(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7562676号
(P7562676)

(45)発行日　令和6年10月10日(2024.10.10)

(24)登録日　令和6年9月27日(2024.9.27)

(51)国際特許分類

Ｈ０１Ｌ　33/38　(2010.01)		Ｈ０１Ｌ	33/38
Ｈ０１Ｌ　33/10　(2010.01)		Ｈ０１Ｌ	33/10

ＦＩ

請求項の数　20　（全22頁）

(21)出願番号　特願2022-541877(P2022-541877)
(86)(22)出願日　令和3年1月22日(2021.1.22)
(65)公表番号　特表2023-511847(P2023-511847A)
(43)公表日　令和5年3月23日(2023.3.23)
(86)国際出願番号　PCT/US2021/014707
(87)国際公開番号　WO2021/150953
(87)国際公開日　令和3年7月29日(2021.7.29)
審査請求日　令和5年8月17日(2023.8.17)
(31)優先権主張番号　62/965,889
(32)優先日　令和2年1月25日(2020.1.25)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(73)特許権者　520510771
ジェイド バード ディスプレイ（シャンハイ） リミテッド
中華人民共和国，シャンハイ プードン ニュー エリア チャイナ（シャンハイ）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 ４番 ロード レーン ９９ ７階 ナンバー１１，１３
(74)代理人　100079108
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

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　高い光抽出効率を有するマイクロ発光ダイオード

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

高い光抽出効率を有するマイクロ発光ダイオードであって、

底部導電層と、

前記底部導電層上の発光層と、

前記発光層上の上部導電構造と、

前記底部導電層と前記発光層との間に配置された底部誘電体層と、

前記発光層の底部層の側壁と前記底部導電層とに取り付けられ及び接続する導電性サイドアームと、を備える、マイクロ発光ダイオード。

【請求項２】

前記上部導電構造と前記発光層との間に配置されたオーミックコンタクト層を更に備える、請求項１に記載のマイクロ発光ダイオード。

【請求項３】

前記オーミックコンタクト層の横方向幅は、前記発光層の横方向幅よりも遥かに狭い、請求項２に記載のマイクロ発光ダイオード。

【請求項４】

前記オーミックコンタクト層は、金属膜である、請求項２に記載のマイクロ発光ダイオード。

【請求項５】

前記上部導電構造及び前記オーミックコンタクト層は、透明である、請求項２に記載の

マイクロ発光ダイオード。
【請求項６】
前記底部誘電体層は、少なくとも絶縁反射誘電体層及び複合金属反射層を備える、複数の層を含み、前記複合金属反射層は、前記絶縁反射誘電体層の底部に配置され、前記底部導電層に接触している、請求項１に記載のマイクロ発光ダイオード。
【請求項７】
前記絶縁反射誘電体層は、上部絶縁誘電体層及び底部ブラッグミラーを更に備える、請求項６に記載のマイクロ発光ダイオード。
【請求項８】
前記上部絶縁誘電体層の材料は、金属酸化物である、請求項７に記載のマイクロ発光ダイオード。
【請求項９】
前記発光層は、上から下に順次、第１のタイプの半導体層、活性層、及び第２のタイプの半導体層を更に備える、請求項１に記載のマイクロ発光ダイオード。
【請求項１０】
前記第２のタイプの半導体層は、前記活性層及び前記第１のタイプの半導体層の外側に延びる突出上部を有し、
前記導電性サイドアームの１つの端部は、前記第２のタイプの半導体層の前記突出上部を覆い、前記突出上部に接触しており、
前記導電性サイドアームの別の端部は、前記底部導電層に接触している、請求項９に記載のマイクロ発光ダイオード。
【請求項１１】
前記底部導電層の横方向幅は、前記第２のタイプの半導体層の横方向幅及び前記底部誘電体層の横方向幅よりも大きく、その結果、前記底部導電層は、前記第２のタイプの半導体層及び前記底部誘電体層の外側に延びる突出上部を有し、前記導電性サイドアームの少なくとも一部は、前記底部導電層の前記突出上部によって支持されている、請求項９に記載のマイクロ発光ダイオード。
【請求項１２】
前記第２のタイプの半導体層は、第２のタイプの上部半導体層及び第２のタイプの底部半導体層を更に備え、前記第２のタイプの底部半導体層は、前記第２のタイプの上部半導体層に対して外側に延びており、それにより突出上部が形成される、請求項９に記載のマイクロ発光ダイオード。
【請求項１３】
前記第２のタイプの上部半導体層の材料は、前記第２のタイプの底部半導体層の材料とは異なる、請求項１２に記載のマイクロ発光ダイオード。
【請求項１４】
前記第２のタイプの上部半導体層は、ＡｌＧａＩｎＰを含み、前記第２のタイプの底部半導体層は、ＧａＰを含み、前記第１のタイプの半導体層は、ＡｌＩｎＰを含む、請求項１２に記載のマイクロ発光ダイオード。
【請求項１５】
前記導電性サイドアームの端部は、前記第２のタイプの底部半導体層の前記突出上部に電気的に接触しており、前記導電性サイドアームの前記端部は、前記第２のタイプの上部半導体層、前記発光層、又は前記第１のタイプの半導体層とは電気的に接触していない、請求項１２に記載のマイクロ発光ダイオード。
【請求項１６】
透明絶縁層を更に備え、
前記透明絶縁層は、前記第２のタイプの半導体層の前記突出上部、前記導電性サイドアームの上部及び側壁、前記発光層の側壁、並びに前記第１のタイプの半導体層の側壁、を少なくとも覆い、
前記上部導電構造は、前記透明絶縁層の上部に配置されている、請求項１０に記載のマ

イクロ発光ダイオード。
【請求項１７】
前記第１のタイプの半導体層がＮ型半導体層であり、前記第２のタイプの半導体層がＰ型半導体層であるか、又は、前記第１のタイプの半導体層がＰ型半導体層であり、前記第２のタイプの半導体層がＮ型半導体層である、請求項９に記載のマイクロ発光ダイオード。
【請求項１８】
前記底部導電層の材料は、１種以上の種類の導電性金属を含む、請求項１に記載のマイクロ発光ダイオード。
【請求項１９】
前記底部導電層の底部に電気回路ベースを更に備え、前記底部導電層は、前記電気回路ベースの表面に接合される接合層として使用される、請求項１に記載のマイクロ発光ダイオード。
【請求項２０】
前記電気回路ベースは、前記発光層の放出を制御する駆動回路を少なくとも備える、請求項１９に記載のマイクロ発光ダイオード。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
関連出願の相互参照
[0001] 本出願は、２０２０年１月２５日に出願された「ＭＩＣＲＯ ＬＩＧＨＴ ＥＭＩＴＴＩＮＧ ＤＩＯＤＥ ＷＩＴＨ ＨＩＧＨ ＬＩＧＨＴ ＥＸＴＲＡＣＴＩＯＮ ＥＦＦＩＣＩＥＮＣＹ」と題する米国仮特許出願第６２／９６５，８８９号に対する優先権を主張し、該出願は参照により本明細書に組み込まれる。
【０００２】
技術分野
[0002] 本開示は、全般的には、ディスプレイデバイスに関し、より具体的には、高い光抽出効率を有するマイクロ発光ダイオード（ＬＥＤ）のためのシステム及び製造方法に関する。
【背景技術】
【０００３】
背景
[0003] ディスプレイ技術は、今日の商用電子デバイスにおいてますます人気になりつつある。これらのディスプレイパネルは、液晶ディスプレイテレビジョン（ＬＣＤ ＴＶ）及び有機発光ダイオードテレビジョン（ＯＬＥＤ ＴＶ）等の静止大型画面並びにラップトップパーソナルコンピュータ、スマートフォン、タブレット、及びウェアラブル電子デバイス等のポータブル電子デバイスに広く使用されている。近年のミニＬＥＤ及びマイクロ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、自動車用ディスプレイなどの消費者向けデバイス及びアプリケーションは、効率及び解像度が改善されたＬＥＤパネルを必要とする。例えば、ゴーグルに一体化され着用者の目の近くに配置されるＡＲディスプレイは、指の爪ほどの寸法を有する一方で、依然としてＨＤ解像度（１２８０×７２０ピクセル）以上を要求し得る。
【０００４】
[0004] 発光ダイオード（ＬＥＤ）は接合ルミネッセントデバイスであり、ＬＥＤの主構造はＰ－Ｎ接合である。Ｐ－Ｎ接合は、順方向バイアス下で、視覚光又は赤外光を放出する。ＬＥＤの発光効率は、エピタキシ材料、オーミックコンタクト電極、チップ構造、幾何学的形状などに依存する。
【０００５】
[0005] ＬＥＤ用の現在の技術では、Ｐ型ＬＥＤの形成が大きな課題となっている。例えば、Ｐ－ＧａＮと整合する高仕事関数金属が存在しないことに起因して、Ｐ－ＧａＮ

ＬＥＤをドーピングすることは困難である。加えて、アニーリング温度、時間、雰囲気などを制御することによる、低いオーミックコンタクト抵抗が要求される。ＬＥＤからの光の透過性を確保するために、電極は透明である必要がある。一般に、良好なオーミックコンタクトを形成するには、Ａｕ／Ｎｉ合金が必要である。金は放出された波長に対して透明ではないので、金属電極は入射光線を遮蔽する。したがって、電極を厚くし過ぎることはできない。しかしながら、電極が薄すぎると、電極の薄い層が電流の不均一な拡散を引き起こし、その結果、局所領域での過熱、及び電極の透明度の減少を引き起こし得る。

【０００６】

［0006］ ＬＥＤディスプレイに関する開発の多くは、ＬＥＤの効率を改善することを目的としている。例えば、フリップチップＬＥＤ構造は、ＬＥＤ構造を裏向きにし、ひっくり返したＬＥＤ構造を、電極を有する基板と接合することにより実現される。フリップチップＬＥＤ構造は、他の構造と比較して効率及び技術的成熟度の点で利点が多い。なぜなら、フリップチップＬＥＤ構造は、Ｐ型オーミックコンタクト電極により吸収される光子を減少させることができ、放出された光が電極により遮蔽されることを回避できるからである。フリップチップＬＥＤは幅広く研究されてきたが、全反射効果の限界はまだ克服されておらず、光抽出効率の改善は限定されている。

【０００７】

［0007］ ブラッグミラーは、通常、反射率を改善するために使用されるが、ブラッグミラーは、垂直入射光に対してのみ高い反射率を示す。ブラッグミラーは、斜め入射光に対して低い反射率を有する。そのような状況では、全反射を実現することはできない。

【０００８】

［0008］ 更に、フリップチップＬＥＤ構造に後方反射構造を追加すると、金属電極と半導体材料との間の接触面積が減少し、オーミックコンタクト抵抗が大幅に増加する。後方反射構造内に形成された後方コンタクトは、後方反射構造の反射領域を減少させ、それは次に、反射構造の反射率及びＬＥＤの光抽出効率を減少させる。

【０００９】

［0009］ 加えて、フリップチップＬＥＤ構造では、電極がＮ－ＧａＮオーミックコンタクトを実現するために、低仕事関数の金属が必要である。エッチングプロセス後に残っている面積は限定されるので、Ｎ型オーミックコンタクトを作製することは非常に困難である。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【００１０】

概要

［0010］ 前述したような従来のＬＥＤシステム及び構造を改善し、且つその欠点に対処するのに役立つ、改善されたＬＥＤ設計が必要である。具体的には、良好なオーミックコンタクト、大きい抽出面積、高い反射率、及び高い抽出効率を有する高効率のマイクロＬＥＤ構造を有するディスプレイパネルが必要である。

【課題を解決するための手段】

【００１１】

［0011］ 様々な実施形態は、対応するピクセルドライバ回路（例えば、ＦＥＴ）に電気的に結合されたピクセル光源（例えば、ＬＥＤ、ＯＬＥＤ）のアレイを含む、ディスプレイパネルを含む。

【００１２】

［0012］ いくつかの実施形態では、高い光抽出効率を有するマイクロ発光ダイオードは、底部導電層と、底部導電層上の発光層と、発光層上の上部導電構造と、底部導電層と発光層との間に配置された底部誘電体層と、発光層の底部層の側壁と底部導電層とを接続する導電性サイドアームと、を含む。

【００１３】

［0013］ いくつかの実施形態では、マイクロ発光ダイオードは、上部導電構造と発光層

との間に配置されたオーミックコンタクト層を更に含む。

【００１４】

［0014］いくつかの実施形態では、オーミックコンタクト層の横方向幅は、発光層の横方向幅よりも遥かに狭い。

【００１５】

［0015］いくつかの実施形態では、上部導電構造は、オーミックコンタクト層を直接覆い、発光層の相当な部分がオーミックコンタクト層によって遮蔽されていない。

【００１６】

［0016］いくつかの実施形態では、オーミックコンタクト層は金属膜である。

【００１７】

［0017］いくつかの実施形態では、オーミックコンタクト層の厚さは、２０ｎｍ未満であり、オーミックコンタクト層の横方向幅は、０．５μｍ未満である。

【００１８】

［0018］いくつかの実施形態では、オーミックコンタクト層の材料は、周期表の金属のＩ族、ＩＩ族、ＩＩＩ族、ＩＶ族、ＶＩ族、及びＶＩＩＩ族からなる群から選択される少なくとも１つ又はそれ以上を含む。

【００１９】

［0019］いくつかの実施形態では、上部導電構造は透明であり、オーミックコンタクト層は透明である。

【００２０】

［0020］いくつかの実施形態では、底部誘電体層は複合反射層である。

【００２１】

［0021］いくつかの実施形態では、複合反射層は、少なくとも絶縁反射誘電体層及び複合金属反射層を備える、複数の層を含み、複合金属反射層は、絶縁反射誘電体層の底部に配置され、底部導電層に接触している。

【００２２】

［0022］いくつかの実施形態では、複合金属反射層は複数の層を有する。

【００２３】

［0023］いくつかの実施形態では、絶縁反射誘電体層は、上部絶縁誘電体層及び底部ブラッグミラーを更に備える。

【００２４】

［0024］いくつかの実施形態では、上部絶縁誘電体層は、３層以上の層を有する。

【００２５】

［0025］いくつかの実施形態では、上部絶縁誘電体層の材料は金属酸化物である。

【００２６】

［0026］いくつかの実施形態では、底部導電層の横方向幅は、底部誘電体層の横方向幅よりも大きく、その結果、底部導電層は、底部誘電体層の外側に延びる突出上部を有し、導電性サイドアームの１つの端部が発光層の底部層に接続され、導電性サイドアームの別の端部の少なくとも一部が底部導電層の突出上部に接続され及び突出上部上で支持されている。

【００２７】

［0027］いくつかの実施形態では、底部誘電体層の横方向幅は、発光層の底部の幅以上である。

【００２８】

［0028］いくつかの実施形態では、発光層は、上から下に順次、第１のタイプの半導体層、活性層、及び第２のタイプの半導体層を更に含む。いくつかの実施形態では、第２のタイプの半導体層は、活性層及び第１のタイプの半導体層の外側に延びる突出上部を有し、導電性サイドアームの一方の端部が、第２のタイプの半導体層の突出上部を覆って接触し、導電性サイドアームのもう一方の端部が、底部導電層に接触している。

【００２９】

［0029］ いくつかの実施形態では、底部導電層の横方向幅は、第２のタイプの半導体層の横方向幅及び底部誘電体層の横方向幅よりも大きく、その結果、底部導電層は、第２のタイプの半導体層及び底部誘電体層の外側に延びる突出上部を有する。いくつかの実施形態では、導電性サイドアームの少なくとも一部は、底部導電層の突出上部上で支持されている。

【００３０】

［0030］ いくつかの実施形態では、底部導電層の横方向幅は、２μｍ未満である。

【００３１】

［0031］ いくつかの実施形態では、底部導電層の突出上部の幅は、第２のタイプの半導体層の突出上部の幅以下である。

【００３２】

［0032］ いくつかの実施形態では、第２のタイプの半導体層は、第２のタイプの上部半導体層及び第２のタイプの底部半導体層を更に備え、第２のタイプの底部半導体層は、第２のタイプの上部半導体層に対して外側に延びており、それにより突出上部が形成される。

【００３３】

［0033］ いくつかの実施形態では、第２のタイプの上部半導体層の材料は、第２のタイプの底部半導体層の材料とは異なる。

【００３４】

［0034］ いくつかの実施形態では、第２のタイプの上部半導体層は、ＡｌＧａＩｎＰであり、第２のタイプの底部半導体層は、ＧａＰであり、第１のタイプの半導体層は、ＡｌＩｎＰである。

【００３５】

［0035］ いくつかの実施形態では、導電性サイドアームの端部は、第２のタイプの底部半導体層の突出上部と電気的に接触しており、第２のタイプの上部半導体層とは電気的に接触しておらず、発光層及び第１のタイプの半導体層とは電気的に接触していない。

【００３６】

［0036］ いくつかの実施形態では、第１のタイプの半導体層の横方向幅は、活性層の横方向幅以上である。

【００３７】

［0037］ いくつかの実施形態では、第１のタイプの半導体層の横方向幅は、活性層の横方向幅よりも遥かに狭い。

【００３８】

［0038］ いくつかの実施形態では、導電性サイドアームは逆Ｌ字形を有する。

【００３９】

［0039］ いくつかの実施形態では、導電性サイドアームは、底部誘電体層の側壁に取り付けられ及び接続されている。

【００４０】

［0040］ いくつかの実施形態では、底部導電層の横方向幅は、底部誘電体層の横方向幅よりも大きく、底部導電層の側壁は、導電性サイドアームの側壁の外側に、及び側壁を越えて突出している。

【００４１】

［0041］ いくつかの実施形態では、マイクロ発光ダイオードは、透明絶縁層を更に含み、透明絶縁層は、少なくとも、第２のタイプの半導体層の突出上部と、導電性サイドアームの上部及び側壁と、発光層の側壁と、第１のタイプの半導体層の側壁と、を覆い、上部導電構造は、透明絶縁層の上部に配置されている。

【００４２】

［0042］ いくつかの実施形態では、導電性サイドアームの材料は導電性金属である。

【００４３】

［0043］ いくつかの実施形態では、第１のタイプの半導体層はＮ型半導体層であり、第２のタイプの半導体層はＰ型半導体層である。

【００４４】
［0044］ いくつかの実施形態では、第１のタイプの半導体層はＰ型半導体層であり、第２のタイプの半導体層はＮ型半導体層である。
【００４５】
［0045］ いくつかの実施形態では、底部導電層の材料は、１つ以上のタイプの導電性金属を含む。
【００４６】
［0046］ いくつかの実施形態では、マイクロ発光ダイオードは、底部導電層の底部に電気回路ベースを更に含み、底部導電層は、電気回路ベースの表面に接合される接合層として使用される。
【００４７】
［0047］ いくつかの実施形態では、電気回路ベースは、少なくとも、発光層の発光を制御する駆動回路を含む。
【００４８】
［0048］ いくつかの実施形態では、マイクロ発光ダイオードは、少なくとも２０％の光抽出効率を有する。
【００４９】
［0049］ いくつかの実施形態では、マイクロ発光ダイオードは、少なくとも４０％の光抽出効率を有する。
【００５０】
［0050］ いくつかの実施形態では、マイクロ発光ダイオードは、少なくとも６０％の光抽出効率を有する。
【００５１】
［0051］ 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ろう。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。
【００５２】
図面の簡単な説明
［0052］ 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】
【００５３】
【図１】[0053]第１の実施形態によるマイクロＬＥＤ構造の断面図である。
【図２】[0054]第２の実施形態によるマイクロＬＥＤ構造の断面図である。
【図３】[0055]第３の実施形態によるマイクロＬＥＤ構造の断面図である。
【図４】[0056]いくつかの実施形態によるマイクロＬＥＤ構造の底部誘電体層の構造の断面図を示す。
【図５】[0057]いくつかの実施形態によるマイクロＬＥＤ構造の底部誘電体層の構造の断面図を示す。
【図６】[0058]第４の実施形態によるマイクロＬＥＤ構造の断面図である。
【図７】[0059]第５の実施形態によるマイクロＬＥＤ構造の断面図である。
【図８】[0060]第６の実施形態によるマイクロＬＥＤ構造の断面図である。
【図９】[0061]第７の実施形態によるマイクロＬＥＤ構造の断面図である。
【図１０】[0062]第８の実施形態によるマイクロＬＥＤ構造の断面図である。
【図１１】[0063]第９の実施形態によるマイクロＬＥＤ構造の断面図である。

【図１２】[0064]いくつかの実施形態による、マイクロＬＥＤディスプレイパネル１２００の上面図である。
【発明を実施するための形態】
【００５４】
［0065］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ために使用し得る。
【００５５】
詳細な説明
［0066］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。ここで、本発明の更なる理解を提供するために、本発明の好ましい実施形態を詳細に参照する。論じられる具体的な実施形態及び付随する図面は、本発明を作製及び使用するための具体的な方法の単なる例示であり、本発明又は添付の特許請求の範囲を限定するものではない。
【００５６】
［0067］本開示と整合する実施形態は、ピクセルドライバ回路のアレイを有する基板を含むディスプレイパネル、基板上に形成された以下に説明する構造を有するＬＥＤのアレイ、及びディスプレイパネルを作製する方法、を含む。高い光抽出効率を有するディスプレイパネルは、従来のディスプレイシステムの欠点を克服できる。
【００５７】
［0068］図１は、第１の実施形態によるマイクロＬＥＤ構造の断面図である。図１に示すマイクロＬＥＤ構造１００は、高い光抽出効率を有する。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも２０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも３０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも４０％である。いくつかの実施形態では、マイクロＬＥＤは、底部導電層１０２、底部導電層１０２上の発光層１０６、及び発光層１０６上の上部導電構造１０８を含む。いくつかの実施形態では、マイクロＬＥＤは、底部導電層１０２と発光層１０６との間に配置された底部誘電体層１０４を更に備える。いくつかの実施形態では、底部誘電体層１０４は、発光層１０６の一部である。いくつかの実施形態では、発光層１０６は、多くの異なる層を含む。いくつかの実施形態では、導電性サイドアーム１１０が、発光層１０６の底部層又は底部（図１では別個には図示せず）の側壁と底部導電層１０２とを接続している。いくつかの実施形態では、導電性サイドアーム１１０は、マイクロＬＥＤ構造の両側にある。いくつかの実施形態では、上部導電構造１０８は、この実施形態の範囲により限定されない上部導電構造を形成する。いくつかの実施形態では、上部導電構造の形状は、ライン、正方形、矩形、又はいくつかの他の形状である。
【００５８】
［0069］図２は、第２の実施形態によるマイクロＬＥＤ構造の断面図である。図２に示すマイクロＬＥＤ構造２００は、高い光抽出効率を有する。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも２０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも３０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも４０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも５０％である。いくつかの実施形態では、図２のマイクロＬＥＤ構造２００は、図１のマイクロＬＥＤ構造１００に基づいている。図１におけるマイクロＬＥＤ構造１００と同様に、マイクロＬＥＤ構造２００は、底部導電層２０２、発光層２０６、底部誘電体層２０４、上部導電構造２０８、及び導電性サイドアーム２１０を含む。加えて、いくつかの実施形態では、導電性サイドアーム２１０に接

続している底部導電層２０２は、突出底部２０２－１を有し、その結果、導電性サイドアーム２１０の底部は、底部導電層２０２の突出底部２０２－１により少なくとも部分的に、又は代わりに完全に支持されている。一例では、導電性サイドアーム２１０の側壁は、図２に示すように、底部導電層２０２の突出底部２０２－１の側壁に整列している。更に、いくつかの実施形態では、オーミックコンタクト層２１２が、上部導電構造２０８と発光層２０６との間に配置される。いくつかの実施形態では、オーミックコンタクト層２１２は金属膜である。オーミックコンタクト層２１２の金属膜の成分は、周期表のＩ族、ＩＩ族、ＩＩＩ族、ＩＶ族、ＶＩ族、及びＶＩＩＩ族のうちの１つ以上、及びそれらの組み合わせ、例えば、Ａｕ、Ｃｒ、Ｂｅ、Ｚｎ、Ｐｔ、Ｔｉ、Ｇｅ、Ｎｉ、Ｉｎ、及びそれらの組み合わせ、から少なくとも選択される。いくつかの実施形態では、光がＬＥＤ２００の上部から放出される場合、インジウムスズ酸化物（ＩＴＯ）透明導電性フィルムなどの、放出された光に対して透明である上部導電構造が、上部導電構造２０８として使用される。いくつかの実施形態では、オーミックコンタクト層２１２は、放出される光に対して透明である。好ましくは、オーミックコンタクト層２１２の厚さが２０ｎｍ未満である場合、オーミックコンタクト層２１２は、放出される光に対して透明であり得る。

【００５９】

［0070］図３は、第３の実施形態によるマイクロＬＥＤ構造の断面図である。図３に示すマイクロＬＥＤ構造３００は、高い光抽出効率を有する。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも２０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも３０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも４０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも５０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも６０％である。いくつかの実施形態では、図３のマイクロＬＥＤ構造３００は、図２のマイクロＬＥＤ構造２００に基づいている。図２のマイクロＬＥＤ構造２００と同様に、マイクロＬＥＤ構造３００は、底部導電層３０２、発光層３０６、底部誘電体層３０４、上部導電構造３０８、導電性サイドアーム３１０、導電性サイドアーム３１０の下の底部導電層３０２の突出底部３０２－１、及びオーミックコンタクト層３１２を含む。いくつかの実施形態では、オーミックコンタクト層３１２の幅は、オーミックコンタクト点を形成するように、発光層３０６の幅よりも遥かに狭い。上部導電構造３０８は、オーミックコンタクト層３１２を覆い、発光層３０６は、オーミックコンタクト層３１２により完全には遮蔽されていない。いくつかの実施形態では、光抽出効率を改善するために、オーミックコンタクト層３１２の横方向幅は、１μｍ未満、好ましくは、０．５μｍ未満である。いくつかの実施形態では、オーミックコンタクト層３１２の光透過率を改善するために、オーミックコンタクト層３１２の厚さは２０ｎｍ未満である。いくつかの実施形態では、オーミックコンタクト層３１２の材料は、発光層３０６のタイプ及び上部導電構造３０８の材料に依存する。いくつかの実施形態では、オーミックコンタクト層３１２の材料は金属である。いくつかの好ましい実施形態では、オーミックコンタクト層３１２は、図２のオーミックコンタクト層２１２により使用される材料などの複合金属材料により形成される複数の層を有する。

【００６０】

［0071］図４は、いくつかの実施形態によるマイクロＬＥＤ構造の底部誘電体層の構造の断面図を示す。底部誘電体層４０４を、図１～図３における底部誘電体層として使用することができる。底部誘電体層４０４は反射率を有する。いくつかの実施形態では、底部誘電体層４０４は、５０％を超える反射率を有する。いくつかの実施形態では、底部誘電体層４０４は、７０％を超える反射率を有する。いくつかの実施形態では、底部誘電体層４０４は、９０％を超える反射率を有する。いくつかの好ましい実施形態では、底部誘電体層４０４は複合反射層であり、これが反射面積を増加させ、反射効率を改善させる。図４に示すように、複合反射層４０４は、複数の層を有し、少なくとも、絶縁反射誘電体層４０４－１及び複合金属反射層４０４－２を含む。いくつかの実施形態では、複合金属反射層４０４－２は、絶縁反射誘電体層４０４－１の底部に配置されている。いくつかの実施形態では、複合金属反射層４０４－２は、図１～図３に示す底部導電層に接触している

。いくつかの実施形態では、複合金属反射層４０４－２の材料は、Ｃｒ及び／又はＡｕなどの、底部導電層の材料に類似しているか又はこれと同一であり、この材料は、反射層としてだけでなく、絶縁反射誘電体層４０４－１と底部導電層の間のバッファ層としても使用される。複合金属反射層４０４－２は、絶縁反射誘電体層４０４－１と底部導電層との間の接着力を更に増加させ、その結果、絶縁反射誘電体層４０４－１と底部導電層とが強固に一緒に接合される。

【００６１】

[0072] 図５は、いくつかの実施形態によるマイクロＬＥＤ構造の底部誘電体層の構造の断面図を示す。底部誘電体層５０４を、図１～図４の底部誘電体層として使用することができる。いくつかの実施形態では、底部誘電体層５０４は、絶縁反射誘電体層５０４－１及び複合金属反射層５０４－２を含む。いくつかの実施形態では、図４にも示されている絶縁反射誘電体層５０４－１は、上部絶縁誘電体層５０４－１１及び底部分布型ブラッグ反射器（ＤＢＲ）５０４－１２を含む。いくつかの実施形態では、上部絶縁誘電体層５０４－１１の材料は金属酸化物であり、場合によっては、上部絶縁誘電体層５０４－１１の材料は、Ｓｉ、Ｉｎ、又は／及びＳｎなどを更に含む。いくつかの実施形態では、底部ＢＢＲ５０４－１２として多層ブラッグミラー（ＤＢＲ）が使用され、これは当業者には公知であり、本明細書では更には説明されない。いくつかの実施形態では、上部絶縁誘電体層５０４－１１は、光線の透過率及び屈折率を増加させることができ、その結果、光線は、底部ＤＢＲ　５０４－１２に効果的に入射する。いくつかの実施形態では、上部絶縁誘電体層５０４－１１は、３層以上などの複数の層を含む。

【００６２】

[0073] 図６は、第４の実施形態によるマイクロＬＥＤ構造の断面図である。図６に示すマイクロＬＥＤ構造６００は、高い光抽出効率を有する。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも２０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも３０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも４０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも５０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも６０％である。いくつかの実施形態では、図６のマイクロＬＥＤ構造６００は、図３のマイクロＬＥＤ構造３００に基づいている。図３におけるマイクロＬＥＤ構造３００と同様に、マイクロＬＥＤ構造６００は、底部導電層６０２、発光層６０６、底部誘電体層６０４、上部導電構造６０８、導電性サイドアーム６１０、及びオーミックコンタクト点を形成するように発光層６０６よりも遥かに狭いオーミックコンタクト層６１２を含む。いくつかの実施形態では図６に示すように、底部導電層６０２の横方向幅は、複合反射層（底部誘電体層６０４）の横方向幅よりも大きく、その結果、底部導電層６０２は、外側に突出する突出上部６０２－２を有する。いくつかの実施形態では、導電性サイドアーム６１０の１つの端部が、発光層６０６の底部層又は底部（図６では別個に図示せず）に接続され、導電性サイドアーム６１０の他方の端部の少なくとも一部が、底部導電層６０２の突出上部６０２－２に接続されている。図６に示すように、導電性サイドアーム６１０の底部の一部は、底部導電層６０２の突出上部６０２－２上で支持されている。いくつかの実施形態では、マイクロＬＥＤ構造６００の高い抽出効率を確実にするために、底部導電層６０２の横方向幅は２μｍ未満であり、好ましくは、０．３～２μｍの範囲にある。

【００６３】

[0074] 図７は、第５の実施形態によるマイクロＬＥＤ構造の断面図である。図７に示すマイクロＬＥＤ構造７００は、高い光抽出効率を有する。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも２０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも３０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも４０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも５０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも６０％である。いくつかの実施形態では、図７のマイクロＬＥＤ構造７００は、図６のマイクロＬＥＤ構造６００に基づいている。図６におけるマイクロＬＥＤ構造６００と同様に、マイクロＬＥＤ構造７００は、底部導電層７０２、発光層７０

６、底部誘電体層７０４、上部導電構造７０８、導電性サイドアーム７１０、及びオーミックコンタクト点を形成するように発光層７０６よりも遥かに狭いオーミックコンタクト層７１２を含む。そして、底部導電層７０２の横方向幅は、複合反射層（底部誘電体層７０４）の横方向幅よりも大きく、その結果、底部導電層７０２は、外側に突出する突出上部７０２－２を有する。いくつかの実施形態では、底部導電層７０２は、底部誘電体層７０４に対して外側に突出する突出上部７０２－２を有し、その結果、導電性サイドアーム７１０の底部は、底部導電層７０２の突出上部７０２－２上で少なくとも部分的に、又は代わりに完全に支持されている。一例では、導電性サイドアーム７１０の側壁は、図７に示すように、底部導電層７０２の側壁に整列している。

【００６４】

［0075］図６及び図７に示す実施形態については、いくつかの例では、底部誘電体層７０４の横方向幅は、発光層７０６の底部の幅以上であり、発光層７０６の側壁は、垂直であるか又は傾斜している。別の例では、底部誘電体層７０４の横方向幅は、発光層７０６の底部の幅よりも小さくすることができ、一方、導電性サイドアーム７１０の形状はＬ字形である。

【００６５】

［0076］図８は、第６の実施形態によるマイクロＬＥＤ構造の断面図である。図８に示すマイクロＬＥＤ構造８００は、高い光抽出効率を有する。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも２０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも３０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも４０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも５０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも６０％である。いくつかの実施形態では、図８のマイクロＬＥＤ構造８００は、図７のマイクロＬＥＤ構造７００に基づいている。図７におけるマイクロＬＥＤ構造７００と同様に、マイクロＬＥＤ構造８００は、底部導電層８０２、発光層８０６、底部誘電体層８０４、上部導電構造８０８、導電性サイドアーム８１０、及びオーミックコンタクト点を形成するように発光層８０６よりも遥かに狭いオーミックコンタクト層８１２を含む。そして、底部導電層８０２の横方向幅は、複合反射層（底部誘電体層８０４）の横方向幅よりも大きく、その結果、底部導電層８０２は、外側に突出する突出上部８０２－２を有し、導電性サイドアーム８１０の底部は、底部導電層８０２の突出上部８０２－２上で少なくとも部分的に、又は代わりに完全に支持されている。一例では、導電性サイドアーム８１０の側壁は、図８に示すように、底部導電層８０２の側壁に整列している。いくつかの実施形態では、発光層８０６の底部の横方向幅は、底部誘電体層８０４の横方向幅よりも小さい。いくつかの実施形態では、導電性サイドアーム８１０は、逆Ｌ字形を有する。導電性サイドアーム８１０は、水平部分８１０－１及び垂直部分８１０－２を含む。水平部分８１０－１の端部は、発光層８０６の底部層又は底部（図８には別個に図示せず）まで延びて、これに接触し、一方で垂直部分８１０－２の端部は、底部導電層８０２まで延びて、これに接触している。

【００６６】

［0077］図９は、第７の実施形態によるマイクロＬＥＤ構造の断面図である。図９に示すマイクロＬＥＤ構造９００は、高い光抽出効率を有する。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも２０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも３０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも４０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも５０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも６０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも７０％である。いくつかの実施形態では、図９のマイクロＬＥＤ構造９００は、図８のマイクロＬＥＤ構造８００に基づいている。図８におけるマイクロＬＥＤ構造８００と同様に、マイクロＬＥＤ構造９００は、底部導電層９０２、発光層９０６、底部誘電体層９０４、上部導電構造９０８、導電性サイドアーム９１０、及びオーミックコンタクト点を形成するように発光層９０６よりも遥かに狭いオーミックコンタクト層９１２を含む。更に、底部導電層９０２の横方向幅は、複合反射層（底部誘電体層９０４）の横方向幅よりも

大きく、その結果、底部導電層９０２は、外側に突出する突出上部９０２－２を有し、導電性サイドアーム９１０の底部は、底部導電層９０２の突出上部９０２－２上で少なくとも部分的に、又は代わりに完全に支持されている。一例では、導電性サイドアーム９１０の側壁は、図９に示すように、底部導電層９０２の側壁に整列している。いくつかの実施形態では、導電性サイドアーム９１０は、逆Ｌ字形を有する。導電性サイドアーム９１０は、水平部分９１０－１及び垂直部分９１０－２を含む。

【００６７】

［0078］図９に示すように、いくつかの実施形態では、発光層９０６は、上から下に順次、第１のタイプの半導体層９０６－１、活性層９０６－２、及び第２のタイプの半導体層９０６－３を備える。いくつかの実施形態では、第２のタイプの半導体層９０６－３は、第１のタイプの半導体層９０６－１の横方向幅、及び活性層９０６－２の横方向幅よりも大きい横方向幅を有し、したがって、第２のタイプの半導体層９０６－３の縁部に突出上部９０６－３－３が形成されている。いくつかの　実施形態では、第１のタイプの半導体層９０６－１の横方向幅は、活性層９０６－２の横方向幅と同じである。いくつかの実施形態では、第１のタイプの半導体層９０６－１の横方向幅は、上部導電構造９０８の横方向幅と同じである。

【００６８】

［0079］いくつかの実施形態では、導電性サイドアーム９１０の水平部分９１０－１の端部は、第２のタイプの半導体層９０６－３の突出上部９０６－３－３を覆い、これに接触しており、導電性サイドアーム９１０の垂直部分９１０－２の他方の端部は、底部導電層９０２に接触している。

【００６９】

［0080］いくつかの実施形態では、第１のタイプの半導体層９０６－１はＮ型半導体層であり、第２のタイプの半導体層９０６－３はＰ型半導体層である。代わりに、いくつかの実施形態では、第１のタイプの半導体層９０６－１はＰ型半導体層であり、第２のタイプの半導体層９０６－３はＮ型半導体層である。いくつかの実施形態では、Ｎ型半導体の材料は、Ｎ型ＡｌＩｎＰ若しくはＮ型ＧａＡｓである、又は様々なＮ型半導体層の複合材料である。いくつかの実施形態では、Ｐ型半導体層の材料は、Ｐ型ＧａＰ、又はＰ型ＡｌＧａＩｎＰである。

【００７０】

［0081］いくつかの実施形態では、底部導電層９０２の横方向幅は、第２のタイプの半導体層９０６－３の横方向幅よりも大きい。いくつかの実施形態では、第２のタイプの半導体層９０６－３の横方向幅は、底部誘電体層９０４の横方向幅に等しい。底部導電層９０２は、第２のタイプの半導体層９０６－３及び底部誘電体層９０４に対して外側に延びる突出上部９０２－２を有する。いくつかの実施形態では、導電性サイドアーム９１０の少なくとも一部は、底部導電層９０２の突出上部９０２－２上で少なくとも部分的に、又は代わりに完全に支持されている。いくつかの実施形態では、図９に示すように、導電性サイドアーム９１０の底部全体が、底部導電層９０２の突出上部９０２－２上で支持されている。

【００７１】

［0082］いくつかの実施形態では、第２のタイプの半導体層９０６－３の突出上部９０６－３－３に接続している導電性サイドアーム９１０の端部は、活性層９０６－２に直接接続していない。図９に示すように、導電性サイドアーム９１０の水平部分９１０－１の垂直側壁と、活性層９０６－２との間に間隙がある。いくつかの好ましい実施形態では、底部導電層９０２の突出上部９０２－２の横方向幅（底部誘電体層９０４の外側に延在する部分の幅のみ）は、第２のタイプの半導体層９０６－３の突出上部９０６－３－３の幅（活性層９０６－２の外側に延在する部分の幅のみ）以下である。幅のそのような配置は、導電性サイドアーム９１０の底端部を、確実に、底部導電層９０２上に載せ、そして導電性サイドアーム９１０の上端部が活性層９０６－２に接触することを回避し、それにより安定で確実な電気的コンタクト構造が形成される。

【００７２】

［0083］図１０は、第８の実施形態によるマイクロＬＥＤ構造の断面図である。図１０に示すマイクロＬＥＤ構造１０００は、高い光抽出効率を有する。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも２０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも３０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも４０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも５０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも６０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも７０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも８０％である。いくつかの実施形態では、図１０のマイクロＬＥＤ構造１０００は、図９のマイクロＬＥＤ構造９００に基づいている。図９におけるマイクロＬＥＤ構造９００と同様に、マイクロＬＥＤ構造１０００は、底部導電層１００２、発光層１００６、底部誘電体層１００４、上部導電構造１００８、逆Ｌ字形を有する導電性サイドアーム１０１０、及びオーミックコンタクト点を形成するように発光層１００６よりも遥かに狭いオーミックコンタクト層１０１２を含む。いくつかの実施形態では、発光層１００６は、上から下に、第１のタイプの半導体層１００６－１、活性層１００６－２、及び第２のタイプの半導体層１００６－３を備える。

【００７３】

［0084］図１０で分かるように、いくつかの実施形態では、第２のタイプの半導体層１００６－３は、第２のタイプの上部半導体層１００６－３１と、第２のタイプの底部半導体層１００６－３２とを含む。第２のタイプの底部半導体層１００６－３２は、第２のタイプの上部半導体層１００６－３１に対して外側に延びているので、第２のタイプの底部半導体層１００６－３２の延在部分は、突出上部１００６－３２－１として使用される。いくつかの実施形態では、第２のタイプの上部半導体層１００６－３１の材料と第２のタイプの底部半導体層１００６－３２の材料とは、同じであり得る又は異なり得る。いくつかの実施形態では、第２のタイプの上部半導体層１００６－３１はＡｌＧａＩｎＰであり、第２のタイプの底部半導体層１００６－３２はＧａＰである。加えて、いくつかの実施形態では、第１のタイプの半導体層１００６－１は、１つの層又は複数の層を有する。例えば、第１のタイプの半導体層１００６－１は、上から下に、Ｎ型ＡｌＩｎＰ及びＮ型ＧａＡｓを含む。別の例では、第１のタイプの半導体層１００６－１は、Ｎ型ＡｌＩｎＰのみを有する。いくつかの実施形態では、Ｎ型ＡｌＩｎＰは、オーミックコンタクト層１０１２及び上部導電構造１００８の直下にあり、それらと接触している。１つの好ましい実施形態では、発光層１００６は、上から下に順次、Ｎ型ＡｌＩｎＰ、量子活性層、Ｐ型ＡｌＧａＩｎＰ、及びＰ型ＧａＰを含む。

【００７４】

［0085］図１０に示すように、いくつかの実施形態では、導電性サイドアーム１０１０の水平部分１０１０－１は、第２のタイプの底部半導体層１００６－３２を覆い、これに直接接触しており、水平部分１０１０－１の端部は、第２のタイプの上部半導体層１００６－３１、活性層１００６－２、及び／又は第１のタイプの半導体層１００６－１には直接接続されていない。いくつかの実施形態では、底部導電層１００２の横方向幅は、底部誘電体層１００４の横方向幅よりも大きい。いくつかの実施形態では、底部導電層１００２の側壁は、導電性サイドアーム１０１０（図１０では図示せず）の側壁から外側に突出している。いくつかの実施形態では、導電性サイドアーム１０１０の材料は、導電性金属又は別の導電性材料である。

【００７５】

［0086］図１～図９と同様に、いくつかの実施形態では、図１０のマイクロＬＥＤ構造１０００の両側に２つの導電性サイドアーム１０１０が存在する。更に、図１～図９と同様に、いくつかの実施形態では、導電性サイドアーム１０１０は、図１０の底部誘電体層１００４の側壁に取り付けられ、側壁に接触することができる。実施形態の代替形態として、導電性サイドアーム１０１０の形状は、底部誘電体層１００４（図１０では図示せず）の側壁に接触することなく、別の形状に変更することができ、同等の実施形態又は変形

形態が当業者により実現され得る。

【００７６】

［0087］図１１は、第９の実施形態によるマイクロＬＥＤ構造の断面図である。図１１に示すマイクロＬＥＤ構造１１００は、高い光抽出効率を有する。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも２０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも３０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも４０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも５０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも６０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも７０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも８０％である。いくつかの実施形態では、光抽出効率は少なくとも９０％である。いくつかの実施形態では、図１１のマイクロＬＥＤ構造１１００は、図１０のマイクロＬＥＤ構造１０００に基づいている。図１０におけるマイクロＬＥＤ構造１０００と同様に、マイクロＬＥＤ構造１１００は、底部導電層１１０２、発光層１１０６、底部誘電体層１１０４、上部導電構造１１０８、逆Ｌ字形を有する導電性サイドアーム１１１０、及びオーミックコンタクト点を形成するように発光層１１０６よりも遥かに狭いオーミックコンタクト層１１１２を含む。いくつかの実施形態では、発光層１１０６は、上から下に、第１のタイプの半導体層１１０６－１、活性層１１０６－２、及び第２のタイプの半導体層１１０６－３を備える。いくつかの実施形態では、第２のタイプの半導体層１１０６－３は、第２のタイプの上部半導体層１１０６－３１と、第２のタイプの底部半導体層１１０６－３２とを含む。

【００７７】

［0088］図１１によると、高い光抽出効率を有するマイクロＬＥＤ構造１１００は、透明絶縁層１１１４を更に含む。いくつかの実施形態では、マイクロＬＥＤ構造１１００の両側に２つの透明絶縁層１１１４が存在する。いくつかの実施形態では、透明絶縁層１１１４は、間隙内の一部を、又は代わりに、導電性サイドアーム１１１０と、第２のタイプの底部半導体層１１０６－３２の突出上部１１０６－３２－１における発光層１１０６の側壁との間の、全ての間隙を、少なくとも直接覆っている。透明絶縁層１１１４はまた、第２のタイプの上部半導体層１１０６－３１の露出した側壁、マイクロＬＥＤ構造１１００に向かう導電性サイドアーム１１１０の上部及び側壁、活性層１１０６－２の側壁、及び第１のタイプの半導体層１１０６－１の側壁の少なくとも相当な部分を直接覆っている。いくつかの実施形態では、第１のタイプの半導体層１１０６－１の側壁の相当な部分は、下から上に、側壁の少なくとも５０％である。いくつかの実施形態では、第１のタイプの半導体層１１０６－１の側壁の相当な部分は、下から上に、側壁の少なくとも７０％である。いくつかの実施形態では、第１のタイプの半導体層１１０６－１の側壁の相当な部分は、下から上に、側壁の少なくとも９０％である。

【００７８】

［0089］いくつかの実施形態では、上部導電構造１１０８は、オーミックコンタクト層１１１２の側壁及び上部、第１のタイプの半導体層１１０６－１の突出上部、及び透明絶縁層１１１４の上部に配置される。いくつかの実施形態では、透明絶縁層１１１４の上部は、少なくとも、第１のタイプの半導体層１１０６－１（図１１では図示せず）の上部の一部を覆っているが、オーミックコンタクト層１１１２の上部は覆っていない。

【００７９】

［0090］いくつかの実施形態では、底部導電層１１０２の材料は、１つ以上のタイプの導電性金属、例えば、Ｃｒ、Ｐｔ、Ａｕ、Ｓｎなどを含む。底部導電層１１０２として使用される多層複合導電層は、これらの金属により作られている。いくつかの実施形態では、発光層１１０６を電気回路ベース１１１６（図１１では図示せず）に電気的に接続させるように、底部導電層１１０２は、電気回路ベース１１１６の表面に接合される接合層として更に使用される。電気回路ベース１１１６は、少なくとも、発光層１１０６の発光を制御する駆動回路を含む。

【００８０】

［0091］いくつかの実施形態では、導電性サイドアーム１１１０の底部は下向きに延び

ているが、電気回路ベース１１１６とは接触していない。いくつかの実施形態では、導電性サイドアーム１１１０の底部が下向きに延びて電気回路ベース１１１６に接触すると、電気回路ベース１１１６におけるコンタクト電極は、導電性サイドアーム１１１０の底部に接続され、導電性サイドアーム１１１０の底部の下方においてコンタクト電極と接触していない他の領域は絶縁されている。いくつかの実施形態では、導電性サイドアーム１１１０の底部もまた、電気回路ベース１１１６の表面上に接合されている。

【００８１】

［0092］図１～図１１において上述したように、本明細書で開示される高い光抽出効率を有するＬＥＤ構造では、発光層は、底部導電層を使用して下向きの電気的接触を実現し、上部導電構造を使用して上向きの電気的接触を実現する。更に、導電性サイドアームは、発光層の側壁を底部導電層の両側に電気的に接続する。導電性サイドアームの底部が下向きに延びて電気回路ベースに接触する場合、導電性サイドアームは、発光層を電気回路ベースに更に電気的に接続し、これにより、発光面積が増加し、光抽出効率が改善する。

【００８２】

［0093］加えて、複合反射層（底部誘電体層）の反射領域は、導電性サイドアームを使用して発光層の側壁と底部導電層とを電気的に接続することにより拡大され、それにより、ＬＥＤの光抽出効率が更に改善する。

【００８３】

［0094］更に、上部導電構造と発光層との間に形成されるオーミックコンタクト層は、透明な金属膜のように、非常に小さく薄くできる。その構造は、発光層と上部導電構造との間の良好なオーミックコンタクトを確実にし、それにより、光の放出面積が増加し、光抽出効率も改善する。

【００８４】

［0095］詳細な説明は多くの細部を含むが、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を示すもの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、正方形のベース又は他の多角形のベース等の異なる形状及び厚さを有するマイクロＬＥＤ構造及び層を使用することも可能である。添付の特許請求の範囲に規定される本発明の趣旨及び範囲から逸脱せずに、当業者に明らかになる種々の他の修正、変更、及び変形を本明細書に開示する本発明の方法及び装置の配置、動作、及び細部に行い得る。したがって、本発明の範囲は添付の特許請求の範囲及びその法的均等物によって決められるべきである。

【００８５】

［0096］更なる実施形態は、種々の他の実施形態と結合又は他の方法で再構成される、図１～図１１に示す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。

【００８６】

［0097］図１２は、幾つかの実施形態によるマイクロＬＥＤディスプレイパネル１２００の上面図である。ディスプレイパネル１２００は、データインターフェース１２１０、制御モジュール１２２０、及びピクセル領域１２５０を含む。データインターフェース１２１０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１２２０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１２２０は、受信したフォーマットをピクセル領域１２５０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。

【００８７】

［0098］ピクセル領域１２５０は、ピクセルのアレイを含む。ピクセルは、図１～図１１で説明した構造を有するマイクロＬＥＤ１２３４などのマイクロＬＥＤを含み、いくつかの例ではピクセルドライバと一体化されている。この例では、ディスプレイパネル１２

００はカラーＲＧＢディスプレイパネルである。ディスプレイパネルは赤、緑、青のピクセルを含む。各ピクセル内で、ＬＥＤ１２３４はピクセルドライバにより制御される。ピクセルは、いくつかの実施形態によれば、供給電圧（図示せず）に、そして接地パッド１２３６を介して接地に接触し、また制御信号にも接触している。図１２には示していないが、ＬＥＤ１２３４のｐ電極と駆動トランジスタの出力とは電気的に接続されている。ＬＥＤ電流駆動信号接続（ＬＥＤのｐ電極とピクセルドライバの出力との間）、接地接続（ｎ電極とシステム接地との間）、供給電圧Ｖｄｄ接続（ピクセルドライバのソースとシステムＶｄｄとの間）、及びピクセルドライバ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。

【００８８】

[0099] 図１２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１２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１２００を形成することもできる。

【００８９】

[00100] 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、看板用途及び自動車用途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が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。

【００９０】

[00101] 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であることができ、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である。

【００９１】

[00102] 用途例には、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、様々であることができる。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。

【００９２】

[00103] 更なる実施形態は、種々の他の実施形態と組み合わされた又は他の方法で再構成された図１～図１２に示す実施形態を含む、上記実施形態の種々のサブセットも含む。

【００９３】

[00104] 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及びＯＬＥＤ以外の機能デバイスのピクセル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、マイクロ電子機械システム（ＭＥＭＳ）、シリコンフォトニックデバイス、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。

【００９４】

［00105］ 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。

【００９５】

［00106］ 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。

【００９６】

［00107］ 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。

【００９７】

［00108］ 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、これらの要素又はステップ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、ある要素又はステップを別の要素又はステップから区別するためだけに使用される。

【００９８】

［00109］ 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。

【００９９】

［００１１０］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。

【図面】

【図１】

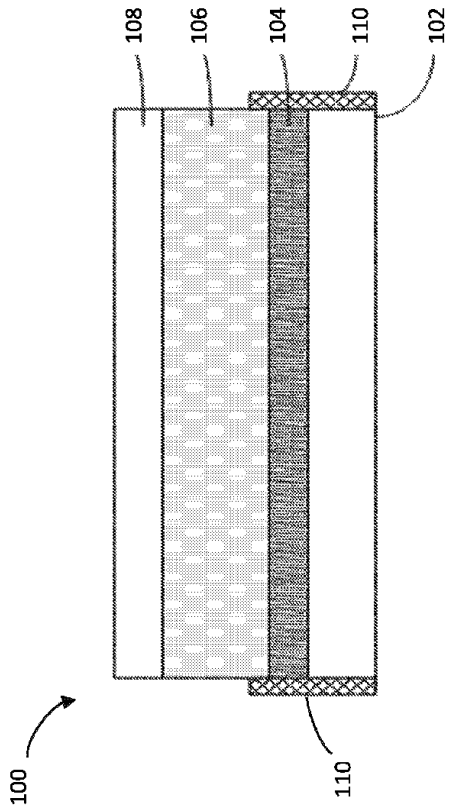


Figure 1

【図２】

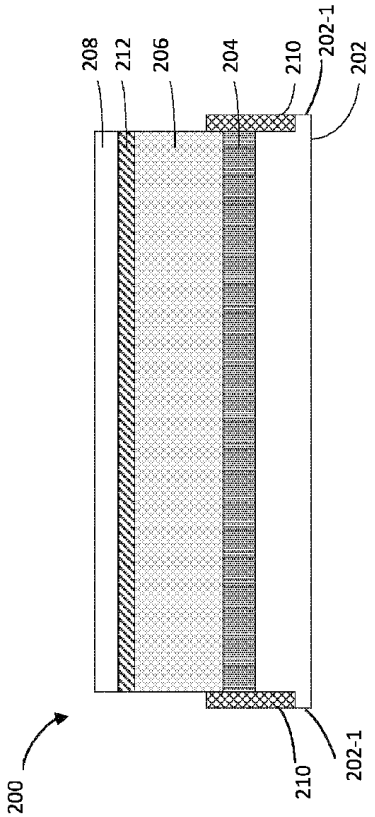


Figure 2

【図３】

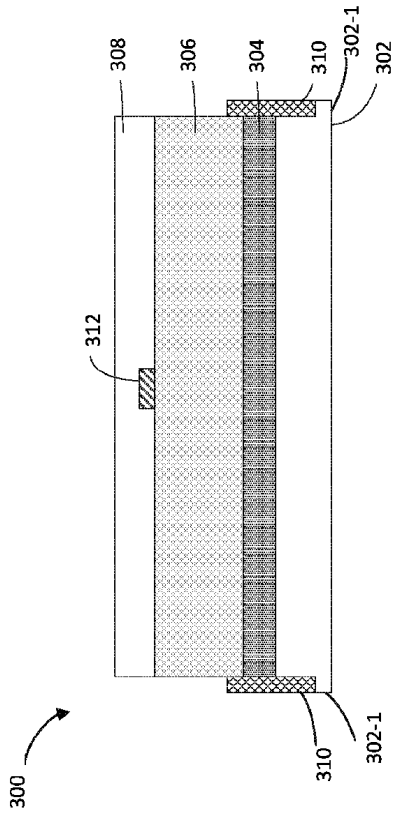


Figure 3

【図４】

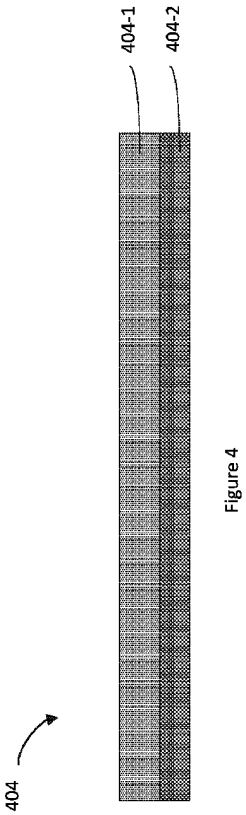


Figure 4

【図５】

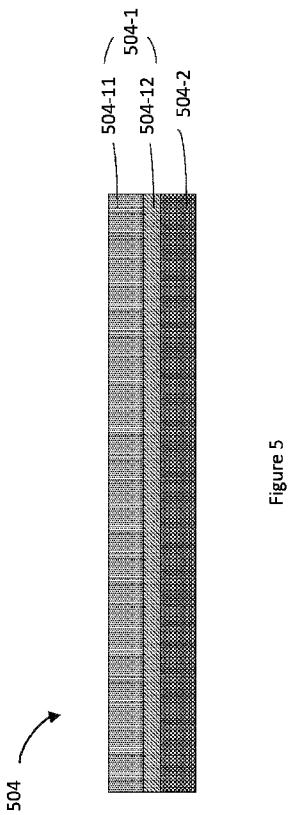


Figure 5

【図６】

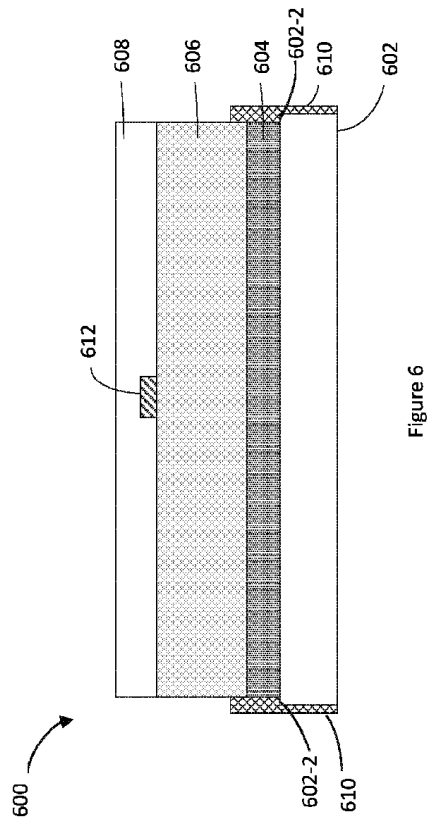


Figure 6

【図７】

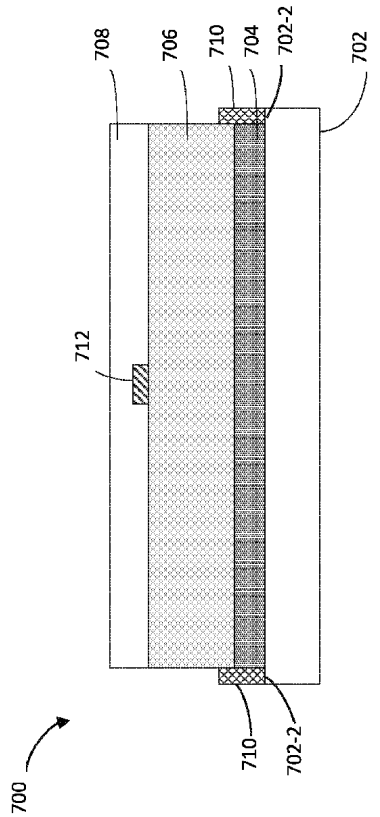


Figure 7

【図８】

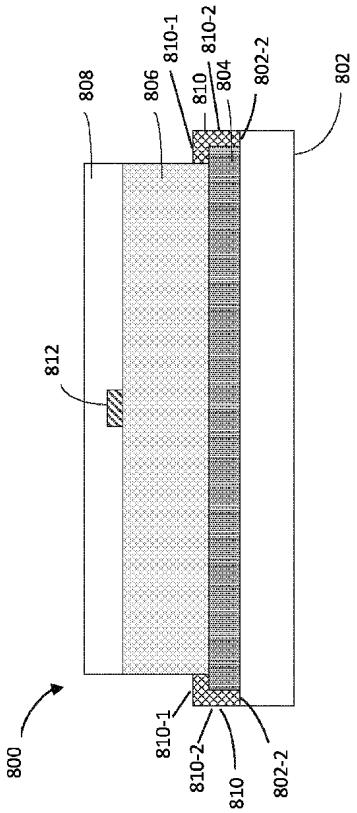


Figure 8

【図９】

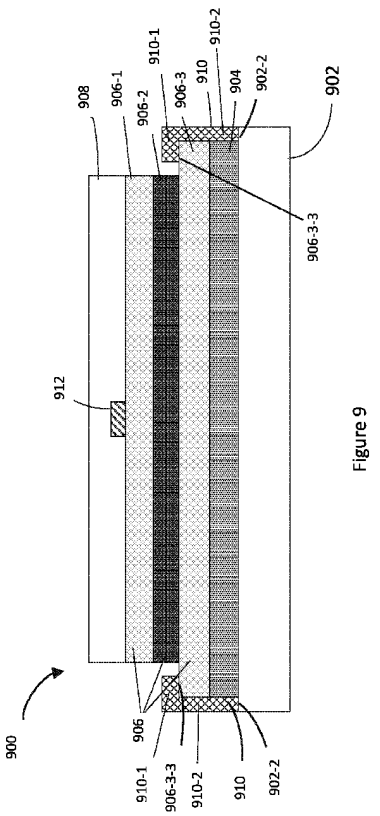


Figure 9

【図１０】

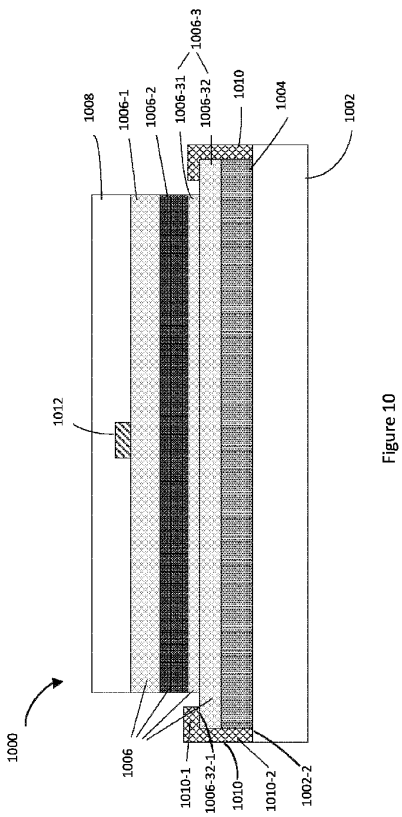


Figure 10

【図１１】

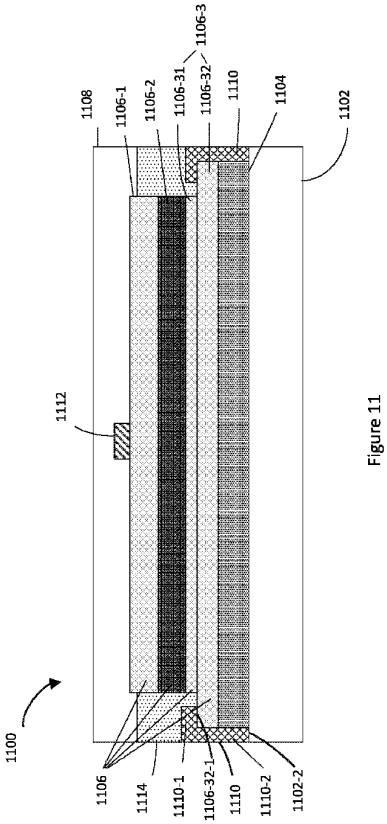
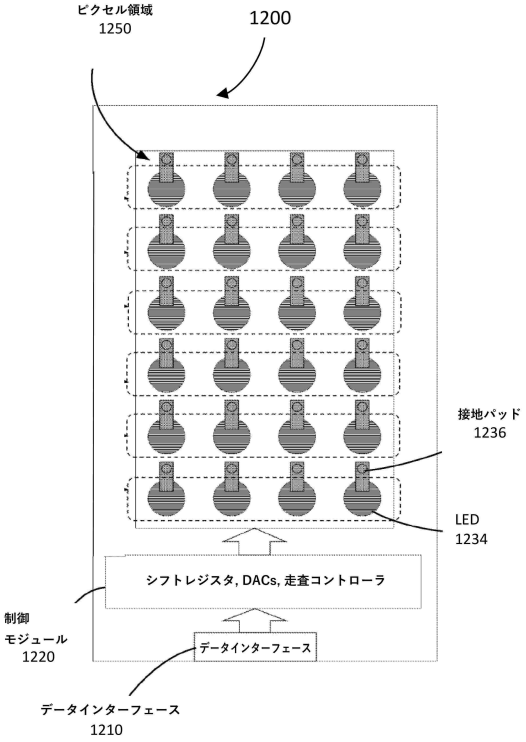


Figure 11

【図１２】



フロントページの続き

(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 ８７１２３ アルバカーキ スマーティ ジョーンズ ストリート １８７６
審査官　村井 友和
(56)参考文献　特開２００２－０９４１１６（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－３６８２７５（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－１６３５３０（ＪＰ，Ａ）
特表２０１８－５０６１７７（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－０８４００１（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－１２９９３３（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２０１２／００２５２４４（ＵＳ，Ａ１）
特開２００６－１０８６９８（ＪＰ，Ａ）
特開２０１８－０７８２７９（ＪＰ，Ａ）
(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｌ　３３／００－３３／６４