

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5327219号
(P5327219)

(45) 発行日 平成25年10月30日(2013.10.30)

(24) 登録日 平成25年8月2日(2013.8.2)

(51) Int.Cl.		F I		
HO 1 L 29/739	(2006.01)	HO 1 L 29/78	6 5 5 F	
HO 1 L 29/78	(2006.01)	HO 1 L 29/78	6 5 2 N	
HO 1 L 21/76	(2006.01)	HO 1 L 29/78	6 5 2 R	

請求項の数 6 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2010-512002 (P2010-512002)	(73) 特許権者	000005234
(86) (22) 出願日	平成21年5月13日 (2009.5.13)		富士電機株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2009/058927		神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
(87) 国際公開番号	W02009/139417	(74) 代理人	100104190
(87) 国際公開日	平成21年11月19日 (2009.11.19)		弁理士 酒井 昭徳
審査請求日	平成22年10月19日 (2010.10.19)	(72) 発明者	下山 和男
(31) 優先権主張番号	特願2008-125402 (P2008-125402)		東京都品川区大崎一丁目11番2号 富士電機システムズ株式会社内
(32) 優先日	平成20年5月13日 (2008.5.13)	(72) 発明者	塚本 安彦
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		東京都品川区大崎一丁目11番2号 富士電機システムズ株式会社内
		審査官	平野 崇

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ウェハの第1主面の表面層であって、該ウェハに形成される半導体装置の外周部に第2導電型の第1領域を形成する工程と、

前記ウェハの第2主面に、アルミニウム膜とネガレジスト膜とをこの順に形成し、パターンニングすることで複合マスクを形成する工程と、

前記複合マスクをエッチングマスクとして、ドライエッチングを行い、前記第1領域に到達する溝を、底部から開口部にかけて溝幅が広がるように形成する工程と、

前記ネガレジスト膜を選択的に除去する工程と、

前記アルミニウム膜の下の前記第2主面、および前記溝の側面に第2導電型の不純物イオンを注入する工程と、

前記ウェハの前記第2主面に前記アルミニウム膜が残った状態で、前記溝の側面に注入された前記不純物イオンの活性化に適した比較的高いエネルギー条件の第1レーザー光を前記ウェハの前記第2主面側の全面に照射して、前記溝の側面の表面層に第2導電型の分離層を形成する工程と、

前記アルミニウム膜を除去して、前記第2主面を露出する工程と、

前記第2主面に注入された前記不純物イオンの活性化に適した比較的低いエネルギー条件の第2レーザー光を前記ウェハの前記第2主面側の全面に照射して、前記第2主面の表面層に第2導電型のコレクタ層を、前記分離層と前記コレクタ層が接続するように形成する工程と、

10

20

前記コレクタ層上にコレクタ電極を形成する工程と、
前記第 1 主面と前記溝の底部に挟まれた前記第 1 領域を前記第 1 主面に対してほぼ垂直にダイシングもしくはレーザー光で切断して前記ウェハをチップとする工程と、
を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】

前記アルミニウム膜の厚さを、 $0.05\ \mu\text{m}$ より厚く $1\ \mu\text{m}$ より薄く形成することを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 3】

ウェハの第 1 主面の表面層であって、該ウェハに形成される半導体装置の外周部に第 2 導電型の第 1 領域を形成する工程と、

前記ウェハの第 2 主面に、アルミニウム膜を形成する工程と、
前記ウェハの前記第 2 主面から前記第 1 主面内に向かって前記第 1 領域に達する溝を、底部から開口部にかけて溝幅が広がるようにダイシング刃で形成する工程と、

前記アルミニウム膜の下の前記第 2 主面、および前記溝の側面に第 2 導電型の不純物イオンを注入する工程と、

前記ウェハの前記第 2 主面に前記アルミニウム膜が残った状態で、前記溝の側面に注入された前記不純物イオンの活性化に適した比較的高いエネルギー条件の第 1 レーザー光を前記ウェハの前記第 2 主面側の全面に照射して、前記溝の側面の表面層に第 2 導電型の分離層を形成する工程と、

前記アルミニウム膜を除去して、前記第 2 主面を露出する工程と、

前記第 2 主面に注入された前記不純物イオンの活性化に適した比較的低いエネルギー条件の第 2 レーザー光を前記ウェハの前記第 2 主面側の全面に照射して、前記第 2 主面の表面層に第 2 導電型のコレクタ層を、前記分離層と前記コレクタ層が接続するように形成する工程と、

前記コレクタ層上にコレクタ電極を形成する工程と、

前記第 1 主面と前記溝の底部に挟まれた前記第 1 領域を前記第 1 主面に対してほぼ垂直にダイシングもしくはレーザー光で切断して前記ウェハをチップとする工程と、
を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 4】

前記溝を前記ダイシング刃により形成した後で、前記不純物イオンを注入する前に、前記アルミニウム膜が残った状態で、前記溝に生じた前記ダイシング刃の加工歪をエッチングで除去する工程をさらに含むことを特徴とする請求項 3 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】

前記溝を形成する前記ダイシング刃の断面形状が V 字状または逆台形状であることを特徴とする請求項 3 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 6】

前記溝は、当該溝の開口部上において、当該開口部が形成された前記第 2 主面から延ばした線と、溝の側面との角度が、 40 度以上 85 度以下となるように形成されることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一つに記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、電力変換装置などに用いられる逆阻止 IGBT (絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ) などの半導体装置の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の逆阻止 IGBT の製造方法について説明する。第 1 の従来技術として、図 26 に示すように逆阻止 IGBT を構成するゲート・エミッタ構造を形成する前に、ウェハ (シリコン) 上のダイシング領域表面より、予めドーパントソース塗布および熱拡散による方

10

20

30

40

50

法で、深い p 分離層を形成し、ゲート・エミッタ構造作成後に p 分離層が露出する程度にウェハを薄化し、薄化したウェハの裏面にイオン注入とアニールを行って p 分離層に接続する p コレクタ層を形成する方法がある（例えば、下記特許文献 1 参照）。

【 0 0 0 3 】

第 2 の従来技術として、図 2 7 に示すように、I G B T 表面工程で M O S 構造を形成し、ウェハの裏面をバックラップし、M O S 構造側をガラス支持基板に貼り付ける。つぎに、上下を反転させ、上側に位置する裏面にマスクパターンを形成し、例えばアルカリ溶液を用いた湿式異方性エッチングを行い V 字溝を形成する。ダイシング領域近傍のウェハのおもて面側に p 拡散層を形成し、ゲート・エミッタ構造（M O S 構造）を形成する。つぎに、マスクを除去し V 字溝の側壁とウェハ裏面にボロンのイオン注入とレーザーアニールを同時に行い p 分離層と p コレクタ層を形成し、その上にコレクタ電極となる金属電極膜（例えば A u 層）を形成し、ピッキングアップして逆阻止 I G B T を形成する方法がある（例えば、下記特許文献 2、下記特許文献 3、下記非特許文献 1 参照）。なお、図 2 8 は、第 2 の従来技術で形成された逆阻止 I G B T の外周部の要部断面図である。ウェハのおもて面側の p 拡散層とウェハの裏面側の p コレクタ層とを V 字溝の側壁に形成された p 分離層で接続する。

【 0 0 0 4 】

ここで、レーザー発振器の小型化、低価格化、長寿命化および高性能化に伴い、シリコンウェハに対するレーザー照射処理が広く採用されつつある。その一つとして、上述した、イオン注入によって導入されたドーパントを活性化するためのレーザーアニール処理などがある。イオン注入によって導入されたドーパントを活性化するための方法としては、炉アニール処理もあるが、ウェハのおもて面側にすでに形成された金属電極膜や保護膜などの耐熱温度の制限を受けるため、高い温度で処理することができず、ドーパント活性化率が低い。一方、パルスレーザーを用いたレーザーアニール処理では、ウェハ裏面の表層領域のみを瞬間的かつ局所的に加熱させることができるため、ウェハのおもて面側にすでに形成された金属電極膜や保護膜などに熱的なダメージを与えない。したがって、ウェハのおもて面側の構造の耐熱温度に関わらず、裏面側のドーパントの活性化を高い活性化率で行うことができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 5 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 4 - 3 6 3 3 2 8 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 6 - 3 0 3 4 1 0 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 6 - 2 7 8 3 8 2 号公報

【非特許文献】

【 0 0 0 6 】

【非特許文献 1】下山和男、外 2 名、「高耐圧 - 逆阻止 I G B T 向けの新分離層形成プロセス」、「[電子デバイス / 半導体電力変換合同] パワーデバイスおよび半導体電力変換一般」、電気学会研究会、E D D - 0 6 - 5 2、S P C - 0 6 - 1 2 4

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

第 1 の従来技術において、半導体基板のおもて面から裏面のコレクタ層面までの p 分離層を熱拡散のみによって形成する場合、p 分離層を形成するボロンが活性部をマスクした酸化膜を突き抜けないようにするためには、非常に厚い熱酸化膜を形成する必要がある。この厚い熱酸化膜を形成するためには、高温で長時間の熱酸化処理をする必要があり製造コストが増大する。

【 0 0 0 8 】

また、ドーパントの拡散は、高温で長時間の処理時間を必要とするためスルーポットが極端に低下し、さらにマスク開口部からシリコンバルクへとほぼ等方的に進行するため、

必然的に横方向にもドーパントが拡散されてしまい、デバイスピッチやチップサイズの縮小に対するの弊害を生じさせる。

【 0 0 0 9 】

このため、従来技術 2 として、前記したようにゲート・エミッタ構造などおもて面のデバイス構造を形成した後、ウェハの薄化处理を行い、ガラス支持基板にデバイスおもて面と向き合わせてウェハを貼り付けた後、ウェハの裏面から湿式エッチングによりテーパを有する V 字溝をウェハの表面まで貫通させて、この溝の側壁面にイオン注入およびレーザーアニールによって p 分離層を形成する方法がある。ここで、テーパを有する溝とは、底部から開口部に向けて溝幅が広がるような傾斜角度の側壁を有した溝であることとする。

10

【 0 0 1 0 】

この方法により熱処理時間およびデバイスピッチが大幅に削減されるが、ウェハの表面まですべて貫通させてしまうと、個々のチップが分断されて落下してしまうので、ガラス支持基板などでウェハを貼り合わせる必要があり煩雑であり、製造コストが増大する。さらに、貫通した V 字溝（貫通溝）を形成した後、イオン注入およびレーザーアニールを行うが、図 29 に示すように、貫通溝の露出部（V 字溝の底部）である A 部で、ウェハとガラス支持基板を接着した粘着剤がレーザー光に照射されてしまうため、レーザー光に照射されても問題のないような特別で高価な粘着剤を使用する必要があり製造コストが増大する。

【 0 0 1 1 】

さらに、レーザーアニール後、コレクタ電極をスパッタによって形成するが、このスパッタ処理で粘着剤が加熱されても問題が生じないように、耐熱性のある高価な粘着剤を使用する必要があり製造コストが増大する。または加熱温度が上昇しないよう特別冷却機構を取り付けた高価なスパッタリング装置を使用する必要がある。

20

【 0 0 1 2 】

また、スパッタリング後のシンタリング処理温度も、粘着剤の耐熱温度により制限されてしまう問題がある。また、粘着剤からの揮発成分がスパッタ装置の真空度を低下させないように、特別な粘着剤を選定する必要があり、高価な粘着剤を使用する必要がある。つまり、従来の方法では製造コストが増大する。

【 0 0 1 3 】

さらに、V 字溝の側壁の傾斜角度によるキャリアプロファイルを検証する。図 30 は、溝の側壁の傾斜角度によるキャリアプロファイルについて示す説明図である。図 30 において、縦軸はキャリア濃度であり、横軸は深さである。ここで、V 字溝の側壁の傾斜角度とは、溝の開口部上において、この開口部が形成されたウェハ裏面側の平面から延ばした線と、溝の側壁との角度とする。図 30 においては、波長が 527 nm のパルスレーザーを、 1.4 J/cm^2 の照射エネルギー密度で、V 字溝の開口部が形成された平面に垂直な方向から照射してレーザーアニールを行った場合の、側壁において活性化したキャリアプロファイルを示している。ここで、溝の側壁には、予めボロンをイオン注入することによりドーパントが導入されていることとする。なお、図 30 においては、V 字溝の側壁の傾斜角度が 0° と、 55° から 5° 毎に 85° までと、のキャリアプロファイルを示しており、上述した非特許文献 1 から引用した。

30

40

【 0 0 1 4 】

ここで、アルカリ溶液を用いた湿式異方性エッチングによってウェハ裏面に V 字溝を形成する場合、ウェハ裏面が { 1 0 0 } 面であるため、V 字溝が { 1 1 1 } 面に形成される。したがって、V 字溝の側壁の傾斜角度が 54.7° と比較的小さくなるため、テーパが大きくなる。これにより、溝の底部の幅と開口部の幅との差が広がり、溝の側壁が、ウェハ裏面側に対して垂直な方向から照射されたレーザー光をより吸収することができる。したがって、図 30 に示すように、ウェハ裏面側の傾斜角度が 0° の平面に高濃度の p コレクタ層を形成するときの条件でレーザーアニールを行えば、同時に V 字溝の側壁に導入されたドーパントを活性化することができる。

50

【 0 0 1 5 】

しかしながら、図 3 0 に示すように、V 字溝の側壁の傾斜角度が 60° より大きい場合、傾斜角度が大きくなるにつれてドーパントの活性化率が低下する。その理由は、V 字溝の傾斜角度をとした場合、V 字溝側壁での実効的な照射エネルギー密度が \cos 倍に低下するからである。

【 0 0 1 6 】

ここで、V 字溝を形成する方法としては、アルカリ溶液を用いた湿式異方性エッチングの他に、HBr、NF₃ または He / O₂ をエッチングガスとして用いる RIE (Reactive Ion Etching) と呼ばれる異方性ドライエッチングが知られている。RIE エッチングによって溝を形成する場合、溝の側壁の傾斜角度が 90° かそれに近い角度となることが知られているが、例えば He / O₂ の流量を相対的に増加させることで側壁の傾斜角度が 90° よりも小さい、すなわちテーパを有する溝を形成することができる。但し、He / O₂ の流量が増加するにつれて、ブラックシリコンが生じやすくなる。また、RIE エッチングでは、溝の側壁の傾斜角度は、 75° 程度までしか小さくすることができないという問題がある。

10

【 0 0 1 7 】

なお、テーパを有する溝を形成する他の方法としては、例えば刃先がテーパを有するダイシング刃を用いてハーフカットダイシングを行う方法が知られている。

【 0 0 1 8 】

このように、RIE エッチングや、ハーフカットダイシングを行う場合、ウェハの面方位や結晶方向によらず、テーパを有する溝を形成することができるため、トレンチゲート構造を有する逆阻止 IGBT チップの外周部にテーパを有する溝を用いて分離層を形成することに適している。

20

【 0 0 1 9 】

図 3 1 および図 3 2 は、テーパを有する溝にレーザーアニールを行う場合の問題点について示す説明図である。図 3 1 および図 3 2 においては、テーパを有する溝に、溝の開口部が形成された平面に対して垂直な方向からレーザーを入射させてレーザーアニールを行う場合について示している。図 3 1 および図 3 2 において、溝の側壁の傾斜角度は、 75° とする。

【 0 0 2 0 】

図 3 1 に示すように、平面に照射されるレーザー光 6 4 の照射エネルギー密度を 100% とすると、テーパを有する溝の側壁に照射されるレーザー光 6 4 の実効的な照射エネルギー密度は、 $100 \times \cos 75^\circ = 25.9\%$ となるため、平面と比べて 4 分の 1 程度に低下してしまう。このため、平面に対して適切な条件の照射エネルギー密度では、テーパを有する溝の側壁に導入されたドーパントを活性化することができないという問題がある。

30

【 0 0 2 1 】

具体的には、イオン注入によって導入されたボロンを活性化させることで、ウェハ裏面の傾斜角度が 0° の平面に p コレクタ層を形成するためには、照射エネルギー密度が、例えば 1.4 J/cm^2 のレーザー光 6 4 を照射する。このとき、テーパを有する溝の側壁の傾斜角度が 75° の場合、この側壁に照射されるレーザー光 6 4 の実効的な照射エネルギー密度は、 $\cos 75^\circ \times 1.4 \text{ J/cm}^2 = 0.36 \text{ J/cm}^2$ と、平面に比べて大幅に低下し、側壁に導入されたドーパントが十分に活性化されない。

40

【 0 0 2 2 】

一方、図 3 2 に示すように、テーパを有する溝の側壁に導入されたドーパントを活性化するためには、レーザー光 6 5 の照射エネルギー密度を 4 倍に増加させなければならないが、この場合、平面に照射されるレーザー光 6 5 の照射エネルギー密度も 4 倍になり、平面においてアブレーションや結晶欠陥が生じたり、アモルファス化するという問題がある。

【 0 0 2 3 】

50

具体的には、テーパーを有する溝の側壁の傾斜角度が 75° の場合、この側壁に照射される実効的なエネルギー密度を 1.4 J/cm^2 とするためには、レーザー光65の照射エネルギー密度を $1/\cos 75^\circ \times 1.4 \text{ J/cm}^2 = 5.4 \text{ J/cm}^2$ としなければならない。このようにすると、平面に対しては、過剰な照射エネルギー密度のレーザー光が照射されることになるため、平面においてアブレーションや結晶欠陥が生じたり、アモルファス化してしまう。

【0024】

この発明は、上述した従来技術による問題点を解消するため、ガラス支持基板や粘着剤を不要とし、低コストでp分離層を形成できる逆阻止IGBTなどの半導体装置の製造方法を提供することを目的とする。また、側壁の傾斜角度が 60° 以上のテーパーを有する溝が形成されたウェハに対して、簡単な方法で、溝の開口部が形成された平面にレーザー光によるダメージを与えずに、溝の側壁に導入されたドーパントを十分に活性化させることのできる逆阻止IGBTなどの半導体装置の製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0041】

上述した課題を解決し、目的を達成するため、この発明にかかる半導体装置の製造方法は、ウェハの第1主面の表面層であって、該ウェハに形成される半導体装置の外周部に第2導電型の第1領域を形成する工程と、前記ウェハの第2主面に、アルミニウム膜とネガレジスト膜とをこの順に形成し、パターニングすることで複合マスクを形成する工程と、前記複合マスクをエッチングマスクとして、ドライエッチングを行い、前記第1領域に到達する溝を、底部から開口部にかけて溝幅が広くなるように形成する工程と、前記ネガレジスト膜を選択的に除去する工程と、前記アルミニウム膜の下の前記第2主面、および前記溝の側面に第2導電型の不純物イオンを注入する工程と、前記ウェハの前記第2主面に前記アルミニウム膜が残った状態で、前記溝の側面に注入された前記不純物イオンの活性化に適した比較的高いエネルギー条件の第1レーザー光を前記ウェハの前記第2主面側の全面に照射して、前記溝の側面の表面層に第2導電型の分離層を形成する工程と、前記アルミニウム膜を除去して、前記第2主面を露出する工程と、前記第2主面に注入された前記不純物イオンの活性化に適した比較的低いエネルギー条件の第2レーザー光を前記ウェハの前記第2主面側の全面に照射して、前記第2主面の表面層に第2導電型のコレクタ層を、前記分離層と前記コレクタ層が接続するように形成する工程と、前記コレクタ層上にコレクタ電極を形成する工程と、前記第1主面と前記溝の底部に挟まれた前記第1領域を前記第1主面に対してほぼ垂直にダイシングもしくはレーザー光で切断して前記ウェハをチップとする工程と、を含むことを特徴とする。

【0042】

また、この発明にかかる半導体装置の製造方法は、上述した発明において、前記アルミニウム膜の厚さを、 $0.05 \mu\text{m}$ より厚く $1 \mu\text{m}$ より薄く形成することを特徴とする。

【0043】

また、この発明にかかる半導体装置の製造方法は、ウェハの第1主面の表面層であって、該ウェハに形成される半導体装置の外周部に第2導電型の第1領域を形成する工程と、前記ウェハの第2主面に、アルミニウム膜を形成する工程と、前記ウェハの前記第2主面から前記第1主面内に向かって前記第1領域に達する溝を、底部から開口部にかけて溝幅が広くなるようにダイシング刃で形成する工程と、前記アルミニウム膜の下の前記第2主面、および前記溝の側面に第2導電型の不純物イオンを注入する工程と、前記ウェハの前記第2主面に前記アルミニウム膜が残った状態で、前記溝の側面に注入された前記不純物イオンの活性化に適した比較的高いエネルギー条件の第1レーザー光を前記ウェハの前記第2主面側の全面に照射して、前記溝の側面の表面層に第2導電型の分離層を形成する工程と、前記アルミニウム膜を除去して、前記第2主面を露出する工程と、前記第2主面に注入された前記不純物イオンの活性化に適した比較的低いエネルギー条件の第2レーザー光を前記ウェハの前記第2主面側の全面に照射して、前記第2主面の表面層に第2導電型のコレクタ層を、前記分離層と前記コレクタ層が接続するように形成する工程と、前記コ

レクタ層上にコレクタ電極を形成する工程と、前記第1主面と前記溝の底部に挟まれた前記第1領域を前記第1主面に対してほぼ垂直にダイシングもしくはレーザー光で切断して前記ウェハをチップとする工程と、を含むことを特徴とする。

【0044】

また、この発明にかかる半導体装置の製造方法は、上述した発明において、前記溝を前記ダイシング刃により形成した後で、前記不純物イオンを注入する前に、前記アルミニウム膜が残った状態で、前記溝に生じた前記ダイシング刃の加工歪をエッチングで除去する工程をさらに含むことを特徴とする。

【0045】

また、この発明にかかる半導体装置の製造方法は、上述した発明において、前記溝を形成する前記ダイシング刃の断面形状がV字状または逆台形状であることを特徴とする。

10

【0046】

また、この発明にかかる半導体装置の製造方法は、上述した発明において、前記溝は、当該溝の開口部上において、当該開口部が形成された前記第2主面から延ばした線と、溝の側面との角度が、40度以上85度以下となるように形成されることを特徴とする。

【発明の効果】

【0047】

この発明によれば、逆阻止IGBTなどの半導体装置において、ウェハのダイシング領域付近のウェハの表面にp拡散層を形成し、ウェハの裏面からウェハの表面に向かって溝を形成し、この溝を前記p拡散層に到達させ、ウェハの表面には達しないようにして、溝の底部箇所にウェハ厚みの一部を残して残膜とすることで、従来必要とされたガラス支持基板を不要とし、ガラス支持基板にウェハを接着させる高価な粘着剤を不要にすることができる。ガラス支持基板と粘着剤を不要とすることで、溝の形成とp分離層を低コストで形成できる。

20

【0048】

また、ウェハの外周部の溝の深さを浅くするかウェハの端部付近に溝を形成しないことで、ウェハの外周部での機械的強度を高めて、ウェハの自重をウェハ自身で支えられるようにすることができる。こうすることでウェハのハンドリングが容易になる。また、前記残膜の厚さを10μm以上とし、ウェハの外周部の機械的強度を高めることで、ガラス支持基板を不要とすることができる。また、前記p拡散層の深さを170μm以下とすることで、高温で長時間の熱拡散処理工程の処理時間が大幅に削減され、製造コストとリードタイムを低減できる。

30

【0049】

さらに、底部よりも開口部の幅が広い溝を形成した場合、溝の側壁に導入されたドーパントを活性化するのに適した比較的高いエネルギー条件のレーザー光を用いてレーザーアニールを行う際に、溝の開口部が形成され、レーザー光が垂直に照射される平面(ウェハの裏面)にアルミニウム膜が形成されている。このため、ウェハの裏面に比較的高いエネルギー条件のレーザー光が照射されるのを防ぐことができる。このように、ウェハの裏面に過剰なエネルギーのレーザー光が照射されないため、アブレーションや結晶欠陥が生じるのを防ぎ、アモルファス化するのを防ぐことができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0050】

【図1】この発明の第1実施例の半導体装置の断面図であり、(a)はp分離層近傍の要部断面図、(b)は活性領域の要部断面図である。

【図2】形状の異なるダイシング刃とそれで加工された半導体基板の要部断面図であり、(a)はダイシング刃がV字状の場合の図、(b)はダイシング刃が逆台形状の場合の図、(c)はダイシング刃がU字状の場合の図、(d)は半導体基板の溝がV字状の場合の図、(e)は半導体基板の溝が逆台形状の場合の図、(f)は半導体基板の溝がU字状の場合の図である。

【図3】ウェハの裏面から未貫通の逆台形溝を形成した裏面の溝形状であり、(a)は平

50

面図、(b)は(a)のX1-X1線で切断した要部断面図、(c)は(a)のX2-X2線で切断した要部断面図である。

【図4】図1の半導体装置の要部製造工程断面図である。

【図5】図4に続く、図1の半導体装置の要部製造工程断面図である。

【図6】図5に続く、図1の半導体装置の要部製造工程断面図である。

【図7】図6に続く、図1の半導体装置の要部製造工程断面図である。

【図8】図7に続く、図1の半導体装置の要部製造工程断面図である。

【図9】図8に続く、図1の半導体装置の要部製造工程断面図である。

【図10】図9に続く、図1の半導体装置の要部製造工程断面図である。

【図11】図10に続く、図1の半導体装置の要部製造工程断面図である。

10

【図12】この発明の第2実施例の半導体装置の製造方法を示す製造工程図であり、(a)はウェハの平面図、(b)は(a)のX1-X1線で切断した要部断面図、(c)は(a)のX2-X2線で切断した要部断面図、(d)は(a)のY-Y線で切断した要部断面図である。

【図13】この発明の第3実施例の半導体装置の製造方法を示す製造工程図であり、(a)はウェハの要部工程平面図、(b)は(a)のY-Y線で切断した要部工程断面図である。

【図14】実施例4にかかる半導体装置の要部製造工程断面図である。

【図15】図14に続く、実施例4にかかる半導体装置の要部製造工程断面図である。

【図16】図15に続く、実施例4にかかる半導体装置の要部製造工程断面図である。

20

【図17】図16に続く、実施例4にかかる半導体装置の要部製造工程断面図である。

【図18】図17に続く、実施例4にかかる半導体装置の要部製造工程断面図である。

【図19】図18に続く、実施例4にかかる半導体装置の要部製造工程断面図である。

【図20】図19に続く、実施例4にかかる半導体装置の要部製造工程断面図である。

【図21】実施例5にかかる半導体装置の要部製造工程断面図である。

【図22】図21に続く、実施例5にかかる半導体装置の要部製造工程断面図である。

【図23】図22に続く、実施例5にかかる半導体装置の要部製造工程断面図である。

【図24】図23に続く、実施例5にかかる半導体装置の要部製造工程断面図である。

【図25】裏面マーキング装置の構造について示す説明図である。

【図26】第1の従来技術で製造した逆阻止IGBTの分離層形成の工程図と素子断面図である。

30

【図27】第2の従来技術で製造した逆阻止IGBTの工程図である。

【図28】図27の工程で製造した逆阻止IGBTの断面図である。

【図29】図27の工程でイオン注入とレーザーアニールしている工程断面図である。

【図30】溝の側壁の傾斜角度によるキャリアプロファイルについて示す説明図である。

【図31】テーパを有する溝にレーザーアニールを行う場合の問題点について示す説明図である。

【図32】テーパを有する溝にレーザーアニールを行う場合の問題点について示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

40

【0051】

以下に添付図面を参照して、この発明にかかる半導体装置の製造方法の好適な実施の形態を詳細に説明する。

【実施例1】

【0052】

図1は、この発明の第1実施例の半導体装置の断面図であり、同図(a)はp分離層近傍の要部断面図、同図(b)は活性領域の要部断面図である。この半導体装置は逆阻止IGBTを例として挙げた。この逆阻止IGBTは、n半導体基板1と、n半導体基板1の第1主面2の表面の外周部に形成されるp拡散層4と、p拡散層4に囲まれp拡散層4と離してn半導体基板1の第1主面2(表面)の活性領域5(主電流が流れる領域)の表面

50

層に形成されるデバイス表面構造 6 と第 2 主面 3 の表面層に形成される p コレクタ層 8 と、p コレクタ層 8 上に形成されるコレクタ電極 18 と、p 拡散層 4 と p コレクタ層 8 に接して半導体基板 1 の第 2 側壁 7 の表面層に形成される p 分離層 9 で構成される。

【0053】

半導体基板 1 の側壁は第 1 主面 2 に垂直にダイシング切断された第 1 側壁 10 とこの第 1 側壁 10 と接し第 2 主面 3 と接する第 2 側壁 7 で構成される。第 2 側壁 7 は第 1 側壁 10 と接続する第 1 箇所 a とこの第 1 箇所 a と第 2 主面 3 と接続し p 分離層 9 が形成される第 2 箇所 b で構成される。

【0054】

第 1 主面 2 と第 1 側壁 10 の角度は 90° であり、第 1 側壁 10 と第 2 側壁 7 の第 1 箇所 a との角度 θ_1 は 90° である。第 2 箇所 b の第 1 箇所 a と第 2 箇所 b との角度 θ_2 は 90° 超であり、第 2 箇所 b と第 2 主面 3 との角度 θ_3 は第 1 主面 2 と第 1 箇所 a が平行であるため θ_2 と等しい。

【0055】

なお、第 1 側壁 10 はダイシング面であり凹凸が存在するため角度を表す場合は、凹凸を平均化した平面（図では上下の直線）を第 1 側壁 10 の面とした。図示するように、 θ_1 、 θ_3 は半導体基板 1 が存在する側、 θ_2 は半導体基板 1 が存在しない側での角度である。また、 θ_1 は第 1 側壁 10 を基準とした角度であり、 θ_2 は第 1 箇所 a を基準とした角度であり、 θ_3 は第 2 主面 3 を基準とした角度である。

【0056】

前記の p 拡散層 4 の深さは、耐圧クラスが 1200 V の逆阻止 IGBT の場合、 $30\ \mu\text{m} \sim 170\ \mu\text{m}$ （好ましくは $70\ \mu\text{m}$ 程度）であり、第 1 側壁 10 の厚さはこの p 拡散層 4 が露出するように形成されるため、p 拡散層 4 の深さより小さくなる。つまり、第 1 側壁 10 の厚みは $10\ \mu\text{m} \sim 150\ \mu\text{m}$ （好ましくは $50\ \mu\text{m}$ 程度）である。また、第 1 側壁 10 は、ダイシング刃もしくはレーザー光で切断された後述の残膜 43 の側壁であり、その表面はダイシング面もしくはレーザー面である。レーザー面とは、レーザーダイシングによるダイシング面をいう。一方、第 2 側壁 7 は、後述の溝 41 の内壁でありエッチング面である。

【0057】

活性領域 5 に形成されるデバイス表面構造 6 は、図 1 に示すように、n 半導体基板 1 の表面層に形成された p ウエル領域 11 と、p ウエル領域 11 の表面層に形成される n エミッタ領域 12 と、n エミッタ領域 12 と n 半導体基板 1 に挟まれる p ウエル領域 11 上にゲート絶縁膜 13 を介して形成されるゲート電極 14 とを備えている。

【0058】

なお、ここではゲート絶縁膜 13 およびゲート電極 14 は n エミッタ領域 12 の一部上、p ウエル領域 11 上および n 半導体基板 1 上に形成されている。また、ゲート絶縁膜 13 とゲート電極 14 を合わせたゲート構造の集合体を以後便宜的に MOS ゲート構造 19 と称す。この例では、ゲート絶縁膜 13 を図 1 (b) に示すように、平坦に形成したが、n 半導体基板 1 の表面に溝を形成し、この溝の表面にゲート絶縁膜 13 を形成して、所謂、トレンチゲート構造としてもよい。

【0059】

また、ゲート電極 14 が被覆される層間絶縁膜 15 と、n エミッタ領域 12 と p ウエル領域 11 に接して前記層間絶縁膜 15 上に形成されるエミッタ電極 16 と、エミッタ電極 16 上と p 拡散層 4 上などの表面全域に形成されるパッシベーション膜 17 とを備えている。

【0060】

図 2 は、形状の異なるダイシング刃とそれで加工された半導体基板の要部断面図であり、同図 (a) ~ 同図 (c) はダイシング刃の断面図であり、同図 (a) は V 字状の場合、同図 (b) は逆台形状の場合、同図 (c) は U 字状の場合であり、同図 (d) ~ 同図 (f) は半導体基板の断面図であり、同図 (d) は V 字状の場合、同図 (e) は逆台形状の場

10

20

30

40

50

合、同図(f)はU字状の場合である。

【0061】

ダイシング刃31、32、33の断面形状は、それぞれV字状、逆台形状およびU字状をしている。また、図2(d)~(f)の半導体基板1の断面図は、図示の都合上第1主面2を下に第2主面3を上を示し上下が逆転している。

【0062】

同図(d)において、第2側壁7は直線であり、第1側壁10と第2側壁7の接続部での角度11は90°超である(好ましくは140°~160°程度がよい)。また、第2主面2と第2側壁7の接続部での角度31は90°超である(好ましくは110°~130°程度がよい)。

10

【0063】

同図(e)において、前記したように第2側壁7は折れ線であり、第1側壁10との接続部での角度12は90°である。また、第2主面3との接続部での角度32は90°超(好ましくは110°~130°程度がよい)である。

【0064】

同図(f)において、第2側壁7は曲線であり、第1側壁10と第2側壁7の接触部での角度13はほぼ90°である。また、第2主面3と第2側壁7の接触部の角度33はほぼ90°である。

【0065】

前記の第2主面3と第2側壁7の接続部での角度31~33が90°に近くなると、p分離層9を形成するためのイオン注入において、第2側壁7に打ち込まれるボロンのドーズ量が低下して高濃度のp分離層9を得ることが困難になる。そのため、第2主面3と第2側壁7の接続部での角度31~33は110°~130°程度が望ましい。

20

【0066】

また、この角度31~33が140°以上に大きくなると溝の開口部の幅が半導体基板1の厚さ程度に広がり、チップサイズが小さい場合は、第2主面3に形成されるpコレクタ層8の面積が減少するので好ましくない。なお、この第1実施例で使用したダイシング刃の形状は逆台形の場合(図2(b))である。

【0067】

さらに、前述の内容を製造方法も交えて詳しく図3を用いて説明する。図3は、ウェハの裏面から未貫通の逆台形溝を形成した裏面の溝形状であり、同図(a)は平面図、同図(b)は同図(a)のX1-X1線で切断した要部断面図、同図(c)は同図(a)のX2-X2線で切断した要部断面図である。ここでは図1で用いた符号の2および3をウェハ40の第1主面(おもて面)および第2主面(裏面)としても用いた。また、図3で示す残膜43の厚さは、例えば50μmであり、逆台形の溝41の開口部の幅は、例えば200μmである。

30

【0068】

実施例1において、ウェハ40に形成された溝41の深さは、図3(b)、(c)に示すようにチップ形成領域42(多数のチップが形成される領域)とウェハ40の外周部44(チップが形成されない領域)で同じ深さであり、すべての溝41はウェハ40の外周端45まで達している。

40

【0069】

ここでは、ウェハ40とは、ダイシング領域(溝41の箇所と重なる)に沿って切断する前の状態の半導体基板をいう。したがって、本実施例では符号1で示す半導体基板はウェハ40をダイシング領域で切断して半導体チップとなったときの基板をいう。

【0070】

予めダイシング領域表面(溝41が形成される側と反対側の面で第1主面2)から深さ30μm~170μmの範囲の図1で示すp拡散層4を熱拡散により形成しておき、表面IGBTセル構造作成工程、およびウェハ薄化工程を終了後、裏面(第2主面3)よりダイシング刃(ブレード)によるーフカット(ダイサーによるーフカット、あるいは切

50

削ブレードによるハーフカット：ハーフカットとは完全にウェハ40を切断しないことにより、図3(b)、(c)に示すように、ウェハ40を貫通しないように溝41を形成する。熱拡散層の深さは、残膜43の厚さよりも20 μm ほど深くしておくことが望ましい。これは、ハーフカットダイシングのブレード切り込み深さのバラツキを考慮したり、ダイシングによる機械的ダメージをエッチング等で除去する分を考慮するためである。

【0071】

つまり、溝41でウェハ40が分断されずに一体として保持できる程度に残膜43としてウェハ40の一部を残す。この残膜43の厚さは、前記したように、p拡散層4の深さに合わせて10 μm ~150 μm とし、p拡散層4に溝41の先端が達するように溝41を形成する。

10

【0072】

このとき、図3(b)、(c)で示すように、ウェハ40の外周部44の溝41の深さは同じにする。形成された溝41の側壁(第2側壁7)にハーフカットに伴って形成されるダメージ層47(図7参照)は、1 μm ~20 μm (好ましくは、1 μm ~15 μm)である。このダメージ層47を、酸エッチングあるいはドライエッチングによって除去する。除去する量は2 μm ~50 μm (好ましくは、3 μm ~30 μm)である。

【0073】

ダメージ層47が除去された溝41の第2側壁7とウェハ40の裏面(第2主面3)に、イオン注入とレーザーアニールによりp分離層9とpコレクタ層8をそれぞれ形成し、pコレクタ層8上にコレクタ電極18を形成し、このコレクタ電極18をp分離層9上に延在させる。溝41の形成で残した残膜43は、コレクタ電極18を形成した後、垂直にダイシング刃によって切断され、逆阻止IGBTチップが出来上がる。

20

【0074】

また、イオン注入による不純物量やアニールによるドーパント量や、ダイシングおよびダイシング後のプロセス工程におけるウェハの割れ・欠けを抑制することを目的として、ダイシング刃の形状をV字状(図2の符号31)、逆台形状(図2の符号32)、U字状(図2の符号33)と変える。

【0075】

図4~図11は、図1の半導体装置の製造方法であり、工程順に示した要部製造工程断面図である。ここではp分離層近傍の形成プロセスのフロー図を示す。図4において、予めウェハ40の第1主面2(おもて面)上に位置するダイシング領域46からボロンを熱拡散し、30 μm ~170 μm の拡散深さで高濃度のp拡散層4を形成する。その理由は、このp拡散層4の深さ(厚さ)は、後述する残膜43の厚さに関係するためである。すなわち、p拡散層4の深さを30 μm 未満にすると、ウェハ40の反対面から行うハーフカットの残膜43の厚さも30 μm 未満となる。この厚さではウェハ40の割れ、欠けを防ぐため、ウェハ40を固着するガラス支持基板が必要になるからである。また、10 μm 未満となると、レーザー光が残膜43を透過するようになり、残膜43を透過したレーザー光がレーザーアニール装置のウェハステージに到達し、ステージにレーザー照射損傷を与える恐れも有る。一方、p拡散層4の深さを170 μm 超にすると、p拡散層4の形成に時間が掛かり過ぎて製造コストが増大する。また、前記したように横方向拡散によってチップサイズが増大し、ウェハ1枚当たりのチップの取れ数が減少したり、拡散用のマスクを厚くするなど製造コストが増大するからである。

30

40

【0076】

つぎに、図5において、第1主面2にデバイス表面構造6(ここでは便宜的にMOSゲート構造19のみ示した)を形成し、表面側に保護膜(パッシベーション膜17)を形成する。ここでは、図1のデバイス表面構造6として便宜的にMOSゲート構造19で代表させた。つぎに、図6において、第2主面3(裏面)を所定の厚さまでウェハ40を薄化する。

【0077】

つぎに、図7において、第1主面2と第2主面3を反転させ固定し、ウェハ40の第2

50

主面 3 (裏面) から第 1 主面 2 に向かって逆台形状のダイシング刃で溝 4 1 を形成する。この溝 4 1 は第 1 主面 2 に形成されている p 拡散層 4 に到達するように形成する。このとき、ウェハ 4 0 が分断されないように、ウェハ 4 0 を切断せずに 50 μm 程度の残膜 4 3 を残す。この残膜 4 3 の厚さは、p 拡散層 4 の深さより小さくする。これは、ダイシング刃で形成される溝 4 1 の側壁 (第 2 側壁 7) に形成される p 分離層 9 を p 拡散層 4 に接続させるには、溝 4 1 の底部が p 拡散層 4 に接する必要があるからである。

【0078】

そのため、p 拡散層 4 の深さが 30 μm の場合は残膜 4 3 の厚さを 30 μm 以下とする。この 30 μm の残膜 4 3 の厚さはガラス支持基板を不要とする程度の厚さである。また p 拡散層 4 の厚さが 170 μm の場合は残膜 4 3 の厚さは 170 μm 以下とする。

10

【0079】

なお、形成された溝 4 1 の側壁 (第 2 側壁 7) には、1 μm ~ 20 μm 程度のダメージ層 4 7 が生じるため、酸エッチング、あるいはドライエッチングによって 2 μm ~ 50 μm 程度の表層を除去する。ダメージ層 4 7 が浅い場合には必ずしもエッチングで除去しなくても構わない。

【0080】

ダメージ層 4 7 の深さが 1 μm 未満のダイシング刃を用いると、切断に時間が掛かり過ぎる。また、ダイシング刃が破損しやすい。一方、ダメージ層 4 7 の深さが 20 μm 超のダイシング刃を用いると、切断時に割れや欠けが発生しやすくなる。前記のことから、好ましくは、ダメージ層 4 7 の深さが 1 μm ~ 15 μm となるダイシング刃を用いるとよい。

20

【0081】

また、ダメージ層 4 7 のばらつきを考慮して、1 μm のダメージ層 4 7 をエッチングで除去するためには、余裕を持って 2 μm 程度除去すればよい。一方、20 μm のダメージ層 4 7 では、50 μm 除去すればダメージ層 4 7 はエッチングで除かれるのでよい。つまり、ダメージ層 4 7 の深さが 1 μm ~ 15 μm であるダイシング刃を用いた場合には、エッチングで除去する深さは、好ましくは、3 μm ~ 30 μm がよい。

【0082】

つぎに、図 8 において、第 2 主面 3 から形成した溝 4 1 の側壁 (第 2 側壁 7) ヘイオン注入によりボロン 4 8 などのドーパントを高いドーズ量で導入する。

30

【0083】

つぎに、図 9 において、デバイス表面構造 6 に熱的なダメージを与えないように、550 までの炉アニール (パッチ処理できる昇温した炉によるアニールのこと) もしくはレーザー光 4 9 を用いたレーザーアニールによってドーパント (ボロン 4 8) を活性化させ p 分離層 9 および p コレクタ層 8 を同時に形成する。

【0084】

つぎに、図 10 において、p 分離層 4 を形成し、p 分離層 4 を含むウェハ 4 0 の第 2 主面 3 の全面にコレクタ電極 1 8 を形成するために金属膜を堆積させる。なお、溝 4 1 の側面 (第 2 側壁 7) には必ずしも金属膜を堆積させなくても構わない。

【0085】

40

最後に、図 11 において、ダイシング領域 4 6 上のパッシベーション膜 1 7 を除去し、第 2 主面 3 をダイシングテープ 5 0 に貼り付けて、第 1 主面 2 (おもて面側) から、例えば 50 μm の厚さの残膜 4 3 とコレクタ電極 1 8 をダイシング領域 4 6 に沿って垂直にダイシング切断し、ウェハ 4 0 をチップ化して逆阻止 IGBT チップの製造工程が終了する。なお、ダイシング刃によるダイシング切断する代わりにレーザーで切断してもよい。このようにすることで、p 拡散層 4 の切断面が第 1 側壁 1 0 となる。

【0086】

実施例 1 では、ウェハ 4 0 の裏面 (第 2 主面 3) からの溝 4 1 を形成し、ウェハ 4 0 のおもて面 (第 1 主面 2) まで貫通させずにウェハ 4 0 が分断されない程度の残膜 4 3 を残すので、チップ形成領域 4 2 の各チップは分断されて落下することなく、ウェハ 4 0 の形

50

態が保たれる。そのため従来必要とされたガラス支持基板および粘着剤を必要としない。また、従来技術で説明したような、レーザーアニールでの粘着剤の露出の問題が生じず、スパッタ処理温度やスパッタ後のシンタリング温度も、粘着剤の耐熱温度の制限を受けない。

【0087】

このように、ガラス支持基板およびその粘着剤がないので、上記レーザーアニールによるp分離層9とpコレクタ層8に導入されたボロン48の活性化処理を同時に行うことができる。また、Al電極であるコレクタ電極18にダメージが発生しない程度の高い温度（～550 まで）で、炉によるアニールでp分離層9とpコレクタ層8のドーパント（ボロン48）活性化を同時に行うことができる。

10

【0088】

また、チップの分断は、コレクタ電極18の形成後のダイシングで行う。このときダイシング刃とそのマージン分だけ予めチップを大きくする必要がある。しかし、第1の従来例のようにp分離層を深い熱拡散で形成する場合に比べて、本実施例で示したp分離層9のチップに占める面積は大幅に小さくなるので、チップの大きさは大幅に縮小化できる。

【実施例2】

【0089】

図12は、この発明の第2実施例の半導体装置の製造方法を示す製造工程図であり、同図(a)はウェハの平面図、同図(b)は同図(a)のX1-X1線で切断した要部断面図、同図(c)は同図(a)のX2-X2線で切断した要部断面図、同図(d)は同図(a)のY-Y線で切断した要部断面図である。同図(d)の点線は溝41が形成されない部分のウェハ40の厚さを示したものである。図12は溝41を形成する工程で、ウェハ40の外周部44で溝41の深さを浅くした場合を示したものである。但し、溝41はウェハ40の外周端45まで形成されている。

20

【0090】

このように、ウェハ40の外周部44で溝41を浅く形成することで、残膜43の膜厚が外周端45に向かって厚くなる。そうすると、ウェハ40の外周部44での機械的強度が増加して、溝41に沿ってウェハ40が割れることを防止することができる。また、機械的強度が増すことで、ウェハ40のハンドリングが容易になる。

30

【実施例3】

【0091】

図13は、この発明の第3実施例の半導体装置の製造方法を示す製造工程図であり、同図(a)はウェハの要部工程平面図、同図(b)は同図(a)のY-Y線で切断した要部工程断面図である。同図(b)の点線は溝41が形成されない部分のウェハ40の厚さを示したものである。図13は溝41を形成する工程で、チップ形成領域42から外れた箇所まで溝41の深さを浅くして、溝41の一部がウェハ40の外周端45まで到達しないようにした場合を示したものである。

【0092】

このようにすることで、外周部44での残膜43の厚さが図12の場合より厚くなるので、図12の場合よりウェハ40をさらに割れにくくすることができる。また、機械的強度がさらに増すことで、ウェハ40のハンドリングが一層容易になる。

40

【実施例4】

【0093】

つぎに、実施例4にかかる半導体装置の製造方法について示す。図14～図20は、実施例4にかかる半導体装置の製造方法であり、工程順に示した要部製造工程断面図である。実施例4にかかる半導体装置の製造方法は、p分離層9と、pコレクタ層8とを、それぞれ異なる照射エネルギー密度のレーザー光を用いたレーザーアニールによって形成する。ここでは、厚さが、例えば500 μmのFZウェハを用いて、例えば、耐圧が1200 Vで、チップの厚さが200 μmの逆阻止IGBTを作製する場合について説明する。

【0094】

50

まず、図4に示すように、高温炉において、例えば温度が1300℃で、時間が75hr程度の熱拡散を行い、接合深さが、例えば100μm程度のp拡散層4を形成する。そして、図5に示すように、おもて面側のIGBT構造(MOSゲート構造19)を形成し、表面保護膜(パッシベーション膜17)を形成する。ここで、ゲート構造は、プレーナゲート構造でもよいし、トレンチゲート構造でもよい。そして、図6に示すように、第2主面3(裏面)を所定の厚さ(例えば、200μm)までウェハ40を薄化した後に、第1主面2と第2主面3を反転させ固定する。

【0095】

つぎに、図14に示すように、第2主面3の表面にアルミニウム(Al)膜61と、ネガレジスト膜62とを、この順に形成する。このようにすることで、ウェハの第2主面3とネガレジスト膜62の間には、Al膜61が形成される。Al膜61は、第2主面3であるシリコンにも、ネガレジスト膜62にも密着性が高いため、ネガレジスト膜62が剥離されにくくなる。

【0096】

なお、Al膜61は、アルミニウムにシリコンがドーピングされたAl-Si膜でもよいが、最終的に除去され、かつ成膜されてから除去されるまでの間に、スパイクが生じる程度に高温の熱処理が行われなため、純Al膜でもよい。ここで、Al膜61として純Al膜を形成する場合は、スパッタ法によって形成してもよいし、蒸着法によって成膜してもよい。

【0097】

また、Al膜61の膜厚は、0.05μmより厚く1μmより薄いことが好ましい。その理由は、Al膜61の膜厚が0.05μm以下の場合、その後のレーザーアニール工程において、レーザー光に対する反射膜としての機能が極端に低下するためである。さらに、Al膜61の膜厚が0.05μm以下の場合、スパッタ時間が極端に短くなり、膜厚の制御が困難になるからである。具体的には、スパッタの開始直後はプラズマ放電が安定しないため、スパッタ時間が短いと膜厚の均一性が低下するからである。また、Al膜61の膜厚が1μm以上の場合、その後のイオン注入工程において、Al膜61に覆われた部分のウェハに、Al膜61越しにボロンを注入することが困難であるからである。さらに、Al膜61の膜厚が1μm以上の場合、Al膜61が白濁化(ヘーズ化)してしまい、Al膜61のレーザー光に対する反射率が低下するためである。

【0098】

つぎに、図15に示すように、例えば両面マスクアライナーを用いて、第1主面2に形成されたパターンに対応するように、第2主面3の表面に形成されたAl膜61およびネガレジスト膜62に開口部を形成し、エッチングマスクを形成する。ここで、Al膜61およびネガレジスト膜62に開口部を形成する際には、ネガレジスト膜62が強い耐薬品性を有しているため、ドライエッチングよりも、燐酸と硝酸と酢酸の混合液によるウェットエッチングによって形成する方が簡便である。

【0099】

つぎに、図16に示すように、図15において形成されたエッチングマスクをマスクとして、例えばHBr、NF₃またはHe/O₂をエッチングガスとして用いたRIEドライエッチングによって、第2主面3のダイシング領域に溝41を形成する。このように、ネガレジスト膜62が溝41をエッチングする際のマスクとして機能する。また、このとき、RIEエッチングに用いるHe/O₂の流量を相対的に増加させて、溝41の側壁(第2側壁7)にテーパを持たせてもよい。具体的には、第2主面3に対する第2側壁7の傾斜角度を、例えば75°とする。

【0100】

ここで、第2主面3に対する第2側壁7の傾斜角度は、40°以上85°未満が好ましい。その理由は、例えば傾斜角度が40°未満であると、所望の深さの溝41を形成するために、溝41の幅が広くなりすぎて、コレクタ電極面積が小さくなるからである。また、例えば傾斜角度が85°より大きいと、後述するレーザーアニールの際に、レーザー光

10

20

30

40

50

の照射エネルギー密度を大きくしても、溝41の第2側壁7がほとんどレーザー光を吸収できないためドーパントを活性化させるのが困難であるからである(図30参照)。

【0101】

また、溝41の深さは、p拡散層4に到達するように形成する。具体的には、ウェハ40の厚さが200 μm 程度で、p拡散層4の拡散深さが100 μm 程度の場合、110 μm ~120 μm 程度とする。すなわち、p拡散層4を10 μm ~20 μm 程度エッチングするように溝41を形成することが好ましい。

【0102】

このようにすることで、溝41の底面から第1主面2までの距離が最も薄い残膜43の厚さが、80 μm ~90 μm 程度となり、支持基板などを貼り付けて強度を補強しなくても、機械的強度を十分に保つことができる。さらに、この溝41を形成する工程は、MOSゲート構造19などを形成した後の、逆阻止IGBTを生成するプロセスのほぼ最終段階であるため、溝41内を充填しなくてもよい。

【0103】

つぎに、図17に示すように、例えばレジスト剥離液OMR-502A(東京応化工業株式会社製)などのレジスト剥離液にウェハ40を浸漬して、ネガレジスト膜62を剥離する。

【0104】

つぎに、図18に示すように、第2主面3および溝41の第2側壁7へイオン注入によりボロン48などのドーパントを高いドーズ量で導入する。このとき、Al膜61で覆われた第2主面3に、Al膜61越しにボロン48を導入できるような注入エネルギーでイオン注入を行う。なお、上述したようにAl膜61の膜厚が1 μm より薄い場合は、通常のイオン注入装置によってAl膜61で覆われた第2主面3に、Al膜61越しにボロン48を導入することができる。

【0105】

なお、イオン注入の際の注入角度は、第2主面3に対して垂直方向でもよいし、第2側壁7に導入するドーズ量が増加するようなチルト角度をつけて、例えば4回に分けて注入してもよい。このように、チルト角度をつけて注入する機構は、通常のイオン注入装置に標準的に備わっている。

【0106】

つぎに、図19に示すように、第2主面3に対して、高い照射エネルギー密度の第1レーザー光63を照射することで、第2側壁7に導入されたドーパントを活性化させて、p分離層9を形成する。ここで、高い照射エネルギー密度とは、第2側壁7に導入されたドーパントを活性化することのできる程度照射エネルギー密度である。具体的には、第2側壁7の傾斜角度が、例えば75°の場合、照射エネルギー密度が、例えば5.4 J/cm^2 の第1レーザー光63を照射する。このとき、第2主面3の表面は、Al膜61で覆われており、このAl膜61によってレーザー光63が反射されるため、第2主面3に導入されたドーパントが活性化しない。そして、例えば磷酸、硝酸および酢酸の混合液を用いたウェットエッチングによって、Al膜61を除去する。

【0107】

つぎに、図20に示すように、Al膜61を除去することにより露出した第2主面3に対して、低い照射エネルギー密度の第2レーザー光64を照射することで、第2主面3に導入されたドーパントを活性化させて、pコレクタ層8を形成する。ここで、低い照射エネルギー密度とは、第2主面3に導入されたドーパントを活性化できる程度の照射エネルギー密度である。具体的には、照射エネルギー密度が1.4 J/cm^2 の第2レーザー光64を照射する。このとき、第2側壁7の傾斜角度が、例えば75°の場合、第2側壁7に照射される実効的な照射エネルギー密度は、0.36 J/cm^2 程度であるため、悪影響を与えない。

【0108】

このように、p分離層9と、pコレクタ層8とがそれぞれ異なる照射エネルギー密度の

10

20

30

40

50

レーザー光によるレーザーアニール処理によって形成される。その他の処理は、実施例 1 ~ 3 と同様のため、説明を省略する。

【0109】

上述したように、実施例 4 によれば、実施例 1 ~ 3 と同様の効果を得ることができる。さらに、側壁の傾斜角度が、例えば 60° 以上の溝が形成されている場合でも、溝の開口部が形成された平面に悪影響を与えず、かつ溝の側壁に導入されたドーパントを活性化することができる。

【実施例 5】

【0110】

つぎに、実施例 5 にかかる半導体装置の製造方法について示す。図 21 ~ 図 24 は、実施例 5 にかかる半導体装置の製造方法であり、工程順に示した要部製造工程断面図である。実施例 5 にかかる半導体装置の製造方法は、溝 41 をダイシング刃 72 を用いたーフカットダイシングによって形成し、かつ p 分離層 9 と、p コレクタ層 8 とを、異なる照射エネルギー密度のレーザーアニールによって形成する。ここでは、厚さが、例えば $500\ \mu\text{m}$ の FZ ウェハを用いて、例えば、耐圧が $1200\ \text{V}$ で、チップの厚さが $200\ \mu\text{m}$ の逆阻止 IGBT を作製する場合について説明する。

10

【0111】

まず、実施例 4 と同様に、第 1 主面 2 側に、p 拡散層 4、MOS ゲート構造 19、パッシベーション膜 17 を形成し、第 2 主面 3 (裏面) を所定の厚さ (例えば、 $200\ \mu\text{m}$) までウェハ 40 を薄化した後に、第 1 主面 2 と第 2 主面 3 を反転させ固定する。

20

【0112】

つぎに、図 21 に示すように、第 2 主面 3 の表面にアルミニウム (Al) 膜 61 のみを形成する。そして、図 22 に示すように、第 1 主面 2 に形成されたパターンに対応するように、第 2 主面 3 の表面に形成された Al 膜 61 のダイシング領域にアライメントマーク 71 を形成する。図 22 においては、例えば裏面マーキング装置を用いてマーキング処理を行う。

【0113】

図 25 は、裏面マーキング装置の構造について示す説明図である。図 25 に示すように、裏面マーキング装置 200 は、ステージ 201 と、CCD カメラ 205 と、レーザーマーキングユニット 206 と、を備えている。また、ステージ 201 には、開口部 210 が形成されている。

30

【0114】

つぎに、裏面マーキング装置 200 のマーキング処理の方法について説明する。まず、例えばすりガラスをステージ 201 の開口部 210 上に載せて、レーザーマーキングユニット 206 によってパワーを弱めたレーザー光をすりガラスに照射する。このすりガラスに照射されたレーザー光の輝点が、レーザーマーキングユニット 206 の加工中心である。そして、このすりガラスに照射されたレーザー光の輝点が、CCD カメラ 205 の出力モニタの中心、すなわち CCD カメラ 205 の観察中心になるように調整する。このようにして、CCD カメラ 205 の観察中心と、レーザーマーキングユニット 206 の加工中心とを、一致させる。

40

【0115】

つぎに、ウェハ 40 を第 1 主面 2 を下側、すなわち CCD カメラ 205 側にして、ステージ 201 の開口部 210 上に載せる。そして、CCD カメラ 205 によって第 1 主面 2 に形成されたパターンを観察して、このパターンに対応するように、レーザーマーキングユニット 206 によって第 2 主面 3 側にレーザー光を照射し、第 2 主面 3 のダイシング領域の略中央にアライメントマーク 71 を形成する。

【0116】

なお、マーキング処理においては、レーザー光の他に、インクジェットによるインク痕によってアライメントマーク 71 を形成してもよい。

【0117】

50

つぎに、図 2 3 に示すように、図 2 2 において形成されたアライメントマーク 7 1 で位置合わせを行い、刃先がテーパを有するダイシング刃 7 2 を用いて、ウェハ 4 0 が分断されないようにハーフカットを行う。図 2 3 においては、断面が逆台形状のダイシング刃 7 2 を示したが、形成される溝 4 1 の第 2 側壁 7 がテーパを有していれば、例えば断面が V 字状のダイシング刃 (図 2 (a) 参照) でもよい。このように、所望する溝 4 1 の形状や溝 4 1 の側壁の傾斜角度に応じて、ダイシング刃 7 2 の刃先の形状を調整すればよい。

【 0 1 1 8 】

ここで、ダイシング刃 7 2 を用いた切削では、ダイシングの際に切削粉が生じる。実施例 5 においては、第 2 主面 3 が Al 膜 6 1 により覆われているため、この Al 膜 6 1 が保護膜の機能を果たし、第 2 主面 3 が切削粉が衝突することによる衝撃を受けず、切削粉の付着による汚れが生じない。なお、ダイシング刃による切削では、切削面に機械的なダメージによってダメージ層 4 7 が生じる。

【 0 1 1 9 】

つぎに、図 2 4 に示すように、エッチングガス (または、エッチング溶液) 7 3 を用いたエッチングによってダメージ層を除去する。図 2 4 において、エッチングは、比較的 Al などの金属に対してマスク選択比を取ることができるドライエッチングでもよいし、Al が溶解しないようなエッチング液を用いたウェットエッチングでもよい。

【 0 1 2 0 】

ウェットエッチングを行う場合、具体的には、例えばグエン・ヤン (Guizhen Yan)、外 5 名、「アン インプルーブド TMAH Si エッチング ソリュウション ウィズアウト アタッキング イクスポーズド アルミニウム (An improved TMAH Si-etching solution without attacking exposed aluminum)」、センサー・アンド・アクチュエーターズ A (Sensors and Actuators A)、2001 年、第 A 8 9 巻、第 1 / 2 号、p 1 3 5 - 1 4 1 に記載されたように、TMAH (水酸化テトラメチルアンモニウム) 水溶液に、シリコンを溶解させ、さらに酸化剤 (例えば、ペルオキシ二硫酸アンモニウム) を混合させた溶液を用いることで、Al をほとんど溶解させずに、シリコンをエッチングすることができる。また、Al 膜の膜厚にもよるが、シリコンと比べると Al のエッチングレートが十分に小さいため、水溶液としてフッ硝酸を用いることもできる。その他の処理については、実施例 4 と同様のため、説明を省略する。

【 0 1 2 1 】

実施例 5 によれば、実施例 1 ~ 4 と同様の効果を得ることができる。さらに、例えば 1 2 0 0 V や 1 7 0 0 V などの異なる耐圧の逆阻止 IGBT を作製する場合でも、深さが、例えば 2 0 0 μm や 3 0 0 μm 程度の分離拡散層を形成する際に、ダイシング刃による切削によって溝を形成するために要する時間がほとんど変わらないため、短い時間で高い耐圧の逆阻止 IGBT を作製することができる。さらに、分離拡散層の深さに関わらず、熱拡散によって形成する分離層は同一の深さでよいいため、異なる耐圧の逆阻止 IGBT でも、同一の拡散処理、すなわち同一の条件で同一のバッチ内において行うことができる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 1 2 2 】

以上のように、本発明にかかる半導体装置の製造方法は、電力変換装置などに使用されるパワー半導体装置に有用であり、特に、逆阻止型デバイスに適している。

【 符号の説明 】

【 0 1 2 3 】

- 1 n 半導体基板
- 2 第 1 主面
- 3 第 2 主面
- 4 p 拡散層
- 5 活性領域

10

20

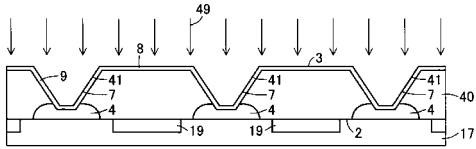
30

40

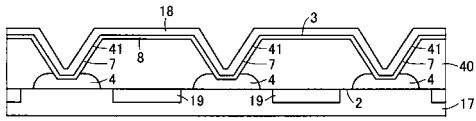
50

6	デバイス表面構造	
7	第2側壁	
8	pコレクタ層	
9	p分離層	
10	第1側壁	
11	pウエル領域	
12	nエミッタ領域	
13	ゲート絶縁膜	
14	ゲート電極	
15	層間絶縁膜	10
16	エミッタ電極	
17	パッシベーション膜	
18	コレクタ電極	
19	MOSゲート構造	
31	V字状のダイシング刃	
32	逆台形状のダイシング刃	
33	U字状のダイシング刃	
40	ウェハ	
41	溝	
42	チップ形成領域	20
43	残膜	
44	外周部	
45	外周端	
46	ダイシング領域	
47	ダメージ層	
48	ボロン	
49	レーザー光	
50	ダイシングテープ	
51	ダイシング刃	
61	A1膜	30
62	ネガレジスト膜	
63	第1レーザー光	
64	第2レーザー光	
71	アライメントマーク	
72	刃先がテーパを有するダイシング刃	
73	エッチングガス(または、エッチング溶液)	
200	裏面マーキング装置	
201	ステージ	
205	CCDカメラ	
206	レーザーマーキングユニット	40
210	開口部	

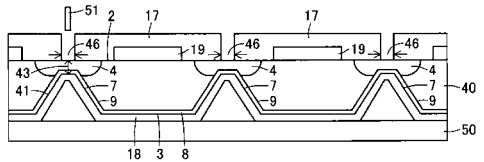
【図9】



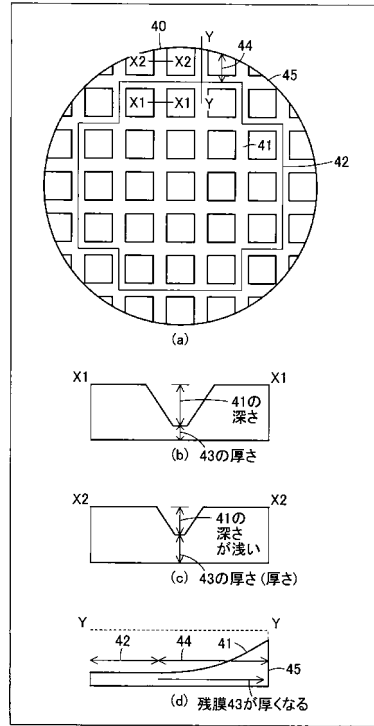
【図10】



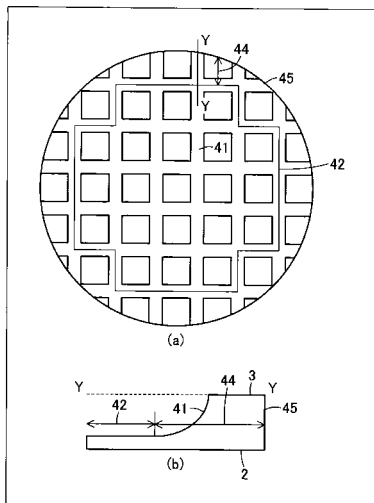
【図11】



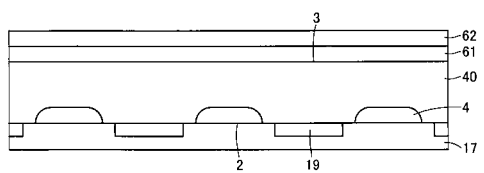
【図12】



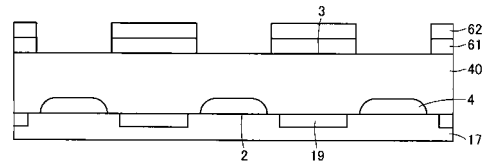
【図13】



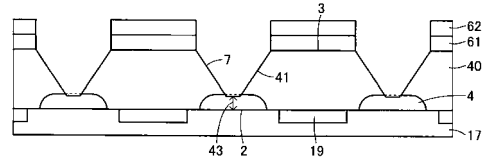
【図14】



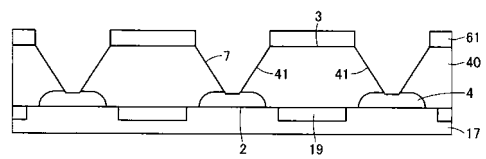
【図15】



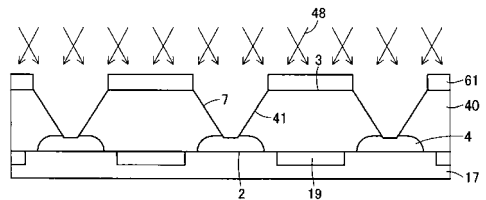
【図16】



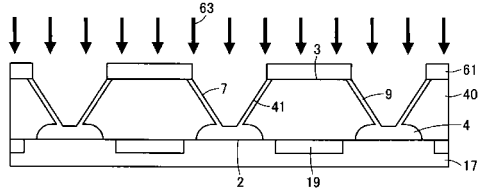
【図17】



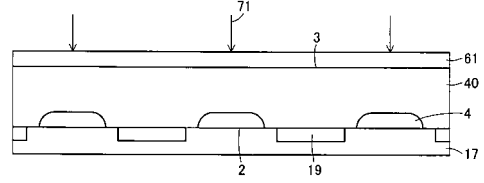
【図18】



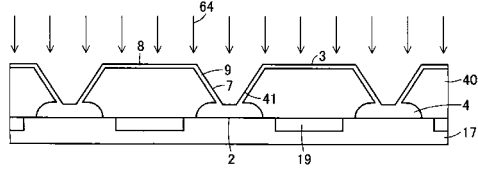
【図19】



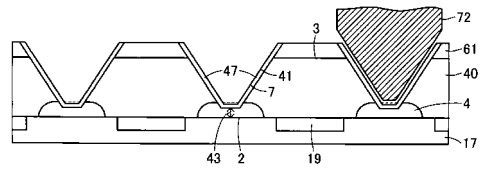
【図22】



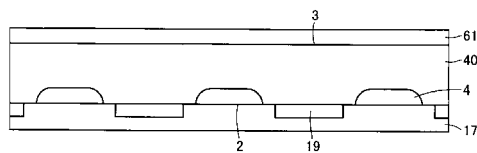
【図20】



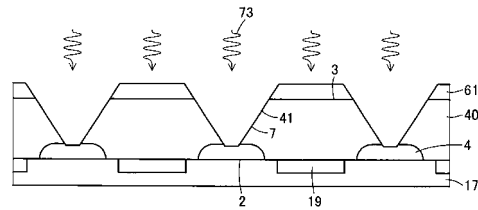
【図23】



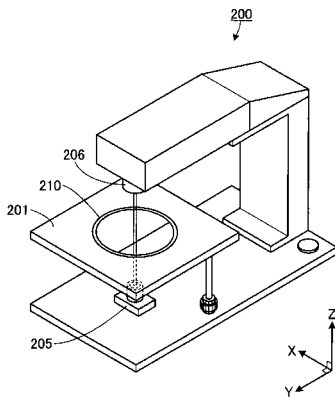
【図21】



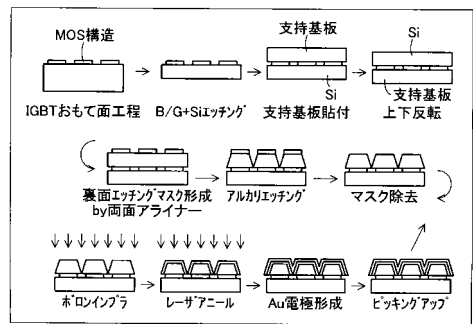
【図24】



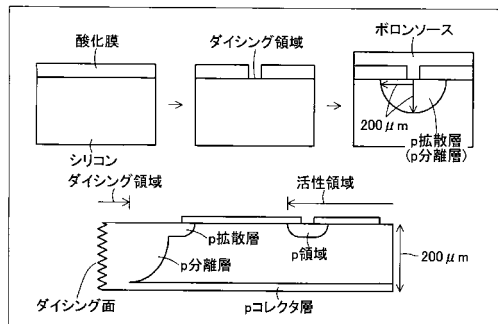
【図25】



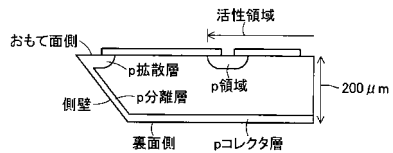
【図27】



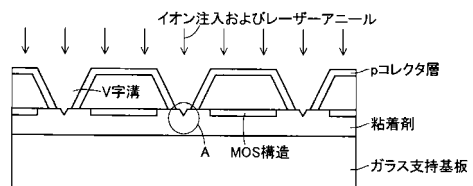
【図26】



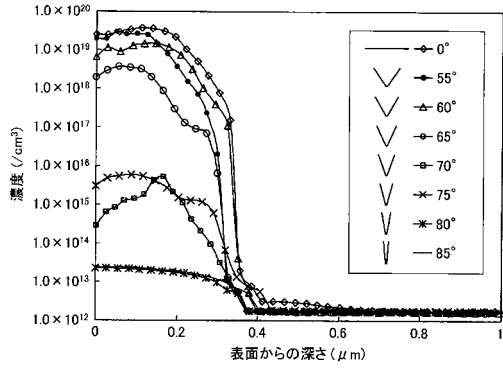
【図28】



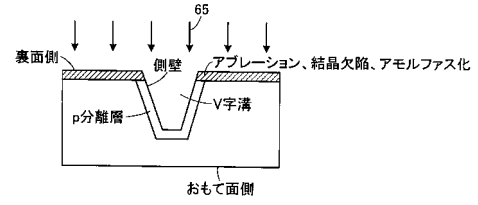
【図29】



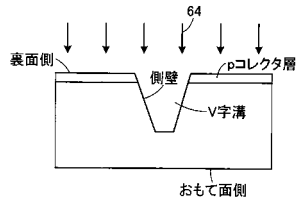
【図30】



【図32】



【図31】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2001-185727(JP,A)
特開2006-303410(JP,A)
特開2007-096078(JP,A)
特開2007-273941(JP,A)
特開2003-124151(JP,A)
特開2004-363517(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 29/78
H01L 21/265
H01L 21/301
H01L 21/3065
H01L 21/336
H01L 21/76
H01L 21/761
H01L 29/06
H01L 29/739