(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4654372号
(P4654372)
(45)発行日　平成23年3月16日(2011.3.16)　(24)登録日　平成23年1月7日(2011.1.7)

(51)Int.Cl.　F I
H01L 33/48 (2010.01)　H01L 33/00 400

請求項の数 8　(全 22 頁)

(21)出願番号	特願2003-516101(P2003-516101)	(73)特許権者	592054856
(86)(22)出願日	平成14年7月23日(2002.7.23)		クリー インコーポレイテッド
(65)公表番号	特表2004-537171(P2004-537171A)		CREE INC.
(43)公表日	平成16年12月9日(2004.12.9)		アメリカ合衆国 ノースカロライナ州 27703 ダラム シリコン ドライブ 4600
(86)国際出願番号	PCT/US2002/023266		
(87)国際公開番号	WO2003/010817		
(87)国際公開日	平成15年2月6日(2003.2.6)	(74)代理人	100077481
審査請求日	平成17年7月19日(2005.7.19)		弁理士 谷 義一
審判番号	不服2009-16819(P2009-16819/J1)	(74)代理人	100088915
審判請求日	平成21年9月10日(2009.9.10)		弁理士 阿部 和夫
(31)優先権主張番号	60/307,234	(74)復代理人	100115624
(32)優先日	平成13年7月23日(2001.7.23)		弁理士 濱中 淳宏
(33)優先権主張国	米国(US)	(74)復代理人	100136490
(31)優先権主張番号	60/307,311		弁理士 中西 英一
(32)優先日	平成13年7月23日(2001.7.23)		
(33)優先権主張国	米国(US)		最終頁に続く

(54)【発明の名称】サブマウントボンディングのための修正を含む発光デバイス、および、その製法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
発光領域を有する基板と、
ここで、前記発光領域は、前記基板の片面上のエピタキシャル領域として形成され、
前記発光領域上に形成された多層導電性スタックと、
ここで、前記多層導電性スタックは、オーミック層と、反射層と、多層バリア層とが積層して構成され、かつ、これら各層の全てが同一面積に設定され、
前記多層バリア層は、チタン／タングステンを含む第１の層と、ニッケルを含む第２の層とを含み、
前記オーミック層は、白金、パラジウム、ニッケル／金、酸化ニッケル／金、酸化ニッケル／白金、チタン、および／またはチタン／金を含み、前記反射層は、アルミニウムおよび／または銀を含み、
前記多層導電性スタックの前記多層バリア層上に形成された接着層と、
前記接着層上に形成されたボンディング層と、
前記接着層と前記ボンディング層との間に形成されたはんだ湿潤層と、
サブマウントと、
前記ボンディング層と前記サブマウントとの間に形成された、スズおよび／または金を含むはんだを有するボンドと
を具え、
前記はんだのリフロー温度は、約２１０℃より高く、

前記多層バリア層において、前記第１の層は厚み約５０００Åのチタン／タングステンを含み、該第１の層上に形成された前記第２の層は厚み約２０００Åのニッケルを含むことによって、当該多層バリア層が、前記接着層からの前記オーミック層および前記反射層への拡散を防止するバリア層として構成されたことを特徴とする発光デバイス。

【請求項２】

前記基板は炭化ケイ素を含み、前記エピタキシャル領域は窒化ガリウムを含むことを特徴とする請求項１記載の発光デバイス。

【請求項３】

前記多層バリア層は、タングステン約９５％とチタン約５％を含むことを特徴とする請求項１又は２記載の発光デバイス。

【請求項４】

前記はんだのリフロー温度は、約２５０℃より高く、

前記多層バリア層は、厚み約５０００Åのチタン／タングステンを含む第１の層と、該第１の層上に形成された厚み約２０００Åのニッケルを含む第２の層とを含むことを特徴とする請求項１記載の発光デバイス。

【請求項５】

前記エピタキシャル領域は、前記第１の面より小さい表面積を有し、

前記多層バリア層、前記反射層、および前記オーミック層は、前記エピタキシャル領域の表面積より小さい同一の表面積を有し、

前記接着層および前記ボンディング層は、前記多層バリア層、前記反射層、および前記オーミック層表面積より小さい同一の表面積を有することを特徴とする請求項１記載の発光デバイス。

【請求項６】

前記エピタキシャル領域、前記オーミック層、前記反射層、前記多層バリア層、前記接着層、および前記ボンディング層は、それぞれ側壁を含み、

前記発光ダイオードは、前記エピタキシャル領域、前記オーミック層、前記反射層、前記多層バリア層、前記接着層、および前記ボンディング層の側壁上にパッシベーション層をさらに有することを特徴とする請求項１記載の発光デバイス。

【請求項７】

前記エピタキシャル領域、前記オーミック層、前記反射層、前記多層バリア層、前記接着層、および前記ボンディング層は、それぞれ側壁を含み、

前記発光ダイオードは、前記エピタキシャル領域、前記オーミック層、前記反射層、前記多層バリア層、前記接着層、および前記ボンディング層の側壁上にパッシベーション層をさらに有することを特徴とする請求項１記載の発光デバイス。

【請求項８】

前記接着層と前記ボンディング層との間に、剪断強さ強化層をさらに有することを特徴とする請求項１記載の発光デバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、マイクロ電子デバイス、および、その製法に関するものであり、より詳細には、発光ダイオード（ＬＥＤ）等の発光デバイス、および、その製法に関する。

【背景技術】

【０００２】

本願は、すべての開示が本願に完全に述べられているように参照として示された２００２年１月３０日出願の米国特許仮出願第６０／３５２９４１号明細書「ＬＥＤダイ接着方法および得られた構造」、２００１年７月２３日出願の米国特許仮出願第６０／３０７３１１号明細書「発光ダイオードのフリップチップボンディング」、２００１年７月２３日出願の米国特許仮出願第６０／３０７２３４号明細書「フリップチップ発光ダイオードの熱音波ボンディング」、および２００２年１月２５日出願の米国特許出願第１０／０５７

８２１号明細書「光抽出のための変更態様を含む発光ダイオードおよびその製法」の恩典と優先権を主張するものである。

【０００３】

発光ダイオードは、民生用および商業用適用分野で広く使用されている。当業者に周知のとおり、発光ダイオードは一般に、マイクロ電子基板上にダイオード領域を含んでいる。マイクロ電子基板は、たとえばガリウムヒ素、ガリウム燐、これらの合金、炭化ケイ素、および／またはサファイアを含むことができる。ＬＥＤの継続的開発により、可視光線および可視光線を超えるスペクトルをカバーする、効率が高く、機械的に堅牢な光源が得られるようになった。これらの属性と、ソリッドステートデバイスの耐用性が高まる可能性があいまって、各種の新規表示装置への適用が可能になり、ＬＥＤが、十分に確立している白熱ランプや蛍光ランプと競合することができる。

【０００４】

ガリウムヒ素（ＧａＮ）を主成分とするＬＥＤは、通常、炭化ケイ素（ＳｉＣ）またはサファイアなどの絶縁体または半導体基板に、複数のＧａＮを主成分とするエピタキシャル層を堆積させたものを含む。エピタキシャル層は、ｐ－ｎ接合を有する活性またはダイオード領域を含み、電圧の印加により光を発する。

【０００５】

ＬＥＤは、パッケージまたはリードフレームとも呼ばれるサブマウント（以下サブマウントと称する）上に、基板側を下にして取り付けられる。これに対して、発光ダイオードのフリップチップ取り付けでは、ＬＥＤはサブマウント上に、基板側を上にして（すなわちサブマウントから離して）取り付けられる。光は、基板を通して抽出され、放射される。フリップチップ取り付けは、ＳｉＣを主成分とするＬＥＤを取り付ける場合に特に望ましい技術である。とりわけ、ＳｉＣは屈折率がＧａＮより高いため、一般に活性またはダイオード領域から放出される光が、ＧａＮとＳｉＣの界面で完全に内部反射しない（すなわちＧａＮを主成分とする層に戻るように反射される）。また、ＳｉＣを主成分とするＬＥＤのフリップチップ取り付けは、当業界に周知のある種の基板シェイピング技術の効果を高めることもできる。ＳｉＣ－ＬＥＤのフリップチップパッケージングによって、ＬＥＤの特定の適用分野に望ましい熱放散の改善など、他の利点も得られる。

【０００６】

ＳｉＣの屈折率が高いため、ＳｉＣ基板を通過する光は、かなり低い入射角（すなわち法線に近い角度）で基板表面に入射しないかぎり、基板表面に完全に内部反射する傾向がある。完全な内部反射の臨界角度は、ＳｉＣが界面を形成する材料に依存する。ＳｉＣ基板を、低い入射角でＳｉＣの表面に入射する光線の量を増大させることによって、内部反射の総量を制限するような方法でＳｉＣ基板をシェイピングすることにより、ＳｉＣを主成分とするＬＥＤからの光の出力を増大させることができる。いくつかのこのようなシェイピング技術と、得られたデバイスについては、上に引用した特許文献１に教示されている。

【０００７】

【特許文献１】米国特許出願第１０／０５７８２１号明細書
【特許文献２】米国特許出願第６０／３０７２３４号明細書
【特許文献３】米国特許仮出願第６０／３０７３１１号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００８】

フリップチップ取り付け時における問題の１つとしては、従来の方法によってＬＥＤをサブマウントに取り付けた場合、銀エポキシ等の導電性ダイ接着材料がＬＥＤおよび／またはパッケージに堆積し、ＬＥＤとサブマウントがともにプレスされることである。これによって、粘度の高い導電性ダイ接着材料が絞り出され、Ｎ型基板および／またはデバイス中の層と接触し、活性領域のｐ－ｎ接合を短絡させる可能性のあるショットキーダイオード接続を形成することがある。

【０００９】
このような従来の技術によって、はんだ（半田）付け、熱音波スクラビング、および／または熱圧着ボンディングにより形成された金属と金属との接着は、代替的接着技術である。
【００１０】
しかし、スズ（Ｓｎ）はほとんどの種類のはんだの一成分で、接着面からデバイスへのＳｎの移行（マイグレーション）は、デバイスが不必要に劣化する原因となる。
【００１１】
このような移行は、オーミック接点および／または鏡として作用する反射境界面などの金属と金属との境界面の機能を妨害する。
【００１２】
そこで、本発明の目的は、ＬＥＤのサブマウント時において、接着面からデバイスへのＳｎの移行（マイグレーション）を阻止させ、該デバイスの接着による劣化を防止させることが可能な、発光デバイスおよびその製造方法を提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【００１３】
本発明の一実施形態による発光ダイオードは、基板と、基板上にある、ダイオード領域を含むエピタキシャル領域と、基板と反対側のエピタキシャル領域上にある、バリア層を含む多層導電性スタックとを含む。パッシベーション層は、少なくとも一部がエピタキシャル領域と反対側の多層導電性スタック上に延び、エピタキシャル領域と反対側の多層導電性スタック上にボンディング領域を画定する。パッシベーション層はさらに、多層導電性スタックを跨いで、エピタキシャル領域を跨いで、基板上にも延びている。
【００１４】
本発明の一実施形態では、パッシベーション層は、ボンディング領域をサブマウントに接着させるのに使用するボンディング材料に対して濡れ性がない。
【００１５】
本発明の一実施形態では、多層導電性スタックおよびエピタキシャル領域がいずれも側壁を含み、パッシベーション層が多層導電性スタックとエピタキシャル領域の側壁上に延びている。
【００１６】
本発明の一実施形態では、ボンディング層をボンディング領域上に設ける。
【００１７】
本発明の一実施形態では、ボンディング層が側壁を含み、パッシベーション層がボンディング層の側壁にも延びている。さらに他の実施形態では、パッシベーション層がボンディング層の側壁には延びていない。
【００１８】
本発明の一実施形態では、多層導電性スタックとボンディング層の間に接着層および／またははんだ湿潤層をさらに有する。
【００１９】
本発明の一実施形態では、接着層が接着層の側壁を含み、パッシベーション層が接着層の側壁にも延びている。さらに他の実施形態では、パッシベーション層が接着層の側壁には延びていない。
【００２０】
本発明の一実施形態では、基板が、エピタキシャル領域に隣接する第１の面と、エピタキシャル領域と反対側の第２の面を含む。
【００２１】
本発明の一実施形態では、接着層が多層導電性スタックより小さい表面積を有し、多層導電性スタックがエピタキシャル領域より小さい表面積を有し、エピタキシャル領域が第１の面より小さい表面積を有する。本発明の他の実施形態では、第２の面が第１の面より小さい表面積を有する。

【００２２】
本発明の一実施形態では、サブマウントと、ボンディング領域とサブマウントの間にボンドとをさらに有する。
【００２３】
本発明の一実施形態では、ボンドが、熱圧着ボンドである。
【００２４】
本発明の一実施形態では、ボンドが、はんだを含む。
【００２５】
本発明の一実施形態による発光ダイオードは、第１の面と、第１の面に対応し、第１の面より小さい表面積を有する第２の面とを有する基板を含む。エピタキシャル領域が、ダイオード領域を含む第１の面上に設けられている。オーミック層が、基板と反対側のエピタキシャル領域上にある。反射層が、エピタキシャル領域と反対側のオーミック層上にある。バリア層が、オーミック層と反対側の反射層上にある。接着層が、反射層と反対側のバリア層上にある。ボンディング層が、バリア層と反対側の接着層上にある。
【００２６】
本発明の一実施形態では、はんだ湿潤層は、バリア層と反対側の接着層上にある。
【００２７】
本発明の一実施形態は、サブマウントと、ボンディング層とサブマウントの間にボンドとをさらに有する。
【００２８】
本発明の一実施形態では、オーミック層が、白金、パラジウム、ニッケル／金、酸化ニッケル／金、酸化ニッケル／白金、チタン、および／またはチタン／金を含む。さらに本発明の他の実施形態では、反射層が、アルミニウムおよび／または銀を含む。本発明のいくつかの実施形態では、バリア層が、タングステン、チタン／タングステン、および／または窒化チタン／タングステンを含む。本発明の他の実施形態では、バリア層が、タングステンを含む第１の層と、第１の層上に形成されたニッケルを含む第２の層を含む。
【００２９】
本発明の一実施形態では、はんだのリフロー温度が約２１０℃未満であり、バリア層が厚み約５００Åから厚み約５０，０００Åのチタン／タングステンの層を含む。
【００３０】
本発明の一実施形態では、はんだのリフロー温度が約２１０℃より高く、バリア層が、厚み約５０００Åのチタン／タングステンを含む第１の層と、第１の層上に形成された厚み約２０００Åのニッケルを含む第２の層を含む。
【００３１】
本発明の一実施形態では、はんだのリフロー温度が約２５０℃より高く、バリア層が、厚み約５０００Åのチタン／タングステンを含む第１の層と、第１の層上に形成された厚み約２０００Åのニッケルを含む第２の層を含む。
【００３２】
本発明の一実施形態では、エピタキシャル領域は第２の面より小さい表面積を有する。バリア層、反射層、およびオーミック層は、エピタキシャル領域の表面積より小さい同一の表面積を有する。接着層およびボンディング層は、バリア層、反射層、およびオーミック層表面積より小さい同一の表面積を有する。
【００３３】
本発明の一実施形態では、上述のパッシベーション層も設けることができる。
【００３４】
本発明の一実施形態によるパッシベーション層には、エピタキシャル領域両端の外部短絡を防止する手段が設けられている。さらに、本発明のいくつかの実施形態による、タングステン、チタン／タングステン、および／または窒化チタン／タングステン層、またはチタン／タングステン層およびニッケル層を含むバリア層には、スズおよび／または他の有害物が多層導電性スタックに移行するのを減少させる手段が設けられている。

【００３５】
本発明の一実施形態によれば、下記の方法により発光ダイオードを製造することができる。基板上に、ダイオード領域を含む複数の間隙を介したメサ領域をエピタキシャル形成する。メサ領域上に、たとえばフォトリソグラフィを用いて、第１の狭小領域を画定する。メサ領域の第１の狭小領域上に、バリア層を含む多層導電性スタックを形成する。メサ領域間の基板上、メサ領域の露出部分上、および多層導電性スタックの露出部分上に、パッシベーション層を形成する。バリア層は、多層導電性スタック上に第２の狭小領域を画定する。多層導電性スタック上の第２の狭小領域上に、ボンディング層を形成する。次に基板をメサ間でダイシングして、複数の発光ダイオードを作製する。
【００３６】
本発明の一実施形態では、ダイシングの後に、ボンディング層をサブマウントに接着する。
【００３７】
本発明の一実施形態では、熱圧着を使用する。
【００３８】
本発明の一実施形態では、はんだ付けを使用する。
【発明を実施するための最良の形態】
【００３９】
以下、本発明の実施の形態を示した添付の図面を参照して、本発明をさらに詳細に説明する。なお、本発明は多数の代替形態により実施することが可能であり、本明細書に述べる実施の形態に限定されると解釈されるべきではない。
【００４０】
本発明は各種の変更態様および代替形態が可能であるため、特定の実施形態を例として図に示し、本明細書に詳細に説明する。しかし、本発明を開示した特定の形態に限定する意図はなく、反対に、本発明は、請求項に定義される本発明の原理および範囲に該当するすべての変更態様、同等の態様、および代替形態を包含するものである。図の説明全体において、同等の番号は同等の要素を参照する。図中、層および領域の寸法は、明確にするために誇張して示したものがある。また、層、領域、基板などの要素が他の要素の「上に」と記載されている場合は、他の要素の直接上にある場合も、介在する要素が存在する場合もあるものと理解すべきである。反対に、層、領域、基板などの要素が他の要素の「直接上に」と記載されている場合は、介在する要素は存在しない。さらに、本明細書に説明され、図示された各実施形態は、それと相補的な電導型の実施形態も含んでいる。
【００４１】
本発明の一実施形態を、全般に炭化ケイ素を主体とする基板上の、窒化ガリウムを主体とする発光ダイオードを参照して説明する。
【００４２】
ただし、放射される光に対して非吸収性または透明な基板と、屈折率整合（ｉｎｄｅｘ－ｍａｔｃｈｅｄ）発光ダイオードエピタキシャル層とを任意に組み合わせて使用することができることは、当業者に理解される。
【００４３】
基板の屈折率は、ダイオードの屈折率より大きい。したがって、組合せには、ＧａＰ基板上のＡｌＧａＩｎＰダイオード、ＧａＡｓ基板上のＩｎＧａＡｓダイオード、ＧａＡｓ基板上のＡｌＧａＡｓダイオード、ＳｉＣ基板上のＳｉＣダイオード、サファイア（Al_2O_3）基板上のＳｉＣダイオード、および／または窒化ガリウム、炭化ケイ素、窒化アルミニウム、酸化亜鉛、および／または他の基板上の窒化物を主体とするダイオードを含むことができる。
【００４４】
はんだ付けおよび／または熱音波スクラブボンディングによるダイ接着に最適の、ＬＥＤデバイス上のボンディング領域を画定する周囲上に、パッシベーション層を有する金属スタックを提供する。

【００４５】
はんだ付けおよび／または熱音波ボンディングを使用してフリップチップ取り付けが可能で、ＬＥＤの金属および／または半導体層の望ましくない劣化を減少させ、または排除することができるバリア層を含むＬＥＤを提供する。
【００４６】
パッシベーション層とバリア層の両方を提供することができる。
【００４７】
本例は、これらのＬＥＤデバイスの製法を提供する。
【００４８】
パッシベーション層は、ダイオード領域両端の短絡を防止する手段を提供することができる。
【００４９】
バリア層は、スズおよび／または好ましくない材料がＬＥＤに移行するのを減少させる手段を提供することができる。
【００５０】
従来のサファイアを主体とする方法では、チップまたはダイとも呼ばれるＬＥＤを透明なエポキシでサブマウントに接着する。導電性のＳｉＣ基板を有するＬＥＤの場合、一般に銀を混合した導電性エポキシを使用して、ＬＥＤとサブマウントを相互に接着する。従来のＳｉＣまたはサファイア基板上の窒化物を主体とするＬＥＤは、一般にエピタキシャル側を上にして、サブマウントに接着した基板とともにパッケージングされる。
【００５１】
従来のＳｉＣを主体とするＬＥＤのいくつかの実施形態は、ｎ型導電性基板と、ダイオード領域を画定する１つまたは複数のｎ型エピタキシャル層と、１つまたは複数のｐ型エピタキシャル層を含むエピタキシャル領域を基板上に有する。ｐ型エピタキシャルＬＥＤの表面に、透明なオーミック接点を形成することができる。特許文献１に記載されているように、薄い透明なオーミック接点上に反射層を形成することは、デバイスからの光の抽出を改善するのに役立つことがある。この反射層は、薄い接点全体に均一に電流を供給し、さらに光を反射してサブマウントから離れた基板に戻すのに有用である。
【００５２】
不幸にして、はんだまたは熱音波／熱圧着ボンドからのＳｎおよび／または他の汚染物質が接着面から反射層に移行した場合には、反射層の反射が弱くなる場合がある。さらに、汚染物質が反射層を越えて透明なオーミック接点まで移行すると、透明なオーミック接点の接触比抵抗が高くなり、デバイスの順電圧（V_F）が増大する。これらはともに、デバイスを劣化させる特徴となりうる。
【００５３】
反射層は、ＡｇおよびＡｌを含み、薄い透明なオーミック層はＰｔ、Ｐｄ、Ｎｉ、Ｔｉ、Ａｕまたはこれらの元素を組み合わせたものを含む。不幸にして、ＳｎはＡｇ、Ｐｔ、Ａｕ、および半導体製造に使用する他の多くの金属と、容易に合金を生成する。
【００５４】
ＬＥＤのｐ型の表面上に形成される、一連の導電層（本明細書では「多層導電性スタック」と称する）の第１の部分は、オーミック層、反射層、およびバリア層を含む。
【００５５】
バリア層はチタン、チタン／タングステン（ＴｉＷ）および／または窒化チタン／タングステン（ＴｉＮＷ）の薄い層を含む。
【００５６】
バリア層はチタン／タングステンの第１の層と、第１の層上のニッケルを含む第２の層を含む。
【００５７】
多層導電性スタックのこの部分、およびデバイスの上部は、はんだまたは共融ダイ接着材料によって濡れを生じない絶縁層などのパッシベーション層により不動態化されている

。パッシベーション層は、従来のスピンオン、または化学蒸着（ＣＶＤ）および／または反応性スパッタリングなどの堆積技術により形成することができ、二酸化ケイ素および／または窒化ケイ素などの酸化物および／または窒化物で形成することができる。

【００５８】

次に、バリア層の表面の一部だけが露出するように、横方向の寸法（すなわち表面積）がバリア層の横方向の寸法より小さいパッシベーション層に開口を形成する。このような開口は、従来のフォトリソグラフィおよびエッチング技術を用いて形成することができる。Ｔｉを含む任意の接着層を開口中に形成し、Ａｕ、Ｓｎおよび／またはＡｕＳｎを含む厚いボンディング層も形成する。他の実施形態では、任意のはんだ湿潤層を、接着層とボンディング層の間に形成する。はんだ湿潤層は、はんだとＬＥＤとの間の機械的接続を強化し、接続点の剪断強さを増大させる。

【００５９】

電気的試験の時にプローブの先端によって機械的応力が多層導電性スタックに加えられた場合、バリア層を保護するのに役立つ。

【００６０】

ボンディング層中のＡｕは、バリア層を酸化から保護するのに役立つ。

【００６１】

また、はんだ付けの代替として熱音波ボンディングまたは熱圧着によりＬＥＤとサブマウントを相互に接着するのに使用する共融ダイ接着材料として、ボンディング層中にＡｕＳｎを使用することができる。

【００６２】

多層導電性スタックは、ＮｉまたはＮｉＶを使用してはんだバリアを形成した場合に得られるものより大幅に薄いスタックを提供できることから、ソリッドステートデバイスに好適である。

【００６３】

Ｗ、ＴｉＷ、および／またはＴｉＮＷ、および／またはＷおよびＮｉ層は、厚みを、バリア層としてＮｉのみを使用した場合の厚みの、半分未満にすることができる。このことは、一般に横方向の寸法が小さいソリッドステートデバイスを考慮した場合、および立体的寸法が大きい場合に従来の製造技術の使用に伴う困難さの可能性を考慮した場合に有利である。バリア層はまた、Ｓｎおよび／または他の望ましくない移行に対する、望ましい垂直のバリアを提供することができる。

【００６４】

パッシベーション層は、バリア層を露出する面積を減少した部分の開口部を除いて、ＬＥＤの全エピタキシャル表面を被覆することができ、反射鏡層もしくはオーミック接点、または金属スタックの縁部への、Ｓｎおよび／または他の望ましくない移行を減少または防止するダムを形成する。導電性基板を有するＬＥＤの場合、パッシベーション層は、ダイ接着材料が基板と接触して、寄生ショットキーダイオードの形成などの、望ましくない影響を生じないようにすることもできる。

【００６５】

高電力レベルで作動する大面積ＬＥＤは、デバイスの劣化を減少させ、または防止するため、熱抵抗の低いパッケージングを使用することができる。エポキシを主体とするダイ接着材料は、金属のダイ接着材料と比較して、熱抵抗が高い場合が多い。フリップチップ構成では、ＬＥＤのｐ－ｎ接合領域は、ヒートシンクパッケージにきわめて近い位置に取り付けられ、基板の熱抵抗をバイパスすることができる。このことは、ＳｉＣの熱抵抗が低いのにかかわらず、ＳｉＣを主体とする大面積ＬＥＤに使用することができる。

【００６６】

形成される金属－金属ボンドも、サファイアの熱抵抗が高いため、サファイア基板を有するＬＥＤに使用することができる。

【００６７】

したがって、大面積ＬＥＤに使用することができ、接合部を下にした（フリップチップ

）金属－金属ダイ接着構成を使用する利点が得られる。

【００６８】

本例では、小面積ＬＥＤに使用することができる。

【００６９】

また、後のパッケージングおよび組み立て工程中に、デバイスが耐えることのできる許容温度範囲を広くすることもできる。金属－金属ボンドは、後の熱サイクル、たとえばＬＥＤが印刷配線板に取り付けられる場合に対応できるように設計することができる。ＬＥＤダイが３００℃でのＡｕＳｎ熱音波ボンドもしくは熱圧着、または２３０℃でのＳｎＡｇはんだによりサブマウントに取り付けられれば、後の２００℃でのＳｎＰｂはんだを使用する加工サイクルによって、ダイ接着ボンドのリフローのために機械的な故障を生じることはない。すなわち、高温での後の加工によって、ＬＥＤダイがサブマウントから外れることはない。反対に、エポキシを主体とするダイ接着方法を使用するＬＥＤは高温の熱サイクルに耐えない場合がある。

【００７０】

さらに、透明なエポキシは熱加工中に変色して、好ましくない光の減衰を生じることがある。

【００７１】

ＬＥＤサブマウント間のボンドの剪断強さも増大させることができる。スズおよび／または他の望ましくない材料がデバイスのエピタキシャル層に到達するのを減少させ、または防止するはんだバリア層を含ませることにより、金属と半導体との界面の接着強さを保持し、さらに強靱で機械的に安定したデバイスを得ることができる。特に、金のボンディング層の下にニッケルのはんだ湿潤層を含む実施形態は、優れた剪断強さを示す。

【００７２】

さらに、デバイスの熱伝導を改善することができる。この効果は、従来のＬＥＤよりかなり大電流を流すことができる、いわゆる「パワー」または大面積ＬＥＤで特に顕著である。そのようなＬＥＤでは、金属層中の「ボイディング」を防止し、または減少させることができる。ボイディングとは、金属領域中に物理的な空隙またはスペースを形成することである。

【００７３】

そのような金属層中に緻密な粒状組織を維持し、これにより高電力レベルで作動し、それに伴って接合部の温度が高くなるにもかかわらず、デバイスが高い熱伝導率を保つことができる。熱伝導率が改善されることは、ＬＥＤ、特にパワーＬＥＤがパッケージングされる封止材料の劣化を減少させるのに役立つ。このような封止材料は通常熱に弱く、高温に長時間曝露すると、黄色く変色したり、透明度を失ったりする。ＬＥＤマウント境界面の熱伝導を改善することにより、封止材料を通って放散される熱が少なくなり、その結果劣化が減少する。

【００７４】

図１は、第１および第２の相対する面２０ａと２０ｂを有する基板２０、および基板２０の第１の面２０ａ上に形成されたエピタキシャル領域２２を含む、本発明のいくつかの実施形態によるＬＥＤデバイスの前駆物質１０を示す。基板２０は、炭化ケイ素、サファイア、窒化アルミニウム、窒化ガリウム、または他のあらゆる導電性もしくは非導電性の基板材料を含むものでよい。

【００７５】

基板２０は、ドーピングにより導電性にしたＳｉＣを含む。基板２０は、所定の波長範囲の光学的放射に対して透明である。

【００７６】

エピタキシャル領域２２は、導電性のバッファー層、および少なくともいくつかがダイオード領域を形成する、第ＩＩＩ族元素の窒化物で形成した複数のエピタキシャル層を含む。図１から１０に示す基板、エピタキシャル層、および金属層の寸法は、縮尺どおりではなく、説明の目的で誇張されている。薄いSiO_2および／または他の層（図示されて

いない）は、後の加工および洗浄工程中に、エピタキシャル領域２２を保護するために、エピタキシャル領域２２の表面上に、たとえばプラズマ強化化学蒸着（ＰＥＣＶＤ）により任意に形成することができる。

【００７７】

エピタキシャル領域２２の堆積に引き続いて、図２に示すように、エピタキシャル領域２２をパターニングして、それぞれが側壁３０ａ、３０ｂを有する複数のメサ３０を形成する。図２には示されていないが、メサ３０は基板２０内部にまで延びていてもよい。

【００７８】

さらに、メサ３０はブランケットエピタキシャル成長およびエッチングではなく、マスクの開口を介しての選択的エピタキシャル成長により形成してもよい。

【００７９】

さらに図２を参照して、フォトレジスト２４および／または他の材料の層を前駆物質１０の表面上に形成し、パターニングしてメサ３０の表面を露出させることにより、メサ３０の表面上に第１の狭小領域３０ｃを画定する。任意のSiO_2層が存在する場合には、フォトレジスト２４の開口を介してエッチングを行い、メサ３０中のエピタキシャル領域２２の、エピタキシャル層上の第１の狭小領域３０ｃを露出させる。

【００８０】

次に、多層導電性スタック３５を、たとえば従来のリフトオフ技術を使用して、メサ３０の第１の狭小領域３０ｃ上に形成する。図３に示すように、多層導電性スタック３５は、オーミック層３２、反射層３４、およびバリア層３６を含む。

【００８１】

オーミック層３２は白金を含むが、他の実施形態では、パラジウム、ニッケル／金、酸化ニッケル／金、酸化ニッケル／白金、チタン、および／またはチタン／金を含むものでもよい。

【００８２】

オーミック層の他の例については、上に引用した特許文献１に記載されている。

【００８３】

オーミック層３２がＰｔを含む場合は、その厚みは約２５Åである。反射層３４は、いかなる適当な反射性金属を含むものでよく、ＡｌまたはＡｇを含むものでよい。

【００８４】

反射層３４は、その厚みは約１０００Åである。

【００８５】

反射層の他の例については、上に引用した特許文献１に記載されている。

【００８６】

バリア層３６は、スズなどのはんだ金属が反射層３４および／またはオーミック層３２と反応することを防止するための、はんだバリア層とすることができる。

【００８７】

また、他の例では、バリア層３６は、Ｗ、ＴｉＷ、および／またはＴｉＮＷを含み、厚みは約５００Åから約５００００Åであり、また、他の例では、約５０００Åである。バリア層３６は、Ｔｉ約５％、Ｗ約９５％の組成を有するＴｉＷを含むものとすることができる。

【００８８】

タングステンまたはチタン／タングステンを含み、厚みが約５００Åから約３０００Åであるバリア層３６の他の例を、約２１０℃未満のリフロー温度ではんだ付け操作（下記）を行う場合に使用することができる。

【００８９】

例えば、共融金／鉛／スズはんだを、約１９０℃から約２１０℃のリフロー温度で使用する場合、約５００Åから約３０００Åのチタン／タングステンを含むバリア層を使用することができる。

【００９０】

リフロー温度が約２２０℃から約２６０℃の、スズ、銀およびアンチモンを含むはんだ等の、他のはんだに対応するため、これより高いリフロー温度を使用することができる。これらのはんだの一例に、スズ約９６．５％、銀約３．５％の、ケスター社の銀／スズはんだペーストＲ２７６ＡＣがある。

【００９１】

したがって、バリア層３６は厚みが約５０００Åのタングステンまたはチタン／タングステンの第１の層３６ａと、第１の層３６ａ上の厚みが約２０００Åのニッケルを含む第２の層３６ｂを含む。

【００９２】

順方向電圧（V_F）が増大したり、ＬＥＤの光の出力が低下したりすることなく、約３２５℃から約３５０℃の温度に、約５分間耐えることができる。

【００９３】

このように、タングステンまたはチタン／タングステンの層３６ａとニッケルの層３６ｂを含む多層バリア層３６は、リフロー温度が約２００℃を超えるはんだと共に使用することができる。

【００９４】

これらの多層バリア層は、リフロー温度が約２５０℃を超えるはんだと共に使用することができる。

【００９５】

タングステン、銀、および白金を、たとえば電子線技術を用いて堆積させることができる。ＴｉＷを電子線技術を用いて堆積させることができるが、他の例では、ＴｉとＷを同時にスパッタリングで堆積させる。

【００９６】

さらに、ＴｉＷを窒素の存在下でスパッタリングにより堆積させて、ＴｉＮ／ＴｉＷ層を形成することができ、これはＳｎ拡散に対するバリアを形成する。

【００９７】

さらに、バリア層３６は、主としてニッケルまたはＮｉＶを含む。

【００９８】

他の例では、バリア層３６は、約５００Åから１０，０００Åの金の層で完全に被覆された２５００Åのニッケルのはんだバリアを含む。この金の層は、ニッケル層が酸化されるのを防止する。しかし、ニッケルのバリア層を使用すると、高温または大電流レベルでは、スズの移行のため、光学的、電気的性能の劣化が容認できないほど高くなる。

【００９９】

さらに、ニッケルの膜が厚くなると、皮膜の応力が高くなるため、使用が困難になる。このことにより、ニッケルが隣接の反射層および／またはオーミック層から剥離する懸念が生じる。

【０１００】

さらに、バリア層の縁部にＡｕが存在すると、Ｓｎがバリア縁部の下および周囲に移行する経路をつくることがある。

【０１０１】

次に、図４を参照して、パッシベーション層４０を、堆積または他の方法で、デバイスの前駆物質１０の第１の（すなわちエピタキシャル側の）面２０ａ上に形成する。

【０１０２】

パッシベーション層４０はSiO_2および／またはSi_3N_4（化学量論的な量でも非化学量論的な量でも堆積させることができる）を含み、ＰＥＣＶＤおよび／または反応性スパッタリングなどの従来の技術を用いて堆積させることができる。

【０１０３】

パッシベーション層４０の厚みは約１５００Åである。図４に示すように、このブランケット堆積により、パッシベーション層は、メサ３０および多層導電性スタック３５の側壁上にも、バリア層３６の露出面上にも形成される。

【０１０４】
次に、図５を参照して、パッシベーション層４０を（フォトレジストなどの）エッチマスクとともにパターニングして、第１のパターン形成されたパッシベーション層４０ａを形成し、バリア層３６の表面の第２の狭小部分３６ｃを選択的に露出させる。
【０１０５】
リフトオフ技術を用いて、バリア層３６の表面の第２の狭小部分３６ｃを露出させることができる。
【０１０６】
さらに、個別のパターニングステップを用いる必要がないように、パッシベーション層４０ａの選択的堆積を利用することができる。
【０１０７】
さらに、図５を参照して、次に、たとえばＴｉを含む任意の接着層５５をバリア層３６の第２の狭小部分３６ｃ上に堆積させ、ボンディング層６０を接着層５５上に堆積させる。これらの堆積は、パターン形成されたパッシベーション層４０ａをマスクとして使用し、および／またはリフトオフ技術を使用して行うことができる。
【０１０８】
接着層５５の厚みは約１０００Åである。
【０１０９】
ボンディング層６０はＡｕ、Ｓｎ、および／またはＡｕＳｎを含み、厚みは約１０００Åである。
【０１１０】
ボンディング層６０の厚みは約１μｍ（Ａｕの場合）以内、または約１．７μｍ（ＡｕＳｎの場合）以内である。
【０１１１】
しかし、約１０００Åより厚いＡｕ層を使用すると、はんだのリフロー処理に一貫性がなくなったり、はんだ付けのＡｕがぜい化することがあり、この結果、剪断強さが低下することがある。
【０１１２】
図５に示すように、パターン形成されたパッシベーション層４０ａは、接着層５５およびボンディング層の側壁にも存在する。
【０１１３】
他の例では、パターン形成されたパッシベーション層４０ａは、接着層５５およびボンディング層６０の側壁まで延びていない。
【０１１４】
これらの例では、パッシベーション層は導電性スタック３５の側壁上に延びていてもよい。
【０１１５】
他の例では、ボンディング層６０は多層導電性スタック３５から離れて、パッシベーション層４０ａの外側まで延びている。
【０１１６】
さらに他の例では、ボンディング層６０は、パターン形成されたパッシベーション層４０ａの外面の外側まで延びていない。
【０１１７】
導電性基板上に形成されたデバイスに関しては、オーミック接点およびワイヤボンドパッド（図示されていない）をエピタキシャル領域と反対側の、第２の基板面２０ｂ上に形成して、垂直方向に導電性のあるデバイスを形成する。このような例の多くは、特許文献１に記載されている。
【０１１８】
非導電性基板上に形成されたデバイスに関しては、オーミック接点および金属のボンディング層（図示されていない）を、デバイスのｎ型エピタキシャル領域上に形成して、水

平方向に導電性のあるデバイスを形成することができる。このような例の多くも、特許文献１に記載されている。

【０１１９】

次に、図６を参照して、前駆物質１０を個々の発光ダイオード１００にダイシングする。図６はさらに、ＬＥＤ１００を、光の抽出を増大させるために、面取りをした側壁構成７０を有するように、のこぎりで切断してもよいことを示している。基板の形削りの、他の多くの実施形態は、特許文献１に記載されている。

【０１２０】

したがって、図６は、基板２０、ダイオード領域を含む基板２０のエピタキシャル領域（以前はメサと称した）３０、基板２０と反対側のエピタキシャル領域３０上の多層導電性スタック３５、少なくとも一部がエピタキシャル領域３０と反対側の多層導電性スタック３５上に延び、エピタキシャル領域３０と反対側の多層導電性スタック３５上に面積が縮小されたボンディング領域３６ｃを画定するパッシベーション層４０ｂを含む、発光ダイオード１００を示す。

【０１２１】

パッシベーション層４０ｂは、多層導電性スタック３５を越え、エピタキシャル領域３０を越えて、第１の基板面２０ａまで延びている。

【０１２２】

図６に示すように、多層導電性スタック３５およびエピタキシャル領域３０の両方が側壁を含み、パッシベーション層４０ｂが多層導電性スタック３５およびエピタキシャル領域３０の側壁上に延びている。

【０１２３】

図６に示すように、ボンディング層６０がボンディング領域３６ｃ上に形成されている。ボンディング層６０は、ボンディング層の側壁を含み、パッシベーション層４０ｂは、ボンディング層の側壁の上まで延びている場合と延びていない場合がある。

【０１２４】

最後に、接着層５５を多層導電性スタック３５とボンディング層６０の間に形成してもよく、パッシベーション層４０ｂも接着層５５および／またはボンディング層６０の側壁の上まで延びている場合と延びていない場合がある。

【０１２５】

さらに、図６を参照して、基板２０は、エピタキシャル領域３０に隣接する第１の面２０ａと、エピタキシャル領域と反対側の第２の面２０ｂを含む。図６に示すように、ボンディング層６０は多層導電性スタック３５より小さい表面積を有し、多層導電性スタック３５はエピタキシャル領域３０より小さい表面積を有する。エピタキシャル領域３０は第１の面２０ａより小さい表面積を有する。第２の面２０ｂも第１の面２０ａより小さい表面積を有する。

【０１２６】

図６は、さらに、第１および第２の相対する面２０ａ、２０ｂをそれぞれ有し、第２の面２０ｂが第１の面より小さい表面積を有する基板２０を含む、発光ダイオードを示す。エピタキシャル領域３０は第１の面２０ａ上にあり、ダイオード領域を含んでいる。オーミック層３２は、基板２０と反対側のエピタキシャル領域３０上にある。反射層３４は、エピタキシャル領域３０と反対側のオーミック層３２上にある。バリア層３６は、オーミック層３２と反対側の反射層３４上にある。接着層５５は、反射層３４と反対側のバリア層３６上にある。

【０１２７】

最後に、ボンディング層６０は、バリア層３６と反対側の接着層５５上にある。

【０１２８】

また、図６に示すように、バリア層３６は、タングステン、チタン／タングステン、および／または窒化チタン／タングステンを含む。

【０１２９】

スズのバリア層３６は、タングステンを含む第１の層３６ａと、タングステンを含む第１の層３６ａ上にニッケルを含む第２の層３６ｂを有する。

【０１３０】

また、図６に示すように、エピタキシャル領域３０は、第１の面２０ａより小さい表面積を有する。バリア層３６、反射層３４、およびオーミック層３２は同一の表面積を有し、この表面積はエピタキシャル領域３０の表面積より小さい。

【０１３１】

接着層５５およびボンディング層６０は同一の表面積を有し、この表面積はバリア層３６、反射層３４、およびオーミック層３２の表面積より小さい。

【０１３２】

最後に、図６に示すように、エピタキシャル領域３０、オーミック層３２、反射層３４、バリア層３６、接着層５５、およびボンディング層６０は、それぞれ側壁を含み、発光ダイオード１００は、さらにエピタキシャル領域３０、オーミック層３２、反射層３４、およびバリア層３６の側壁上にパッシベーション層４０ｂを含む。

【０１３３】

パッシベーション層は、接着層５５および／またはボンディング層６０の側壁上に延びていても延びていなくてもよい。パッシベーション層４０ｂは、基板２０の第１の面２０ａ上に延びていてもよい。

【０１３４】

図７は、ボンディング層６０がはんだ湿潤層６２と、濡れパッシベーション層６４を含む例を示す。

【０１３５】

はんだ湿潤層６２はニッケルを含み、厚みは約２０００Åである。

【０１３６】

濡れパッシベーション層６４はＡｕを含み、厚みは約５００Åである。

【０１３７】

ニッケルのはんだ湿潤層６２を使用すると、はんだへの機械的接着が強化され、これにより接続の剪断強さを増大させ、機械的故障を減少させることができる。

【０１３８】

図８は、ボンディング層６０および任意の接着層５５が、パッシベーション層４０ｂの外縁４０ｃを越えて延びていない例を示す。

【０１３９】

この構成は、ＬＥＤをリードフレームに取り付けるのにはんだ付けを使用する場合に用いることができる。

【０１４０】

図１から図８は、複数の発光ダイオードを作製する方法も示す。

【０１４１】

これらの方法は、基板２０上に、ダイオード領域を含む、間隔を空けた複数のメサ領域３０を、エピタキシャル形成させる工程を含む（図２参照）。第１の狭小領域３０ｃを、メサ領域上に画定する（図２参照）。バリア層を含む多層導電性スタック３５を、メサ領域３０の第１の狭小領域３０ｃ上に形成する（図３参照）。

【０１４２】

パッシベーション層４０ａを、メサ領域３０間の基板２０上、およびメサ領域の露出部分および多層スタック３５の露出部分に形成し、パッシベーション層４０ａは多層導電性スタック３５上に第２の狭小領域３６ｃを画定する（図４および図５参照）。

【０１４３】

次に、ボンディング層６０を多層導電性スタック３５上の第２の狭小領域３６ｃ上に形成する（図５参照）。基板２０をメサ３０間でダイシングして、複数の発光ダイオード１００を製造する（図６参照）。

【０１４４】

次に、図９および図１０を参照して、ＬＥＤ１００をダイシングした後、図９および１０に示すように、ＬＥＤと導電性のサブマウント７５を相互に接着する。

【０１４５】

図９は、熱音波および／または熱圧着ボンディングによりＬＥＤ１００を、エピタキシャル側を下にして、「フリップチップ」構成に取り付ける本発明の実施形態を示している。

【０１４６】

すなわち、たとえば特許文献２に記載されているように、エポキシまたははんだを使用してＬＥＤ１００とサブマウント７５の間に機械的接続またはボンドを形成する代わりに、ＬＥＤ１００のボンディング層６０を熱音波または熱圧着ボンディングにより直接サブマウント７５に接着する。

【０１４７】

熱音波または熱圧着ボンディングは、ＬＥＤチップ１００をサブマウントに機械的に接触させ、ボンディングメタルの共融温度より高い温度で機械的および／または音響の刺激を与える。これにより、ボンディングメタルが金属サブマウントとボンドを形成し、ＬＥＤとサブマウントの間に電気機械的接続を生じる。

【０１４８】

ボンディング層６０が約８０％／２０％のＡｕ／Ｓｎ組成を有する本発明の実施形態では、熱音波ボンディングに使用する温度は、約３００℃とすることができる。

【０１４９】

バリア層３６および／またはパッシベーション層４０ｂが存在すると、ボンディング層６０の金属と、反射層３４および／またはオーミック層３２との間の不必要な相互作用が減少または防止される。

【０１５０】

バリア層３６および／またはパッシベーション層４０はまた、金属スタック３５の縁部に沿っての金属の望ましくない移行を遅延または抑制するのにも役立つ。

【０１５１】

ＬＥＤ１００は、図１０に示すように、ＳｎＡｇ、ＳｎＰｂ、および／または他のはんだ等の金属はんだ８０を用いて、サブマウント７５上に取り付けることができる。

【０１５２】

パッシベーション層４０ｂは、はんだ８０からのスズが、反射層３４および／またはオーミック層３２に移行し（これにより劣化の可能性を生じるのを）減少させ、または防止することができる。

【０１５３】

パッシベーション層４０ｂはまた、導電性のはんだ８０が、基板２０およびメサの側壁に接触し、その他にデバイス１００のｎ型領域への望ましくない寄生ショットキー接点の形成を減少させ、または防止することができる。

【０１５４】

他のボンディング技術は、上に引用した特許文献３に開示されている。

【０１５５】

＜試験結果＞

下記の試験結果は、説明のためのもので、本発明の範囲を限定すると解釈されるべきではない。図１１Ａ～図１１Ｄは、２５００ÅのＮｉはんだバリアの試験結果をグラフで表したもの、図１２Ａ～図１２Ｄは、５０００ÅのＴｉＷバリアの試験結果をグラフで表したものである。

【０１５６】

第１の試験では、いくつかのＬＥＤサンプルの高温作動寿命（ＨＴＯＬ）を測定した。この試験では、ＴｉＷはんだバリア３６、ＳｉＮのパッシベーション層４０ｂ、および金のボンディング層６０を有する２０個のＬＥＤを作製した。Ｎｉはんだバリアを使用した以外は同様の構造を有する２０個のＬＥＤも作製した。デバイスを銀メッキした半径５ｍ

ｍのリードフレームにはんだ付けで取り付けた。

【０１５７】

次に、デバイスを、温度８５℃に維持しながら２０ｍＡの順電流で作動させた。２４、１６８、３３６、５０４、６７２、８６４、および１００８時間後に、光の出力およびV_Fを測定した。図１１Ａおよび図１２Ａに示すように、Ｎｉバリアを有するデバイスは、ＴｉＷバリアを有するデバイスと比較して、光の出力に大きい劣化を示した。

【０１５８】

さらに、V_FはＴｉＷバリアを有するデバイス（図１２Ｂ）よりＮｉバリアを有するデバイス（図１１Ｂ参照）の方が増大した。

【０１５９】

第２の試験では、ＴｉＷはんだバリア３６、ＳｉＮのパッシベーション層４０ｂ、および金のボンディング層６０を有する２０個のＬＥＤと、Ｎｉバリアを使用した以外は同様の構造を有する２０個のＬＥＤを作製した。

【０１６０】

これらのデバイスを上述のＨＴＯＬ試験と同様に取り付け、温度８５℃、相対湿度８５％に維持しながら、７０ｍＡのパルス順電流（４ｋＨｚで２５％負荷サイクル）で５０４時間作動させた。２４、１６８、３３６、５０４、６７２、８６４、および１００８時間後に、光の出力およびV_Fを測定した。図１１Ｃおよび図１２Ｃに示すように、Ｎｉバリアを有するデバイスは、光の出力に大きい劣化が生じ、図１１Ｄおよび図１２Ｄに示すように、Ｎｉバリアを有するデバイスの方が大きいV_Fの増大を生じた。

【０１６１】

なお、図面および本明細書で、本発明の代表的な実施形態を開示し、特定の用語を使用したが、これらは包括的および説明的意味のみに使用したものであって、何ら制限されるものではない。

【図面の簡単な説明】

【０１６２】

【図１】本発明の一実施形態である、中間工程における発光ダイオードの断面図である。

【図２】本発明の一実施形態である、中間工程における発光ダイオードの断面図である。

【図３】本発明の一実施形態である、中間工程における発光ダイオードの断面図である。

【図４】本発明の一実施形態である、中間工程における発光ダイオードの断面図である。

【図５】本発明の一実施形態である、中間工程における発光ダイオードの断面図である。

【図６】本発明の一実施形態である、中間工程における発光ダイオードの断面図である。

【図７】本発明の一実施形態である、中間工程における発光ダイオードの断面図である。

【図８】本発明の一実施形態である、中間工程における発光ダイオードの断面図である。

【図９】本発明の一実施形態である、中間工程における発光ダイオードの断面図である。

【図１０】本発明の一実施形態である、中間工程における発光ダイオードの断面図である。

【図１１Ａ】本発明の一実施形態である、発光ダイオードの試験結果を示す説明図である。

【図１１Ｂ】本発明の一実施形態である、発光ダイオードの試験結果を示す説明図である。

【図１１Ｃ】本発明の一実施形態である、発光ダイオードの試験結果を示す説明図である。

【図１１Ｄ】本発明の一実施形態である、発光ダイオードの試験結果を示す説明図である。

【図１２Ａ】本発明の一実施形態である、発光ダイオードの試験結果を示す説明図である。

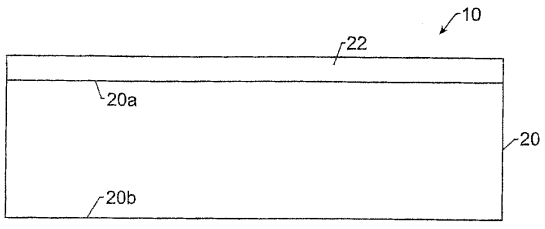
【図１２Ｂ】本発明の一実施形態である、発光ダイオードの試験結果を示す説明図である。

【図１２Ｃ】本発明の一実施形態である、発光ダイオードの試験結果を示す説明図である

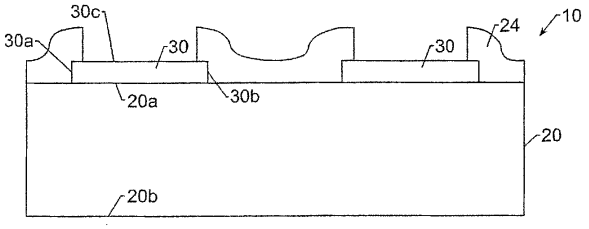
。

【図１２Ｄ】本発明の一実施形態である、発光ダイオードの試験結果を示す説明図である。

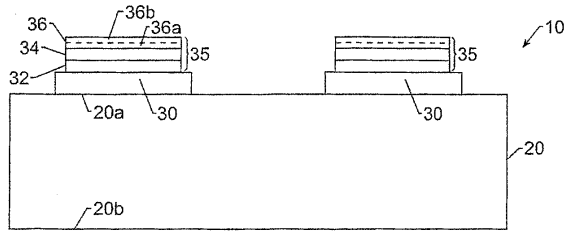
【図１】



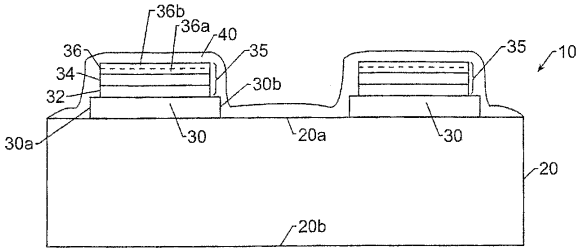
【図２】



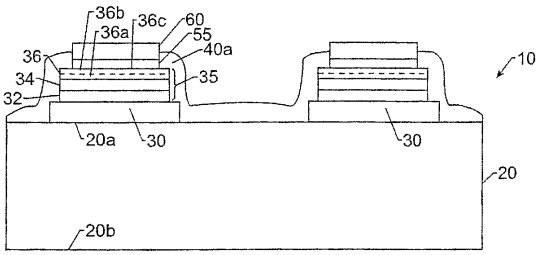
【図３】


36
36b
36a
34
35
32
10
20a
30
30
35
20
20b

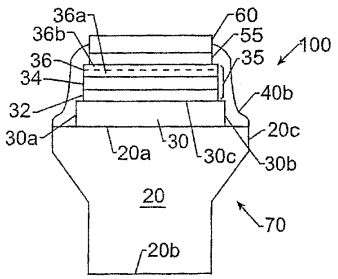
【図４】


36b
36a
40
36
35
34
30b
32
35
10
30a
30
20a
30
20
20b

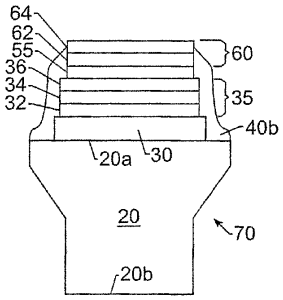
【図５】


36b
36c
60
36a
55
40a
36
34
35
32
10
20a
30
30
20
20b

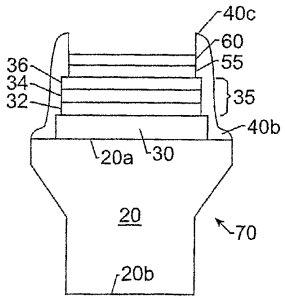
【図６】


36a
60
36b
55
100
36
35
34
40b
32
20c
30a
20a
30
30c
30b
20
70
20b

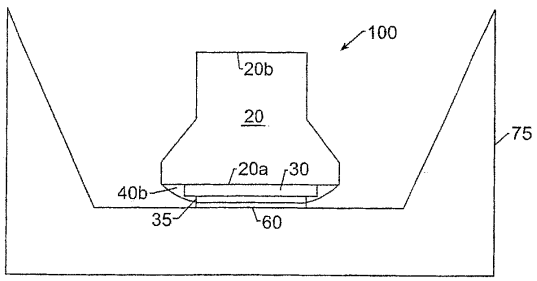
【図７】


64
62
55
36
34
32
60
35
40b
20a
30
20
70
20b

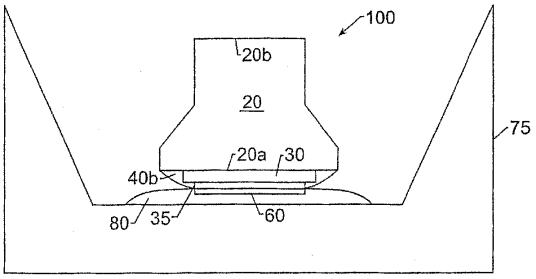
【図８】


40c
60
55
36
34
32
35
40b
20a
30
20
70
20b

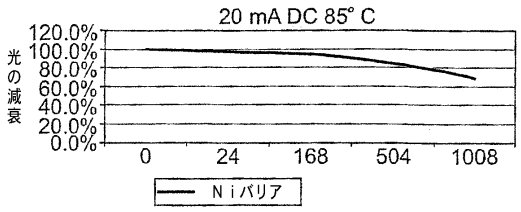
【図９】


100
20b
20
75
20a
30
40b
35
60

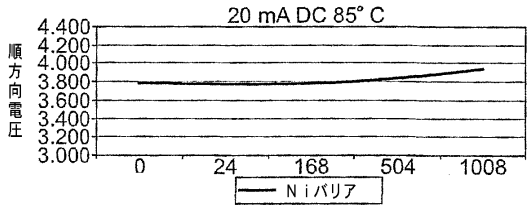
【図１０】


100
20b
20
75
20a
30
40b
80
35
60

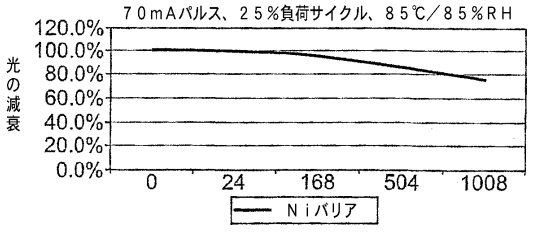
【図１１Ａ】



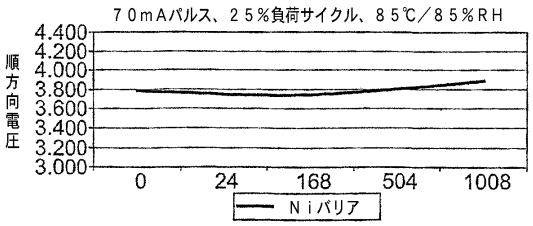
【図１１Ｂ】



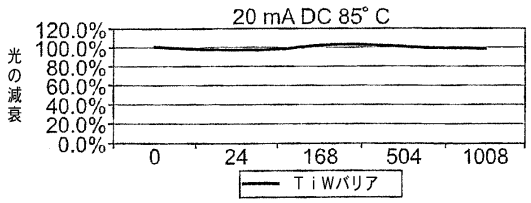
【図１１Ｃ】



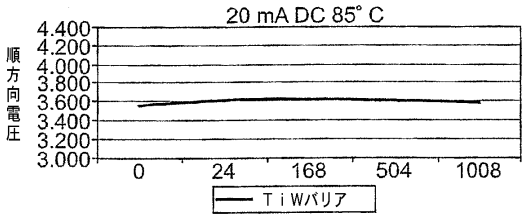
【図１１Ｄ】



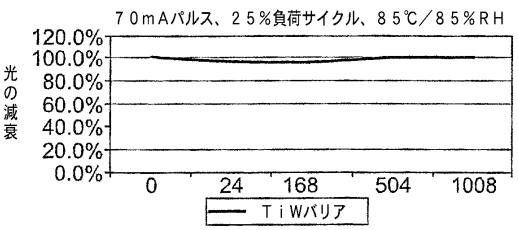
【図１２Ａ】



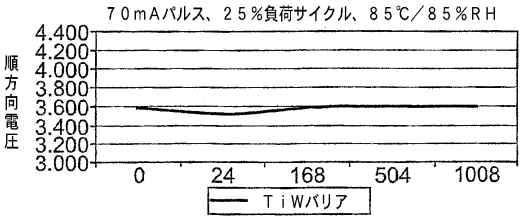
【図１２Ｂ】



【図１２Ｃ】



【図１２Ｄ】



フロントページの続き

(31)優先権主張番号 10/057,821
(32)優先日 平成14年1月25日(2002.1.25)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 60/352,941
(32)優先日 平成14年1月30日(2002.1.30)
(33)優先権主張国 米国(US)

(72)発明者 デビッド ビー スラター ジュニア
アメリカ合衆国 ２７６１７ ノースカロライナ州 ローリー ケープ チャールズ ドライブ ６４２４
(72)発明者 ブラッドリー イー. ウィリアムズ
アメリカ合衆国 ２７５１１ ノースカロライナ州 カリー ストーンリー ドライブ ２０９
(72)発明者 ピーター エス. アンドリューズ
アメリカ合衆国 ２７７１２ ノースカロライナ州 ダラム コンチネンタル ドライブ ２２１

合議体
審判長 稲積 義登
審判官 吉野 公夫
審判官 田部 元史

(56)参考文献 国際公開第０１／０４７０３９（WO，Ａ１）
特開２０００－３３２３４３（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－３２６５１８（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－３４９３４９（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－２９４８３７（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－２２０１７１（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－１６４９２８（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H01L 33/00