

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7592035号
(P7592035)

(45)発行日 令和6年11月29日(2024.11.29)

(24)登録日 令和6年11月21日(2024.11.21)

(51)国際特許分類		F I	
H O 1 L	33/08 (2010.01)	H O 1 L	33/08
H O 1 L	33/42 (2010.01)	H O 1 L	33/42
H O 1 L	33/46 (2010.01)	H O 1 L	33/46
H O 1 L	33/32 (2010.01)	H O 1 L	33/32
H O 1 L	33/30 (2010.01)	H O 1 L	33/30
請求項の数 22 (全28頁) 最終頁に続く			
(21)出願番号	特願2021-573780(P2021-573780)	(73)特許権者	520510771
(86)(22)出願日	令和2年6月18日(2020.6.18)		ジェイド バード ディスプレイ (シャンハイ) リミテッド
(65)公表番号	特表2022-537156(P2022-537156 A)		中華人民共和国, シャンハイ プードン
(43)公表日	令和4年8月24日(2022.8.24)		ニュー エリア チャイナ (シャンハイ)
(86)国際出願番号	PCT/US2020/038337		パイロット フリー トレード ゾーン リン-ガン スペシャル エリア ハイヤン
(87)国際公開番号	WO2020/257391		4番 ロード レーン 9 9 7階 ナンバー 1 1 , 1 3
(87)国際公開日	令和2年12月24日(2020.12.24)	(73)特許権者	521542306
審査請求日	令和5年6月12日(2023.6.12)		リ, キミン
(31)優先権主張番号	62/863,559		アメリカ合衆国 ニューメキシコ州 8 7 1 2 3 アルバカーキ スマーティ ジョーンズ ストリート 1 8 7 6
(32)優先日	令和1年6月19日(2019.6.19)	(74)代理人	100079108
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 同軸マルチカラー L E D のシステム及び方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ディスプレイパネル用の単一ピクセルマルチカラー微小発光ダイオード（L E D）デバイスであって、
ピクセル駆動回路を支持する基板と、

前記基板の上部に積層される第 1 の L E D 構造層、及び前記第 1 の L E D 構造層の上部に積層される第 2 の L E D 構造層を含む、2 つ以上の L E D 構造層と、を含み、

前記第 1 の L E D 構造層及び前記第 2 の L E D 構造層は互いと横方向に実質的に重複して、前記第 1 の L E D 構造層から発せられた光及び前記第 2 の L E D 構造層から発せられた光を結合する光路を形成し、

第 1 の接合層が前記基板と前記第 1 の L E D 構造層との間に形成され、

第 1 タイプの電極は、前記第 1 の L E D 構造層の下部および前記第 2 の L E D 構造層の下部に接触し、前記第 1 タイプの電極は、前記第 1 の接合層に直接接合することにより前記基板上のピクセル駆動回路に電氣的に接続され、

第 1 の第 2 タイプの電極は、前記第 1 の L E D 構造層の上部に電氣的に接続され、第 2 の第 2 タイプの電極は、前記第 2 の L E D 構造層の上部に電氣的に接続される、単一ピクセルマルチカラー微小 L E D デバイス。

【請求項 2】

前記 2 つ以上の L E D 構造層は、

前記第 2 の L E D 構造層の上部に積層される第 3 の L E D 構造層を更に含み、

前記第 3 の L E D 構造層は前記第 1 の L E D 構造層及び前記第 2 の L E D 構造層と横方向に実質的に重複して、前記第 3 の L E D 構造層から発せられた光を更に結合する前記光路を形成する、請求項 1 に記載の単一ピクセルマルチカラー微小 L E D デバイス。

【請求項 3】

前記第 1 の L E D 構造層と前記第 2 の L E D 構造層との間の第 2 の接合層と、
前記第 2 の L E D 構造層と前記第 3 の L E D 構造層との間の第 3 の接合層と、
を更に含む、請求項 2 に記載の単一ピクセルマルチカラー微小 L E D デバイス。

【請求項 4】

前記第 1 の接合層は約 0.1 μm から約 3 μm であり、
前記第 2 の接合層は約 0.1 μm から約 5 μm であり、
前記第 3 の接合層は約 0.1 μm から約 5 μm であり、
前記第 2 及び第 3 の接合層は透明である、請求項 3 に記載の単一ピクセルマルチカラー微小 L E D デバイス。

【請求項 5】

前記第 1、第 2、及び第 3 の L E D 構造層の各々は前記ピクセル駆動回路に電氣的に接続される、請求項 2 ～ 4 の何れか一項に記載の単一ピクセルマルチカラー微小 L E D デバイス。

【請求項 6】

前記ピクセル駆動回路は、薄膜トランジスタピクセル駆動回路又はシリコン C M O S 駆動回路を含む、請求項 5 に記載の単一ピクセルマルチカラー微小 L E D デバイス。

【請求項 7】

前記基板と前記第 1 の L E D 構造層との間の第 1 の反射層と、
前記第 1 の L E D 構造層と前記第 2 の L E D 構造層との間の第 2 の反射層と、
前記第 2 の L E D 構造層と前記第 3 の L E D 構造層との間の第 3 の反射層と、
を更に含む、請求項 2 ～ 6 の何れか一項に記載の単一ピクセルマルチカラー微小 L E D デバイス。

【請求項 8】

前記第 1、第 2、及び第 3 の反射層の少なくとも 1 つは分布ブラッグ反射器 (D B R) 構造を有し、

前記第 1、第 2、及び第 3 の反射層の各々は約 0.1 μm から約 5 μm である、請求項 7 に記載の単一ピクセルマルチカラー微小 L E D デバイス。

【請求項 9】

前記第 1 の L E D 構造層から発せられた第 1 の光は、前記第 2 の L E D 構造層及び前記第 3 の L E D 構造層を通して伝播し、

前記第 2 の L E D 構造層から発せられた第 2 の光は、前記第 3 の L E D 構造層を通して伝播する、請求項 2 ～ 8 の何れか一項に記載の単一ピクセルマルチカラー微小 L E D デバイス。

【請求項 10】

前記第 1、第 2、及び第 3 の L E D 構造層の各々は、
前記 L E D 構造層の各々内の L E D を形成するエピタキシャル構造と、
前記 L E D の下部に電氣的に接続された下部導電層と、
前記 L E D の上部に電氣的に接続された上部導電層と、
を含み、

前記下部導電層は前記ピクセル駆動回路にも電氣的に接続され、前記上部導電層は共通電極にも電氣的に接続される、請求項 5 又は 6 に記載の単一ピクセルマルチカラー微小 L E D デバイス。

【請求項 11】

前記第 1、第 2、及び第 3 の L E D 構造層の各々の前記エピタキシャル構造は、I I I - V 族窒化物エピタキシャル構造、I I I - V 族ヒ化物エピタキシャル構造、I I I - V 族リン化物エピタキシャル構造、及び I I I - V アンチモン化物エピタキシャル構造から

10

20

30

40

50

なる群からの１つ又は複数の構造から選択される、請求項１０に記載の単一ピクセルマルチカラー微小ＬＥＤデバイス。

【請求項１２】

前記第１、第２、及び第３のＬＥＤ構造層の各々の前記下部導電層及び前記上部導電層は、インジウムスズ酸化物（ＩＴＯ）層を含み、前記ＩＴＯ層の各々は約０．０１μｍから約１μｍである、請求項１０又は１１に記載の単一ピクセルマルチカラー微小ＬＥＤデバイス。

【請求項１３】

前記第１、第２、及び第３のＬＥＤ構造層の各々の前記下部導電層に電氣的に接続された第１タイプの電極と、

前記第１のＬＥＤ構造層の前記上部導電層に電氣的に接続された第１の第２タイプの電極と、

前記第２のＬＥＤ構造層の前記上部導電層に電氣的に接続された第２の第２タイプの電極と、

前記第３のＬＥＤ構造層の前記上部導電層に電氣的に接続された第３の第２タイプの電極と、

を更に含む、請求項１０～１２の何れか一項に記載の単一ピクセルマルチカラー微小ＬＥＤデバイス。

【請求項１４】

前記第１、第２、及び第３のＬＥＤ構造層の各々の前記エピタキシャル構造は、約０．３μｍから約５μｍである、請求項１０～１３の何れか一項に記載の単一ピクセルマルチカラー微小ＬＥＤデバイス。

【請求項１５】

異なるＬＥＤ構造層の前記ＬＥＤは、異なる波長の光を生成する、請求項１０～１４の何れか一項に記載の単一ピクセルマルチカラー微小ＬＥＤデバイス。

【請求項１６】

前記第１のＬＥＤ構造層は赤色光ＬＥＤを形成し、

前記第２のＬＥＤ構造層は緑色光ＬＥＤを形成し、

前記第３のＬＥＤ構造層は青色光ＬＥＤを形成する、請求項２～１５の何れか一項に記載の単一ピクセルマルチカラー微小ＬＥＤデバイス。

【請求項１７】

前記単一ピクセルマルチカラー微小ＬＥＤデバイスの最長寸法は、約１μｍから約５０μｍである、請求項１～１６の何れか一項に記載の単一ピクセルマルチカラー微小ＬＥＤデバイス。

【請求項１８】

前記単一ピクセルマルチカラー微小ＬＥＤデバイスは、最長横方向寸法を有する下層と、最短横方向寸法を有する上層とを有するピラミッドの断面形を有する、請求項１～１７の何れか一項に記載の単一ピクセルマルチカラー微小ＬＥＤデバイス。

【請求項１９】

前記単一ピクセルマルチカラー微小ＬＥＤデバイスは、２０％以上の外部量子効率を有する、請求項１～１８の何れか一項に記載の単一ピクセルマルチカラー微小ＬＥＤデバイス。

【請求項２０】

微小ＬＥＤディスプレイチップであって、

ピクセル駆動回路のアレイを支持する基板と、

単一ピクセルマルチカラー微小発光ダイオード（ＬＥＤ）デバイスのアレイと、
を含み、

前記単一ピクセルマルチカラー微小ＬＥＤデバイスの各々は、

前記基板上の第１の接合層と、前記第１の接合層上の第１のＬＥＤ構造層と、前記第１のＬＥＤ構造層上の第２のＬＥＤ構造層とを含み、

10

20

30

40

50

各々の前記単一ピクセルマルチカラー微小ＬＥＤデバイスにおいて、前記第１のＬＥＤ構造層と前記第２のＬＥＤ構造層は横方向に実質的に互いに重なり、前記第１のＬＥＤ構造層から発せられる光と前記第２のＬＥＤ構造層から発せられる光とを組み合わせる光路を形成し、

各々の前記単一ピクセルマルチカラー微小ＬＥＤデバイスにおいて、第１タイプの電極が前記第１のＬＥＤ構造層の下部と前記第２のＬＥＤ構造層の下部に接触し、前記第１タイプの電極が第１の接合層に直接接触することで、基板上のピクセル駆動回路の配列のうちの１つと電氣的に接触され、

各々の前記単一ピクセルマルチカラー微小ＬＥＤデバイスにおいて、第１の第２タイプの電極は前記第１のＬＥＤ構造層の上部に電氣的に接続され、第２の第２タイプの電極は前記第２のＬＥＤ構造層の上部に電氣的に接続される、

10

微小ＬＥＤディスプレイチップ。

【請求項２１】

複数の共通電極をさらに備え、前記複数の共通電極は、同じ色を生成する同じＬＥＤ構造層内の前記微小ＬＥＤの全てに別個の共通電極構造を含む、請求項２０に記載の微小ＬＥＤディスプレイチップ。

【請求項２２】

ディスプレイパネル用の単一ピクセル三色微小発光ダイオード（ＬＥＤ）デバイスを作製する方法であって、

ピクセル駆動回路を支持する基板を提供することと、

20

前記基板の上に形成された第１の接合層を作製することと、

前記第１の接合層の上部に積層される第１のＬＥＤ構造層を作製することと、

前記第１のＬＥＤ構造層の上部に積層される第２のＬＥＤ構造層を作製することと、

前記第２のＬＥＤ構造層の上部に積層される第３のＬＥＤ構造層を作製することと、

前記第１のＬＥＤ構造層の下部、前記第２のＬＥＤ構造層の下部、前記第３のＬＥＤ構造層の下部にそれぞれ接触し、前記第１の接合層に直接接合することにより前記基板上のピクセル駆動回路に電氣的に接触され、第１のタイプの電極をコーティングすることと、

前記第１のＬＥＤ構造層の上部に電氣的に接続された第１の第２タイプの電極をコーティングすることと、

前記第２のＬＥＤ構造層の上部に電氣的に接続された第２の第２タイプの電極をコーティングすることと、

30

前記第３のＬＥＤ構造層の上部に電氣的に接続された第３の第２タイプの電極をコーティングすることと、を含み、

前記第１のＬＥＤ構造層、前記第２のＬＥＤ構造層、及び前記第３のＬＥＤ構造層は、横方向に互いと実質的に重複して、前記第１のＬＥＤ構造層、前記第２のＬＥＤ構造層、及び前記第３のＬＥＤ構造層から発せられた光を結合する光路を形成する、単一ピクセル三色微小ＬＥＤデバイスを作製する方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

40

関連出願

【０００１】 本願は、２０１９年６月１９日に出願された「Systems and Methods for Coaxial Multi-Color LED」と題する米国仮特許出願第６２／８６３，５５９号への優先権を主張し、これらの各々は参照により本明細書に援用される。

【０００２】

技術分野

【０００２】 本開示は、一般的には発光ダイオード（ＬＥＤ）表示デバイスに関し、より詳細には、高輝度及びマイクロメートルスケールピクセルサイズを有する、異なる色を発するＬＥＤ半導体デバイスのシステム及び作製方法に関する。

【背景技術】

50

【0003】

背景

【0003】 近年の小型LED及び微小LED技術の開発に伴い、拡張現実（AR）、プロジェクション、ヘッドアップディスプレイ（HUD）、モバイルデバイスディスプレイ、ウェアラブルデバイスディスプレイ、及び自動車ディスプレイ等の消費者デバイス及び用途では、解像度及び輝度が改善されたLEDパネルが必要とされている。例えば、ゴーグル内に統合され、着用者の目の近くに位置するARディスプレイは、HD精細（1280×720ピクセル）以上をなお必要としながら、爪ほどの大きさを有し得る。多くの電子デバイスは、LEDパネルに対して特定のピクセルサイズ、隣接ピクセル間距離、輝度、及び視野角を必要とする。多くの場合、最大解像度及び輝度を小さなディスプレイで達成しようとする場合、解像度要件及び輝度要件の両方を維持することは難問である。逆に、場合によっては、ピクセルサイズ及び輝度は概ね逆の関係を有し得るため、これらを同時にバランスさせることは難しい。例えば、各ピクセルに高輝度を得ると、解像度は低くなり得る。代替的には、高解像度を得ると、輝度が下がり得る。

10

【0004】

【0004】 一般に、少なくとも赤、緑、及び青の色が重ねられて、広範囲の色を再現する。場合によっては、ピクセルエリア内に少なくとも赤、緑、及び青の色を含むために、別個の単色LEDがピクセルエリア内の異なる非重複ゾーンに作製される。既存の技術は、隣接LED間の距離が決められている場合、各ピクセル内の有効照明エリアを改善するという難問に直面している。他方、1つのLED照明エリアが決められる場合、異なる色を有するLEDは1つのピクセル内のそれらの指定ゾーンを占める必要があるため、LEDパネルの全体解像度を更に改善することは難しい作業であり得る。

20

【0005】

【0005】 薄膜トランジスタ（TFT）技術と組み合わせたアクティブマトリックス液晶ディスプレイ（LCD）及び有機発光ダイオード（OLED）ディスプレイは、今日の商用電子デバイスでますます人気になりつつある。これらのディスプレイは、ラップトップ、パーソナルコンピュータ、スマートフォン、及び個人情報端末で広く使用されている。数百万ものピクセルが一緒になって画像をディスプレイ上に作り出す。TFTは各ピクセルを個々にオンオフして、ピクセルを明るく又は暗くするスイッチとして作用し、各ピクセル及びディスプレイ全体の好都合で効率的な制御を可能にする。

30

【0006】

【0006】 しかしながら、従来のLCDディスプレイには光効率が低いという欠点があり、消費電力が高くなり、電池の動作時間が制限されることになる。アクティブマトリックス有機発光ダイオード（AMOLED）ディスプレイパネルは一般にLCDパネルよりも消費電力が低い、AMOLEDディスプレイパネルはそれでもなお、電池動作式デバイスでは大きな電力消費者である。電池寿命を延ばすために、ディスプレイパネルの消費電力を下げるのが望ましい。

【0007】

【0007】 従来の無機半導体発光ダイオード（LED）は、優れた光効率を示してきており、それにより、アクティブマトリックスLEDディスプレイは電池動作式電子機器に対してより望ましいものになっている。駆動回路のアレイ及び発光ダイオード（LED）を使用して数百万ものピクセルを制御し、画像をディスプレイ上に表示する。単色ディスプレイパネル及びフルカラーディスプレイパネルは両方とも、多種多様な作製法に従って製造することができる。

40

【0008】

【0008】 しかしながら、ピクセル駆動回路アレイを有する数千、更には数百万もの微小LEDを集積することはかなり難しい。種々の作製法が提案されてきている。一手法では、制御回路が1つの基板上に作製され、LEDは別個の基板上に作製される。LEDは中間基板に移され、元の基板は除去される。次に、中間基板上のLEDは一度に1つ又は数個ずつ、制御回路を有する基板上にピックアッププレースされる。しかしながら、この作

50

製プロセスは非効率であり、コストがかかり、且つ信頼性が低い。加えて、微小LEDを大量に移送する既存の製造ツールは存在しない。したがって、新しいツールが開発される必要がある。

【0009】

【0009】 別手法では、元の基板を有するLEDアレイ全体が制御回路に位置合わせされ、金属接合を使用して制御回路に接合される。LEDが作製された基板は最終製品に残り、光クロストークの原因となり得る。さらに、2つの異なる基板間の熱的不整合が、接合境界面に応力を生じさせ、信頼性の問題を生じさせる恐れがある。さらに、マルチカラーディスプレイパネルでは通常、単色ディスプレイパネルと比較して多くのLED及び異なる色のLEDを異なる基板材料上に成長させる必要があり、それ故、従来の製造プロセスを更に複雑且つ非効率にする。

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

【0010】 したがって、特に上記欠点に対処するディスプレイパネル用のLED構造を提供することが望ましい。

【0011】

概要

【0011】 上記等の従来のディスプレイシステムの欠点を改善し、対処するのに役立つ改良されたマルチカラーLEDが必要とされる。特に、低消費電力を効率的に維持しながら、輝度及び解像度を同時に改善することができるLEDデバイス構造が必要とされる。本明細書に記載のマルチカラーLEDデバイスは、デバイス構造の異なる層に配置することによって垂直に積層され、制御電流の受け取りに同じ電極の1つを利用する少なくとも3つのLED構造を集積する。本明細書に開示するように1軸に沿って位置合わせされた少なくとも3つのLED構造を配置することにより、システムは、1つのピクセルエリア内の光照明効率を効率的に強化し、それと同時に、LEDパネルの解像度を改善する。

20

【課題を解決するための手段】

【0012】

【0012】 ピッチとは、ディスプレイパネル上の隣接ピクセルの中心間距離を指す。幾つかの実施形態では、ピッチは約20 μm から、約10 μm から、及び／又は好ましくは約5 μm 以下から約40 μm まで様々であることができる。ピッチ低減に多くの尽力がなされてきた。ピッチ仕様が決定される場合、1つのピクセルエリアは固定される。

30

【0013】

【0013】 本明細書に記載のマルチカラー同軸LEDシステムは、異なる色を有するLED構造を収容するための追加のエリアを使用せずに、1つのピクセルエリアから異なる色の組合せを有する光を発生されるようにする。したがって、1つのピクセルのフットプリントは大きく低下し、微小LEDパネルの解像度を改善することができる。一方、1つの微小LEDデバイス境界からの異なる色の光の濃度は、1つのピクセルエリア内の輝度を大幅に強化する。

【0014】

40

【0014】 非効率的なピックアッププロセス又は信頼性の低い複数基板手法に頼る微小LEDディスプレイチップの従来の作製プロセスと比較して、本明細書に開示するマルチカラー微小LED作製プロセスは、微小LEDデバイス作製の効率及び信頼性を効果的に増大させる。例えば、本LED構造は、中間基板を導入することなくピクセル駆動回路を有する基板に直接接合することができる。加えて、微小LED構造の基板がないことは最終的なマルチカラーデバイスまで続き、それにより、クロストーク及び不整合を低減することができる。

【0015】

【0015】 本明細書に記載のマルチカラー微小LEDデバイスは、輝度及び解像度を同時に改善することができ、近代のディスプレイパネル、特に高精細ARデバイス及び仮想現

50

実（VR）眼鏡に適する。

【0016】

【0016】一実施形態では、ディスプレイパネル用の単一ピクセルマルチカラー微小発光ダイオード（LED）デバイスは、基板と、2つ以上のLED構造層とを含み、2つ以上のLED構造層は、基板の上部に積層された第1のLED構造層と、第1のLED構造層の上部に積層された第2のLED構造層とを含む。幾つかの場合、第1のLED構造層及び第2のLED構造層は互いに横方向に実質的に重複して、第1のLED構造層から発せられた光及び第2のLED構造層から発せられた光を結合する光路を形成する。

【0017】

【0017】幾つかの実施形態では、単一ピクセルマルチカラー微小LEDデバイスの2つ以上のLED構造層は、第2のLED構造層の上部に積層される第3のLED構造層を更に含む。幾つかの場合、第3のLED構造層は第1のLED構造層及び第2のLED構造層と横方向に実質的に重複して、第3のLED構造層から発せられた光を更に結合する光路を形成する。

10

【0018】

【0018】幾つかの実施形態では、単一ピクセルマルチカラー微小LEDデバイスは、基板と第1のLED構造層との間の第1の接合層と、第1のLED構造層と第2のLED構造層との間の第2の接合層と、第2のLED構造層と第3のLED構造層との間の第3の接合層とを更に含む。

【0019】

20

【0019】単一ピクセルマルチカラー微小LEDデバイスの幾つかの実施形態では、第1の接合層は約0.1 μm から約3 μm であり、第2の接合層は約0.1 μm から約5 μm であり、第3の接合層は約0.1 μm から約5 μm である。幾つかの実施形態では、第2及び第3の接合層は透明である。

【0020】

【0020】幾つかの実施形態では、単一ピクセルマルチカラー微小LEDデバイスの基板はピクセル駆動回路を支持し、第1、第2、及び第3のLED構造層の各々はピクセル駆動回路に電氣的に接続される。

【0021】

【0021】幾つかの実施形態では、ピクセル駆動回路は、薄膜トランジスタピクセル駆動回路又はシリコンCMOS駆動回路を含む。

30

【0022】

【0022】幾つかの実施形態では、単一ピクセルマルチカラー微小LEDデバイスは、基板と第1のLED構造層との間の第1の反射層と、第1のLED構造層と第2のLED構造層との間の第2の反射層と、第2のLED構造層と第3のLED構造層との間の第3の反射層とを更に含む。

【0023】

【0023】単一ピクセルマルチカラー微小LEDデバイスの幾つかの実施形態では、第1、第2、及び第3の反射層の少なくとも1つは分布ブラッグ反射器（DBR）構造を有し、第1、第2、及び第3の反射層の各々は約0.1 μm から約5 μm である。

40

【0024】

【0024】単一ピクセルマルチカラー微小LEDデバイスの幾つかの実施形態では、第1のLED構造層から発せられた第1の光は、第2のLED構造層及び第3のLED構造層を通して伝播し、第2のLED構造層から発せられた第2の光は、第3のLED構造層を通して伝播する。

【0025】

【0025】単一ピクセルマルチカラー微小LEDデバイスの幾つかの実施形態では、第1、第2、及び第3のLED構造層の各々は、LED構造層の各々内のLEDを形成するエピタキシャル構造と、LEDの下部に電氣的に接続された下部導電層と、LEDの上部に電氣的に接続された上部導電層とを含む。幾つかの場合、下部導電層はピクセル駆動回路

50

にも電氣的に接続され、上部導電層は共通電極にも電氣的に接続される。

【0026】

【0026】 単一ピクセルマルチカラー微小LEDデバイスの幾つかの実施形態では、第1、第2、及び第3のLED構造層の各々のエピタキシャル構造は、III-V族窒化物エピタキシャル構造、III-V族ヒ化物エピタキシャル構造、III-V族リン化物エピタキシャル構造、及びIII-Vアンチモン化物エピタキシャル構造からなる群からの1つ又は複数の構造から選択される。

【0027】

【0027】 単一ピクセルマルチカラー微小LEDデバイスの幾つかの実施形態では、第1、第2、及び第3のLED構造層の各々の下部導電層及び上部導電層は、インジウムスズ酸化物(ITO)層を含み、ITO層の各々は約0.01 µmから約1 µmである。

10

【0028】

【0028】 幾つかの実施形態では、単一ピクセルマルチカラー微小LEDデバイスは、第1、第2、及び第3のLED構造層の各々の下部導電層に電氣的に接続されたアノード金属接点パッドと、第1のLED構造層の上部導電層に電氣的に接続された第1のカソード金属接点パッドと、第2のLED構造層の上部導電層に電氣的に接続された第2のカソード金属接点パッドと、第3のLED構造層の上部導電層に電氣的に接続された第3のカソード金属接点パッドとを更に含む。

【0029】

【0029】 単一ピクセルマルチカラー微小LEDデバイスの幾つかの実施形態では、アノード及びカソード金属接点パッドは、アルミニウム、銀、ロジウム、亜鉛、金、ゲルマニウム、ニッケル、クロム、白金、スズ、銅、タングステン、インジウムスズ酸化物、パラジウム、インジウム、及びチタンからなる群から選択される1つ又は複数の金属を含む。

20

【0030】

【0030】 単一ピクセルマルチカラー微小LEDデバイスの幾つかの実施形態では、第1、第2、及び第3のLED構造層の各々のエピタキシャル構造は、約0.3 µmから約5 µmである。

【0031】

【0031】 単一ピクセルマルチカラー微小LEDデバイスの幾つかの実施形態では、異なるLED構造層のLEDは、異なる波長の光を生成する。

30

【0032】

【0032】 単一ピクセルマルチカラー微小LEDデバイスの幾つかの実施形態では、異なるLED構造層のLEDは、異なる可視波長の光を生成する。

【0033】

【0033】 単一ピクセルマルチカラー微小LEDデバイスの幾つかの実施形態では、異なるLED構造層のLEDは、紫外線、青、緑、橙、赤、又は赤外線微小LEDである。

【0034】

【0034】 単一ピクセルマルチカラー微小LEDデバイスの幾つかの実施形態では、第1のLED構造層は赤色光LEDを形成し、第2のLED構造層は緑色光LEDを形成し、第3のLED構造層は青色光LEDを形成する。

40

【0035】

【0035】 単一ピクセルマルチカラー微小LEDデバイスの幾つかの実施形態では、単一ピクセルマルチカラー微小LEDデバイスの最長寸法は、約1 µmから約500 µmである。

【0036】

【0036】 単一ピクセルマルチカラー微小LEDデバイスの幾つかの実施形態では、単一ピクセルマルチカラー微小LEDデバイスは、最長横方向寸法を有する下層と、最短横方向寸法を有する上層とを有するピラミッドの断面形を有する。

【0037】

【0037】 単一ピクセルマルチカラー微小LEDデバイスの幾つかの実施形態では、単一

50

ピクセルマルチカラー微小LEDデバイスは、20%以上の外部量子効率を有する。

【0038】

【0038】 別の実施形態では、微小LEDディスプレイチップは、ピクセル駆動回路のアレイを支持する基板と、単一ピクセルマルチカラー微小発光ダイオード（LED）デバイスのアレイとを含み、単一ピクセルマルチカラーLEDデバイスの各々は、基板及びピクセル駆動回路の上部に積層される2つ以上のLED構造層であって、隣接するLED構造層間に接合層があり、LED構造層の各々は、一色の光を生成するように構成された微小LEDを形成するエピタキシャル構造を更に含む、2つ以上のLED構造層を含む。幾つかの場合、単一ピクセルマルチカラーLEDのアレイは、ピクセル駆動回路のアレイ及び共通電極に電氣的に接続され、2つ以上のLED構造層は、互いと横方向に重複して、一緒に直接積層された微小LEDを通る光伝播路を形成し、異なるLED構造層の微小LEDは、異なる波長の光を生成する。

10

【0039】

【0039】 微小LEDディスプレイチップの幾つかの実施形態では、共通電極は、同じ色を生成する同じLED構造層内の微小LEDの全てに別個の共通電極構造を含む。

【0040】

【0040】 更に別の実施形態では、ディスプレイパネル用の単一ピクセル三色微小発光ダイオード（LED）デバイスを作製する方法は、基板を提供することと、基板の上部に積層される第1のLED構造層を作製することと、第1のLED構造層の上部に積層される第2のLED構造層を作製することと、第2のLED構造層の上部に積層される第3のLED構造層を作製することとを含む。幾つかの場合、第1のLED構造層、第2のLED構造層、及び第3のLED構造層は、横方向に互いと実質的に重複して、第1のLED構造層、第2のLED構造層、及び第3のLED構造層から発せられた光を結合する光路を形成する。

20

【0041】

【0041】 幾つかの実施形態では、単一ピクセル三色微小LEDデバイスを作製する方法は、第1の接合層により基板及び第1のLED構造層と一緒に接合することと、第2の接合層により第1のLED構造層及び第2のLED構造層と一緒に接合することと、第3の接合層により第2のLED構造層及び第3のLED構造層と一緒に接合することとを更に含む。

30

【0042】

【0042】 単一ピクセル三色微小LEDデバイスを作製する方法の幾つかの実施形態では、第1の接合層は、Au-Au接合、Au-Sn接合、Au-In接合、Ti-Ti接合、及びCu-Cu接合からなる群から選択される1つ又は複数の接合構造を含む。

【0043】

【0043】 単一ピクセル三色微小LEDデバイスを作製する方法の幾つかの実施形態では、第2の接合層及び第3の接合層の各々は、透明プラスチック（樹脂）、SiO₂、スピコンガラス（SOG）、及び接合接着剤Micro Resist BCL-1200からなる群から選択される1つ又は複数の接合材料を含む。

【0044】

【0044】 単一ピクセル三色微小LEDデバイスを作製する方法の幾つかの実施形態では、第1の接合層は約0.1 μmから約3 μmであり、第2の接合層は約0.1 μmから約5 μmであり、第3の接合層は約0.1 μmから約5 μmである。幾つかの場合、第2及び第3の接合層は透明である。

40

【0045】

【0045】 幾つかの実施形態では、単一ピクセル三色微小LEDデバイスを作製する方法は、基板及び第1のLED構造層の接合前、第1のLED構造層上に第1の反射層を成膜することと、第1のLED構造層及び第2のLED構造層を接合する前、第1のLED構造層上に第2の反射層を成膜することと、第2のLED構造層及び第3のLED構造層を接合する前、第2のLED構造層上に第3の反射層を成膜することとを更に含む。

50

【0046】

【0046】 幾つかの実施形態では、単一ピクセル三色微小LEDデバイスを作製する方法は、第1、第2、及び第3の反射層の各々の分布ブラッグ反射器（DBR）構造を形成することを更に含む。幾つかの実施形態では、第1、第2、及び第3の反射層の各々は約0.1 μmから約5 μmである。

【0047】

【0047】 単一ピクセル三色微小LEDデバイスを作製する方法の幾つかの実施形態では、基板はピクセル駆動回路を支持し、第1、第2、及び第3のLED構造層の各々はピクセル駆動回路に電氣的に接続される。

【0048】

【0048】 幾つかの実施形態では、単一ピクセル三色微小LEDデバイスを作製する方法は、エピタキシャル構造を含む第1、第2、及び第3のLED構造層の各々について、エピタキシャル構造をパターニングして、LED構造層の各々内にLEDを形成することと、LEDの下部に電氣的に接続する下部導電層を成膜することと、LEDの上部に電氣的に接続する上部導電層を成膜することとを更に含む。幾つかの場合、下部導電層はピクセル駆動回路にも電氣的に接続され、上部導電層は共通電極にも電氣的に接続される。

【0049】

【0049】 単一ピクセル三色微小LEDデバイスを作製する方法の幾つかの実施形態では、第1、第2、及び第3のLED構造層の各々のエピタキシャル構造は、III-V族窒化物エピタキシャル構造、III-V族ヒ化物エピタキシャル構造、III-V族リン化物エピタキシャル構造、及びIII-Vアンチモン化物エピタキシャル構造からなる群からの1つ又は複数の構造から選択される。

【0050】

【0050】 単一ピクセル三色微小LEDデバイスを作製する方法の幾つかの実施形態では、第1、第2、及び第3のLED構造層の各々の下部導電層及び上部導電層は、インジウムスズ酸化物（ITO）層を含み、ITO層の各々は約0.01 μmから約1 μmである。

【0051】

【0051】 幾つかの実施形態では、単一ピクセル三色微小LEDデバイスを作製する方法は、第1、第2、及び第3のLED構造層の各々の下部導電層に電氣的に接続するアノード金属接点パッドを成膜することと、第1のLED構造層の上部導電層に電氣的に接続する第1のカソード金属接点パッドを成膜することと、第2のLED構造層の上部導電層に電氣的に接続する第2のカソード金属接点パッドを成膜することと、第3のLED構造層の上部導電層に電氣的に接続する第3のカソード金属接点パッドを成膜することとを更に含む。

【0052】

【0052】 単一ピクセル三色微小LEDデバイスを作製する方法の幾つかの実施形態では、第1、第2、及び第3のLED構造層の各々のエピタキシャル構造は、約0.3 μmから約5 μmである。

【0053】

【0053】 単一ピクセル三色微小LEDデバイスを作製する方法の幾つかの実施形態では、異なるLED構造層のLEDは、異なる波長の光を生成する。

【0054】

【0054】 単一ピクセル三色微小LEDデバイスを作製する方法の幾つかの実施形態では、異なるLED構造層のLEDは、異なる可視波長の光を生成する。

【0055】

【0055】 単一ピクセル三色微小LEDデバイスを作製する方法の幾つかの実施形態では、異なるLED構造層のLEDは、紫外線、青、緑、橙、赤、又は赤外線微小LEDである。

【0056】

【0056】 幾つかの実施形態では、単一ピクセル三色微小LEDデバイスを作製する方法

10

20

30

40

50

は、第1のLED構造層をパターンニングして赤色光LEDを形成することと、第2のLED構造層をパターンニングして緑色光LEDを形成することと、第3のLED構造層をパターンニングして青色光LEDを形成することとを更に含む。

【0057】

【0057】 本明細書に開示されるマルチカラーLEDデバイス及びシステムのコンパクトな設計は、発光LED構造の横方向重複を利用し、それにより、LEDディスプレイシステムの発光効率、解像度、及び全体性能を改善する。さらに、マルチカラーLEDディスプレイシステムの作製は、追加の基板を使用又は保持することなく、LED構造パターンを確実に効率的に形成することができる。したがって、マルチカラーLEDディスプレイシステムの実施は、従来のLEDの使用と比較して、AR及びVR、ヘッドアップディスプレイ（HUD）、モバイルデバイスディスプレイ、ウェアラブルデバイスディスプレイ、高精細小型プロジェクタ、及び自動車ディスプレイの厳しいディスプレイ要件を満たすことができる。

【0058】

【0058】 なお、上述した種々の実施形態は、本明細書に記載の任意の他の実施形態と組み合わせることができる。本明細書に記載の特徴及び利点は全てを包含するものではなく、特に、多くの追加の特徴及び利点が、図面、明細書、及び特許請求の範囲に鑑みて当業者に明らかになる。さらに、本明細書で使用される用語が主に、読みやすさ及び教示目的で選択されており、本発明の趣旨の線引き又は制限のために選択されていないことがあることに留意されたい。

【0059】

図面の簡単な説明

【0059】 本開示を更に詳細に理解することができるように、幾つかを添付図面に示す種々の実施形態の特徴を参照することにより、より具体的な説明を行い得る。しかしながら、添付図面は単に本開示の関連する特徴を示すだけであり、したがって、限定ではなく説明と見なされるべきであり、他の有効な特徴を認め得る。

【図面の簡単な説明】

【0060】

【図1】 【0060】 幾つかの実施形態による単一ピクセル三色同軸LEDデバイス100の断面図である。

【図2A】 【0061】 幾つかの実施形態による三色同軸LEDデバイスを形成する多層構造200の断面図である。

【図2B】 【0062】 幾つかの実施形態による、作製プロセス後の三色同軸LEDデバイス250の断面図である。

【図3】 【0063】 幾つかの実施形態による三色LEDデバイス300の行列を示す回路図である。

【図4】 【0064】 幾つかの実施形態による三色同軸LEDデバイスを作製する方法400を示す流れ図である。

【図5】 【0065】 幾つかの実施形態による微小LEDディスプレイパネル500の上面図である。

【発明を実施するための形態】

【0061】

【0066】 一般的な実施によれば、図面に示す種々の特徴は一定の比率で描かれているわけではない。したがって、種々の特徴の寸法は、明確にするために任意に拡大又は縮小されていることがある。加えて、図面によっては、所与のシステム、方法、又はデバイスの構成要素を全ては示していないものがある。最後に、同様の参照番号は、本明細書及び図全体を通して同様の特徴を示すのに使用し得る。

【0062】

詳細な説明

【0067】 添付図面に示す実施形態例を完全に理解するために、多くの詳細が本明細書に

記載される。しかしながら、幾つかの実施形態は、具体的な多くの詳細なしで実施し得、特許請求の範囲は、特許請求の範囲に特に記載される特徴及び態様によってのみ限定される。さらに、本明細書に記載の実施形態の関連する態様を不必要に曖昧にしないように、周知のプロセス、構成要素、及び材料については精緻に詳述していない。

【0063】

【0068】 図1は、幾つかの実施形態による単一ピクセル三色同軸LEDデバイス100の断面図である。幾つかの実施形態では、三色同軸LEDデバイス100は基板102を含む。便宜上、「アップ」は基板102から離れることを意味し、「ダウン」は基板102に向かうことを意味し、上、下、上方、下方、下に、下で等の他の方向用語はそれに従って解釈される。支持基板102は、個々の駆動回路104のアレイが上に作製される基板である。幾つかの実施形態では、駆動回路は基板102の上又は微小三色LED構造100の上の層の1つに配置することもできる。各駆動回路はピクセル駆動回路104である。幾つかの場合、ピクセル駆動回路は薄膜トランジスタピクセル駆動回路又はシリコンCMOSピクセル駆動回路である。一実施形態では、基板102はSi基板である。別の実施形態では、支持基板102は透明基板、例えばガラス基板である。他の基板例には、GaAs、GaP、InP、SiC、ZnO、及びサファイア基板がある。駆動回路104は、個々の単一ピクセル三色同軸LEDデバイス100の動作を制御する個々のピクセル駆動回路を形成する。基板102上の回路は、個々の各ピクセル駆動回路104への接点を含むとともに、接地接点も含む。各微小三色LED構造100は2つのタイプの接点も有する：ピクセル駆動回路に接続される120等のP電極又はアノード及び接地（すなわち共通電極）に接続される122、124、及び126等のN電極又はカソード。

【0064】

【0069】 幾つかの特徴は用語「層」を用いて本明細書に記載されるが、そのような特徴は1つの層に限定されず、複数の副層を含み得ることを理解されたい。幾つかの場合、「構造」は「層」の形態をとることができる。

【0065】

【0070】 幾つかの実施形態では、3つのエピタキシャル層108、112、及び116を含む3つのLED構造は積層構造内に形成され、例えば、緑色LEDエピタキシャル層112は赤色LEDエピタキシャル層108の上部に直接あり、青色LEDエピタキシャル層112は緑色エピタキシャル層112の上部に直接ある。幾つかの実施形態では、赤色エピタキシャル層108から発せられた光は、緑色エピタキシャル層112、次いで青色エピタキシャル層116を通して伝播することが可能であり、三色LEDデバイス100から発せられる。幾つかの実施形態では、緑色エピタキシャル層112から発せられた光は、青色エピタキシャル層116を通して伝播することが可能であり、三色LEDデバイス100から発せられる。幾つかの実施形態では、LED構造は、異なる組成を有する多くのエピタキシャル副層を含む。LEDエピタキシャル構造の例には、III-V族窒化物、III-V族ヒ化物、III-V族リン化物、及びIII-V族アンチモン化物エピタキシャル構造がある。微小LEDの例には、GaNベースのUV／青／緑微小LED、AlInGaPベースの赤／橙微小LED、及びGaAs又はInPベースの赤外線（IR）微小LEDがある。

【0066】

【0071】 幾つかの実施形態では、積層LED構造の各々は個々に制御されて、その個々の光を生成することができる。幾つかの実施形態では、三色同軸LEDデバイス100内の全てのLEDエピタキシャル層動作からの結果としての上部LEDエピタキシャル層の結合光は、小さなフットプリント内のディスプレイパネル上の1つのピクセルの色を変えることができる。

【0067】

【0072】 幾つかの実施形態では、同軸LEDデバイス100の設計に応じて、同じデバイスに含まれるLED構造の発色は、赤、緑、及び青に限定されない。例えば、適した色は、可視色範囲の380nmから700nmの波長の異なる色の範囲から選択することが

できる。幾つかの実施形態では、紫外線及び赤外線等の不可視範囲からの他の色を発するLED構造を実施することができる。例えば、三色の選択は下から上に赤、緑、及び青であることができる。別の実施形態では、三色の選択は下から上に紫外線、橙、及び赤外線であることができる。幾つかの実施形態では、デバイス100の一層上のLED構造からの光の波長は、現在層の上の層上のLED構造よりも長い波長でなければならない。例えば、下部エピタキシャル層108からの光の波長は、中間エピタキシャル層112からの光の波長よりも長く、中間エピタキシャル層112からの光の波長は、上部エピタキシャル層116からの光の波長よりも長い。幾つかの実施形態では、デバイス100の一層上のLED構造からの光の波長は、現在層の上部の層上のLED構造からの波長よりも短い必要がある。例えば、下部エピタキシャル層108からの光の波長は中間エピタキシャル層112からの光の波長よりも短く、中間エピタキシャル層112からの光の波長は上部エピタキシャル層116からの光の波長よりも短い。

【0068】

【0073】 幾つかの実施形態では、絶縁層128が三色LED構造の上部及び側壁を覆う。幾つかの実施形態では、P電極120が三色LEDデバイス100の側部に配置されて、赤色LED構造、緑色LED構造、及び青色LED構造に接続する。幾つかの実施形態では、別個のN電極が配置されて、赤色LED構造、緑色LED構造、及び青色LED構造の各々に接続する。例えば、N電極126は、LEDエピタキシャル層108を含む赤色LED構造に接続される。N電極124は、LEDエピタキシャル層112を含む緑色LED構造に接続される。N電極122は、LEDエピタキシャル層116を含む青色LED構造に接続される。

【0069】

【0074】 幾つかの実施形態では、下部エピタキシャル層108は金属接合層106を通して基板に接合される。幾つかの実施形態では、金属接合層106は、上方のLED構造から発せられた光を反射する反射器として使用することもできる。幾つかの実施形態では、中間エピタキシャル層112は第1の透明接合層110を通して下部エピタキシャル層108に接合される。幾つかの実施形態では、上部エピタキシャル層116は第2の透明接合層114を通して中間エピタキシャル層112に接合される。幾つかの実施形態では、透明接合層は、接合層の下方の層から発せられた光の透過を促進することができる。

【0070】

【0075】 幾つかの実施形態では、反射層がLEDエピタキシャル層間に形成されて、発光効率を改善し、これについて更に後述する。幾つかの実施形態では、導電透明層がLEDエピタキシャル層間に形成されて、導電性及び透過性を改善する。

【0071】

【0076】 図2Aは、幾つかの実施形態による三色同軸LEDデバイスを形成する多層構造200の断面図である。より具体的には、図2Aは、三色同軸LEDデバイスの基板上の複数の層の作製を示す。

【0072】

【0077】 図2Aはピクセル駆動回路204を支持する基板202を示す。幾つかの実施形態では、基板202はシリコンからなり、約700 μ m厚である。一手法では、金属（接合）層206が基板202上に成長する。金属（接合）層206はオーミック接触層及び金属接合層を含み得る。幾つかの実施形態では、金属（接合）層206の厚さは約0.1 μ mから約3 μ mである。幾つかの場合、2つの金属層が金属（接合）層206に含まれる。金属層の一方は、金属（接合）層206の真上にあるエピタキシャル層210又は反射層208上に堆積する。相手方の金属接合層もピクセル駆動回路204を有する基板202上に堆積する。幾つかの実施形態では、金属（接合）層206の組成はAu-Au接合、Au-Sn接合、Au-In接合、Ti-Ti接合、Cu-Cu接合、又はそれらの混合を含む。例えば、Au-Au接合が選択される場合、Auの2つの層は各々、接着層としてCr被膜及び抗拡散層としてPt被膜を必要とする。そしてPt被膜はAu層とCr層との間にある。Cr層及びPt層は、2つの接合されたAu層の上部及び下部に位

置決めされる。幾つかの実施形態では、2つのAu層の厚さが概ね同じである場合、高圧及び高温下で、両層上のAuの相互拡散が2つの層を一緒に接合する。共晶接合、熱圧着、及び遷移液相(TLP)接合は、使用し得る技法の例である。

【0073】

【0078】幾つかの実施形態では、エピタキシャル層210は、金属(接合)層206を通してピクセル駆動回路204を有する基板202の既存構造の上部に接合される。一手法では、エピタキシャル層210は別個の基板(エピタキシャル基板と呼ばれる)上に成長する。接合後、例えばレーザーリフトオフ又は化学ウェットエッチングによりエピタキシャル基板は次いで除去され、図2Aに示す構造を残す。

【0074】

【0079】幾つかの実施形態では、反射層208は、接合前、エピタキシャル層210上に成膜される。反射層208は、接合後、金属(接合)層206とエピタキシャル層210との間にある。幾つかの場合、反射層208の厚さは約0.1μmから約5μmである。幾つかの実施形態では、反射層208は分布ブラッグ反射器(DBR)構造を含む。例えば、反射層208は、様々な屈折率を有する交互又は異なる材料の複数の層から形成される。幾つかの場合、DBR構造の各層境界は、光波の部分反射を生じさせる。反射層208は、いくらかの選択された波長、例えば赤色光を反射するのに使用することができる。幾つかの実施形態では、反射層208はSiO₂及びTi₃O₅の複数の層から作られる。SiO₂及びTi₃O₅の各層の厚さ及び数を変えることにより、異なる波長の光の選択的反射又は透過を形成することができる。幾つかの実施形態では、赤色光LEDの反射層208は、Au又は／及びインジウムスズ酸化物(ITO)の複数の層を含む。

【0075】

【0080】幾つかの実施形態では、赤色LED構造の反射層208は、三色LEDデバイスの異なる層により生成される光に対して低い吸収率(例えば、5%以下)を有する。幾つかの実施形態では、赤色光LED構造の反射層208は、現在の反射層の上方で生成される光、例えば、赤色光、緑色光、及び青色光に対して高い反射率(例えば、95%以上)を有する。

【0076】

【0081】幾つかの実施形態では、エピタキシャル層210は、赤色微小LEDの形成のためのものである。赤色LEDエピタキシャル構造の例は、III-V族窒化物エピタキシャル構造、III-V族ヒ化物エピタキシャル構造、III-V族リン化物エピタキシャル構造、及びIII-Vアンチモン化物エピタキシャル構造を含む。幾つかの場合、赤色LEDエピタキシャル層210内の薄膜は、P型GaP／P型AlGaInP発光層／AlGaInP／N型AlGaInP／N型GaAsの層を含むことができる。幾つかの実施形態では、P型は一般にMgドーピングされ、N型は一般にSiドーピングされる。幾つかの例では、エピタキシャル層210の厚さは約0.3μmから約5μmである。

【0077】

【0082】幾つかの実施形態では、エピタキシャル層210の上方には透明導電酸化物であるインジウムスズ酸化物(ITO)層212がある。幾つかの実施形態では、ITO層212の厚さは約0.01μmから約1μmである。幾つかの場合、次のエピタキシャル層とのあらゆる接合前、ITO層212は、一般に蒸着、例えば電子ビーム蒸着又はスパッタリング堆積によりエピタキシャル層210上に堆積する。幾つかの例では、ITO層は、幾つかの場合、反射性又は透過性等のLEDデバイスの光学性を改善しながら、電極接続の良好な導電性を維持するのに使用される。

【0078】

【0083】幾つかの実施形態では、次のエピタキシャル層とのあらゆる接合プロセス前、第2の反射層214がITO層212上に成膜される。幾つかの場合、反射層214の厚さは約0.1μmから約5μmである。幾つかの実施形態では、反射層214はDBR構造を含む。例えば、反射層214は、様々な屈折率を有する交互又は異なる材料の複数の層から形成される。幾つかの場合、DBR構造の各層境界は、光波の部分反射を生じさせ

10

20

30

40

50

る。反射層 2 1 4 は、いくつかの選択された波長、例えば緑色光を反射するのに使用することができる。幾つかの実施形態では、反射層 2 1 4 は SiO_2 及び TiO_2 の複数の層から作られる。 SiO_2 及び TiO_2 の各層の厚さ及び数を変えることにより、異なる波長の光の選択的反射又は透過を形成することができる。

【0079】

【0084】 一例では、表 1 に示す以下の DBR 構造が緑色光 LED からの緑色光の反射に使用される。

【0080】

【表 1】

表1: 緑色光LED反射層のDBR層構造。

層の組成	層厚 (nm 単位)
SiO_2	1000
TiO_2	109.54
SiO_2	318.48
TiO_2	64.95
SiO_2	106.07
TiO_2	245.76
SiO_2	137.08
TiO_2	65.14
SiO_2	106.77
TiO_2	338.95
SiO_2	37.27
TiO_2	12.41
SiO_2	352.18
TiO_2	70.83
SiO_2	229.25
ITO	20

【0081】

【0086】 幾つかの実施形態では、緑色光 LED 構造の反射層 2 1 4 は、三色 LED デバイスの異なる層によって生成される光に対して低い吸収率（例えば、5 % 以下）を有する。幾つかの実施形態では、緑色光 LED 構造の反射層 2 1 4 は、現在の反射層の上で生成される光、例えば緑色光及び青色光に対して高い反射率（例えば、95 % 以上）を有する。

【0082】

【0087】 幾つかの実施形態では、第 2 のエピタキシャル層 2 2 0 が、透明接合層 2 1 6 を通して第 1 のエピタキシャル層 2 1 0 の上部に接合される。一手法では、第 2 のエピタキシャル層 2 2 0 は別個の基板（エピタキシャル基板と呼ばれる）上に成長する。接合後、例えばレーザリフトオフ又は化学ウェットエッチングによりエピタキシャル基板は次いで除去され、図 2 A に示す構造を残す。

【0083】

【0088】 幾つかの実施形態では、透明接合層 216 は、スピノングラス（SOG）、接合接着剤 Micro Resist BCL-1200 等の透明プラスチック（樹脂）又は SiO₂ で作られる。透明接合層 216 の厚さは約 0.1 μm から約 5 μm である。

【0084】

【0089】 幾つかの実施形態では、第 2 のエピタキシャル層 220 は、緑色微小 LED の形成のためのものである。緑色 LED エピタキシャル構造の例は、III-V 族窒化物エピタキシャル構造、III-V 族ヒ化物エピタキシャル構造、III-V 族リン化物エピタキシャル構造、及び III-V アンチモン化物エピタキシャル構造を含む。幾つかの場合、緑色 LED エピタキシャル層 220 内の薄膜は、P 型 GaN / InGa_xN_{1-x} 発光層 / N 型 GaN の層を含むことができる。幾つかの実施形態では、P 型は一般に Mg ドープされ、N 型は一般に Si ドープされる。幾つかの例では、第 2 のエピタキシャル層 220 の厚さは約 0.3 μm から約 5 μm である。

10

【0085】

【0090】 幾つかの実施形態では、接合前、ITO 層 218 が第 2 のエピタキシャル層 220 上に堆積する。ITO 層 218 は、接合後、透明接合層 216 と第 2 のエピタキシャル層 220 との間にある。幾つかの実施形態では、ITO 層 218 の厚さは約 0.01 μm から約 1 μm である。

【0086】

【0091】 幾つかの実施形態では、次のエピタキシャル層とのあらゆる接合プロセス前、別の ITO 層 222 が第 2 のエピタキシャル層 220 の上部に堆積する。幾つかの実施形態では、ITO 層 218 の厚さは約 0.01 μm から約 1 μm である。

20

【0087】

【0092】 幾つかの実施形態では、次のエピタキシャル層とのあらゆる接合プロセス前、第 3 の反射層 224 が ITO 層 222 上に成膜される。幾つかの場合、反射層 224 の厚さは約 0.1 μm から約 5 μm である。幾つかの実施形態では、反射層 224 は DBR 構造を含む。例えば、反射層 224 は、様々な屈折率を有する交互又は異なる材料の複数の層から形成される。幾つかの場合、DBR 構造の各層境界は、光波の部分反射を生じさせる。反射層 224 は、いくらかの選択された波長、例えば青色光を反射するのに使用することができる。幾つかの実施形態では、反射層 224 は SiO₂ 及び TiO₂ の複数の層から作られる。SiO₂ 及び TiO₂ の各層の厚さ及び数を変えることにより、異なる波長の光の選択的反射又は透過を形成することができる。

30

【0088】

【0093】 一例では、表 2 に示す以下の DBR 構造が青色光 LED からの青色光の反射に使用される。

【0089】

40

50

【表 2】

表2: 青色光LED反射層のDBR層構造。

層の組成	層厚 (nm 単位)
SiO ₂	1000
SiO ₂	183.36
TiO ₂	96
SiO ₂	84.65
TiO ₂	51.37
SiO ₂	332.37
TiO ₂	79.95
SiO ₂	423.13
TiO ₂	52.99
SiO ₂	35.87
TiO ₂	235.03
SiO ₂	253.67
TiO ₂	64.38
SiO ₂	336.08
ITO	20

10

20

【0090】

30

【0095】 幾つかの実施形態では、青色光LED構造の反射層224は、三色LEDデバイス100の異なる層によって生成される光に対して低い吸収率（例えば、5%以下）を有する。幾つかの実施形態では、青色光LED構造の反射層224は、現在の反射層の上で生成される光、例えば青色光に対して高い反射率（例えば、95%以上）を有する。

【0091】

【0096】 幾つかの実施形態では、第3のエピタキシャル層230が、透明接合層226を通して第2のエピタキシャル層220の上部に接合される。一手法では、第3のエピタキシャル層230は別個の基板（エピタキシャル基板と呼ばれる）上に成長する。接合後、例えばレーザーリフトオフ又は化学ウェットエッチングによりエピタキシャル基板は次いで除去され、図2Aに示す構造を残す。

40

【0092】

【0097】 幾つかの実施形態では、透明接合層226は、スピノンガラス（SOG）、接合接着剤Micro Resist BCL-1200等の透明プラスチック（樹脂）又はSiO₂で作られる。透明接合層226の厚さは約0.1 μmから約5 μmである。

【0093】

【0098】 幾つかの実施形態では、第3のエピタキシャル層230は、青色微小LEDの形成のためのものである。青色LEDエピタキシャル構造の例は、III-V族窒化物エピタキシャル構造、III-V族ヒ化物エピタキシャル構造、III-V族リン化物エピタキシャル構造、及びIII-Vアンチモン化物エピタキシャル構造を含む。幾つかの場合、青色LEDエピタキシャル層230内の薄膜は、P型GaN/InGaN発光層/N

50

型 GaN の層を含むことができる。幾つかの実施形態では、P 型は一般に Mg ドープされ、N 型は一般に Si ドープされる。幾つかの例では、第 3 のエピタキシャル層 230 の厚さは約 0.3 μm から約 5 μm である。

【0094】

【0099】 幾つかの実施形態では、接合前、ITO 層 228 が第 3 のエピタキシャル層 230 上に堆積する。ITO 層 228 は、接合後、透明接合層 226 と第 3 のエピタキシャル層 230 との間にある。幾つかの実施形態では、ITO 層 228 の厚さは約 0.01 μm から約 1 μm である。

【0095】

【00100】 幾つかの実施形態では、別の ITO 層 232 が第 3 のエピタキシャル層 230 の上部に堆積する。幾つかの実施形態では、ITO 層 232 の厚さは約 0.01 μm から約 1 μm である。

【0096】

【00101】 図 2B は、幾つかの実施形態による、作製プロセス後の三色同軸 LED デバイス 250 の断面図である。より具体的には、図 2B は、幾つかの追加の作成プロセス、特に多層構造 200 のパターニング後の三色同軸 LED デバイス 250 を更に示す。

【0097】

【00102】 幾つかの実施形態では、ドライエッチング及びウェットエッチングを通して、三色 LED 構造が形成され、異なる色の LED 構造の軸は互いに垂直に位置合わせされる。幾つかの実施形態では、異なる色の LED 構造は同じ軸を共有する。幾つかの実施形態では、異なる色の LED 構造は、ピラミッドのような形状又は台形断面形を形成し、下部 LED 構造の横方向寸法は最長であり、上部 LED 構造の横方向寸法は最短である。各層は、その下の層と比較してより狭い幅又はより小さな面積を有する。この場合、幅又は面積は基板 202 の表面に平行する平面の寸法によって測定される。幾つかの実施形態では、金属（接合）層 206 等の下部層は約 1 μm から約 500 μm の横方向寸法を有する。ピラミッドのような形状は、個々の LED 構造間及び電極への電子接続を改善し、作製プロセスを簡易化する。例えば、電極接続は、容易な接続のために各層で露出される。

【0098】

【00103】 幾つかの実施形態では、三色 LED デバイスの層の断面のアスペクト比は、同じ層の横方向寸法が変わる場合、略同じままである。例えば、パターニングされたエピタキシャル層の横方向寸法が 5 μm である場合、パターニングされたエピタキシャル層の厚さは 1 μm 未満である。別の例では、同じパターニングされたエピタキシャル層の横方向寸法が増大する場合、パターニングされたエピタキシャル層の厚さはそれに従って増大して、同じアスペクト比を維持する。幾つかの実施形態では、エピタキシャル層及び他の層の断面のアスペクト比は厚さ／幅において 1／5 未満である。

【0099】

【00104】 LED デバイスの形状は限定されず、幾つかの他の実施形態では、三色同軸 LED デバイスの断面形は他の形状、例えば逆台形、半楕円形、矩形、平行四辺形、三角形、又は六角形等の形態をとることができる。

【0100】

【00105】 幾つかの実施形態では、図 1A に示す層がすべて形成された後、第 3 のエピタキシャル層 230 の上の上部 ITO 層 232 は、フォトリソグラフィ及びエッチングを使用してパターニングされる。幾つかの場合、パターン形成に使用されるエッチング法は、ドライエッチング、例えば誘導結合プラズマ（ICP）エッチング又は ITO エッチング溶液を用いたウェットエッチングである。幾つかの実施形態では、同じパターニング法は、構造 200 内の ITO 層 212、218、222、228 を含め、他の全ての ITO 層に適用することができる。

【0101】

【00106】 幾つかの実施形態では、青色 LED エピタキシャル層 230 及び緑色 LED エピタキシャル層 220 はフォトリソグラフィ及びエッチングを使用してパターニングさ

10

20

30

40

50

れる。幾つかの場合、パターン形成に使用されるエッチング法は、C l 2 及び B C l 3 エッチングガスを用いたドライエッチング、例えば誘導結合プラズマ（I C P）エッチングである。

【0102】

【00107】 幾つかの実施形態では、216 及び 226 を含む透明接合層は、フォトリソグラフィ及びエッチングを使用してパターンニングされる。幾つかの場合、パターン形成に使用されるエッチング法は、C F 4 及び O 2 エッチングガスを用いたドライエッチング、例えば誘導結合プラズマ（I C P）エッチングである。

【0103】

【00108】 幾つかの実施形態では、208、214、及び 224 を含む反射層は、フォトリソグラフィ及びエッチングを使用してパターンニングされる。幾つかの場合、反射層、特に D B R 層のパターン形成に使用されるエッチング法は、C F 4 及び O 2 エッチングガスを用いたドライエッチング、例えば誘導結合プラズマ（I C P）エッチング又は A r ガスを用いたイオンビームエッチング（I B E）である。

【0104】

【00109】 幾つかの実施形態では、赤色エピタキシャル層 210 はフォトリソグラフィ及びエッチングを使用してパターンニングされる。幾つかの場合、パターン形成に使用されるエッチング法は、C l 2 及び H B r エッチングガスを用いたドライエッチング、例えば誘導結合プラズマ（I C P）エッチングである。

【0105】

【00110】 幾つかの実施形態では、金属（接合）層 206 はフォトリソグラフィ及びエッチングを使用してパターンニングされる。幾つかの場合、パターン形成に使用されるエッチング法は、C l 2 / B C l 3 / A r エッチングガスを用いたドライエッチング、例えば誘導結合プラズマ（I C P）エッチング又は A r ガスを用いたイオンビームエッチング（I B E）である。

【0106】

【00111】 幾つかの実施形態では、L E D デバイス構造がパターンニングされた後、絶縁層 252 が、パターンニングされた層、側壁、及び露出した基板の全てを含むパターンニングされた L E D デバイス構造の表面上に堆積する。幾つかの実施形態では、絶縁層 252 は S i O 2 及び / 又は S i 3 N 4 で作られる。幾つかの実施形態では、絶縁層 252 は T i O 2 で作られる。幾つかの実施形態では、絶縁層 252 は、高温で S O G 等の層を硬化した後、S i O 2 と同様の組成を用いて形成される。幾つかの実施形態では、絶縁層 252 は、絶縁層 252 の下の層と同様の熱係数を有する材料で作られる。

【0107】

【00112】 幾つかの実施形態では、絶縁層 252 は、フォトリソグラフィ及びエッチングを使用してパターンニングされて、電極接点エリアを露出する。幾つかの場合、パターン形成に使用されるエッチング法は、C F 4 及び O 2 を用いたドライエッチング、例えば、誘導結合プラズマ（I C P）エッチングである。

【0108】

【00113】 幾つかの実施形態では、アノード金属パッド 254 は、片面等の、パターンニングされた L E D 構造の適した場所に蒸着により堆積して、赤色 L E D 構造、緑色 L E D 構造、及び青色 L E D 構造を覆う。幾つかの実施形態では、アノード金属パッド 254 は、赤色 L E D エピタキシャル層 210 の下部金属（接合）層 206、緑色 L E D エピタキシャル層 220 の下部導電性 I T O 層 218、及び青色 L E D エピタキシャル層 230 の下部導電 I T O 層 228 に接続するように作られる。アノード金属パッド 254 はまた、金属（接合）層 206 を通して基板 202 上のピクセル駆動回路 204 を含む集積回路にも電氣的に接続される。

【0109】

【00114】 幾つかの実施形態では、別個のカソード金属パッドが配置されて、赤色 L E D エピタキシャル層、緑色 L E D エピタキシャル層、及び青色 L E D エピタキシャル層の

10

20

30

40

50

各々に接続される。例えば、カソード金属パッド256は、パターンニングされたLED構造の片側に蒸着して、赤色LEDエピタキシャル層210の上部の導電性ITO層212を通して赤色LEDエピタキシャル層210に接続する。幾つかの実施形態では、カソード金属パッド258は、パターンニングされたLED構造の片側に蒸着して、緑色LEDエピタキシャル層220の上部の導電性ITO層222を通して緑色LEDエピタキシャル層220に接続する。幾つかの実施形態では、カソード金属パッド260は、パターンニングされたLED構造の片側に蒸着して、青色LEDエピタキシャル層230の上部の導電性ITO層232を通して青色LEDエピタキシャル層230に接続する。

【0110】

[00115] 幾つかの実施形態では、三色LEDデバイス内の赤色LED構造の外部量子効率率は約0.5%~5%である。幾つかの実施形態では、三色LEDデバイス内の緑色LED構造の外部量子効率率は約2%~10%である。幾つかの実施形態では、三色LEDデバイス内の青色LED構造の外部量子効率率は約5%~15%である。幾つかの実施形態では、各色のLED構造の外部量子効率率は、LED構造に加えて、反射層、接合層、ITO層、及び絶縁層等の関連する全ての層の影響がカウントされる場合、測定される。

10

【0111】

[00116] 幾つかの実施形態では、三色LEDデバイス250の外部量子効率率は約20%以上である。幾つかの実施形態では、三色LEDデバイスの外部量子効率率は、LED構造に加えて、反射層、接合層、ITO層、及び絶縁層等の、全ての層の影響がカウントされる場合、測定される。

20

【0112】

[00117] 層の寸法（例えば、各層の幅、長さ、高さ、及び断面積）、電極の寸法、2つ以上のLED構造層、接合層、反射層、及び導電層のサイズ、形状、間隔、及び配置、並びに集積回路、ピクセル駆動回路、及び電気接続の間の構成等の三色同軸LEDシステム250の種々の設計態様は、所望のLED特性を得るように選択される（例えば、費用関数又は性能関数を使用して最適化される）。上記設計態様に基づいて変わるLED特性には、例えば、サイズ、材料、コスト、作製効率、発光効率、消費電力、指向性、ルミナンス強度、ルミナンス束、色、スペクトル、及び空間放射パターンがある。

【0113】

[00118] 図3は、幾つかの実施形態による単一ピクセル三色LEDデバイス300の行列を示す回路図である。図3の回路は、3つのピクセル駆動回路302、304及び306並びに3つの三色同軸LEDデバイス308、310、及び312を含む。

30

【0114】

[00119] 幾つかの実施形態では、ディスプレイパネルは、数百万ものピクセル等の複数のピクセルを含み、各ピクセルは三色LEDデバイス構造を含む。幾つかの実施形態では、LEDデバイス構造は微小LEDであることができる。微小LEDは通常、50マイクロメートル(μm)以下の横方向寸法を有し、10μm未満、更にはわずかな数μmの横方向寸法を有することができる。

【0115】

[00120] 幾つかの実施形態では、ピクセル駆動回路、例えば302は、幾つかのトランジスタ及びコンデンサ（図3に示さず）を含む。トランジスタは、電圧供給源に接続された駆動トランジスタと、走査信号バス線に接続されたゲートが構成された制御トランジスタとを含む。コンデンサは、走査信号が他のピクセルを設定している間、駆動トランジスタのゲート電圧を維持する使用される貯蔵コンデンサを含む。

40

【0116】

[00121] この例では、3つの三色LEDデバイス、例えば308の各々はそれ自体の集積回路(IC)ピクセル駆動回路302を有する。単一ピクセル三色LEDデバイス308は、並列接続された、異なる色を有する3つの個々のLEDとして見ることができる。例えば、同じ三色LEDデバイス308内の赤色LED318、緑色LED316、及び青色LED314は、図2Bの金属パッド254等の共有P電極パッド又はアノードを

50

介して、同じＩＣピクセル駆動回路３０２に接続される。

【０１１７】

【００１２２】 幾つかの実施形態では、同じ三色ＬＥＤデバイス３０８内の赤色ＬＥＤ、緑色ＬＥＤ、及び青色ＬＥＤの各々は、別個のＮ電極パッド又はカソードに接続される。例えば、赤色ＬＥＤは、図２Ｂの金属パッド２５６等のＮ電極３３６に接続される。緑色ＬＥＤは、図２Ｂの金属パッド２５８等のＮ電極３３４に接続される。青色ＬＥＤは、図２Ｂの金属パッド２６０等のＮ電極３３２に接続される。

【０１１８】

【００１２３】 幾つかの実施形態では、異なる三色ＬＥＤデバイスからの全ての赤色ＬＥＤ、例えば３１８、３２４、及び３３０は、同じ共通Ｎ電極３３６に接続される。異なる三色ＬＥＤデバイスからの全ての緑色ＬＥＤ、例えば３１６、３２２、及び３２８は、同じ共通Ｎ電極３３４に接続される。異なる三色ＬＥＤデバイスからの全ての青色ＬＥＤ、例えば３１４、３２０、及び３２６は、同じ共通Ｎ電極３３２に接続される。共通電極の使用は、作製プロセスを簡易化し、ＬＥＤデバイスの面積、特に電極のフットプリントを低減する。

【０１１９】

【００１２４】 図４は、幾つかの実施形態による三色同軸ＬＥＤデバイスを作製する方法４００を示す流れ図である。

【０１２０】

【００１２５】 方法４００の動作（例えばステップ）は、上記の図１、図２Ａ、図２Ｂ、及び図３に記載の実施形態に対応して実行し得る。

【０１２１】

【００１２６】 方法４００は、基板を提供するステップ４０２を含む。幾つかの実施形態では、ピクセル駆動回路が基板に形成される。

【０１２２】

【００１２７】 方法４００は、基板の上部に積層された第１のＬＥＤ構造層を作製するステップ４０４も含む。幾つかの実施形態では、第１のＬＥＤ構造層は第１のエピタキシャル構造を含む。幾つかの実施形態では、第１のＬＥＤ構造層は第１の接合層により基板に接合される。幾つかの実施形態では、基板及び第１のＬＥＤ構造層の接合前、第１の反射層がＬＥＤ構造層の基板に面する面に成膜される。そして幾つかの場合、接合後、第１の反射層は第１の接合層と第１のエピタキシャル構造との間にある。幾つかの実施形態では、第１の接合層は第１のＬＥＤ構造層の下部における導電層であり、第１の接合層は、ピクセル駆動回路及び第１のＬＥＤ構造層の下部の両方に電氣的に接続される。幾つかの実施形態では、第１の上部導電層が第１のＬＥＤ構造層の上部に成膜されて、第１のＬＥＤ構造層の上部及び共通電極に電氣的に接続する。

【０１２３】

【００１２８】 方法４００は、第１のＬＥＤ構造層の上部に積層された第２のＬＥＤ構造層を作製するステップ４０６を更に含む。幾つかの実施形態では、第２のＬＥＤ構造層は第２のエピタキシャル構造を含む。幾つかの実施形態では、第２のＬＥＤ構造は第２の接合層により第１のＬＥＤ構造に接合される。幾つかの実施形態では、第１のＬＥＤ構造層及び第２のＬＥＤ構造層の接合前、第２の反射層が第１のＬＥＤ構造層の第２のＬＥＤ構造層に面する面に成膜される。そして幾つかの場合、第２の反射層は、接合後、第１の上部導電層と第２の接合層との間にある。幾つかの実施形態では、第２の下部導電層が第２のＬＥＤ構造層の下部に成膜され、第２の下部導電層は、ピクセル駆動回路及び第２のＬＥＤ構造層の下部の両方に電氣的に接続される。幾つかの実施形態では、第２の上部導電層が第２のＬＥＤ構造層の上部に成膜されて、第２のＬＥＤ構造層の上部及び共通電極に電氣的に接続する。

【０１２４】

【００１２９】 方法４００は、第２のＬＥＤ構造層の上部に積層された第３のＬＥＤ構造層を作製するステップ４０８を更に含む。幾つかの実施形態では、第３のＬＥＤ構造層は第

3のエピタキシャル構造を含む。幾つかの実施形態では、第3のLED構造は第3の接合層により第2のLED構造に接合される。幾つかの実施形態では、第2のLED構造層及び第3のLED構造層の接合前、第3の反射層が第2のLED構造層の第3のLED構造層に面する面に成膜される。そして幾つかの場合、接合後、第3の反射層は第2の上部導電層と第3の接合層との間にある。幾つかの実施形態では、第3の下部導電層が第3のLED構造層の下部に成膜され、第3の下部導電層は、ピクセル駆動回路及び第3のLED構造層の下部の両方に電氣的に接続される。幾つかの実施形態では、第3の上部導電層は第3のLED構造層の上部に成膜されて、第3のLED構造層の上部及び共通電極に電氣的に接続する。

【0125】

【00130】 幾つかの実施形態では、第1のLED構造層、第2のLED構造層、及び第3のLED構造層は互いに横方向に実質的に重複して、第1のLED構造層、第2のLED構造層、及び第3のLED構造層から発せられた光を結合する光路を形成する。

【0126】

【00131】 方法400は、フォトリソグラフィ及びエッチングにより上述したステップ402～408から形成された各層をパターンニングして、一緒に直接積層された3つのLEDを形成するステップ410を更に含む。

【0127】

【00132】 方法400は、上述したステップ402～410から形成された、露出した構造の上方に絶縁層を堆積させ、電極接点パッドを被膜するように絶縁層をエッチングするステップ412を更に含む。

【0128】

【00133】 方法400は、ステップ402～412から形成された構造の表面に電極接点パッドを成膜するステップ414を更に含む。幾つかの実施形態では、アノード金属接点パッドが成膜されて、第1、第2、及び第3のLED構造層の各々の下部導電層及びピクセル駆動回路に電氣的に接続する。幾つかの実施形態では、第1のカソード金属接点パッドが成膜されて、第1のLED構造層の上部導電層に電氣的に接続する。幾つかの実施形態では、第2のカソード金属接点パッドが成膜されて、第2のLED構造層の上部導電層に電氣的に接続する。幾つかの実施形態では、第3のカソード金属接点パッドが成膜されて、第3のLED構造層の上部導電層に電氣的に接続する。

【0129】

【00134】 更なる実施形態は、種々の実施形態で組み合わせられ、又は他の方法で再配置された図1、図2A、図2B、図3、及び図4の実施形態を含む上記実施形態の種々のサブセットも含む。

【0130】

【00135】 図5は、幾つかの実施形態による微小LEDディスプレイパネル500の上面図である。ディスプレイパネル500は、データインターフェース510、制御モジュール520、及びピクセル領域550を含む。データインターフェース510は、表示する画像を定義するデータを受信する。このデータのソース及びフォーマットは用途に応じて様々である。制御モジュール520は、入力データを受信し、ディスプレイパネルのピクセルを駆動するのに適した形態に変換する。制御モジュール520は、受信したフォーマットをピクセル領域550に適切なフォーマットに変換するデジタル論理及び／又は状態機械、シフトレジスタ又はデータを記憶、転送する他のタイプのバッファ及びメモリ、デジタル／アナログ変換器及びレベルシフタ、及びクロック回路を含む走査コントローラを含み得る。

【0131】

【00136】 ピクセル領域550はピクセルのアレイを含む。ピクセルは、例えば上述したようにピクセル駆動回路と統合された三色同軸LED534等の微小LEDを含む。この例では、ディスプレイパネル500はカラーRGBディスプレイパネルである。赤、緑、及び青のピクセルを含む。各ピクセル内で、三色同軸LED534はピクセル駆動回路

10

20

30

40

50

によって制御される。ピクセルは、先に示した実施形態によれば、供給電圧（図示せず）及び接地パッド536を介して接地と連絡するとともに、制御信号にも連絡する。図5に示さないが、三色同軸LED534のp電極及び駆動トランジスタの出力はLED534内に位置決めされ、図2Aの金属層204等の接合金属層により電氣的に接続される。LED電流駆動信号接続（LEDのp電極とピクセル駆動回路の出力との間）、接地接続（n電極とシステム接地との間）、供給電圧V_{dd}接続（ピクセル駆動回路のソースとシステムV_{dd}との間）、及びピクセル駆動回路のゲートへの制御信号接続は、種々の実施形態によりなされる。

【0132】

[00137] 図5は代表的な図にすぎない。他の設計も明らかであろう。例えば、色は赤、緑、及び青である必要はない。列又は縞に配置される必要もない。一例として、図5に示すピクセルの正方形行列の配置から離れて、ピクセルの六角形行列の配置を使用して、ディスプレイパネル500を形成することもできる。

【0133】

[00138] 幾つかの用途では、ピクセルの完全にプログラマブルな矩形アレイは必要ない。本明細書に記載のデバイス構造を使用して、多種多様な形状及びディスプレイを有する他の設計のディスプレイパネルを形成することもできる。一クラスの例は、看板及び自動車を含む特殊用途である。例えば、複数のピクセルを星又は螺旋の形状に配置して、ディスプレイパネルを形成し得、LEDをオンオフすることによりディスプレイパネル上に異なるパターンを生成することができる。別の特殊な例は、自動車のヘッドライト及びスマート照明であり、これらでは特定のピクセルと一緒にグループ化されて、種々の照明形状を形成し、LEDの各グループは、個々のピクセル駆動回路によってオンオフ又は他の方法で調節することができる。

【0134】

[00139] 各ピクセル内のデバイスの横方向配置さえも変更することができる。図1、2A及び2Bでは、LED及びピクセル駆動回路は垂直に配置され、すなわち、各LEDは対応するピクセル駆動回路の上部に配置される。他の配置も可能である。例えば、ピクセル駆動回路はLEDの「後方」、「前方」、又は「横」に配置することもできる。

【0135】

[00140] 異なるタイプのディスプレイパネルを作製することができる。例えば、ディスプレイパネルの解像度は通常、8×8から3840×2160の範囲であることができる。一般的なディスプレイ解像度には、解像度320×240及びアスペクト比4：3を有するQVGA、解像度1024×768及びアスペクト比4：3を有するXGA、解像度1280×720及びアスペクト比16：9を有するD、解像度1920×1080及びアスペクト比16：9を有するFHD、解像度3840×2160及びアスペクト比16：9を有するUHD、並びに解像度4096×2160を有する4Kがある。サブミクロン以下から100mm超の範囲の広く様々なピクセルサイズが存在することもできる。全体表示領域のサイズも広く様々なことができ、数十μm以下という小さな対角線から数百インチ超と様々なである。

【0136】

[00141] 異なる用途は、光学輝度について異なる要件も有する。用途例には、直視型表示画面、ホーム／オフィスプロジェクタ及びスマートフォン、ラップトップ、ウェアラブル電子機器、AR及びVR眼鏡等のポータブル電子機器、並びに網膜投影のライトエンジンがある。消費電力は、網膜プロジェクタの数ミリワットから大型画面屋外ディスプレイ、プロジェクタ、及びスマート自動車ヘッドライトでの数キロワットまで、様々なことができる。フレームレートに関しては、無機LEDの高速応答（ナノ秒）に起因して、フレームレートはKHz、更には低解像度でMHzであることができる。

【0137】

[00142] 更なる実施形態は、種々の実施形態と結合又は他の方法で再構成される図1、2A、2B及び図3～5の実施形態を含む上記実施形態の種々のサブセットも含む。

【0138】

【00143】 詳述した説明は多くの詳細を含むが、これらは本発明の範囲の限定として解釈されるべきではなく、単に本発明の異なる例及び態様の例示的なとして解釈されるべきである。本発明の範囲が詳細に上述していない他の実施形態を含むことを理解されたい。例えば、上述した手法は、LED以外の機能デバイスの 픽셀駆動回路以外の制御回路との統合に適用することもできる。非LEDデバイスの例には、垂直キャビティ面発光レーザ（VCSEL）、光検出器、微小電子機械システム（MEMS）、シリコンフォトリソグラフィデバイス、パワー電子デバイス、及び分布フィードバックレーザ（DFB）がある。他の制御回路の例には、電流駆動回路、電圧駆動回路、トランスインピーダンス増幅器、及び論理回路がある。

10

【0139】

【00144】 開示する実施形態の上記説明は、当業者が本明細書に記載の実施形態及びその変形を作成又は使用できるようにするために提供される。これらの実施形態への種々の修正が当業者には容易に明らかになり、本明細書に定義される一般原理は、本明細書に開示される趣旨の精神又は範囲から逸脱せずに他の実施形態に適用し得る。したがって、本開示は、本明細書に示される実施形態に限定されることは意図されず、以下の特許請求の範囲並びに本明細書に開示される原理及び新規特徴と一貫する最も広い範囲に従うべきである。

【0140】

【00145】 本発明の特徴は、本明細書に提示した任意の特徴を事項するように処理システムをプログラムするのに使用することができる命令が表面／内部に記憶された記憶媒体（メディア）又はコンピュータ可読記憶媒体（メディア）等のコンピュータプログラム製品で、コンピュータプログラム製品を使用して、又はコンピュータプログラム製品の助けを用いて実施することができる。記憶媒体は、限定ではなく、DRAM、SRAM、DDR RAM、又は他のランダムアクセス固体状態メモリデバイス等の高速ランダムアクセスメモリを含むことができ、1つ又は複数の磁気ディスク記憶装置、光ディスク記憶装置、フラッシュメモリデバイス、又は他の不揮発性固体状態記憶装置等の不揮発性メモリを含み得る。メモリは任意選択的に、CPUからリモートに配置された1つ又は複数の記憶装置を含む。メモリ又は代替的にはメモリ内の不揮発性メモリ装置は、非一時的コンピュータ可読記憶媒体を含む。

20

【0141】

【00146】 任意の機械可読媒体（メディア）に記憶される場合、本発明の特徴は、処理システムのハードウェアを制御し、処理システムが本発明の結果を利用して他のメカニズムと対話できるようにするために、ソフトウェア及び／又はファームウェアに組み込むことができる。そのようなソフトウェア又はファームウェアは、限定ではなく、アプリケーションコード、デバイスドライバ、オペレーティングシステム、及び実行環境／コンテナを含み得る。

【0142】

【00147】 用語「第1の」、「第2の」等が、種々の要素の記述に本明細書で使用されていることがあるが、これらの要素がこれらの用語によって限定されるべきではないことが理解されよう。これらの用語は、ある要素を別の要素から区別するためだけに使用される。

40

【0143】

【00148】 本明細書で使用される用語は特定の実施形態を説明することのみを目的とし、特許請求の範囲を限定することを意図しない。実施形態の説明及び添付の特許請求の範囲で使用されるとき、単数形「a」、「an」、及び「the」は、文脈により明らかに別段のことが示される場合を除き、複数形も同様に含むことが意図される。用語「及び／又は」が本明細書で使用されるとき、関連する列記された項目の1つ又は複数のありとあらゆる可能な組合せを指し、包含することも理解されよう。用語「含む」及び／又は「含み」が本明細書で使用されるとき、述べられた特徴、完全体、ステップ、動作、要素、及

50

び／又は構成要素の存在を指定するが、1つ又は複数の他の特徴、完全体、ステップ、動作、要素、構成要素、及び／又はそれらの群の存在又は追加を除外しないことが更に理解されよう。

【0144】

[00149] 本明細書で使用されるとき、用語「場合」は、文脈に応じて、述べられた前提条件が真である「とき」又は真「であると」又は真であるとの「判断に応答して」又は真であるとの「判断に従って」又は真であることの「検出に応答して」を意味するものと解釈し得る。同様に、句「[述べられた前提条件が真であると] 判断される場合」又は「[述べられた前提条件が真である] 場合」又は「[述べられた前提条件が真である] とき」は、文脈に応じて、述べられた前提条件が真である「と判断されると」又は真であるとの「判断に応答して」又は真であるとの「判断に従って」又は真であると「検出されると」又は真であるとの「検出に応答して」を意味するものと解釈し得る。

10

【0145】

[00150] 説明を目的とした上記説明は、特定の実施形態を参照して説明されている。しかしながら、上記の例示的な論考は、網羅的である、又は開示される厳密な形態に特許請求の範囲を限定する意図はない。上記教示に鑑みて多くの修正及び変形が可能である。実施形態は、動作の原理及び実際用途を最良に説明し、それにより当業者ができるようにするために選ばれ説明された。

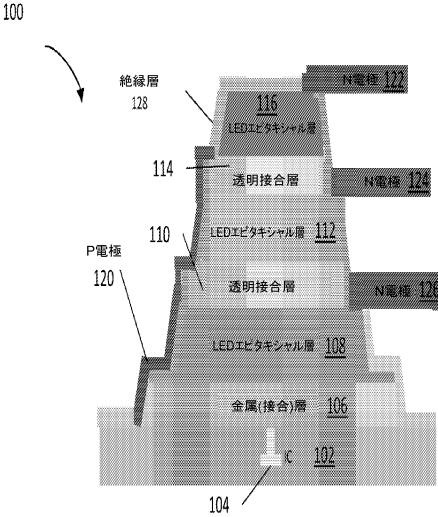
20

30

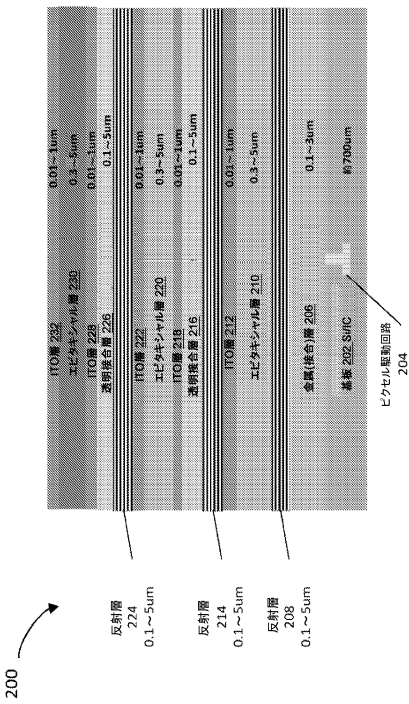
40

50

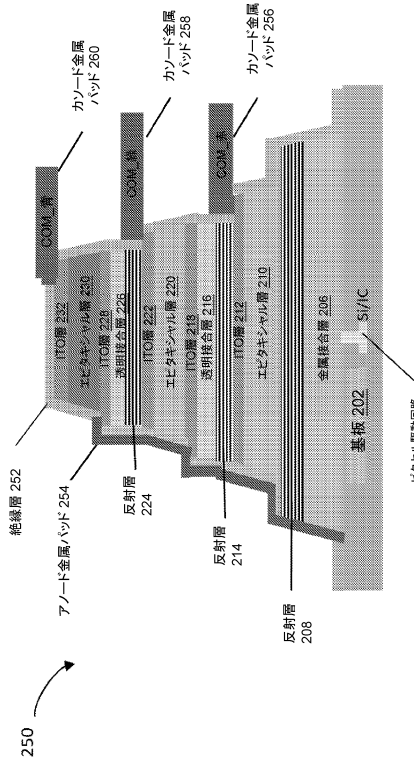
【図面】
【図 1】



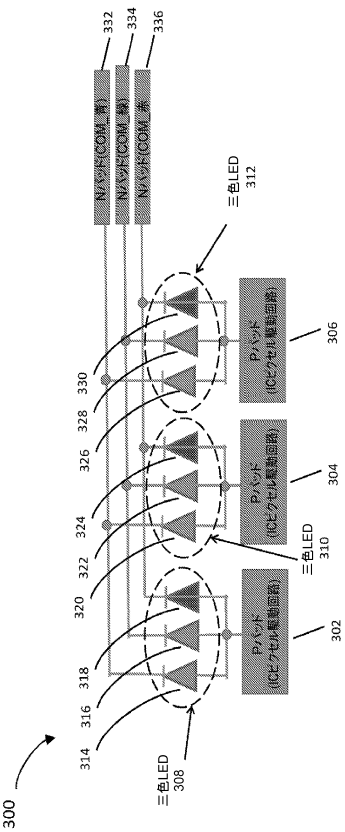
【図 2 A】



【図 2 B】



【図 3】



10

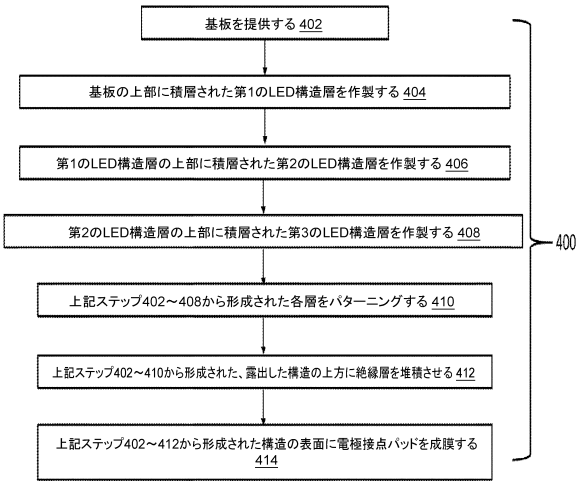
20

30

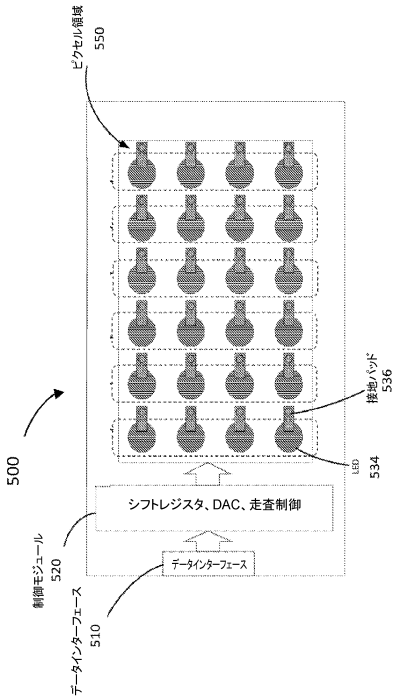
40

50

【図 4】



【図 5】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類 F I
G 0 9 F 9/33 (2006.01) G 0 9 F 9/33

弁理士 稲葉 良幸
(74)代理人 100109346
弁理士 大貫 敏史
(74)代理人 100117189
弁理士 江口 昭彦
(74)代理人 100134120
弁理士 内藤 和彦
(72)発明者 リ, キミン
アメリカ合衆国 ニューメキシコ州 8 7 1 2 3 アルバカーキ スマーティ ジョーンズ ストリート
1 8 7 6
(72)発明者 スー, クンチャオ
中華人民共和国 2 0 1 3 0 6 シャンハイ プードン ホンジン ロード 1 8 8 9
審査官 右田 昌士
(56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 1 9 / 0 1 6 5 0 3 8 (U S, A 1)
特開平 0 6 - 0 1 3 6 5 5 (J P, A)
米国特許出願公開第 2 0 0 7 / 0 1 7 0 4 4 4 (U S, A 1)
国際公開第 2 0 1 7 / 0 3 7 5 2 9 (W O, A 1)
特表 2 0 2 1 - 5 0 4 9 4 4 (J P, A)
特表 2 0 2 1 - 5 0 8 1 7 0 (J P, A)
特表 2 0 2 1 - 5 0 9 1 8 3 (J P, A)
(58)調査した分野 (Int.Cl., D B名)
H 0 1 L 3 3 / 0 0 - 3 3 / 6 4
G 0 9 F 9 / 3 0
G 0 9 F 9 / 3 3