(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5336075号
(P5336075)

(45)発行日　平成25年11月6日(2013.11.6)　(24)登録日　平成25年8月9日(2013.8.9)

(51)Int.Cl.		F I		
H01L 33/40	(2010.01)	H01L	33/00	220
H01L 33/08	(2010.01)	H01L	33/00	120
H01L 33/32	(2010.01)	H01L	33/00	186

請求項の数 36　(全 17 頁)

(21)出願番号	特願2007-510978 (P2007-510978)
(86)(22)出願日	平成17年4月27日 (2005.4.27)
(65)公表番号	特表2007-536725 (P2007-536725A)
(43)公表日	平成19年12月13日 (2007.12.13)
(86)国際出願番号	PCT/US2005/014634
(87)国際公開番号	WO2005/104780
(87)国際公開日	平成17年11月10日 (2005.11.10)
審査請求日	平成20年4月24日 (2008.4.24)
(31)優先権主張番号	60/566,322
(32)優先日	平成16年4月28日 (2004.4.28)
(33)優先権主張国	米国(US)

(73)特許権者　506362233
バーティクル，インク
アメリカ合衆国　カリフォルニア州　９４５６８，ダブリン，リジョナル　ストリート　６５４３番地
(74)代理人　100083932
弁理士　廣江　武典
(74)代理人　100129698
弁理士　武川　隆宣
(74)代理人　100129676
弁理士　▲高▼荒　新一
(74)代理人　100135585
弁理士　西尾　務
(74)代理人　100147038
弁理士　神谷　英昭

最終頁に続く

(54)【発明の名称】縦構造半導体装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

半導体装置の製造方法であって、

基板上に複数の半導体層を形成するステップと；

前記半導体層上に複数の金属層を形成するステップと；

前記半導体層から前記基板を取り除くステップと；

前記基板が取り除かれた前記半導体層に１以上の電気コンタクトを形成するステップと；

前記複数の半導体層を複数の個別の半導体装置に分割するステップと、

を含んでおり、

前記複数の金属層を形成するステップは、前記半導体層の上に第１のメッキ速度で、硫酸塩基の銅層である第１の金属層を形成し、シアン化物または酸塩基のバスを使用することによって、前記第１の金属層の上に前記第１のメッキ速度よりも速い第２のメッキ速度で、銅又は銅化合物の少なくとも１つを含む第２の金属層を形成することを特徴とする方法。

【請求項２】

複数の半導体層を形成するステップは、複数の半導体層の残りの層を形成する前に基板上にバッファ層構造部を形成するステップをさらに含んでいることを特徴とする請求項１記載の方法。

【請求項３】

取り除きステップは、複数の半導体層と基板との間のインターフェースにレーザービームを適用するステップと、均一なレーザービーム分布を提供するためにレーザー源と前記基板との間に拡散媒質を挿入するステップとを含んでいることを特徴とする請求項１記載の方法。

【請求項４】

ウェハーキャリヤーを複数の金属層の少なくとも１層に接着させるステップをさらに含んでいることを特徴とする請求項１記載の方法。

【請求項５】

ウェハーキャリヤーを複数の金属層の少なくとも１層に接着させるステップをさらに含んでいることを特徴とする請求項２記載の方法。

【請求項６】

ウェハーキャリヤーを複数の金属層の少なくとも１層に接着させるステップをさらに含んでいることを特徴とする請求項３記載の方法。

【請求項７】

分割ステップは、複数の個別半導体装置の各装置間にトレンチを形成するステップと、前記複数の個別半導体装置の露出部分を不活性化するステップと、該複数の個別の半導体装置を支持膜に移すステップとを含んでいることを特徴とする請求項１記載の方法。

【請求項８】

複数の個別の半導体装置の１つを、単ステップのダイボンディング技術及びワイヤボンディング技術を利用してリードフレームに組み立てるステップをさらに含んでいることを特徴とする請求項７記載の方法。

【請求項９】

複数の個別の半導体装置の１つを、単ステップのダイボンディング技術及びワイヤボンディング技術を利用してリードフレームに組み立てるステップをさらに含んでいることを特徴とする請求項１記載の方法。

【請求項１０】

請求項１記載の方法によって製造される半導体装置。

【請求項１１】

発光半導体装置を製造する方法であって、

ダイオード構造部を基板上に形成するステップと；

複数の金属層を前記ダイオード構造部上に形成するステップと；

前記基板を前記ダイオード構造部から取り除くステップと；

前記基板が取り除かれた前記ダイオード構造部上に１以上の電気コンタクトを形成するステップと；

前記ダイオード構造部を複数の個別ダイオードに分割するステップと、

を含んでおり、

前記複数の金属層を形成するステップは、前記ダイオード構造部の上に第１のメッキ速度で、硫酸塩基の銅層である第１の金属層を形成し、シアン化物または酸塩基のバスを使用することによって、前記第１の金属層の上に前記第１のメッキ速度よりも速い第２のメッキ速度で、銅又は銅化合物の少なくとも１つを含む第２の金属層を形成することを特徴とする方法。

【請求項１２】

ダイオード構造部を形成するステップは、

ＧａＮ及びＡＩＮの一方を含んだ第１バッファ層を基板上に被膜させるステップと；

ｎ-ＧａＮ層を前記バッファ層上に被膜させるステップと、

を含んでいることを特徴とする請求項１１記載の方法。

【請求項１３】

ダイオード構造を形成するステップは、

ＧａＮ及びＡＩＮの一方を含んだ第１バッファ層を基板上に被膜させるステップと；

ＡｌＧａＮを含んだ第２バッファ層を前記基板上に被膜させるステップと；

ｎ-ＧａＮ層を前記バッファ層上に被膜させるステップと、
を含んでいることを特徴とする請求項１１記載の方法。
【請求項１４】
取り除きステップは、基板とダイオード構造部の１層との間のインターフェースにレーザービームを適用するステップと、レーザー源と前記基板との間に拡散媒質を挿入するステップと、第１バッファ層の少なくとも一部を液化するステップとを含んでいることを特徴とする請求項１２記載の方法。
【請求項１５】
分割ステップは、複数の個別ダイオードを提供するためにダイオード構造部内にトレンチを形成するステップと、前記複数の個別ダイオードの露出部分を不活性化するステップと、複数の個別ダイオードを支持膜に移すステップとを含んでいることを特徴とする請求項１１記載の方法。
【請求項１６】
ウェハーキャリヤーを複数の金属層の少なくとも１層に接着させるステップをさらに含んでいることを特徴とする請求項１１記載の方法。
【請求項１７】
ウェハーキャリヤーを複数の金属層の少なくとも１層に接着させるステップをさらに含んでいることを特徴とする請求項１４記載の方法。
【請求項１８】
請求項１１記載の方法によって製造される半導体装置。
【請求項１９】
半導体構造物であって：
ｎ-ＧａＮを含んだ層と、ＡｌＩｎＧａＮを含んだ層と、ｐ-ＧａＮを含んだ層とを含んでいる発光ダイオード構造部と；
ＧａＮ及びＡＩＮの少なくとも一方を含んだ第１バッファ層と、ＡｌＧａＮを含んだ第２バッファ層とを含み、前記発光ダイオード構造部の一方の面に形成されたバッファ層と；
第１のメッキ速度で形成された、硫酸塩基の銅層である第１の金属層と、シアン化物または酸塩基のバスを使用することによって、前記第１のメッキ速度よりも速い第２のメッキ速度で形成された第２の金属層とを含み、前記発行ダイオード構造部の他方の面に形成された金属層と；
を含んでおり、
前記第１の金属層はＣｕ及び／又はＣｕ化合物を含んでおり、前記第２の金属層はＣｕ及び／又はＣｕ化合物を含んでいることを特徴とする半導体構造物。
【請求項２０】
基板をさらに含んでいることを特徴とする請求項１９記載の半導体構造物。
【請求項２１】
ｐ-ＡｌＧａＮを含んだ層をさらに含んでいることを特徴とする請求項１９記載の半導体構造物。
【請求項２２】
金属層がＡｕを含んだ第３の金属層をさらに含んでいることを特徴とする請求項１９記載の半導体構造物。
【請求項２３】
本半導体構造物にカップリングされたウェハーキャリヤーをさらに含んでいることを特徴とする請求項２２記載の半導体構造物。
【請求項２４】
本半導体構造物にカップリングされたウェハーキャリヤーをさらに含んでいることを特徴とする請求項１９記載の半導体構造物。
【請求項２５】
ｎ-ＩＴＯを含んだ層をさらに含んでいることを特徴とする請求項２２記載の半導体構

造物。
【請求項２６】
複数のコンタクトをさらに含んでいることを特徴とする請求項２５記載の半導体構造物。
【請求項２７】
発光ダイオード構造物を複数の個別の発光ダイオード装置に分割している複数のトレンチをさらに含んでいることを特徴とする請求項２６記載の半導体構造物。
【請求項２８】
複数の個別の発光ダイオード装置の露出部分上に不活性化層をさらに含んでいることを特徴とする請求項２７記載の半導体構造物。
【請求項２９】
電気コンタクト層構造部の１電気コンタクト層はｐ型金属層であることを特徴とする請求項１記載の方法。
【請求項３０】
電気コンタクト層構造部はｐ型ＩＴＯ層をさらに含んでいることを特徴とする請求項２９記載の方法。
【請求項３１】
ウェハーキャリヤーを複数の金属層の少なくとも１層に接着するステップをさらに含んでいることを特徴とする請求項３０記載の方法。
【請求項３２】
バッファ層構造部はＡｌＧａＮバッファ層と、ＧａＮバッファ層及びＡｌＮバッファ層の少なくとも一方とを含んでいることを特徴とする請求項２記載の方法。
【請求項３３】
電気コンタクト層構造部の１電気コンタクト層はｐ型金属層であることを特徴とする請求項１１記載の方法。
【請求項３４】
電気コンタクト層構造部はｐ型ＩＴＯ層をさらに含んでいることを特徴とする請求項３３記載の方法。
【請求項３５】
ウェハーキャリヤーを複数の金属層の少なくとも１層に接着するステップをさらに含んでいることを特徴とする請求項３４記載の方法。
【請求項３６】
ｐ型ＧａＮを含んだ層上に、ｐ型ＩＴＯ層を含んだ電気コンタクト層構造部をさらに含んでいることを特徴とする請求項１９記載の半導体構造物。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、上下面にコンタクト構造を有したＧａＮベースの縦構造半導体装置の製造方法並びにそのような縦構造装置の製造方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
図１は、絶縁サファイヤ基板１１４上に構築された従来型窒化ガリウム（ＧａＮ）ベースの半導体装置１００を示す。この装置は発光ダイオード（ＬＥＤ）、レーザーダイオード（ＬＤ）、ヘテロジャンクション双極トランジスター（ＨＢＴ）及び高電子モビリティトランジスター（ＨＥＭＴ）等に利用できる。従来方法では、この装置はサファイヤ基板上に形成され、両方の電気コンタクト（接点）は装置の上面に形成される。ｐ型コンタクト１０２は上面に形成され、材料を除去してｎ型金属コンタクト１１８を形成するためにメサエッチングが利用される。その結果、横構造装置が得られるが、静電放電（ＥＳＤ）や放熱に対して弱抵抗性である問題を提起する。これらの問題は装置の生産効率を低減させ、使用寿命を短くする。さらに、サファイヤ材料は非常に硬質であり、ウェハーの研磨

及び装置分割を困難にする。装置製造効率は、ラッピング加工、研磨及びダイ分離等の後処理によっても影響を受ける。

【０００３】

図２は、縦構造ＧａＮベース化合物半導体２００を構築するのに有用な別従来技術を図示する。レーザーリフトオフ（ＬＬＯ）プロセスが利用され、典型的にはＵＶ波長範囲であるサファイヤに対して透明な波長を有したエキサイマーレーザーを利用することで、ＧａＮエピタキシャル層からサファイヤ基板を取り除く。続いて、縦構造装置を構築するために導電性または半導電性である第２基板２１８で絶縁サファイヤ基板を置換することによって装置は製造される。典型的にはこれらプロセスはレーザーリフトオフによってサファイヤ基板を取り除いた後に第２基板に永久接着させるウェハー接着技術を利用する。

【０００４】

しかし、ＶＬＥＤ（縦型ＬＥＤ）の大量生産のための大型レーザーリフトオフプロセスは存在しない。１つの理由は、支持ウェハー２１８とエピタキシャル層２１４との間の接着剤層２１６と永久第２基板２１８との非均等性による大型レーザーリフトオフ処理の困難性である。なぜなら、エピタキシャル層面はレーザーリフトオフ処理後にはウェハー面全体にわたって平坦ではないからである。このウェハー接着技術の別問題は、金属接着プロセス中の高温と高圧による金属コンタクトの劣化である。さらに、永久ウェハー接着に使用されるＳｉやＧａＡｓのごとき基板はＣｕベースの金属基板と比較して放熱の観点からは最良の基板ではない。これら問題は最終的生産効率を低下させ、商業的に有用な装置の大量生産に対する満足できる回答を提供しない。

【０００５】

図３はウェハー接着問題を解消させ、ＶＬＥＤを製造するように意図された構造体３００を図示する。ウェハー接着法を利用する代わりに、装置３００の製造は装置に金属支持層３１８を取り付けるステップを含んでいる。しかし生産効率は、レーザーリフトオフ工程中の接着層の層剥離処理によって低くなることが知られている。もし接着が高エネルギーレーザー衝撃波に対して抵抗力が低ければ、ＧａＮエピタキシャル層はレーザーリフトオフ後に反ったり、ひび割れたりするかも知れない。そうなるとウェハー洗浄、装置製造、接着剥離及び装置分割等のレーザーリフトオフ工程後の処理が困難になる。その結果、最終装置プロセス効率は低下する。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

図３で示す技術に基づく縦型装置の別問題は装置性能の低さである。均一レーザービームエネルギー分布を改善させるためにサファイヤ基板にサンドブラスト処理が施されるので、レーザーリフトオフ処理後のＧａＮ面は典型的には粗く、平坦で滑らかな表面である場合と比較して弱い光出力となる。さらに、ｎ型ＧａＮ層上に形成された金属反射層はＩＴＯのごとき非金属反射材料ほどには性能は高くない。

【０００７】

従来技術のそれら限界に鑑み、ＧａＮベース半導体装置の装置性能を向上させ、高効率生産を可能にする新技術が要求されている。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

本発明は、光出力が大きく改善された新規な縦構造の化合物半導体装置と、ＧａＮベース化合物半導体装置の大量生産のための高効率レーザーリフトオフ（ＬＬＯ）プロセスとを提供する。本発明の主目的は、ｎ型上面の縦構造物を構築するために、ＬＬＯに先行して電気メッキ法により直接的に金属支持基板を被膜させるステップを採用することである。さらに、ＩＴＯのＤＢＲ層をｐ型コンタクト層に接して提供し、さらに高い反射性を有したＩＴＯ層によって光出力を増強させた。穿孔状金属ウェハーキャリヤーも、取扱いの容易性と接着剥離を容易にするためにウェハー接着に利用された。新製造プロセスは従来のＬＬＯベース縦型装置製造法と比較して単純であり、信頼できるプロセスである。ｎ型

上面構造を有した新規な縦型装置の光出力は、同じＧａＮ/ＩｎＧａＮエピタキシャル膜を有した横型装置のものより２倍から３倍増加した。

【０００９】

本発明の例示的実施例は半導体装置の製造方法に関する。本発明は基板上に半導体層を形成するステップ、半導体層上に金属層を形成するステップ、半導体層から基板を取り除くステップ、基板が取り除かれた半導体層部分上にコンタクトを形成するステップ、並びに半導体層を複数の個別半導体装置に分割するステップを含む。

【００１０】

１特徴によれば、本発明は半導体層と基板との間にバッファ層を形成するステップを含む。１特徴では、取り除きステップは半導体層と基板とのインターフェースにレーザービームを照射するステップと、レーザー源と基板との間に拡散媒質を挿入するステップとを含む。１特徴では、本発明はウェハーキャリヤーを金属層に接着させるステップを含んでいる。１特徴では、分割ステップはそれぞれの装置間にトレンチを形成するステップと、装置の露出部分を不活性化するステップと、個別の半導体装置を支持膜に移すステップとを含んでいる。１特徴では、本発明は個々の半導体装置を、単ステップのダイボンディング技術及びワイヤボンディング技術を利用してリードフレームに組み立てるステップを含んでいる。

【００１１】

本発明の利点には、高い生産効率と信頼性とを提供する半導体装置製造のための改良技術が含まれている。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１２】

本発明は特定装置構造と実施例を基にして解説されている。当業技術者であれば、この説明は本発明の理解を図るためのものであって、発明の最良形態を解説するものであることを理解しよう。

【００１３】

本発明は半導体装置の製造のための幾つかのステップを含む。本明細書は、他の材料上への材料の被膜（積層）に言及するが、これは材料の下側への被膜を含む広い概念で使用されている。多数の工程パラメータが使用されているが、それらの変更は可能である。

Ａ．装置構造及び製造

図４は本発明の１実施例による半導体装置の製造方法を示す工程図である。工程図のステップは本発明の例示的実施例と構造とを説明するためであり、本発明はその方法の変形並びに得られた構造の変形をも含んでいる。ステップ４０２は図５で図示するエピタキシャルウェハーで処理プロセスを開始する。参照番号５００は装置を提供する半導体を表す。装置が多い場合、５００a、５００b及び５００c等で表わされる。それらステップは図５から図２０で図示する半導体構造の製造法及び包装に関して解説されている。

【００１４】

図５から図１８は、物理的支持と導電性を提供する金属基板を形成する被膜プロセスと、元の基板を取り除くためのレーザーリフトオフプロセスを利用した本発明の縦構造ＧａＮベースＬＥＤの製造ステップを図示する。この製造方法はＬＥＤに限らず、どのような装置構造にも適用できる。特にレーザーダイオード（ＬＤ）、ヘテロジャンクション双極トランジスター（ＨＢＴ）、高電子モビリティトランジスター（ＨＥＭＴ）等の絶縁基板上で成長するＧａＮベースのエピタキシャル薄膜を含んだものに利用できる。

【００１５】

図５は、例えばサファイヤ基板である基板５０２上に形成された縦型装置５００のエピタキシャル構造を図示する。ＧａＮまたはＡｌＮバッファ層５０４は基板上で成長する。本発明の１特徴では、ＡｌＧａＮバッファ５０６は熱バリヤーとして作用するバッファ層５０４上に形成される。組み合わせバッファ層は参照番号５０５で表されており、以下で解説するように層５０４と層５０６の一方または両方を含むことができる。

【００１６】

次に、参照番号５０８から５１４で表されるＧａＮベースのＬＥＤ構造５１５は、金属有機化学蒸着（ＭＯＣＶＤ）、分子ビームエピタキシ（ＭＢＥ）、蒸気相エピタキシ（ＶＰＥ）その他技術の適したエピタキシャル成長装置によりサファイヤ基板上で成長する。ｎ型ＧａＮ層５０８が形成され、マルチ型量子井戸（ＭＱＷ）層５１０がｎ型ＧａＮ層５０８上に形成される。オプションのｐ型ＡｌＧａＮ層５１２が図示されており、ｐ型ＧａＮ層が図示されている。

【００１７】

ＧａＮまたはＡｌＮの単層が共通バッファ層である従来の技術とは逆に、本発明は好適にはＧａＮまたはＡｌＮバッファ層５０４に加えてＡｌＧａＮバッファ層５０６も利用するが、両層ともに必要なわけではない。ＡｌＧａＮバッファ層５０６は熱バリヤーの観点では有用である。実験でＧａＮのＬＥＤ層５１５と接着剤層との間のインターフェースの温度はレーザーリフトオフプロセス中に２５０℃まで上昇する可能性があることが確認された。従って、ポリマーベースの接着剤層は劣化し、レーザーリフトオフ処理時に熱のためにＧａＮのＬＥＤ層と反応するかも知れず、接着剥離プロセス時に劣化した接着剤を除去することは困難となる。本発明では、ＡｌＧａＮの利用は接着剤劣化を低減させ、装置生産効率を高める。さらに、エピタキシャル層の全厚は、ＧａＮ/接着剤インターフェースの温度上昇を最低限に抑えるために所定の厚さにセットされる。有利には、エピタキシャル層厚は、インターフェース温度を２００℃以下に維持するために５μｍ以上に選択される。そのためにはｎ型ＧａＮ層はＧａＮまたはＡｌＮバッファ層の上面で４μｍ厚以上に成長しなければならない。

【００１８】

図６は、ｐ型コンタクトを形成させるため、ＧａＮのＬＥＤ層５１５の上面に提供されたｐ型コンタクト金属５１６とＩＴＯ透明コンタクト/ＤＢＲ層５１８を図示する。これらは電子ビーム蒸着またはスパッタリングのごとき薄膜被膜法を利用して提供される。例示的なｐ型コンタクト金属にはＮｉ/Ａｕ、Ｐｄ/Ｎｉ/Ａｕ、Ｎｉ/Ｐｄ/ＡｕまたはＰｄ/Ｉｒ/Ａｕが含まれる。薄膜金属層厚は、例えば、Ｎｉ/Ａｕに対しては１０ｎｍのＮｉと２０ｎｍのＡｕであり、Ｐｄ/Ｎｉ/Ａｕに対しては１０ｎｍのＰｄ、２０ｎｍのＮｉ、３０ｎｍのＡｕであり、Ｐｄ/Ｉｒ/Ａｕに対しては２０ｎｍのＮｉ、１０ｎｍのＰｄ、２０ｎｍのＩｒ、３０ｎｍのＡｕであり、Ｎｉ/Ｐｄ/Ａｕに対しては２０ｎｍのＮｉ、２０ｎｍのＰｄ、１００ｎｍのＡｕである。一般的に、ｐ型コンタクト金属では、Ｎｉ含有コンタクトのために３００℃から５００℃で２分間、炉内の酸素雰囲気内で焼鈍処理される。非ニッケル含有金属コンタクトの場合には窒素雰囲気内で焼鈍処理される。

【００１９】

酸化インジウムスズ（ＩＴＯ）薄層５１８は電子ビーム蒸着またはスパッタリングで分布ブラッグ反射器（ＤＢＲ）を形成する。良好な光反射性を達成することは、縦構造装置の光出力を増加させるのに重要である。一般的に、面発光レーザーのごとき光子リカバリーを要する装置では酸化物ベースのＤＢＲが使用される。しかし、これら酸化物ベースのＤＢＲ材料は絶縁体である。従って、導電性金属基板を有した特定の縦型装置では導電性ＤＢＲ材料を使用することが有益である。ＩＴＯは金属基板を使用する縦型装置の反射性ＤＢＲ材料として最善の材料であると考えられる。他の選択も可能である。ＩＴＯの反射率は９０％以上であり、金属薄膜の最良反射率は５０％から６０％である。１特徴では、ＩＴＯ薄膜厚は７５ｎｍから１５０ｎｍの範囲で選択され、最良の反射性を得る。４６０ｎｍでの透過率は３００℃から５００℃の範囲の焼鈍処理温度で８５％以上である。

【００２０】

図７は本発明の１実施例によるＩＴＯ層５１８と中間金層５２２との間の接着を増強するための接着層５２０を図示する。厚くて軟質な金属支持膜（５０μｍ以内）による薄くて硬質なＧａＮエピタキシャル層（５μｍ以内）を有した縦構造装置を製造するためには、ＧａＮエピタキシャル層と金属層との間のインターフェースで圧縮応力の蓄積を減少させるために２層間に中間層を形成することが望ましい。中間層を提供する別な理由は、金属中間層が、非金属ＩＴＯ面に直接的に厚い電気メッキ層を被膜させるよりも良好な電気

メッキ特性を提供するからである。約１μｍ厚の金（Ａｕ）薄膜が、真空チャンバーからウェハーを取り出すことなく電子ビーム蒸着によってＩＴＯ面に連続的に被膜処理された。連続的な積層処理は酸化または汚染を防止するのに有効である。これは良好な薄膜接着層をＩＴＯとＡｕ層との間に提供するために重要である。ＩＴＯとＡｕとの間の接着を改善させるため、３０ｎｍから５０ｎｍ厚のＣｒまたはＴｉ接着層をＩＴＯとＡｕ層との間に提供する。

【００２１】

図８と図９では、厚い金属層５２４と５２６が電気メッキまたは無電メッキで提供されている。電気メッキまたは無電メッキは、他の方法に較べて３０μｍ以上の金属層の形成には速くて安価である理由によって利用される。このことは縦型装置の大量生産にはコストの面で好都合である。金属支持層の主たる機能は、支持層が良好な剛質物理的支持を薄いＧａＮエピタキシャル層５１５に提供するだけではなく、良好な導電性と放熱性とを提供するからである。これらを提供するため、等級化されたＣｕ合金が好適にはＡｕ/Ｃｒまたは Ａｕ/Ｔｉ接着層上に提供される。

【００２２】

真空蒸着された薄Ａｕ層５２２とＣｕ合金層５２４との間に良好な接着を得るため、第１Ｃｕストライク層がＣｕ合金層５２４に先立って被膜される。１特徴では、当初に、硫酸塩基（ｓｕｌｆａｔｅ－ｂａｓｅ）の軟質銅層が、厚金属層による応力蓄積を徐々に緩和するためにメッキされる。当初の軟質Ｃｕ合金層厚は約１０μｍに設定される。メッキ速度は３μｍ/時から５μｍ/時にセットされ、厚くて均質なＣｕメッキ層が形成される。遅いメッキ速度を選択する別な理由は、以下で解説するように支持ウェハーキャリヤーからウェハーを剥離した後にウェハーの湾曲を防止するためである。ＧａＮエピタキシャル層５１５と銅層５２４から５２６との間のインターフェースでの圧縮応力蓄積により、ウェハーは剥離後に湾曲する性向がある。遅いメッキ速度に加えて、有機物ベースの添加剤を電気メッキ溶液に加え、スルフォン酸塩基（ｓｕｌｐｈｏｎａｔｅ－ｂａｓｅ）のメッキ溶液が使用される。さらに、電気メッキが低温（５℃）で実施され、応力蓄積を最低化する。

【００２３】

軟質Ｃｕ層５２４に続いて、シアン化物または酸塩基（ａｃｉｄ－ｂａｓｅ）のバスを使用して硬質Ｃｕ層５２６がメッキされ、構造剛性が提供される。硬質Ｃｕメッキ速度は約１５μｍ/時である。Ｃｕ合金メッキでは、スズ（Ｓｎ）と鉄（Ｆｅ）を含有する金属合金メッキ溶液が硫酸銅溶液と混合され、Ｃｕ支持層の物理的強度と導電性が改善される。Ｃｕ合金支持層５２２の全厚は約５０μｍから６０μｍであった。Ｃｕ合金メッキ処理の終了時に、０．３μｍ厚のＡｕ層が電気メッキされ、Ｃｕ合金層を酸化から保護した。このＡｕ保護層は、縦型装置の包装用のダイボンディングプロセスとワイヤボンディングプロセスの最中に、個々のダイと金属ベースエポキシとの間の良好な接着の提供に貢献する。

【００２４】

厚いＣｕ金属支持層５２６が電気メッキで形成された後、サファイヤ表面は機械的に研磨され、均質な粗度が得られる。サファイヤ表面の平滑性はレーザービームエネルギー強度分布の制御に重要であり、レーザー剥離されたＧａＮ表面の面形態の制御にも重要である。レーザービームのエネルギー密度はサファイヤ表面の面粗度に大いに影響を受ける。粗いサファイヤ表面がＬＬＯプロセスのために使用されるなら、低レーザービームエネルギーが必要である。しかし、もし表面が粗ければ、レーザー剥離されたＧａＮ表面は粗くなる。なぜなら、サファイヤ表面形態はレーザー剥離後のＧａＮ表面をコピーするからである。一方、もし研磨された表面が使用されるなら、高いレーザービームエネルギーが必要となる。レーザー剥離されたＧａＮ表面の表面形態は研磨されたサファイヤ表面と非常に類似する。しかし、高レーザービームは過剰なレーザービームエネルギーのためにクラックを発生させる。最良のレーザー剥離結果とＧａＮ表面形態を達成するには、サファイ

ヤ表面の表面粗度はＲＭＳ値で約１０から２０オングストロムの範囲で選択される。

【００２５】

図１０で示すように、サファイヤ/ＧａＮ/Ｃｕ/Ａｕウェハーは穿孔状ウェハーキャリヤー５３２に導電性熱可塑性エポキシ５３０で接着される。穿孔状ウェハーキャリヤーは穴を有したステンレススチールで提供される。金属ウェハーキャリヤーを使用する理由は、誘導結合プラズマ（ＩＣＰ）エッチング、ウェハープロービング及びダイ隔離処理時に導電性と熱伝導性を提供するためである。金属ウェハーキャリヤーを使用することで、製造工程の後処理でキャリヤーからウェハーを取り除く必要性が減少する。さらに、穿孔状ウェハーキャリヤーはバブルが存在しないウェハー接着を提供する。なぜなら、空気バブルは接着プロセス中に穴から容易に抜け出るからである。サファイヤ/ＧａＮ/Ｃｕ/Ａｕウェハーとウェハーキャリヤーとの間の簡単な剥離も提供する。なぜなら、溶剤が剥離プロセス時に穴を通り抜けることができるからである。穿孔状ウェハーキャリヤーを使用することで、プロセス全体が容易になり、信頼性が増して単純になる。それによって縦型装置の高生産効率が得られる。ウェハーキャリヤーの例示的厚みは１/１６インチであり、直径は２．５インチである。例示的な穴の総数は２１であり、貫通穴の直径は２０/１０００インチである。例示的ウェハーキャリヤー面は電気研磨され、接着剤での均質な接着のために鏡面となっている。

【００２６】

銀ベースの導電性接着剤はサファイヤ/ＧａＮ/Ｃｕ/Ａｕと穿孔状ウェハーキャリヤーを接着するのに使用される。この導電性接着剤は良好な導電性と熱伝導性を、ウェハープロービングとダイ隔離エッチングプロセスのために提供する。熱可塑性エポキシは良好な接着力と熱抵抗性を有する。熱可塑性エポキシの別利点は、それがアセトン等の溶剤内で容易に溶解することである。これは接着剥離プロセスで役立つ。

【００２７】

本発明ではシートタイプの熱可塑性エポキシが利用される。なぜなら、シートタイプエポキシの膜厚は、液体ベースの接着剤よりも均質だからである。液体ベースの接着剤はしばしば厚みが不均等であり、接着プロセスではバブルが形成される。なぜなら、液体ベース接着剤のスピンコーティングは一般的にウェハーの中央領域よりもウェハーの縁部で厚い膜を形成するからである。液体ベースの接着剤がマルチ型スピニングで厚い接着層を得るのは普通の現象である。熱可塑性エポキシでの接着により、１２７μｍ厚のシートタイプ熱可塑性エポキシは厚い金属支持層と穿孔状ウェハーキャリヤーとの間で挟まれる。圧力は約１０psiから１５psiにセットされ、ホットアイソスタティックプレス内の温度は２００℃以下に保たれる。これらの条件下での接着時間は１分以内である。この短い接着時間は液体ベースの接着剤の場合よりも多くの利点を有する。液体の場合は接着剤の完全硬化に６時間以上の硬化時間を要する。短い接着時間は縦型装置の生産効率をさらに大きく向上させる。

【００２８】

図１１は、２４８ｍｍのＫｒＦ紫外線（ＵＶ）エキサイマーレーザー（パルス持続時間は３８ｎｓ）をレーザーリフトオフに利用している。この波長を選択した理由は、ＧａＮ／サファイヤインターフェースでＧａＮを金属ガリウム及び気体窒素（N_2）へと分解するために、レーザーは好適にはサファイヤを通過し、ＧａＮエピタキシャル層で吸収されなければならないためである。レーザービームは７ｍｍ×７ｍｍ正方形ビームが選択され、６００から１，２００ｍＪ／ｃｍ^{2}のビーム強度を有する。レーザービームのエネルギー密度はサファイヤ基板表面の面粗度によるものとも考えられる。レーザーリフトオフ後に平滑なＧａＮ面を得るため、８００ｍＪ／ｃｍ^{2}よりも高いビームエネルギーを、ＲＭＳ値が１０から２０オングストロムの機械研磨されたサファイヤ基板のために使用した。

【００２９】

サファイヤ基板の面粗度は、レーザーリフトオフ後に平滑なＧａＮ面を得るためには重要なプロセスパラメータである。レーザーリフトオフ中に非研磨サファイヤ面を使用した場合、ＧａＮ面は粗く、最終装置形成後に粗面の反射性が低いため、ＬＥＤ装置の光出力

が弱くなる。しかし、研磨面を使用した場合、平滑なＧａＮ面を得ることができ、強力な光出力が得られる。レーザービームは研磨サファイヤ表面に局在化されるため、高レーザービームで照射された領域は、低レーザービームエネルギー照射される領域と比べてＧａＮ面上にクラックを発生させる可能性が高い。従って、高効率のレーザーリフトオフプロセスと高装置性能を同時に得るためにはサファイヤウェハーの最良の面粗度を選択することが重要である。従来技術によれば、研磨サファイヤ面で均一のレーザービーム分布を得るためにサンドブラストが通常使用されているが、サンドブラストは信頼性が低く、常に同一の面粗度を得るように反復することができない。本発明では、サファイヤ面で均一レーザービームエネルギー分布を得るため、レーザービームとサファイヤ基板間に、２４８ｎｍＵＶレーザーに対して透明な材料から形成される拡散媒質５５２が提供され、レーザーリフトオフプロセス効率を向上させる。拡散媒質の面粗度ｒｍｓは、３０μｍ以下にセットされ、サファイヤを拡散体のために使用した。

【００３０】

図１２に示すように、リフトオフ後、レーザーリフトオフ中に過剰Ｇａドロップ５０３がＧａＮ分解の結果発生し、これをＨＣｌ溶液（常温でＨＣｌ：H_2O＝１：１）で洗浄するか、ＨＣｌ蒸気で３０秒間沸騰させる。Ｇａは常温で溶融するため、レーザーリフトオフ中に液相のＧａが形成され、塩素ベースの酸性溶液で容易に洗浄できる。

【００３１】

図１３に示すように、ｎ型ＧａＮエピタキシャル層を露出させるため、バッファ層５０５（例：ＧａＮまたはＡＩＮ並びにＡｌＧａＮバッファ層）を、好適には誘導結合プラズマ反応性イオンエッチング（ＩＣＰ　ＲＩＥ）を用いたドライエッチングによって除去する。原子レベルで平坦な面を提供するため、ｎ‐ＧａＮ面上でＩＣＰ研磨も実施される。さらに高度な反射面によって光出力を向上させることができるため、後のステップで着膜される反射構造物から高反射性を提供するためにはそのような平面であることが重要である。

図１４に示すように、縦型装置の電流拡張性を向上させるため、ＧａＮのＬＥＤ面５１５上でｎ型ＩＴＯ透明コンタクト５３４が形成される。ＩＴＯ組成は１０ｗｔ％SnO_2／９０ｗｔ％In_2O_3であり、約７５から２００ｍｍ厚のＩＴＯ膜が常温で電子ビーム蒸着またはスパッタリングシステムによって蒸着されている。ＩＴＯ膜蒸着後に、管状炉内の窒素雰囲気内で焼鈍処理が５分間実行される。焼鈍処理温度は３００℃から５００℃の間で調整される。ＩＴＯ膜の最小抵抗性は、窒素雰囲気内で３５０℃にて約低10^{-4}Ωｃｍである。４６０ｎｍでの透過率は３５０℃以上の焼鈍処理温度で８５％以上である。

【００３２】

図１５に示すように、ＩＴＯ透明コンタクト形成後に、ｎ型コンタクト５４０がＴｉとＡｌで成るｎ‐ＩＴＯ面上に形成される。複数コンタクトが形成されるため、それらを５４０ａ、５４０ｂ、５４０ｃ等として示す。ｎ型コンタクト金属の厚みはＴｉが５ｎｍ、Ａｌが２００ｎｍである。ｎ型コンタクト金属層とパッド金属５４２との間に良好な接着性を提供するため、２０ｎｍのＣｒを接着層としてＡｌの上面に蒸着する。パッド金属蒸着のため、引き続き電子ビーム蒸発チャンバー内で真空状態を壊さずに、５００ｎｍ金をＣｒ上面に蒸着する。オームコンタクトを形成するため、炉内の窒素雰囲気内で１０分間２５０℃にてｎ型コンタクト金属を焼鈍処理する。

【００３３】

図１６に示すように、ＧａＮ面を洗浄後、ＭＩＣＰ（磁化誘導結合プラズマ）ドライエッチング技術で個別の装置が分離される。ＭＩＣＰでは他のドライエッチング法と比べてエッチング速度を加速させることができる。これはエッチングプロセス中にフォトレジストマスクバーニングを防止するために有用である。従来のＩＣＰと比べて、ＭＩＣＰは通常約２倍のエッチ速度を提供できる。金属又は酸化マスクを取り除くための化学剤によって金属基板が攻撃される可能性があるため、金属支持部を有する縦型装置のプロセスには速いエッチング速度が望ましい。従って、フォトレジストマスクをダイ分離エッチングに使用するには、速いエッチング技術が提案される。分離トレンチの大きさは幅が３０μｍ

で深さが３．５μｍであり、エッチング深度はエピタキシャルウェハー厚による。装置分離に提案されるＭＩＣＰドライエッチング条件は以下の通りである：

１．総流量：１００ｓｃｃｍ
２．磁界強度：１５ガウス
３．基板温度：７０℃
４．ガス混合物：４０％BCl_3／４０％Cl_2／２０％Ａｒ
５．電力／バイアス電圧：６００Ｗ／－３００Ｖ
６．作動圧：３０ｍＴｏｒｒ
７．エッチマスク：フォトレジスト（ＡＺ９２６２）

物理的ダイシング処理あるいはレーザースクライブのいずれかによるダイ分離も実行される。装置分離のためのダイシングトレンチはレーザースクライブの場合は５０μｍ幅であり、物理的ダイシングの場合は４０μｍである。トレンチ深度は両者共に約１０μｍである。

【００３４】

図１７に示すように、不活性層５３６が装置の露出部分に着膜される。外部の有害な環境から装置を保護するため、及び不活性層とＧａＮとの間の反射率を調整することによって光出力を向上させるため、縦型装置をSiO_2薄膜５３６で不活性化させる。ＰＥＣＶＤ（プラズマ支援化学蒸着法）でその膜を蒸着させる。最良反射率を提供するため、膜の厚みは８０ｎｍに維持される。

【００３５】

図１８に示すように、不活性蒸着後に、溶剤を用いて穿孔状支持ウェハーキャリヤーをＧａＮ／金属支持ウェハーから除去する。接着剥離プロセスは、ＧａＮ／金属ウェハーをアセトン中に０．５から１時間浸して導電性接着層を穿孔状支持ウェハーキャリヤーから溶解させるステップを含んでいる。分離されたＧａＮ／金属ウェハーをさらに超音波洗浄機内にてイソプロパノールに浸して洗浄する。リンスと乾燥器を使用してＧａＮ装置表面を脱イオン水でさらに洗浄する。

【００３６】

図１９に示すように、個別装置をウェハーから分離させるため、装置をＮｄ：ＹＡＧレーザーを用いたレーザースクライブによって分割する。金属基板を備えた縦型装置を有したウェハーを多孔質真空チャック上に置く。Ｎｄ：ＹＡＧレーザーを、ＭＩＣＰで形成した３０μｍ幅のトレンチ上に集束させる。レーザースクライブ完了後、分割チップを粘着性ウェハーグリップテープに移動する。ＧａＮ面が装置の最上面に提供されるように、ピックアンドプレースプロセスに先立って、分離チップを第１ウェハーグリップから別のウェハーグリップ５６０へと移動させる。

【００３７】

図２０は、参照番号５７０がリードフレーム、５７２が金バンプ、５７４が金ボール、５７６が金ワイヤー並びに５７８がワイヤボンディング装置である最終装置５００でのワイヤボンディング処理を示している。従来の横型装置とは異なり、金属支持縦型装置５００は特殊なダイボンディング技術を用いて扱われる。本発明では、ワンステップのダイボンディングとワイヤボンディング技術を図２０に示す如く利用している。ダイボンディングステップとワイヤボンディングステップを分ける代わりに、分割された単体チップを、その表面上に金バンプを有したリードフレーム上に置く。加熱及び加圧によって、金バンプは、縦型装置の金表面並びに銀コーティングされたリードフレームと直ちに結合することができる。従って、ダイボンディング処理とワイヤボンディング処理を別々に行う必要はない。このワンステッププロセスは、処理時間を短縮させ、容易で単純な包装プロセスを提供する補助となり、製造コストと製造時間を低減させる。この例示的包装技術について説明したが、他の包装技術を本発明で利用してもよい。

Ｂ．例示的利点

ここで示す利点は例示的なものであり、本発明の利点を限定するものではない。

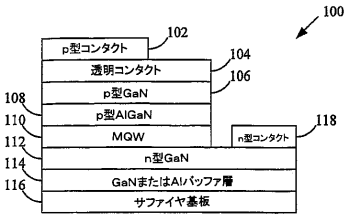
【００３８】

１．例示的装置の利点
ａ．ｐ‐ＧａＮと比べてさらに高いキャリア密度を有した、ｎ‐ＧａＮ層を通過して流れるさらに良好な電流によるさらに強力な光出力。ｎ‐ＧａＮの電子密度（キャリア密度）は、ｐ‐ＧａＮ（～10^{17}／cm^3）の孔密度と比べて２乗分大きい10^{19}／cm^3の範囲あると知られている。従って、ｐ－ｎ接合への電流注入によってさらに多くの光子をｎ‐ＧａＮ層を介して発生させることができる。ｎ側が上である構造の新型縦型装置の光出力は、同じＧａＮ／ＩｎＧａＮエピタキシャル層で製造されたｐ側が上である構造を有した横型装置よりも２倍あるいは３倍向上した。
【００３９】
ｂ．金属基板による高い熱放散性。縦型構造装置の金属基板は、装置効率性並びに信頼性の点、すなわち装置寿命において優れた導電性と熱伝導性を提供する。
【００４０】
ｃ．横型装置構造と比べて縦型装置では金属コンタクトパッドが１つだけでよいため、装置が縮小され、より多くの数の装置を得ることができる。縦型構造は上面にコンタクトが１つだけでよいが、絶縁基板を有した横型装置は２つのコンタクトを必要とする。その結果、横型装置よりも約１．５から２倍以上の装置を縦型装置で得ることができる
ｄ．縦型装置ではさらに高い電力効率を得ることができる。縦型装置では　　電流集中がないため、光出力は電流注入に対して直線状である。一方、横型装置の最大光出力は電流集中現象のために早く飽和状態となる。これは個体発光のための白色ＬＥＤ等の高い電力装置にとって重要である。
【００４１】
ｅ．縦型装置は横型装置と比べて高い静電放電（ＥＳＤ）環境に耐えることができる；一般的に金属基板を有した縦型装置のＥＳＤ抵抗の電圧は１０，０００Ｖ以上であり、横型装置では約１００Ｖである。このことは装置が頻繁に高電圧環境にさらされる自動車に利用される装置には重要である。
【００４２】
２．例示的プロセスポイント
ａ．ＧａＮエピタキシャル層に電気メッキ等の金属着膜によって直接取り付けられた金属基板の強力な接着力のため、レーザービームによる高エネルギー衝撃波照射工程の間、支持基板とＧａＮエピタキシャル層との間の接着剥離を効果的に抑制することができる。その結果、レーザーリフトオフプロセスの間、クラックの開始を最小限に維持できる。結果として、支持部とＧａＮエピタキシャル層との間の低接着力によってレーザーリフトオフ（ＬＬＯ）中にクラック発生の可能性が高いエポキシ樹脂または接着剤による接着等の、従来のポリマーベースのボンディングプロセスと比較して、さらに高いレーザーリフトオフ（ＬＬＯ）効率が得られる。
【００４３】
ｂ．その結果、本発明は、従来のウェハーボンディングまたは接着剤ボンディングベースのＬＬＯプロセスと比べてさらに着実で信頼できるＬＬＯプロセスを提供する。フルサイズのウェハーレーザーリフトオフプロセスを達成することで、本発明は縦型構造装置の大量生産のための実用的な製造技術を提供する。
【００４４】
ｃ．単純で容易な装置製造並びにＬＬＯプロセス；前面加工プロセスのためのマスク数を減少させる。
【００４５】
３．例示的利点
ａ．金属接着の代わりに、電気メッキ法または無電メッキ法によって金属支持基板を被膜。
【００４６】
ｂ．後工程でのＬＬＯ金属支持層被膜の代わりに、ＬＬＯプロセスに先行して金属支持層を被膜。

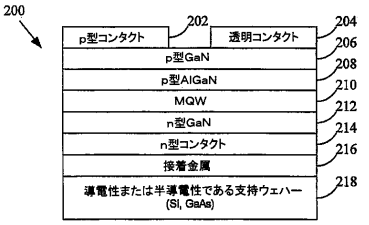
【００４７】
ｃ．ＧａＮエピタキシャル層にトレンチが形成されないため、ＬＬＯプロセス中にクラックを発生させず、加工ステップ数を低減させる。
【００４８】
ｄ．さらに強力な光出力のためのｎ型コンタクトを装置上面に提供。
【００４９】
ｅ．透明ｐ型コンタクト層を利用しない；その代わり、さらに良好な電流伝搬のためにＩＴＯ透明ｎ型コンタクトをｎ-ＧａＮ上に形成する。
【００５０】
ｆ．さらに高い反射性を有したＩＴＯ層によって光出力を向上させるためにｐ型コンタクト層に接してＩＴＯのＤＢＲ層を提供。
【００５１】
ｇ．取扱いの容易性並びに接着剥離を容易にするために金属ウェハーキャリヤーをウェハー接着に使用。
【００５２】
ｈ．新規な製造プロセスは、従来のＬＬＯベース縦型装置製造法と比べて単純で信頼性が高い。
【００５３】
Ｃ．結論
本発明の利点及び実施例について説明した。好適実施例について開示したが、請求の範囲で定義される本発明の範囲を逸脱することなく、これらの実施例を変更できる。
【図面の簡単な説明】
【００５４】
【図１】図１は、従来技術による横構造ＧａＮベースのＬＥＤを図示しており、２つの金属コンタクトは装置の上面に提供されている。
【図２】図２は、従来技術による縦構造ＧａＮベースのＬＥＤを図示しており、ＧａＮ薄膜は導電性あるいは半導電性である第２基板に接着されている。
【図３】図３は、従来技術による縦構造ＧａＮベースのＬＥＤを図示しており、元のサファイヤ基板を取り除いた後に厚い金属層がＧａＮ薄膜に接着されている。
【図４】図４は、本発明の１実施例による半導体装置の製造方法の工程図である。
【図５】図５は、本発明の１実施例による縦型装置のエピタキシャル構造を図示しており、ＧａＮまたはＡＩＮバッファ層はサファイヤ基板の上面で成長している。図５はまた本発明の１実施例によって熱バリヤーとして加えられているＡｌＧａＮバッファ層も図示している。
【図６】図６は、本発明の１実施例によってｐ型コンタクトと反射層を形成するために、ｐ型ＧａＮエピタキシャル層上面にｐ型コンタクト金属及びＩＴＯ透明コンタクト/ＤＢＲ層の被膜が提供されている様子を図示する。
【図７】図７は、本発明の１実施例によるＩＴＯと中間金層との間の接着を増強するための接着層を示す。
【図８】図８は、本発明の１実施例による、ＧａＮのＬＥＤ層と、後の処理で被膜された硬質銅層との間の応力解放のための、電気メッキ法または無電メッキ法を利用して提供された軟質銅層を図示する。
【図９】図９は、本発明の１実施例による、物理的な剛性と高導電性及び高熱伝導性を提供するための電気メッキ法または無電メッキ法を利用して提供された硬質銅層を図示している。
【図１０】図１０は、本発明の１実施例による、レーザーリフトオフ処理に先立って導電性接着剤を使用して穿孔状支持ウェハーキャリヤーに取り付けた銅電気メッキあるいは無電メッキされたＧａＮのＬＥＤウェハーを図示する。
【図１１】図１１は、本発明の１実施例による、レーザーリフトオフ処理中に均一なレーザービームエネルギー分布を提供するため、拡散媒質を介してサファイヤ基板を貫通する

エキサイマーレーザービームを図示する。
【図１２】図１２は、本発明の１実施例によるレーザーリフトオフ処理後のサファイヤ基板の除去とＧａドロップ洗浄を図示する。
【図１３】図１３は、本発明の１実施例によるｎ型コンタクト形成に先立つドライエッチングとＧａＮ面平滑エッチングによるＧａＮ/ＡｌＧａＮバッファ層の除去を図示する。
【図１４】図１４は、本発明の１実施例によるＧａＮのＬＥＤ層上面でのｎ型ＩＴＯ透明コンタクトの形成を図示する。
【図１５】図１５は、本発明の１実施例によるｎ型ＩＴＯ層上でのｎ型コンタクト形成と金パッド形成を図示する。
【図１６】図１６は、本発明の１実施例による物理的スクライブまたはレーザースクライブのごときドライエッチングまたは物理的な方法を図示する。
【図１７】図１７は、本発明の１実施例により提供された保護SiO_2不活性層を図示する。
【図１８】図１８は、本発明の１実施例による支持ウェハーキャリヤーの除去と最終装置構造を図示する。
【図１９】図１９は、本発明の１実施例によるダイシング処理またはレーザースクライブによる装置分割を図示する。
【図２０】図２０は、本発明の１実施例によるリードフレーム上の縦型装置のダイボンディング処理及びワイヤボンディング処理を図示する。

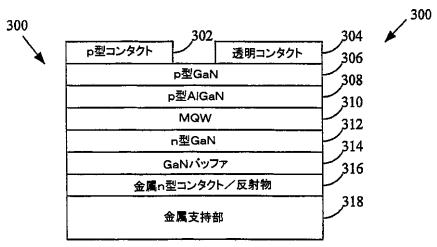
【図１】



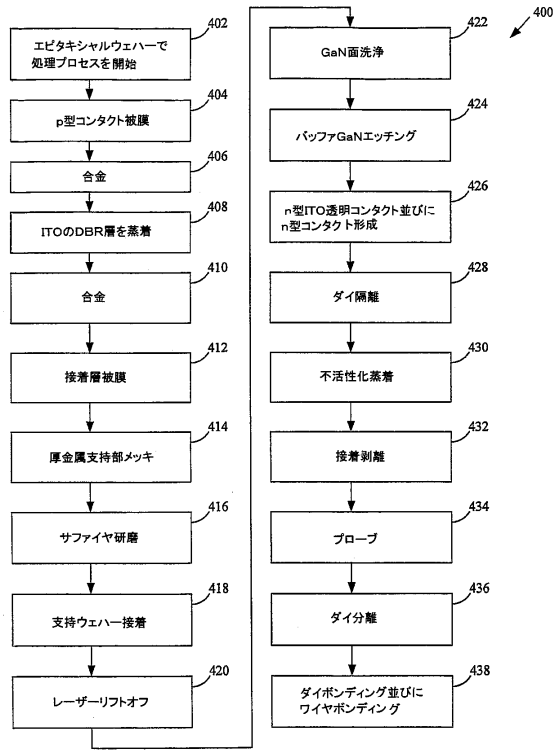
【図２】



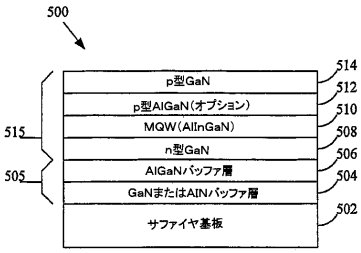
【図３】



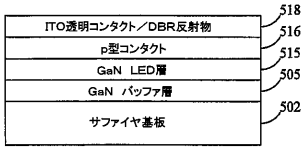
【図４】



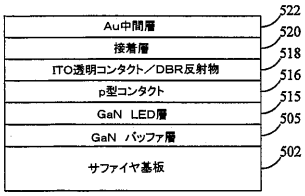
【図５】



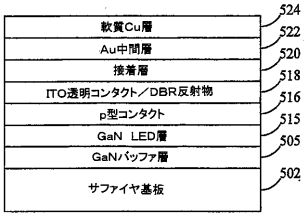
【図６】



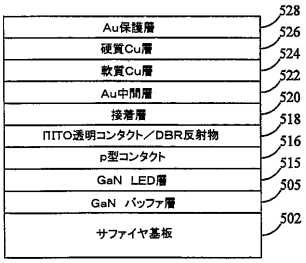
【図７】



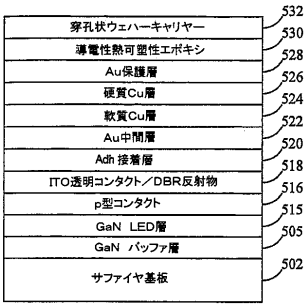
【図８】



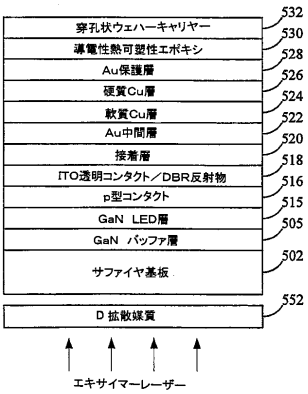
【図９】



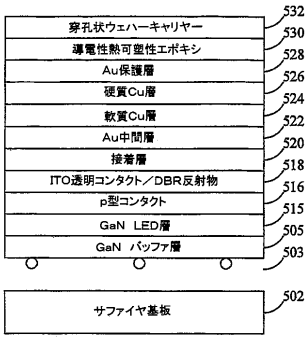
【図１０】



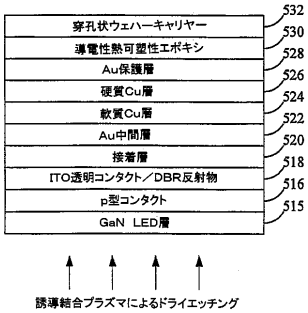
【図１１】



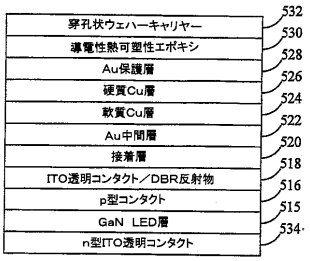
【図１２】



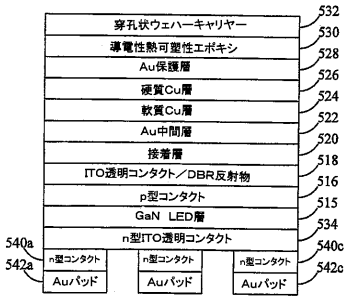
【図１３】



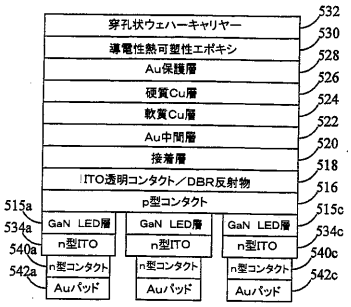
【図１４】



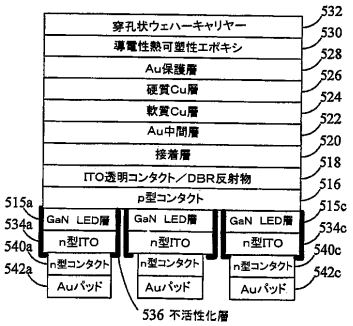
【図１５】



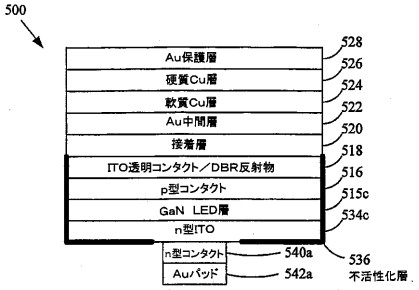
【図１６】



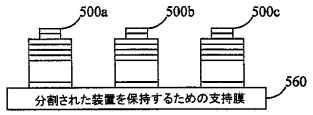
【図１７】



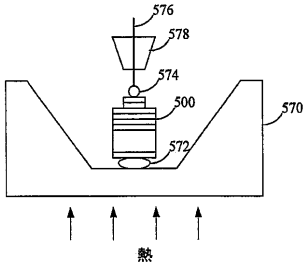
【図１８】



【図１９】



【図２０】



フロントページの続き

(72)発明者　ユー，ミュング　チェオル
アメリカ合衆国　カリフォルニア州　９４５６６，プリーソントン，アビー　コート　６１４番地

審査官　岡田　吉美

(56)参考文献　特開平０９－００８４０３（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－２７４５０７（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－３１９８９６（ＪＰ，Ａ）
特表２００３－５３２２９８（ＪＰ，Ａ）
特表２００４－５１２６８８（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－２６８６４２（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－２５９８３２（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２００３／０２２２２６３（ＵＳ，Ａ１）
国際公開第２００３／０８８３２０（WO，Ａ１）
特開平１０－１７７９７４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｓ　５／００　－　５／５０
Ｈ０１Ｌ　３３／００　－　３３／６４