

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5030372号
(P5030372)

(45) 発行日 平成24年9月19日(2012.9.19)

(24) 登録日 平成24年7月6日(2012.7.6)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 33/62 (2010.01)

H O 1 L 33/00 4 4 O

請求項の数 18 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2004-218432 (P2004-218432)	(73) 特許権者	500507009
(22) 出願日	平成16年7月27日(2004.7.27)		フィリップス ルミレッズ ライティング
(65) 公開番号	特開2005-57265 (P2005-57265A)		カンパニー リミテッド ライアビリテ
(43) 公開日	平成17年3月3日(2005.3.3)		ィ カンパニー
審査請求日	平成19年7月27日(2007.7.27)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5
(31) 優先権主張番号	10/632719		1 3 1 サン ホセ ウェスト トリンブ
(32) 優先日	平成15年7月31日(2003.7.31)		ル ロード 3 7 0
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100087789
前置審査			弁理士 津軽 進
		(74) 代理人	100122769
			弁理士 笛田 秀仙
		(74) 代理人	100124224
			弁理士 ▲高▼▲橋▼ 理恵
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体発光デバイス用の実装

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体発光デバイスとサブマウントとを備えるデバイスであって、
前記半導体発光デバイスが、
n 型層と、
p 型層と、
前記 n 型層と前記 p 型層との間に配置される活性領域と、
前記 n 型層に電氣的に接続される n - コンタクトと、
前記 p 型層に電氣的に接続され、前記 n - コンタクトが形成される前記半導体発光デ
バイスの側と同じ側に形成される p - コンタクトと、
を備え、

前記サブマウントが、前記サブマウントの第 1 の側の第 1 及び第 2 の導電領域と、前記
サブマウントの第 2 の側の第 3 及び第 4 の導電領域とを備え、

前記半導体発光デバイスの n - コンタクト及び p - コンタクトが、フリップチップ構成
の状態で、前記サブマウントの第 1 及び第 2 の導電領域に電氣的及び物理的に接続され、

前記第 1 及び第 3 の導電領域が、第 1 の導電層によって電氣的に接続され、前記第 2 及
び第 4 の導電領域が、第 2 の導電層によって電氣的に接続され、

前記第 1 及び第 2 の導電層が、前記サブマウント内部に配置され、かつ該第 1 及び第 2
の導電層の少なくとも一方が、前記サブマウントの半導体領域を取り囲む
ことを特徴とするデバイス。

10

20

【請求項 2】

前記第 1 及び第 2 の導電領域が、金、銀、ニッケル、白金、及び銅からなる群から選択される材料を含むことを特徴とする請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 3】

前記第 1 及び第 2 の導電層が、金属層であることを特徴とする請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 4】

前記第 1 及び第 2 の導電層が銅を含むことを特徴とする請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 5】

前記サブマウントが、半導体領域と非半導体領域とを備えることを特徴とする請求項 1 に記載のデバイス。 10

【請求項 6】

前記半導体領域に形成された回路を更に備えることを特徴とする請求項 5 に記載のデバイス。

【請求項 7】

前記非半導体領域がガラスを含むことを特徴とする請求項 5 に記載のデバイス。

【請求項 8】

基板と、
前記基板を前記第 3 及び第 4 の導電領域に接続するハンダ接合部と、
を更に備える請求項 1 に記載のデバイス。 20

【請求項 9】

前記半導体発光デバイスが、 $400 \times 400 \mu\text{m}^2$ より大きい面積を有することを特徴とする請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 10】

前記半導体発光デバイスが、少なくとも $50 \text{ A} / \text{cm}^2$ の電流密度で動作可能であることを特徴とする請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 11】

前記半導体発光デバイスが、 $1 \times 1 \text{ mm}^2$ 以上の面積を有することを特徴とする請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 12】

前記半導体発光デバイスが、1 W 以上の電力消費で動作可能であることを特徴とする請求項 1 に記載のデバイス。 30

【請求項 13】

前記第 1 及び第 2 の導電領域を含む前記サブマウントの表面にワイヤボンダパッドがないことを特徴とする請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 14】

サブマウントの反対側の半導体発光デバイスの表面に重なるルミネセンス材料層を更に備える請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 15】

前記ルミネセンス材料層が、前記半導体発光デバイスの側部表面に重なることを特徴とする請求項 14 に記載のデバイス。 40

【請求項 16】

前記第 1、第 2、第 3、及び第 4 の導電領域が各々、ハンダ付可能層を備える請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 17】

前記半導体発光デバイスが、 $400 \times 400 \mu\text{m}^2$ より小さい面積を有することを特徴とする請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 18】

前記半導体発光デバイスが、 5 mA から 100 mA の電流で動作可能であることを特徴とする請求項 1 に記載のデバイス。 50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、発光ダイオードなどのフリップチップ・アーキテクチャ半導体発光デバイスの実装に関する。

【背景技術】

【0002】

発光ダイオード（「LED」）は、多数の利点を有するソリッドステート光源である。発光ダイオードは、高い輝度の光を確実に提供することができ、従って、とりわけ、ディスプレイ装置、交通信号、及び標識における用途が見出されている。発光ダイオードの重要な種類は、ガリウム、インジウム、又はアルミニウムなどの、1つ又はそれ以上のIII族元素と、窒素のV族元素とから製造されている。これらのIII族窒化物LEDは、可視スペクトル全般及びスペクトルの紫外領域内で発光可能であり、従って多くの有望な用途を有する。他の発光ダイオードは、III族リン化合物及びIII族ヒ化物の材料系から作製することができ、これらは、スペクトルのアンバー色領域、赤色領域、及び赤外領域で発光する。

【0003】

従来、LEDは、基板上にn型ドープ領域、活性領域、及びp型ドープ領域を堆積させることによって製造される。ある種のLEDは、デバイス的一方側に形成されたn-コンタクトを有し、デバイスの反対側にはp-コンタクトが形成され、垂直デバイスを生成する。他のLEDは、デバイスの同じ側に形成された両方のコンタクトを有し、コンタクトを通過して光が取出される。このような構造は、エピタキシーアップ・デバイスと呼ばれている。垂直デバイスとエピタキシーアップ・デバイスの両方において、活性領域によって生成された光の大半は、p-コンタクトを通過してデバイスを出る。p-コンタクトは、通常、電気導電特性を最適にするために、金属及び/又は半透明金属酸化物を含むので、該p-コンタクトは一般的に光を完全には透過せず、設計上の問題を生じる。

【0004】

この設計上の問題に対して、最近、フリップチップ・アーキテクチャが提案されている。図1に示されるように、フリップチップデバイス100において、ダイ110は、サブマウント114上に実装され、コンタクトはサブマウントに面した状態にある。活性領域によって発生する光の大半は、コンタクトではなく基板を通過してデバイスを出る。電気コンタクトの全ては、フリップチップダイの底部に位置付けることができる。デバイスは、サブマウント114、該サブマウントに重なるハンダ付可能層118-1及び118-2、並びに該ハンダ付可能層上のハンダボール122-1及び122-2を形成して、次いでダイ110にハンダボール122を取付けて、ダイに対する電気コンタクトを形成することによって完成する。

既存の設計は、ハンダ付可能層を有する電気コンタクト内にワイヤボンドを取付けることによって電流経路を形成する。ワイヤボンドは、ハンダ付可能層上に形成され、ワイヤ130-1及び130-2が接続されるボール126-1及び126-2からなる。その結果、ワイヤは、発光デバイスのパッケージのパッケージリード線132-1及び132-2に接続可能となる。サブマウント及びダイ自体は、基板134に、ダイエポキシによって取付けられる。

【0005】

【特許文献1】米国特許第6,150,197号公報

【特許文献2】米国特許第6,114,716号公報

【特許文献3】米国特許出願200300085416公報

【特許文献4】米国特許出願シリアル番号09/688,053公報

【特許文献5】米国特許第6,576,488号公報

【特許文献6】PCT公開特許WO99/59206公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ワイヤボンドされたデバイスには、幾つかの欠点がある。第1に、ワイヤボンドは熱の影響を受けやすい。従って、LED設計の1つの制限は、ワイヤボンドが耐えることができる加熱の程度である。この問題は、より新しい世代のLEDが、動作温度の上昇及び熱発生につながる、より高出力及び高温環境で作動するように設計されるにつれてより重要になる。ワイヤ内の電流はワイヤを加熱し、このプロセスはオーミック加熱と呼ばれる。オーミック加熱の程度は、とりわけ、電流密度によって決定される。高温及び反復熱サイクルは、ハンダ付可能層からのボールの分離、ワイヤの脆弱性、又は狭い断面での溶融によって引き起こされるワイヤの破断といったワイヤボンドの損傷につながる可能性がある。このような加熱の問題は、静電放電（"ESD"）の場合、又はデバイスのオンオフ切り替えのような過渡期間でも発生する可能性がある。高温作動は、ボール126とハンダ付可能層118との間の界面での物理的脆弱性及び抵抗性合金相の成長が促進される可能性があり、最終的には界面での欠陥を生じる恐れがある。

10

【0007】

第2に、ワイヤボンドはLEDから多量の熱を除去しない。通常の作動の間、LED内部では熱が生成される。光は、n-層からの電子とp-層からの正孔との再結合によってLED内で生成される。この再結合の一部が発光し、光子の放出を生じる。しかしながら、再結合のかなりの部分は、非発光性であり、代わりに熱を生成する。従って、幾つかのデバイスにおいては、デバイス内部で生成される熱の少なくとも一部は、LEDの損傷を避けるためにダイから除去する必要がある。ワイヤボンドは、比較的小さい断面積を有し、従って、ダイから熱を除去するために顕著には寄与しない。

20

【0008】

第3に、ワイヤは脆弱であって、従って、通常は、温度ショック、乱暴な取り扱い、及び高湿度環境などの過酷な作動条件下での1次故障の機構である。脆弱なワイヤボンドを保護するために、LEDは、エンドユーザにおいて実際に使用するものにするにはパッケージ内で組立てる必要がある。

【0009】

第4に、ワイヤボンドは、LEDの実装面積の外側にサブマウント上のスペースを必要とし、結果としてより大きく高価なデバイスとなる。LEDによって放出され、大きいサブマウントに入射する光は、サブマウントから反射する可能性があり、光源の寸法が好ましくなく増大する。

30

【0010】

最後に、ワイヤボンドは、後続のLED封入中に、パッケージ内に空気を取り込む可能性があり、これにより屈折率の大きいステップが生成され、このステップは、LEDダイから外部への光の取出効率を低下させる可能性がある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の実施形態によれば、デバイスは、サブマウントと、フリップチップ・アーキテクチャ構成で該サブマウントの第1の側の第1及び第2の導電領域上に実装された半導体発光デバイスとを含む。サブマウントは、該サブマウントの第2の面上に第3及び第4の導電領域を有する。第3及び第4の導電性領域は、ワイヤボンドを使用することなく、基板などの構造体にサブマウントをハンダ付けするために使用することができる。第1及び第3の導電領域は、第1の導電層によって電氣的に接続され、第2及び第4の導電領域は、第2の導電層によって電氣的に接続される。第1及び第2の導電層は、サブマウントの外側上又はサブマウント内部に配置することができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

本発明の実施形態によれば、LEDが実装されるサブマウントは、LEDに相対する側に電気コンタクトを有し、これにより、LEDとサブマウントとが、基板などの他のデバ

50

イス上に、ワイヤボンドの代わりにハンダ接合によって表面実装可能となる。

【0013】

図2には、ハンダ接合部を有する本発明の実施形態が示されている。発光デバイス100のダイ110の電気コンタクトが、相互接続部122-1及び122-2をダイに結合することによって形成される。図示された実施形態はハンダボールを適用しているが、相互接続は、元素金属、金属合金、半導体金属合金、ハンダ類、熱伝導性及び導電性ペースト又は化合物（例えばエポキシ類）、LEDダイとサブマウント間の異種金属間の共融接合（例えば、Pd-In-Pd）、Auスタッドバンプ、又は棒状体などのボール以外のハンダ構成で作製することができる。別の実施形態においては、ハンダボールの数を3つ又はそれ以上とすることができる。3つのハンダボール設計は、ダイ110用の安定した支持をもたらす。幾つかの実施形態においては、p-層用のコンタクトを形成するハンダボールは、n-層用のコンタクトを形成するハンダボールの数より多く、例えば2つのp-ハンダボールと1つのn-ハンダボールである。

【0014】

ハンダボール122は、表面実装可能サブマウント114上の導電性表面118に電氣的に結合され、該サブマウントは、例えばハンダ接合によって別の構造体に接続することができる。この実施形態において、下側の導電性表面118はハンダ付可能層又はハンダ付可能表面であり、他のデバイスにハンダ接合によって接続されているが、他の導電性表面及びハンダ以外の接合も適切であり、本発明の範囲内である。ハンダ接合部は、サブマウント114上に形成されたハンダ付可能層118-1及び118-2と、ハンダ領域138-1及び138-2を含む。別の実施形態において、ハンダ付可能層及びハンダの数は、3つ又はそれ以上とすることができる。ハンダ付可能層118は、サブマウント114の少なくとも2つの表面上に形成することができる。幾つかの実施形態において、ハンダ付可能層は、上面と底面などのサブマウント114の両側表面を覆う。図2に示されるように、ハンダ付可能表面は、サブマウントの側部表面の周りに延びることができ、上面と底面とのハンダ付可能表面を接続する。これらの設計は、大きいハンダ付可能表面を提供し、この表面にハンダ138をハンダ付けすることができる。ハンダ138は、サブマウント114のすぐ底部のハンダ付可能表面に接触することができ、又は、ハンダ付可能表面がサブマウント114の側部に設けられている場合には、サブマウント114の側部に上方に延びることができる。ハンダ138は、プリント基板などの基板134上に形成される、パッケージリード線132-1及び132-2に電氣的に結合される。パッケージリード線132は、種々の方法で形成することができ、例えば、基板の1つより多い表面を覆うことにより形成される。最後に、ダイ内で発生した光子の部分は、上部を通過する以外の方向に放出されるので、LED110に対面するサブマウント114及び基板134の1つ又はそれ以上の表面を反射性とすることができ、又は、図1に示されたリフレクタ133と同様のリフレクタを基板134に取付けることができる。該リフレクタは、反射性表面を有し、該表面は、これらの光子を、好ましい放出方向（多くは基板面に垂直な方向）に方向を変更するような位置決め及び形状にされる。

【0015】

サブマウント114は、例えば、Si、SiC、サファイヤ、PCB、AlN_x、Al₂O₃、又は、関連の用途で利用される何れかの既知の材料から形成することができる。ハンダ138は、例えば、PbSn-又はAgSn-の2成分、3成分、又は4成分系などのSn含有合金、AuSn又はAuGe2成分系などのAu含有合金、1つ又はそれ以上のIn、Bi、Pb、Sb、Ag、Cuを含有する合金、或いは、Au、Ag、In、Sn、Pb、Bi、Ni、Pd、又はCuなどの金属とすることができる。ハンダ付可能層118は、例えば、金、銀、ニッケル、銅、白金、又は関連する用途に適用される他の材料とすることができる。基板134は、例えば、プラスチック、Al₂O₃又はAlNなどのセラミック、BN300又はFR4などの複合積層板、或いはCu、Mo、Ni、又はWを含有する金属基板から形成することができる。

【0016】

幾つかの理由により、発光ダイオードは、基板 1 3 4 に直接ではなく、サブマウント 1 1 4 に結合される。第 1 に、E S D 保護回路は、例えば、S i サブマウントの場合には標準的な集積回路製造技術によってサブマウントに直接集積することができる。好適な E S D 保護回路の実施例には、L E D に並列なコンデンサ、ツェナーダイオード又はショットキーダイオードなどの単一の逆並列ダイオード、及び向い合って結合された 2 つのツェナーダイオードが含まれる。第 2 に、サブマウントは、デバイスの良好な光反射に寄与する。第 3 に、基板上よりも小さい外観でサブマウント上に形成することができる。形状がより小さいことにより、ハンダボールをサブマウント上に互いに近接して位置付けることが可能となり、潜在的にデバイスの寸法が小さくなり、デバイスの冷却性能が改善される。

【 0 0 1 7 】

10

図 3 には、本発明の別の実施形態が示される。図 3 の設計は、図 2 の設計に類似したものである。ダイ 1 1 0 は、ハンダボール 1 2 2 によって導電層 1 1 8 に電氣的に結合される。ハンダ 1 3 8 は、サブマウント上のハンダ付可能層を、プリント基板とすることができる基板 1 3 4 上に形成されたパッケージリード線 1 3 2 に電氣的及び物理的に接続する。

【 0 0 1 8 】

この実施形態の態様は、効率的な反射器の形成である。反射ウェル 1 4 6 はサブマウントの一部として形成される。反射ウェルの表面の一部分は、ハンダ付可能層 1 1 8 によって覆われる。幾つかの実施形態においては、基本的に全体の反射ウェル 1 4 6 が、ハンダ付可能層 1 1 8 によって覆われる。ハンダ付可能層 1 1 8 は、好適な反射率を有する材料から形成され、そのため、入射光の大部分を反射する。このような材料には、金及び銀が含まれる。幾つかの実施形態においては、特に好適な反射特性を有するように、ハンダ付可能層 1 1 8 に重ねて反射層を形成することができる。反射ウェルは、好ましい発光方向で入射光を反射するような形状にされる。この方向は、サブマウントの平面に垂直であることが多いが、他の設計も同様に考えることができる。次いで、ダイが反射ウェル内に位置付けられ、ハンダボール 1 2 2 によってハンダ付可能層 1 1 8 に結合される。デバイスは、例えばエポキシ又はシリコンなどの光結合材料 1 5 0 内に組み込むことができる。光結合材料 1 5 0 は、ダイ 1 1 0 を機械的及び熱的に保護する。光結合材料はまた、発生する光を好ましい方向に配向し、半導体から出る光を外部環境に効率的に結合させることができる。

20

30

【 0 0 1 9 】

図 4 には、図 2 及び図 3 の発光デバイスを形成する方法が示される。図 4 には、本発明の 1 つの実施形態による、ウェハー 4 0 0 上のサブマウント 1 1 4 のアレイ配置が平面図で示されている。ウェハー 4 0 0 は、後で個別のサブマウント 1 1 4 - 1 から 1 1 4 - N (N は整数) を形成することになる領域に分割される。n - ハンダ付可能層 1 1 8 - 1 が、サブマウント 1 1 4 - 1 の 1 つの領域に重なって形成され、各サブマウントの上側左コーナのマイナス符号によって識別される。n - ハンダ付可能層に対して相補的な領域に重なって、サブマウント 1 1 4 上に p - ハンダ付可能層 1 1 8 - 2 が形成され、これは各サブマウントの下側右隅のプラス記号によって識別される。ハンダ付可能層 1 1 8 は、フリップチップダイ 1 1 0 の配置に対応するように形成される。

40

【 0 0 2 0 】

ハンダボール 1 2 2 によって、ハンダ付可能層 1 1 8 とダイ 1 1 0 との間の電氣的結合が形成される。サブマウント 1 1 4 は、ハンダボール 1 2 2 を支持するように適合される。n - 濡れ性の金属層 1 5 4 が、n - ハンダ付可能層 1 1 8 - 1 に重なって形成され、n - ハンダボール 1 2 2 - 1 を支持する。P - 濡れ性の金属層 1 5 8 - 1 及び 1 5 8 - 2 が、p - ハンダ付可能層 1 1 8 - 2 に重なって形成され、p - ハンダボール 1 2 2 - 2 及び 1 2 2 - 3 を支持する。濡れ性の金属層 1 5 4 及び 1 5 8 は、ハンダボール 1 2 2 - 1 から 1 2 2 - 3 までのハンダ付けに好適な区域を提供し、従って、ハンダ付可能層 1 1 8 とダイ 1 1 0 との間の電氣的結合を生成する。幾つかの実施形態においては、p - 濡れ性の金属層 1 5 8 は n - 濡れ性の金属層より数が多く、これは、活性領域内で発生した熱は、

50

デバイスから p - コンタクトへの接続部を介して最も効率的に取出すことができ、従って、これらの接続部の表面積は最大化される場合が多いことによる。n - コンタクトが形成される区域から活性領域が除去されるので、p - 層及び p - 濡れ性の金属層は、デバイスから熱を取出すための最短ルートを形成することができる。

【 0 0 2 1 】

図 4 の実施形態は、3 つのハンダボールを有する。この設計は高い機械的安定性がある。他の実施形態では、更に多くのハンダボール又はハンダ棒状体を使用することができる。更に、図 4 に示す実施形態においては、1 つだけの発光デバイスが各サブマウントに接続されている。他の実施形態では、1 つより多い発光デバイスを、個別のダイとして、又は単一のダイに形成された複数デバイスとして各サブマウント上に位置付けることができる。

10

【 0 0 2 2 】

ハンダ付可能層 1 1 8 は、幾つかの実施形態においては、隣接するサブマウント 1 1 4 - 1 と 1 1 4 - 2 との間のバイア 1 6 2 - 1、1 6 2 - 2 を形成することによって形成される。バイアは、ウェハー 4 0 0 の貫通孔とすることができる。本発明の実施形態においては、バイア 1 6 2 - 1、1 6 2 - 2 は、サブマウント 1 1 4 - 1 と 1 1 4 - 2 との間の境界上に形成される。

【 0 0 2 3 】

幾つかの実施形態においては、バイア 1 6 2 の壁に導電性メッキ層 1 6 6 を形成することによってバイア 1 6 2 がメッキされる。メッキ層 1 6 6 は、金属層又は高度にドーブされた半導体層とすることができる。幾つかの実施形態において、メッキ層 1 6 6 は、サブマウントの上面のハンダ付可能層 1 1 8 をサブマウントの底面上の導電層に電氣的に結合する。本明細書では、サブマウント上面は、ダイ 1 1 0 がサブマウント 1 1 4 に結合される表面として定められる。このようなバイアを形成する 1 つの方法は、「S e m i c o n d u c t o r D e v i c e A n d M e t h o d f o r M a k i n g T h e S a m e」と題された P C T 公開特許 W O 9 9 / 5 9 2 0 6 に記載されている。

20

【 0 0 2 4 】

図 5 には、サブマウントの上面及び底面のハンダ付可能表面間の電氣的接続が、サブマウントの外側ではなく内部に形成された本発明の実施形態が示されている。図 5 のデバイスにおいて、ハンダボール 1 2 2 - 1 及び 1 2 2 - 2 が配置されるサブマウント上部のハンダ付可能区域は、サブマウント内部の導電経路によってハンダ接合部 1 3 8 に取付けるサブマウント底部のハンダ付可能区域に電氣的に接続される。サブマウント 1 1 4 は、例えば、幾つかの異なる領域を有するシリコン / ガラス複合材料サブマウントとすることができる。シリコン領域 1 1 4 - 2 は、サブマウントの上面と底面との間の導電経路を形成する、メタライゼーション 1 1 8 - 1 及び 1 1 8 - 2 によって取り囲まれる。E S D 保護回路などの回路は、メタライゼーション 1 1 8 - 1 及び 1 1 8 - 2 によって取り囲まれたシリコン領域 1 1 4 - 2、又は他のシリコン領域 1 1 4 - 3 に形成することができる。このような他のシリコン 1 1 4 - 3 領域もまた、ダイ 1 1 0 又は基板 1 3 4 に電氣的に接触することができる。ガラス領域 1 1 4 - 1 は、シリコンの異なる領域を電氣的に絶縁する。ハンダ接合部 1 3 8 は、例えば誘電層又は空気とすることができる絶縁領域 1 3 5 によって電氣的に絶縁される。図 5 のサブマウントは、図 3 に示された、一体化された反射カップを含むことができる。シリコン / ガラス複合材料サブマウントは、米国特許第 6 , 1 5 0 , 1 9 7 号及び第 6 , 1 1 4 , 7 1 6 号、並びに公開された米国特許出願 2 0 0 3 0 0 0 8 5 4 1 6 でより詳細に記載されている。

30

40

【 0 0 2 5 】

図 6 A から図 6 E には、図 5 のサブマウント上の L E D ダイの形成及び取付けが示されている。図 6 A に示されるように、シリコンウェハー 6 0 は、上述の E S D 保護回路などの何らかの所望の回路を含むように成長される。孔 6 1 が、従来型のマスキング及びエッチング方法によってウェハー 6 0 内に形成される。図 6 B に示されるように、金属などの導電層 6 3 が、ウェハー 6 0 を覆って孔 6 1 内に形成される。次いで、導電層 6 3 をパタ

50

ーン形成することができる。次に、ガラス 62 層をウェハー 60 を覆って孔 61 内に形成する。

【0026】

図 6C において、ガラス層 62 及びウェハー 60 の一部が除去され、導電層 63 が露出する。次いで、ウェハーの下側の導電層 63 をパターン形成し、追加の導電層を付加してパターン形成することができ、結果として、図 6D に示されるサブマウントが得られる。異なる導電領域 63 は、誘電層 64 によって絶縁することができる。ウェハーの下側がパターン形成されると、LED ダイ 110 を、相互接続部 122 によって物理的及び電氣的にサブマウント上の導電領域 63 に接続することができる。

【0027】

次に、図 6E に示されるように、実装された LED デバイスは、任意選択的にルミネセンス材料層 66 でコーティングすることができ、該ルミネセンス層は、蛍光体のなどのルミネセンス材料を含む。層 66 は、例えば、ステンシリング、スクリーン印刷、塗装、電気泳動析出、スプレー塗装、又は静電析出法によって施すことができる。ステンシリングは、「Stenciling Phosphor Layers on Light Emitting Diodes」と題され 2000 年 10 月 13 日に出願された出願シリアル番号 09/688,053 により詳細に記載されている。電気泳動析出は、「Using Electrophoresis to Produce a Conformally Coated Phosphor-Converted Light Emitting Semiconductor Structure」と題され、2003 年 6 月 10 日に公布された米国特許第 6,576,488 号により詳細に記載されている。両特許は引用により本明細書に組み込まれる。ルミネセンス材料を封止又は保護するための任意選択的なコーティング 67 を、層 66 を覆って形成することができる。任意選択的なコーティング 67 は、例えば、エポキシ、シリコン、又はスピンオンガラスとすることができる。実装された LED ダイを覆って所望の層を施工した後、シリコン/ガラス複合材料サブマウントは、図 6E の矢印によって示された領域内で LED の間をダイシングすることにより、個別のデバイスにダイスカットすることができる。

【0028】

図 7 には、サブマウントの上面及び底面のハンダ付可能表面の間の電氣的接続が、サブマウントの外側ではなく内部に形成されている、サブマウントの別の実施形態が示されている。図 7 のデバイスにおいて、ダイへの電氣的接続の下にあるサブマウントの領域 114-2 は、例えば銅などの導電性材料のプラグである。導電性プラグは、例えばシリコンの領域 114-3 及び 114-1 によって電氣的に絶縁される。ESD 保護回路などの回路は、シリコン領域 114-1 及び 114-3 内に形成することができる。図 7 のサブマウントは、図 3 に示された集積反射カップを含むことができる。

【0029】

図 8A - 図 8D には、図 7 のサブマウント上の LED ダイの形成及び取付けが示されている。上述の ESD 保護回路などの所望の回路を含んで作製されたシリコンウェハーが図 8A に提供される。図 8B に示されるように、貫通孔 81 が、ウェハー 80 内の、図 7 の導電性プラグが配置されることになる領域に形成される。次いで、貫通孔 81 は、図 8C で示されるように、導電性材料で充填される。次に、LED ダイ 110 を、ウェハー 80 に実装することができる。幾つかの実施形態においては、導電性プラグ 82 が、ウェハー 80 の上面を覆って延び、相互接続部 122 を使用することなく、LED ダイ 110 に直接に接続される。

【0030】

本発明の幾つかの実施形態において、上述の表面実装可能サブマウントに実装された LED は高出力デバイスであり、このことは、該デバイスが高い電流密度で動作することを意味する。高出力デバイスは、約 $400 \times 400 \mu\text{m}^2$ より大きい面積を有することができる、且つ少なくとも 50 A/cm^2 の電流密度で動作できる。高出力デバイスの一般的な寸法は、 $1 \times 1 \text{ mm}^2$ 以上の面積であり、電力消費は 1 W 以上である。このようなデバイ

10

20

30

40

50

スにおいて、LEDとサブマウントの間、及びサブマウントとサブマウントが実装されるデバイスとの間の相互接続部は、LEDによって発生する熱に耐性があるが、LEDを損傷する可能性がある温度でのリフローを必要としないよう注意深く選択される必要がある。更に、通常、LEDはサブマウントに実装され、該サブマウントは別の段階で他の構造体の実装される。LEDとサブマウントとの間の接続は、サブマウントと該サブマウントが実装されるデバイスとの間の接続が確実に行われるのに必要な温度に耐性があるように選択される必要がある。LEDとサブマウントとの間の好適な相互接続部の実施例には、Au-Au相互接続、80%Au20%Snハンダ、88%Au12%Geハンダ、97%Au3%Siハンダ、95%Pb5%Snハンダ、及び90%Pb10%Snハンダが含まれ、これらは500°Fを越えるリフロー温度を有する。サブマウントと該サブマウントが実装されるデバイスとの間の好適な相互接続の実施例には、Pb-Sn共晶ハンダ、Ag-Cu-Snハンダ、及びPb-Inベースのハンダが含まれ、これらは500°Fより低いリフロー温度を有する。

10

【0031】

幾つかの実施形態において、上述の表面実装可能サブマウントに実装されたLEDは、約400×400μm²より小さい面積を有し、約5mAから約100mAの電流で動作することができる。

【0032】

図2、図3、図5、及び図7で上述されたサブマウントなどの、ハンダ接続により他のデバイスに表面実装可能なLEDサブマウントには、幾つかの利点がある。表面実装可能サブマウントは、ワイヤボンダサブマウントよりも、熱特性が改善され、より堅牢で、より小型で、組立てがより簡単である。

20

【0033】

サブマウントと該サブマウントが実装されるデバイスとの間のハンダ接合は、LED-サブマウント結合の熱特性を改善することができる。市販用LEDは、通常、III族-V族材料から形成される。III族窒化物デバイスの場合、従来、十分に高品質のIII族窒化物を作製することが困難であることから、デバイスの寸法、デバイスによって許容される最大電流密度、及びデバイスによって生成される光量は極めて小さなものであった。製作技法が改善されると、より高い電流密度で動作可能なより大きいデバイスが出現してきた。通常、こうしたデバイスに供給される電流の量が増加するにつれて、好ましくはLEDによって生成される光の量が増大する。しかしながら、LEDに供給される電流量が増大するにつれて、デバイス内で発生する熱の量もまた大きくなる。III族-V族LEDの内部温度が上昇すると、結晶欠陥移動、暗線形成、成長基板の亀裂、半導体デバイス層の割れ、及びデバイスコンタクトの層間剥離などの、最終的には故障となるメカニズムが観察される可能性がある。従って、付加的な熱の発生を回避するため、又はLEDから効率的に熱を放散させるための、特定のLEDサブマウント又はパッケージの機能により、電流密度が制限され、従って、LEDによって生成される光の量が制限される。上述の表面実装可能サブマウントは、LED-サブマウント結合の熱特性を、少なくとも2つの方法で改善することができる。

30

【0034】

第1に、サブマウントと該サブマウントが実装されるデバイスとの間の大きなハンダ接続部が、ワイヤボンダで可能な表面より大きい表面にわたって発光デバイスに供給される電流を拡散し、接続部での電流密度を低下させる。電流密度が低い程、生成されるオーム加熱が少ない。従って、同じ材料から、高出力のLEDを形成することができる。

40

【0035】

第2に、ハンダ接続部は、ダイ内部の非放射再結合によって生成される熱を放出する有効なチャネルを提供し、デバイスの動作温度を更に低下させる。LEDからの有効に熱を放出することにより、ハンダ接合部は、LEDが作動することができる電流密度を増加させることができ、これはLEDによって生成される光の量を増大させることができる。加えて、ワイヤボンダ自体が、温度による影響を受けやすい。ワイヤボンダの代わりにハン

50

ダ接合部の使用は、ワイヤボンドに関連する種々の故障機構を低減又は除去することができる。とりわけ、ハンダ接続部は、そのコンタクトが、ワイヤボンドのように容易に離れることがなく、ハンダ接続部が脆くならず、且つ電気経路の切断を生じる溶融を起こすことがない

【 0 0 3 6 】

別の利点は、ハンダ接合部が脆弱でなく、多湿環境、温度ショック、及び乱暴な取り扱いを含む、極端な動作条件による悪影響がずっと少ないことである。ハンダ接合部を有するLEDは、脆弱なワイヤボンドを保護するためのパッケージを必要とするワイヤボンドデバイスなどのパッケージ内で組立てることを必要としない。むしろ、該LEDは、パッケージされない形態でエンドユーザに供給することができ、エンドユーザは、これらを、例えば、特定用途において基板に直接ハンダ付けすることによって、直接これらの製品に組み込むことができる。

【 0 0 3 7 】

ハンダ接合部は、実装用に特別なスペースを必要としないが、ワイヤボンドは特別のサブマウントのスペースを必要とする。例えば、各ワイヤボンドはLEDで覆われるサブマウントの部分を越える、サブマウント上の円形ボンドパッドを必要とし、並びに、例えば六角形又は長方形のダイシングが容易な形状のサブマウントを生成するために、円形ボンドパッドを取り囲む追加のサブマウント材料を必要とする。通常、スペースの各円は約150 μm の直径である。ワイヤボンドパッドをなくすことにより、かなり小さいデバイスの形成が可能となり、すなわち、同じサイズのウェハー上により多数のデバイスを形成することが可能となり、製造工程の収率が増大する。小さなデバイスでは、サブマウントの反射が少なく、その結果、好ましいより小さな光源の寸法が得られる。加えて、小さいサブマウントは必要なシリコンが少なくて済み、これはサブマウントのコストが低下する。幾つかの実施形態において、サブマウントは、該サブマウントに実装されるLEDの実装面積よりも小さくすることができる。

【 0 0 3 8 】

最後に、蛍光体変換LEDがワイヤボンドサブマウントに実装される場合、サブマウント上のワイヤボンドパッドは、蛍光体層と同じサブマウント側に存在する。従って、蛍光体がLEDの上に堆積された後、蛍光体層は、ワイヤボンドパッドを覆う蛍光体を除去するようにパターン形成される必要がある。これに対し、表面実装可能サブマウントのコンタクトは、蛍光体層と反対のサブマウント側にある。従って、表面実装可能サブマウントの使用は、LEDを蛍光体でコーティングする工程を大きく単純化することができ、これは蛍光体層がボンディングパッドを露出させるためのパターン形成を必要としないことによる。

【 0 0 3 9 】

上で論じられた実施形態は、単に例示的なものであり、限定を意図するものではない。当業者であれば、説明された実施形態からの変形形態を認識するであろうが、これらもまた本発明の範囲内にあることが意図される。従って、本発明は添付の請求項によってのみ限定される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 0 】

【図1】ワイヤボンドを備えるLEDの図である。

【図2】ハンダ付接合部を備える基板に接続されたLEDサブマウント結合の図である。

【図3】サブマウント内に反射ウェルを備えるLEDサブマウント結合の図である。

【図4】バイアスを有するサブマウントのウェハーの図である。

【図5】サブマウント内のバイアに設けられた前面及び裏面サブマウントコンタクト間の接続部を有するLEDサブマウント結合の図である。

【図6A】図5のサブマウント上にLEDを形成して実装する方法の図である。

【図6B】図5のサブマウント上にLEDを形成して実装する方法の図である。

【図6C】図5のサブマウント上にLEDを形成して実装する方法の図である。

【図 6 D】図 5 のサブマウント上に L E D を形成して実装する方法の図である。

【図 6 E】図 5 のサブマウント上に L E D を形成して実装する方法の図である。

【図 7】サブマウント内のバイアに設けられた前面及び裏面サブマウントコンタクト間の接続部を有する LED サブマウント結合の別の実施形態の図である。

【図 8 A】図 7 のサブマウント上に、LED を形成して実装する方法の図である。

【図 8 B】図 7 のサブマウント上に、LED を形成して実装する方法の図である。

【図 8 C】図 7 のサブマウント上に、LED を形成して実装する方法の図である。

【図 8 D】図 7 のサブマウント上に、LED を形成して実装する方法の図である。

【符号の説明】

【 0 0 4 1 】

100 フリップチップデバイス

1 1 0 ダイ

1 1 4 表面実装可能サブマウント

1 1 8 - 1 p - ハンダ付可能層

1 1 8 - 2 n - ハンダ付可能層

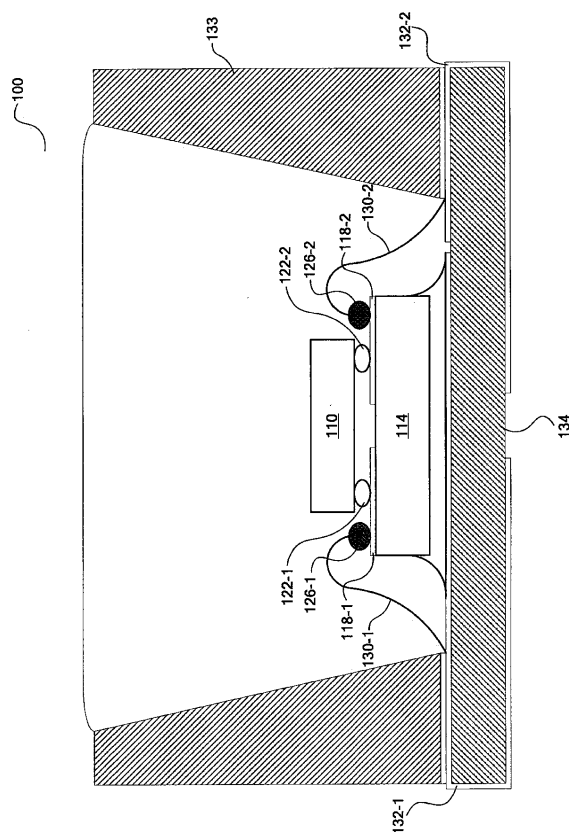
1 2 2 - 1、1 2 2 - 2 相互接続部

1 3 2 - 1、1 3 2 - 2 パッケージリード線

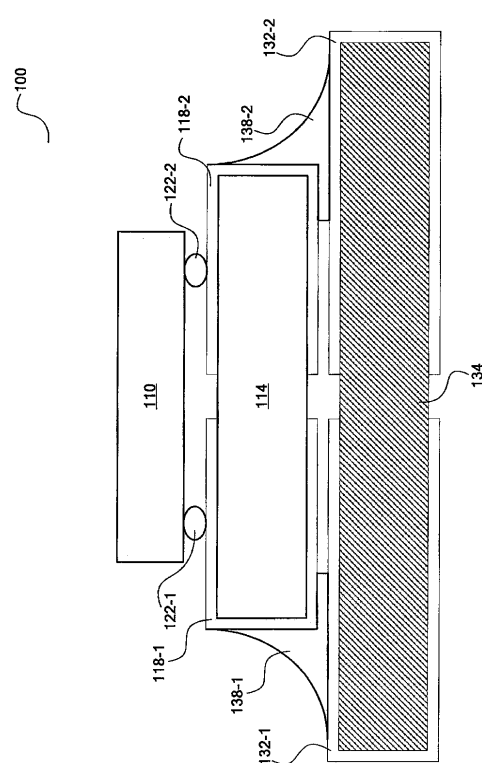
1 3 8 - 1、1 3 8 - 2 ハンダ領域

10

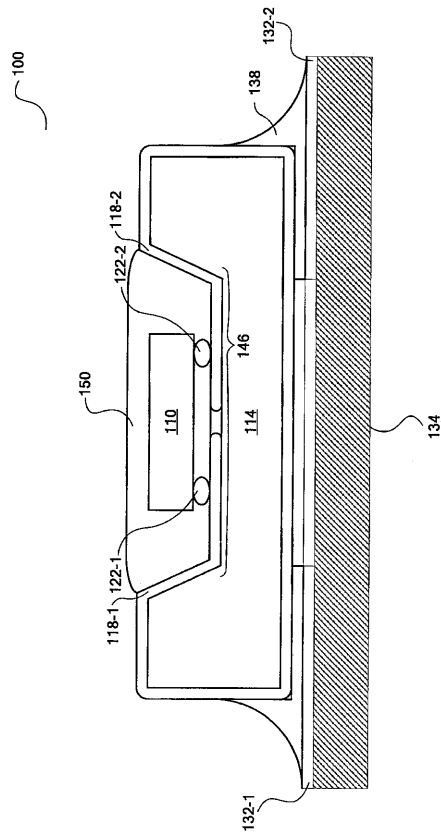
【圖 1】



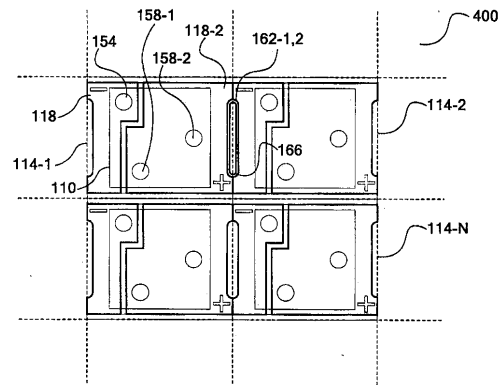
【圖 2】



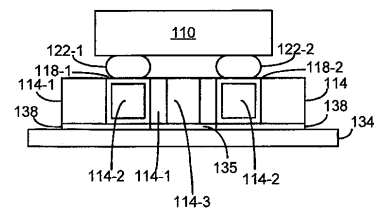
【図 3】



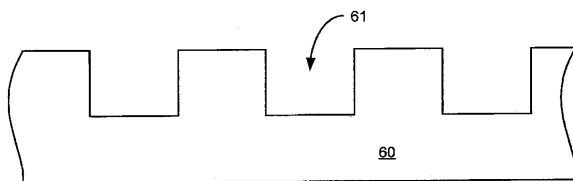
【図 4】



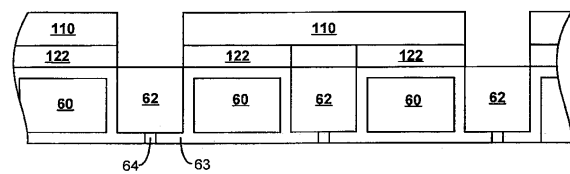
【図 5】



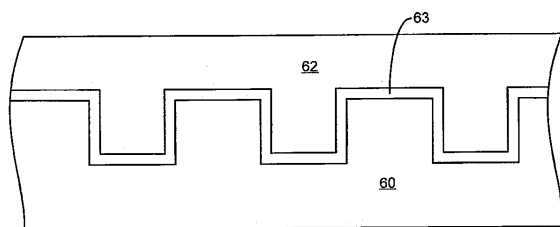
【図 6 A】



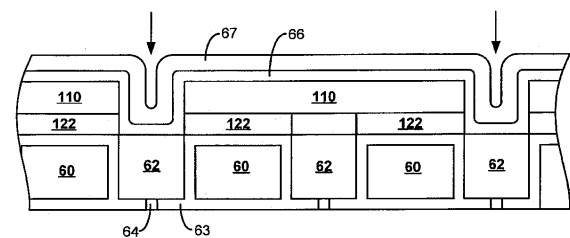
【図 6 D】



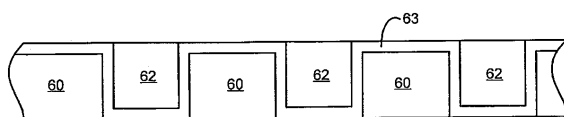
【図 6 B】



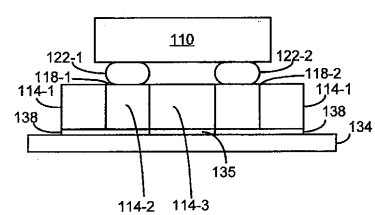
【図 6 E】



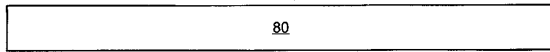
【図 6 C】



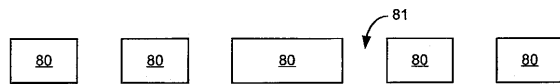
【図 7】



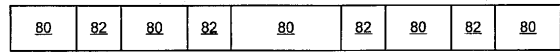
【図 8 A】



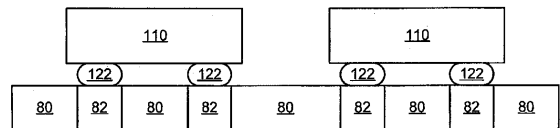
【図 8 B】



【図 8 C】



【図 8 D】



フロントページの続き

- (72)発明者 ジェローム シー バット
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 1 1 7 サン フランシスコ ヘイズ ストリート 1
9 2 7 # 5
- (72)発明者 クレセント エス エルペッツ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 2 3 サン ホセ コリーナ ドライヴ 7 7 0
- (72)発明者 ポール エス マーティン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 8 8 プリザントン フェアオークス ドライヴ 7
6 6 5
- (72)発明者 サージ エル ルーダ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 8 6 サニーヴェイル サンセット アベニュー 3
8 2

審査官 芝沼 隆太

- (56)参考文献 特開 2 0 0 2 - 1 1 8 2 9 4 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 2 0 3 9 8 9 (J P , A)
特開平 1 1 - 2 2 0 1 7 8 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 2 8 9 9 2 3 (J P , A)
米国特許第 6 1 1 4 7 1 6 (U S , 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