

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
 【部門区分】第 7 部門第 2 区分
 【発行日】平成 21 年 3 月 19 日 (2009.3.19)

【公開番号】特開 2008-140871 (P2008-140871A)
 【公開日】平成 20 年 6 月 19 日 (2008.6.19)
 【年通号数】公開・登録公報 2008-024
 【出願番号】特願 2006-323949 (P2006-323949)
 【国際特許分類】

H 0 1 L 33/00 (2006.01)

【F I】

H 0 1 L 33/00 C

【手続補正書】

【提出日】平成 21 年 1 月 29 日 (2009.1.29)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

III - V 族半導体で構成された半導体素子の製造方法において、
 基板上に、p 電極および低融点金属拡散防止層を上面に有し、互いに分離された複数の
 前記半導体素子を形成する工程と、
 前記基板上面の、少なくとも前記半導体素子端面近傍に、前記基板および誘電体からな
る端面保護膜に対する接合強度が、前記基板と前記端面保護膜の接合強度より弱いバッフ
ァ層を形成する工程と、
 前記半導体素子の端面を覆うように、前記端面保護膜を形成する工程と、
 前記半導体素子と伝導性の支持基板を低融点金属層を介して接合する工程と、
 レーザリフトオフにより前記基板を除去する工程と、
 前記バッファ層を除去する工程と、
 を有することを特徴とする半導体素子の製造方法。

【請求項 2】

前記バッファ層は、レジスト膜または Au 膜であることを特徴とする 請求項 1 に記載の
 半導体素子の製造方法。

【請求項 3】

前記端面保護膜は、二酸化ケイ素、窒化ケイ素、酸化ジルコニウム、酸化ニオブ、酸化
 アルミニウムのいずれかにより形成されていることを特徴とする 請求項 1 又は請求項 2 に
記載の半導体素子の製造方法。

【請求項 4】

前記低融点金属層は、Au - Sn、Au - Si、Ag - Sn - Cu、Sn - Bi のい
 ずれかにより形成されていることを特徴とする 請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記
載の半導体素子の製造方法。

【請求項 5】

前記半導体素子は、III 族窒化物半導体で構成されていることを特徴とする 請求項 1 な
いし請求項 4 のいずれか 1 項に記載の半導体素子の製造方法。

【請求項 6】

前記半導体素子は、発光素子であることを特徴とする 請求項 1 ないし請求項 5 のいづれ
か 1 項に記載の半導体素子の製造方法。

【請求項 7】

III - V 族半導体で構成され、伝導性の支持基板と低融点金属層を介して接合し、支持基板に近い側に p 伝導型の p 層、支持基板から遠い側に n 伝導型の n 層を有し、前記 n 層と接合する基板が除去された半導体素子において、

前記半導体素子の端面には誘電体からなる端面保護膜が形成されており、

前記 n 層の表面は、前記端面保護膜の上面より高く、段差があることを特徴とする半導体素子。

【請求項 8】

前記半導体素子の端面は、支持基板に対して垂直であることを特徴とする請求項 7 に記載の半導体素子。

【請求項 9】

前記端面保護膜は、二酸化ケイ素、窒化ケイ素、酸化ジルコニウム、酸化ニオブ、酸化アルミニウムのいずれかにより形成されていることを特徴とする請求項 7 又は請求項 8 に記載の半導体素子。

【請求項 10】

前記低融点金属層は、Au - Sn、Au - Si、Ag - Sn - Cu、Sn - Bi のいずれかにより形成されていることを特徴とする請求項 7 ないし請求項 9 のいずれか 1 項に記載の半導体素子。

【請求項 11】

前記半導体素子は、III 族窒化物半導体で構成されていることを特徴とする請求項 7 ないし請求項 10 のいずれか 1 項に記載の半導体素子。

【請求項 12】

前記半導体素子は、発光素子であることを特徴とする請求項 7 ないし請求項 11 のいずれか 1 項に記載の半導体素子。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】III - V 族半導体素子、およびその製造方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、成長基板上に III - V 族半導体からなる n 層と p 層とを成長させて、p 層上の電極層をハンダを用いて支持基板と接合した後、レーザーリフトオフにより成長基板を除去して半導体素子を製造する方法およびその半導体素子に関する。特に、p 層と n 層との側面における電氣的短絡や、レーザーリフトオフ時に半導体素子端面に生じる恐れのある割れから保護する方法およびその半導体素子構造に関するものである。

【背景技術】

【0002】

III 族窒化物半導体を成長させる基板として、一般的に化学的、熱的に安定しているサファイア基板が用いられているが、サファイアには伝導性がなく、縦方向に電流を流すことができない。また、サファイアには明確な劈開面がなく、ダイシングが困難である。また、サファイアは熱伝導性も低く、半導体素子の放熱を阻害する。さらに、半導体層とサファイア基板の接合面での全反射や、半導体層での光閉じ込めがあり、外部量子効率が低い。光の取り出し効率を向上させるために光取り出し面を凹凸加工することも考えられるが、サファイアはこの加工が容易ではない。

【0003】

この問題を解決する技術として、レーザーリフトオフ法が知られている。レーザーを照射し、サファイア基板を分離除去する方法である。

【 0 0 0 4 】

特許文献 1 には、サファイア基板上に III 族窒化物半導体素子を形成した後、エッチングにより溝を形成して各素子ごとに分離させ、サファイア基板上に成長させた III 族窒化物半導体素子と支持基板とを接合した後、レーザーリフトオフを実施する方法が示されている。溝の内部に残った気体がレーザーにより熱膨張して III 族窒化物半導体素子にクラックが生じていたが、特許文献 1 は、溝の内部に誘電体を充填することで気体を排除して、これによるクラックの発生を防止できる旨の記述がある。

【 0 0 0 5 】

また、特許文献 2 には、溝の内部にフォトレジストを満たし、III 族窒化物半導体素子と支持基板とを接合するのではなく、III 族窒化物半導体素子の上部に金属層を形成した後、レーザーリフトオフを実施する方法が示されている。溝に形成されたフォトレジストは、その金属層を形成するときに溝の中に金属が入ることを防止するためのものであることが説明されている。

【 0 0 0 6 】

また、特許文献 3 には、傾斜した半導体素子端面に SiO_2 や Al_2O_3 などの保護膜およびシード金属膜を形成し、溝と半導体素子上部に金属層を形成した後、レーザーリフトオフを実施する方法が示されている。

【特許文献 1】特開 2005 - 333130

【特許文献 2】特表 2005 - 522873

【特許文献 3】特開 2006 - 135321

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

レーザーリフトオフ工程においては、サファイア基板を分離させる時に、III 族窒化物半導体素子端面に物理的衝撃が加わり、端面が割れ落ちてしまう場合がある。しかしながら、特許文献 1 ~ 3 には、この物理的衝撃によって生じる半導体素子端面の割れを防止する方法については示されていない。

【 0 0 0 8 】

また、特許文献 3 では、成長基板と保護膜とが強固に接合しているため、サファイア基板の分離の際、保護膜が剥離し、半導体素子にクラックが発生する。さらに、ダイシング時には半導体素子上部に形成された金属層を切断しなければならない点も問題である。また、特許文献 2、3 は、支持基板との貼り合わせ接合によるものではない。

【 0 0 0 9 】

支持基板との貼り合わせ接合の場合は、次のような問題がある。p 型活性化の必要から成長基板上には、先に n 層が形成され、のちに p 層が形成される。n 層は厚くできるが、p 層は厚くすることが難しく薄い。そのため、ハンダにより p 層と支持基板を接合する構造では、支持基板と n 層の距離が近い。したがって、ダイシングやウェハ接合時にハンダや金属が半導体素子の側面に付着し、p 層と n 層とが短絡してしまう。

【 0 0 1 0 】

そこで本発明の目的は、基板上に先に n 層が形成され、のちに p 層が形成された半導体層を、各半導体素子ごとに分離させ、半田を介して支持基板と接合させてからレーザーリフトオフを用いて基板を除去する場合において、半導体素子の端面で n 層と p 層とが短絡することを防止すること、および、基板の分離での物理的衝撃によって生じる恐れのある半導体素子端面の割れを防止することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

第 1 の発明は、III - V 族半導体で構成された半導体素子の製造方法において、基板上に、p 電極および低融点金属拡散防止層を上面に有し、互いに分離された複数の半導体素子を形成する工程と、基板上面の、少なくとも半導体素子端面近傍に、基板および誘電体からなる端面保護膜に対する接合強度が、基板と端面保護膜の接合強度より弱いバッファ

層を形成する工程と、半導体素子の端面を覆うように、端面保護膜を形成する工程と、半導体素子と伝導性の支持基板を低融点金属層を介して接合する工程と、レーザーリフトオフにより基板を除去する工程と、バッファ層を除去する工程と、を有することを特徴とする半導体素子の製造方法である。

この製造方法により、基板と端面保護膜とは直接接合していないこととなる。

バッファ層の除去後には、半導体素子の表面と端面保護膜の上端面との間に、バッファ層の膜厚に応じた段差が生じる。

【 0 0 1 2 】

端面保護膜は、100nm～500nmであることが望ましい。この端面保護膜は、たとえば、プラズマCVD法により形成できる。半導体素子上面に、p電極および低融点金属拡散防止層の形成されていない領域がある場合は、その領域に端面保護膜が形成されてもよい。

【 0 0 1 3 】

p電極にはAg、Rh、Pt、Ruやこれらの金属を主成分とする合金などの高光反射率で低コンタクト抵抗な金属が望ましい。他には、Ni、Ni合金、Au合金などを用いることができる。また、ITOなどの透明電極膜と高反射金属膜からなる複合層であってもよい。低融点金属拡散防止層には、Ti/Ni/AuなどのTi/Niを含む多層膜、W/Pt/AuなどのW/Ptを含む多層膜などを用いることができる。低融点金属拡散防止層は、低融点金属層の金属が低融点金属拡散防止層を超えて拡散するのを防止する層である。低融点金属層には、Au-Sn層、Au-Si層、Ag-Sn-Cu層、Sn-Bi層などの金属共晶層や、低融点金属ではないが、Au層、Sn層、Cu層などを用いることができる。

【 0 0 1 4 】

半導体素子のn層、p層は、組成の異なる複数の層からなる多重層であってもよく、真性半導体層を含んでいてもよい。また、n層とp層の間にMQW、SQWなどの活性層があってもよい。

【 0 0 1 5 】

支持基板には、Si基板、GaAs基板、Cu基板、Cu-W基板などの伝導性の基板を用いる。

【 0 0 1 6 】

【 0 0 1 7 】

【 0 0 1 8 】

【 0 0 1 9 】

半導体素子の端面にバッファ層が付着すると、その部分に誘電体が形成されないため望ましくない。そのため、半導体素子の端面はなるべく傾斜のないことが望ましく、基板に対して垂直になっていることが最も望ましい。また、バッファ層の膜厚は、なるべく薄いことが望ましい。端面保護膜の形成される領域を広くできるからである。バッファ層としては、レジストなどの有機膜やAu膜を用いることができる。

【 0 0 2 0 】

バッファ層は、基板と端面保護膜の端面との間に形成されていればよく、基板上面の半導体素子端面近傍に形成されていれば、それを満たす。もちろん、基板上面の全面に形成されていてもかまわない。たとえば、基板と半導体素子を覆うようにバッファ層を形成した後、基板上面以外に形成されたバッファ層を除去することで形成してもよい。

【 0 0 2 1 】

第2の発明は、第1の発明において、バッファ層は、レジスト膜またはAu膜であることを特徴とする半導体素子の製造方法である。

【 0 0 2 2 】

レジスト膜を用いる場合は、1μm以下であることが望ましい。Au膜を用いる場合は、半導体素子の端面に付着した場合に洗浄、除去する必要があるため、膜厚は25～50nmであることが望ましい。

【 0 0 2 3 】

第 3 の発明は、第 1 の発明又は第 2 の発明において、端面保護膜は、二酸化ケイ素、窒化ケイ素、酸化ジルコニウム、酸化ニオブ、酸化アルミニウムのいずれかにより形成されていることを特徴とする半導体素子の製造方法である。

【 0 0 2 4 】

第 4 の発明は、第 1 の発明から第 3 の発明において、低融点金属層は、Au - Sn、Au - Si、Ag - Sn - Cu、Sn - Bi のいずれかにより形成されていることを特徴とする半導体素子の製造方法である。

【 0 0 2 5 】

第 5 の発明は、第 1 の発明から第 4 の発明において、半導体素子は、III 族窒化物半導体で構成されていることを特徴とする半導体素子の製造方法である。

【 0 0 2 6 】

第 6 の発明は、第 1 の発明から第 5 の発明において、半導体素子は、発光素子であることを特徴とする半導体素子の製造方法である。

【 0 0 2 7 】

第 7 の発明は、III - V 族半導体で構成され、伝導性の支持基板と低融点金属層を介して接合し、支持基板に近い側に p 伝導型の p 層、支持基板から遠い側に n 伝導型の n 層を有し、n 層と接合する基板が除去された半導体素子において、半導体素子の端面には誘電体からなる端面保護膜が形成されており、n 層の表面は、端面保護膜の上面より高く、段差があることを特徴とする半導体素子である。

【 0 0 2 8 】

【 0 0 2 9 】

第 8 の発明は、第 7 の発明において、半導体素子の端面は、支持基板に対して垂直であることを特徴とする半導体素子である。

【 0 0 3 0 】

第 9 の発明は、第 7 の発明又は第 8 の発明において、端面保護膜は、二酸化ケイ素、窒化ケイ素、酸化ジルコニウム、酸化ニオブ、酸化アルミニウムのいずれかにより形成されていることを特徴とする半導体素子である。

【 0 0 3 1 】

第 10 の発明は、第 7 の発明から第 9 の発明において、低融点金属層は、Au - Sn、Au - Si、Ag - Sn - Cu、Sn - Bi のいずれかにより形成されていることを特徴とする半導体素子である。

【 0 0 3 2 】

第 11 の発明は、第 7 の発明から第 10 の発明において、半導体素子は、III 族窒化物半導体で構成されていることを特徴とする半導体素子である。

【 0 0 3 3 】

第 12 の発明は、第 7 の発明から第 11 の発明において、半導体素子は、発光素子であることを特徴とする半導体素子である。

【 発明の効果 】

【 0 0 3 4 】

第 1、7 の発明によると、半導体素子の端面が誘電体からなる端面保護膜で覆われるため、p 層が薄いことにより半導体素子の端面で n 層と p 層とが低融点金属により短絡することを防止できる。また、支持基板との接合後のレーザーリフトオフ時の基板除去による物理的衝撃で生じる恐れのある半導体素子端面の割れを防止することができる。

【 0 0 3 5 】

また、第 1 の発明では、基板と端面保護膜との間にバッファ層を設けている。これは、次の理由による。レーザーリフトオフでの基板の除去は、物理的衝撃を伴うため、基板と端面保護膜の剥がれ方が安定していない。そのため、端面保護膜のみを形成した場合、基板の除去時に端面保護膜が半導体素子端面から剥がれてしまい、保護膜としての機能を発揮できないこともある。そこでバッファ層を設けることで、基板を除去する際の端面保護

膜への物理的衝撃を緩和することができ、端面保護膜が半導体素子端面から剥がれるのを防止できる。したがって、端面保護膜が、端面保護の機能を損なうことがなく、端面保護膜のみを形成する場合より半導体素子端面の割れを防止する効果が大きい。

【 0 0 3 6 】

以上のように、本発明の効果により、半導体素子の製造不良が減少し、歩留りが向上する。

【 0 0 3 7 】

また、第 7 の発明から第 1 2 の発明の半導体素子は、半導体素子の端面に端面保護膜が形成されているため、半導体素子端面で短絡がなく、半導体素子の端面に割れない半導体素子である。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 3 8 】

以下、本発明の具体的な実施例について図を参照しながら説明するが、本発明は実施例に限定されるものではない。

【実施例 1】

【 0 0 3 9 】

図 1 は、実施例 1 のレーザーリフトオフによる発光素子の製造工程を示す図である。

【 0 0 4 0 】

まず、サファイア基板 1 0 上に、エピタキシャル成長により III 族窒化物半導体層 1 1 を作製し、各発光素子 1 2 を形成する領域の上面に、p 電極 1 3 と低融点金属拡散防止層 1 4 を形成する（図 1 A）。p 電極には、Ag、Rh、Pt、Ru やこれらの金属を主成分とする合金などの高光反射率で低コンタクト抵抗な金属や、Ni、Ni 合金、Au 合金などを用いることができる。また、ITO などの透明電極膜と高反射金属膜からなる複合層であってもよい。低融点金属拡散防止層 1 4 には、Ti / Ni / Au などの Ti / Ni を含む多層膜、W / Pt / Au などの W / Pt を含む多層膜などを用いる。III 族窒化物半導体層 1 1 は、図 2 に示すように、n 型層 1 0 0、MQW 層 1 0 1、p 型層 1 0 2 で構成されている。

【 0 0 4 1 】

次に、III 族窒化物半導体層 1 1 の所定の場所をサファイア基板 1 0 が露出するまでエッチングすることで複数の発光素子 1 2 に分離させる（図 1 B）。発光素子 1 2 の端面は垂直になるようエッチングした。

【 0 0 4 2 】

次に、上面全体にバッファ層としてレジスト膜 1 5 を形成する。このとき、発光素子 1 2 の端面は垂直になっているため、その端面にはレジスト膜 1 5 は形成されない。このレジスト膜 1 5 は、発光素子 1 2 のサファイア基板 1 0 と接続する n 型層 1 0 0 よりも薄ければよいが、なるべく薄いことが望ましい。n 型層 1 0 0 よりも厚ければ、次工程において、その端面部分に端面保護膜が形成されず、短絡防止効果がなくなる。通常、その n 型層は 2 μ m ~ 4 μ m 程度の膜厚であるから、レジスト膜は 1 μ m 以下の膜厚であることが望ましい。その後、発光素子 1 2 の表面に形成されたレジスト膜 1 5 は除去する（図 1 C）。

【 0 0 4 3 】

バッファ層として、レジスト以外に Au を用いてもよい。Au が発光素子 1 2 の端面に付着した場合には除去する必要があるため、Au 膜は 25 ~ 50 nm 程度の膜厚とすることが望ましい。50 nm 以上では、端面に付着した Au を除去するのが容易でなく望ましくない。25 nm 以下では、粒状の粒界成長となる可能性があり望ましくない。レジストには、ポリイミドなども用いることができる。

【 0 0 4 4 】

次に、発光素子 1 2 の端面と、p 電極 1 3 および低融点金属拡散防止層 1 4 の形成されていない発光素子 1 2 の上面 1 2 1 に、プラズマ CVD 法により SiO₂ からなる端面保護膜 1 6 を形成する（図 1 D）。この端面保護膜 1 6 は、発光素子 1 2 の端面において、

n 型層 100 と p 型層 102 が短絡するのを防止するためのものである。膜厚は 100 nm ~ 500 nm 程度が望ましい。100 nm 以下では、発光素子 12 の端面と端面保護膜 16 との密着性が低くなるので好ましくなく、500 nm 以上では、その後のパターニング時に、多大なエッチング時間が必要なため望ましくない。 SiO_2 以外には、 Si_3N_4 (窒化ケイ素)、 ZrO_2 (酸化ジルコニウム)、 NbO (酸化ニオブ)、 Al_2O_3 (酸化アルミニウム) などを用いることができる。

【0045】

次に、低融点金属拡散防止層 14 と端面保護膜 16 の上面に再度低融点金属拡散防止層 17 を形成し、その低融点金属拡散防止層 17 上面に低融点金属層 18 を形成する (図 1 E)。低融点金属層 18 には、Au-Sn 層、Au-Si 層、Ag-Sn-Cu 層、Sn-Bi 層などの金属共晶層や、低融点金属ではないが、Au 層、Sn 層、Cu 層などを用いることができる。

【0046】

端面保護膜 16、低融点金属拡散防止層 17 は、フォトリソグラフィにより、所定パターンに形成される。

【0047】

次に、Si からなる支持基板 19 の上面に形成された低融点金属層 20 を介して、支持基板 19 と低融点金属層 18 を接合する (図 1 F)。支持基板 19 として、Si の他に GaAs、Cu、Cu-W を用いることができる。低融点金属拡散防止層 14、17 は、低融点金属層 18、20 の金属が、低融点金属拡散防止層 14、17 を超えて拡散するのを防止するための層である。

【0048】

そして、レーザーリフトオフにより、サファイア基板 10 を分離除去する (図 1 G)。レーザーの照射は、波長 248 nm の KrF レーザーを、 0.7 J/cm^2 以上の条件で、ウェハに光照射する。レジスト膜 15 とサファイア基板 10 との接合強度、および、レジスト膜 15 と端面保護膜 16 との接合強度は弱いため、容易に剥離する。したがって、レジスト膜 15 の存在により、サファイア基板 10 を除去する際の物理的衝撃が、直接端面保護膜 16 に伝わることがない。そのため、端面保護膜 16 が破損し、剥がれ落ちることを防止することができ、その結果、発光素子 12 の端面にも割れが生じない。なお、サファイア基板 10 を除去する際に、レジスト膜 15 も剥離し、除去される場合があるが、次工程において除去されるものであるから問題はない。

【0049】

次に、レジスト膜 15 を洗浄除去する (図 1 H)。レジスト膜 15 の代わりにバッファ層として Au 膜を用いた場合は、ヨウ素系エッチング液を塗布することで洗浄除去できる。このレジスト膜 15 の除去により、発光素子 12 の表面と端面保護膜 16 の上端面との間に、レジスト膜 15 の厚さ分の段差 D が生じる。この段差 D は、のちの工程で端面保護膜 16 と同一または他の材料によって埋めてもよい。

【0050】

その後、n 電極を形成し、ダイシングすることで、支持基板 19 上に形成された、個々の発光素子 12 が製造される。低融点金属層 20 が切断される際、金属粉が発生するが、端面保護膜 16 が形成されているため、発光素子 12 の端面は保護され、n 型層 100 と p 型層 102 間の短絡が防止されている。

【0051】

実施例 1 は、発光素子の製造方法であったが、本発明は発光素子に限るものではなく、レーザーリフトオフにより製造されるあらゆる半導体素子に適用できるものである。また、III 族窒化物半導体で構成された半導体素子に限らず、GaAs や GaP など、III-V 族半導体で構成された半導体素子に対しても、本発明は適用できる。

【0052】

また、実施例 1 では、p 電極 13 と低融点金属拡散防止層 14 を形成した後にエッチングで各発光素子 12 に分離しているが、エッチングで各発光素子 12 に分離した後に p 電

極 1 3 と低融点金属拡散防止層 1 4 を形成してもよい。また、バッファ層は、サファイア基板 1 0 上の発光素子 1 2 端面付近にのみ形成されるよう、あらかじめパターニングしておいてもよい。後のバッファ層の除去がより容易になる。

【産業上の利用可能性】

【0053】

本発明によって、レーザーリフトオフによる半導体素子製造の歩留りを向上できる。

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図1A】実施例1の発光素子の製造工程を示す図。

【図1B】実施例1の発光素子の製造工程を示す図。

【図1C】実施例1の発光素子の製造工程を示す図。

【図1D】実施例1の発光素子の製造工程を示す図。

【図1E】実施例1の発光素子の製造工程を示す図。

【図1F】実施例1の発光素子の製造工程を示す図。

【図1G】実施例1の発光素子の製造工程を示す図。

【図1H】実施例1の発光素子の製造工程を示す図。

【図2】III族窒化物半導体層の構成を示す図。

【符号の説明】

【0055】

10：サファイア基板

11：III族窒化物半導体層

12：発光素子

13：p電極

14、17：低融点金属拡散防止層

15：バッファ層

16：端面保護膜

18、20：低融点金属層

19：支持基板

100：n型層

101：MQW層

102：p型層