッチングし、Oxford Instruments(Oxfordshire, UK)から入手したプラズマ反応性イオンエッチングシステム内に1.9 Pa(15 Torr)の圧力、80 WのRF電力、及び1200 Wの誘導結合プラズマ電力で12分間酸素プラズマに構造体を曝露することによって接着層をエッチングした。酸素プラズマは、パターン付きネガティブフォトリソグリスト層も除去した。

10

【0097】

図11は、LEDを350 mA及び20ミリ秒パルスで駆動した場合に結果として生じた発光システムの軸上(つまり、例えば図1ではθ=0度)の出力スペクトル1110を示す。この発光システムは、第2の波長λ₂=597 nmの変換されたピーク発光1120及び第1の波長λ₁=455 nmの残留ピーク発光1130を有する。出力光の約1.3%は第1の波長だった。つまり、455 nmでの出力光束は、発光システムで放射された全光束の約1.3%であり、597 nmでの出力光束は、発光システムで放射された全光束の約98.7%だった。同様に作製した第2の発光システムの455 nmでの平均出力光率は、約1.43%だった。発光システム900を出射した579 nmのすべての光の合計発光強度は、発光システムを出射した455 nmのすべての光の合計発光強度の約70倍だった。W_{min}は1 mm、T_{max}は8マイクロメートルであり、その結果、比率W_{min}/T_{max}は125となった。

20

【0098】

図12は、例えば図2を参照して他の場所に記載される角度θによって画定されるように、異なる伝搬方向に対する455 nmの出力光の比率を示す。水平線1210は60度の線であり、約60度未満のθについて、455 nmの出力光の比率が約3.4%未満であることを示す。

30

【0099】

図13は、反射板1310に配置され、第1の波長λ₁の光1340を放射できるエレクトロルミネッセンスデバイス1320と、エレクトロルミネッセンスデバイス1320を再発光構造体140に接合するための任意の接着層とを含む発光システム1300の概略側面図である。

【0100】

LED 1320などのエレクトロルミネッセンスデバイス1320は、波長λ₁の光子の放射が主として発生する活性領域1330を含む。ある場合、例えばエレクトロルミネッセンスデバイスがLEDの場合には、活性領域は1つ以上のポテンシャル井戸及び/又は量子井戸を含む。ある場合では、活性領域1330と反射板1310との間の距離「h」は、Shen et al., 「Optical cavity effects in InGaN/GaN quantum-well-heterostructure flip-chip light-emitting diodes」, Applied Physics Letters, Vol. 82, No. 14, pp. 2221~2223 (2003)に記載されるように、エレクトロルミネッセンスデバイスにおける光学的空洞効果を高めるように選択される。このような場合、光学的空洞効果は、第1の波長λ₁でのエレクトロルミネッセンスデバイスの活性上面1328からの発光を強化し

40

50

、側面 1322 及び 1324 などのエレクトロルミネッセンスデバイスの 1 つ以上の側面など他の方向からの発光を抑制する。このような場合、距離「h」は、エレクトロルミネッセンスデバイスを出射する第 1 の波長の光の相当部分が、エレクトロルミネッセンスデバイスの上面 1328 から出射する距離である。例えば、このような場合、エレクトロルミネッセンスデバイスを出射する波長 λ_1 の光の少なくとも 70%、又は少なくとも 80%、又は少なくとも 90%、又は少なくとも 95% は、再発光構造体 140 に向かって上面 1328 を通過する。例えば、このような場合、距離「h」は、約 $0.6 \lambda_1 \sim 1.4 \lambda_1$ の範囲、又は約 $0.6 \lambda_1 \sim 0.8 \lambda_1$ の範囲、又は約 $1.2 \lambda_1 \sim 1.4 \lambda_1$ の範囲であってよい。

【0101】

再発光構造体 140 は、Cd(Mg)ZnSe 又は ZnSeTe ポテンシャル井戸などの II~VI 族ポテンシャル井戸を含み、エレクトロルミネッセンスデバイス 1320 を出射する第 1 の波長の光 1340 を受容し、受容した光の少なくとも一部を第 2 の波長 λ_2 の光 1350 に変換する。ある場合では、発光システム 1300 を出射する光は、実質的に単色である。つまり、出射光は、実質的に第 2 の波長 λ_2 の光であり、第 1 の波長 λ_1 の光をほとんど含まないか、全く含まない。このような場合、発光システム 1300 を出射する第 2 の波長 λ_2 のすべての光の総合発光強度、つまり合計発光強度は、発光システム 1300 を出射する第 1 の波長 λ_1 のすべての光の総合発光強度、つまり合計発光強度の少なくとも 4 倍、又は少なくとも 10 倍、又は少なくとも 20 倍、又は少なくとも 50 倍である。

【0102】

ある場合では、異なる方向に沿って発光システム 1300 を出射する光は、色などの異なるスペクトル特性を有してよい。例えば、異なる方向に沿って進む光は、異なる比率の第 1 の波長の光及び第 2 の波長の光を有してよい。例えば、実質的に第 1 の方向 1360 (y 軸) に沿って伝搬する出力光 1355 及び実質的に第 2 の方向 1365 に沿って伝搬する出力光 1357 は、異なるスペクトル特性を有してよい。例えば、光 1357 は、光 1355 よりも大きい第 2 の波長内容を有してよい。ある場合、例えば、距離「h」がエレクトロルミネッセンスデバイスによる主として y 軸に沿った発光を強化するように選択される場合には、光 1355 及び 1357 は、実質的に同じスペクトル特性を有する。例えば、このような場合、光 1355 は、CIE 色度座標 u_1' 及び v_1' と、色度座標 x_1 及び y_1 とを有する第 1 の色 C_1 を有してよく、光 1357 は、色度座標 u_2' 及び v_2' と、色度座標 x_2 及び y_2 とを有する第 2 の色 C_2 を有してよく、色 C_1 と色 C_2 とは実質的に同じである。このような場合、 u_1' と u_2' との差の絶対値及び v_1' と v_2' との差の絶対値は、それぞれ 0.01 以下、又は 0.005 以下、又は 0.004 以下、又は 0.003 以下、又は 0.002 以下、又は 0.001 以下、又は 0.0005 以下であり、色 C_1 と C_2 との差 (u' , v') は、0.01 以下、又は 0.005 以下、又は 0.004 以下、又は 0.003 以下、又は 0.002 以下、又は 0.001 以下、又は 0.0005 以下である。

【0103】

ある場合では、第 1 の方向 1360 と第 2 の方向 1365 との間の角度 θ は、約 10 度以上、又は約 15 度以上、又は約 20 度以上、又は約 25 度以上、又は約 30 度以上、又は約 35 度以上、又は約 40 度以上、又は約 45 度以上、又は約 50 度以上、又は約 55 度以上、又は約 60 度以上、又は約 65 度以上、又は約 70 度以上である。

【0104】

概して、反射板 1310 は、波長 λ_1 の光を反射できる任意の反射板であってよい。例えば、ある場合では、反射板 1310 は、銀、金、アルミニウムなどの金属を含有する金属反射器であってよい。別の例として、ある場合では、反射板 1310 は、ブラッグ反射器であってよい。

【0105】

ある場合、例えばエレクトロルミネッセンスデバイス 1320 が LED の場合には、反

10

20

30

40

50

射板 1310 は、エレクトロルミネッセンスデバイス用の電流拡散電極であってよい。このような場合、反射板 1310 は、印加された電流をエレクトロルミネッセンスデバイス全体に横方向（x 方向及び z 方向）に拡散してよい。

【0106】

ある場合では、反射板 1310 は、実質的に第 1 の波長で反射する。例えば、このような場合、第 1 の波長 λ_1 での反射板 1310 の反射率は、少なくとも 80%、又は少なくとも 90%、又は少なくとも 95%、又は少なくとも 99%、又は少なくとも 99.5%、又は少なくとも 99.9% である。ある場合では、反射板 1310 は、実質的に第 2 の波長 λ_2 で反射する。例えば、このような場合、第 2 の波長 λ_2 での反射板 1310 の反射率は、少なくとも 80%、又は少なくとも 90%、又は少なくとも 95%、又は少なくとも 99%、又は少なくとも 99.5%、又は少なくとも 99.9% である。

10

【0107】

本明細書で使用するとき、「垂直の」、「水平の」、「上方の」、「下方の」、「左」、「右」、「上側」及び「下側」、「最上」及び「最下」などの用語、並びに他の類似の用語は、諸図に示される相対的位置を指す。広くは、物理的实施形態は異なる配向を有することができるが、その場合、用語は、装置の実際の配向に修正された相対位置を意味することを意図している。例えば、図 12 の構造体が 90 度回転されても、線 1210 はそれでもなお「水平」線と見なされる。

【0108】

本発明の様々な態様の説明を容易にするために本発明の特定の実施例を上記に詳細に説明したが、本発明は、それら実施例の詳細に限定されるものではないことを理解すべきである。むしろ添付の特許請求の範囲により規定されるように本発明の趣旨及び範囲内にあるすべての変形例、実施形態及び代替例をすべて網羅しようとするものである。

20

【図 1】

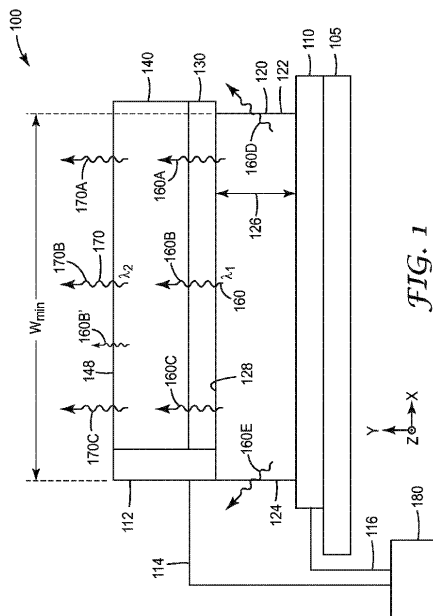


FIG. 1

【図 2】

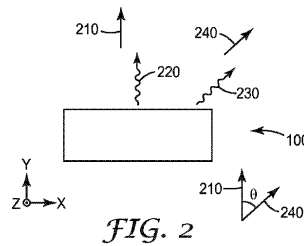


FIG. 2

【図 3】

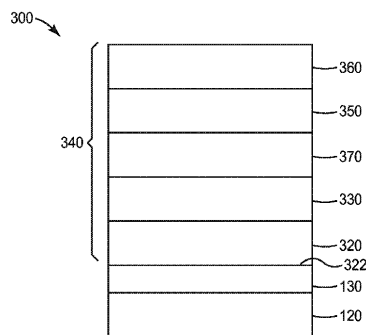


FIG. 3

【 図 4 】

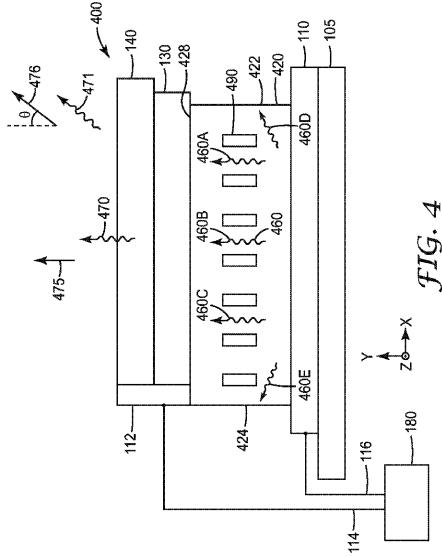


FIG. 4

【 図 6 A 】

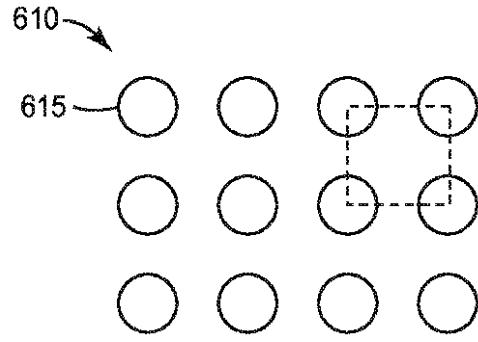


FIG. 6A

【 図 5 】

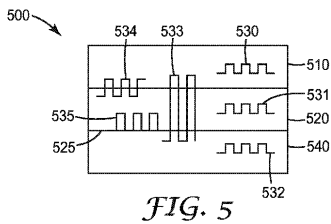


FIG. 5

【 図 6 B 】

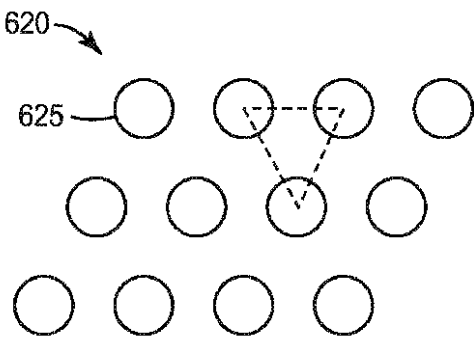


FIG. 6B

【 図 8 】

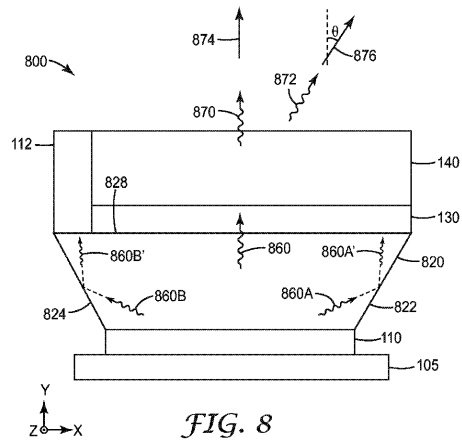


FIG. 8

【 図 7 】

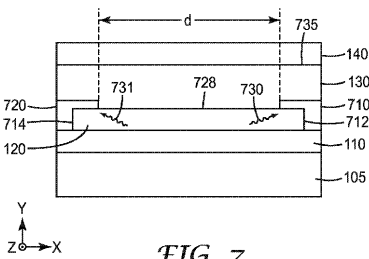


FIG. 7

【 図 9 】

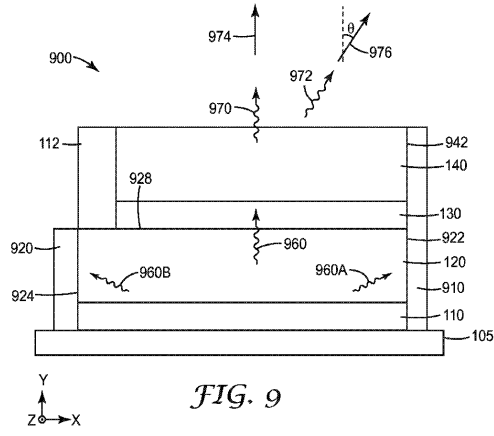


FIG. 9

【 図 1 1 】

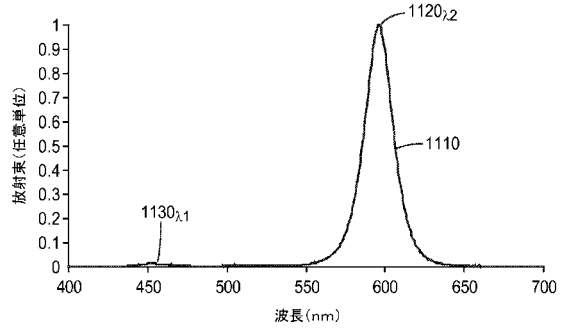


FIG. 11

【 図 1 0 】

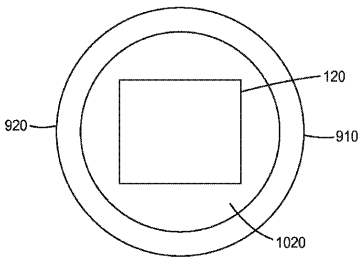


FIG. 10

【 図 1 2 】

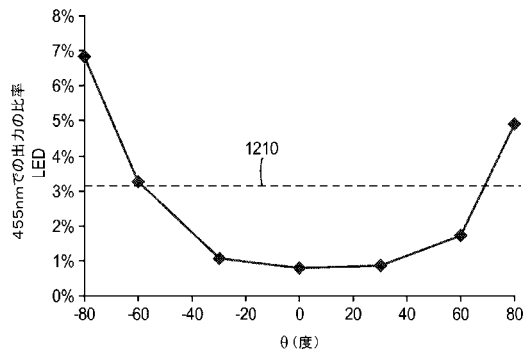


FIG. 12

【 図 1 3 】

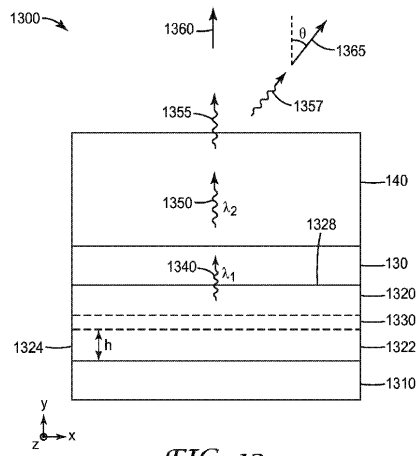


FIG. 13

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2009/054149

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. H01L33/04 H01L33/10 ADD. H01L33/50 H01L33/06 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01L Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2007/267646 A1 (WIERER JONATHAN J JR [US] ET AL) 22 November 2007 (2007-11-22) abstract; figures 2-3,9-11,13 paragraphs [0066], [0068], [0072] paragraphs [0075], [0077]	1-24
A	US 7 196 354 B1 (ERCHAK ALEXEI A [US] ET AL) 27 March 2007 (2007-03-27) abstract; figure 1e column 5 - column 6	2-6,9
X	DE 10 2007 003785 A1 (MERCK PATENT GMBH [DE]) 24 July 2008 (2008-07-24) figures 1,4,7,8 paragraphs [0021], [0022]	1-5,7,9,11
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *Z* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
25 November 2009		07/12/2009
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Heising, Stephan

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/US2009/054149

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2007/007236 A2 (PHILIPS INTELLECTUAL PROPERTY [DE]; KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]) 18 January 2007 (2007-01-18) abstract -----	1,10-14
A	EP 1 643 567 A2 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 5 April 2006 (2006-04-05) -----	1-24
A	EP 1 411 557 A2 (STANLEY ELECTRIC CO LTD [JP]) 21 April 2004 (2004-04-21) -----	1-24
A	US 2006/054905 A1 (SCHWACH CAROLE [FR] ET AL SCHWACH CAROLE [FR] ET AL) 16 March 2006 (2006-03-16) paragraph [0023] -----	1-24

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/US2009/054149

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2007267646 A1	22-11-2007	WO 2009016529 A1	05-02-2009
US 7196354 B1	27-03-2007	CN 101346818 A	14-01-2009
		EP 1938380 A1	02-07-2008
		WO 2007040627 A1	12-04-2007
DE 102007003785 A1	24-07-2008	WO 2008086855 A1	24-07-2008
WO 2007007236 A2	18-01-2007	CN 101223824 A	16-07-2008
		JP 2009501416 T	15-01-2009
		KR 20080031409 A	08-04-2008
		US 2008211387 A1	04-09-2008
EP 1643567 A2	05-04-2006	DE 102004047727 A1	13-04-2006
		JP 2006108662 A	20-04-2006
		US 2006071223 A1	06-04-2006
EP 1411557 A2	21-04-2004	CN 1497745 A	19-05-2004
		JP 4143732 B2	03-09-2008
		JP 2004140090 A	13-05-2004
		US 2004076016 A1	22-04-2004
US 2006054905 A1	16-03-2006	WO 2006036446 A2	06-04-2006

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 レザーデール, キャサリン, エー.
アメリカ合衆国, ミネソタ州, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7
, スリーエム センター

(72)発明者 バレン, トッド, エー.
アメリカ合衆国, ミネソタ州, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7
, スリーエム センター

(72)発明者 ミラー, トーマス, ジェイ.
アメリカ合衆国, ミネソタ州, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7
, スリーエム センター

Fターム(参考) 5F041 AA11 CA40 CB15 CB36 EE23 EE24