

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5967211号
(P5967211)

(45) 発行日 平成28年8月10日(2016.8.10)

(24) 登録日 平成28年7月15日(2016.7.15)

(51) Int. Cl.			F I		
HO 1 L	21/02	(2006.01)	HO 1 L	21/02	C
HO 1 L	21/683	(2006.01)	HO 1 L	21/68	N
B 2 3 K	26/00	(2014.01)	B 2 3 K	26/00	H
B 2 3 K	26/57	(2014.01)	B 2 3 K	26/57	
CO 9 J	183/06	(2006.01)	CO 9 J	183/06	

請求項の数 10 (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2014-541447 (P2014-541447)	(73) 特許権者	000005234
(86) (22) 出願日	平成26年4月4日(2014.4.4)		富士電機株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2014/059989		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	W02014/163188	(74) 代理人	100099623
(87) 国際公開日	平成26年10月9日(2014.10.9)		弁理士 奥山 尚一
審査請求日	平成26年8月22日(2014.8.22)	(74) 代理人	100096769
(31) 優先権主張番号	特願2013-78570 (P2013-78570)		弁理士 有原 幸一
(32) 優先日	平成25年4月4日(2013.4.4)	(74) 代理人	100107319
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 松島 鉄男
		(74) 代理人	100161001
			弁理士 渡辺 篤司
		(72) 発明者	立岡 正明
			神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
			富士電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体デバイスの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体デバイスの製造方法であって、
 シランカップリング剤を用いて、半導体ウエハの裏面の少なくとも一部と、支持基板とを接着する裏面接着工程と、
 前記半導体ウエハのおもて面に機能構造を形成する機能構造形成工程と、
 前記半導体ウエハと前記支持基板との接着界面に、半導体ウエハを透過するレーザー光の集光点を合わせて照射して、前記接着界面の外周部の一部に破断層を形成する破断層形成工程と、
 前記破断層を剥離する破断層剥離工程と、
 前記接着界面を剥離する接着界面剥離工程と、
 前記半導体ウエハの裏面に裏面処理をする裏面処理工程と
 を含み、前記裏面接着工程において、前記シランカップリング剤が前記半導体ウエハと前記支持基板との両方に結合する、半導体デバイスの製造方法。

【請求項2】

前記裏面処理工程の前に、前記半導体ウエハのおもて面の機能構造を形成しない外周領域に、リング状の支持基板を接着するおもて面接着工程を含む請求項1記載の半導体デバイスの製造方法。

【請求項3】

前記リング状の支持基板の接着は、シランカップリング剤を用いて行う請求項2記載の

半導体デバイスの製造方法。

【請求項 4】

前記半導体ウエハと前記支持基板との接着界面にボイドが存在する請求項 1 ~ 請求項 3 のいずれかに記載の半導体デバイスの製造方法。

【請求項 5】

前記レーザー光が、前記支持基板が接着した半導体ウエハの側面から前記接着界面に照射される請求項 1 ~ 請求項 4 のいずれかに記載の半導体デバイスの製造方法。

【請求項 6】

前記レーザー光が、前記接着界面と垂直な方向から前記接着界面に照射される請求項 1 ~ 請求項 5 のいずれかに記載の半導体デバイスの製造方法。

10

【請求項 7】

前記半導体ウエハが Si ウエハ、SiC ウエハ、および GaN ウエハから選ばれるいずれかのウエハである請求項 1 ~ 請求項 6 のいずれかに記載の半導体デバイスの製造方法。

【請求項 8】

前記支持基板が高耐熱ガラス、Si ウエハ、表面に SiO₂ 層を有する Si ウエハ、および SiC ウエハから選択されるいずれかの基板である請求項 1 ~ 請求項 7 のいずれかに記載の半導体デバイスの製造方法。

【請求項 9】

前記シランカップリング剤が、ビニルシラン、エポキシシラン、スチリルシラン、メタクリルシラン、アクリルシラン、アミノシラン、ウレイドシラン、メルカプトシラン、スルフィドシラン、イソシアネートシランから選択される少なくとも 1 種である請求項 1 ~ 請求項 8 のいずれかに記載の半導体デバイスの製造方法。

20

【請求項 10】

前記裏面接着工程前の前記半導体ウエハの厚さが 6 インチ径で 300 μm 未満、8 インチ径で 400 μm 未満である請求項 1 ~ 請求項 9 のいずれかに記載の半導体デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体ウエハに支持基板を接着する方法を用いた半導体デバイスの製造方法に関する。

30

【背景技術】

【0002】

近年、半導体デバイスの小型化や高密度化が急速に進んでいる。これに伴い、デバイスに使用される半導体素子の薄膜化が求められており、半導体ウエハの厚さを 100 μm 以下にする必要性が生じている。半導体ウエハの厚さを 100 μm 以下に研削することや、100 μm 以下の半導体ウエハを用いてデバイス形成する場合、半導体ウエハの強度が不十分であることにより反りが生じてしまうため、半導体ウエハ単体で、研削することや、デバイス形成することは不可能であった。そこで、半導体ウエハの強度を補って反りが生じることを防止するため、支持基板を半導体ウエハに貼り合わせ、研削やデバイス形成を行う技術が開発されてきた。

40

【0003】

支持基板を半導体ウエハに貼り合わせる技術としては、例えば、ポリイミドやエポキシ樹脂等の有機系接着剤や、低融点ワックスを用いて、半導体ウエハを支持基板に接着する技術がある（特許文献 1、2）。この技術では、半導体ウエハを有機系接着剤や低融点ワックスによって支持基板に固定し、研削やデバイス形成して薄膜化を行う。研削後やデバイス形成後は、光照射によって有機系接着剤を分解させたり、熱を印加することでワックスを融解させたりして、支持基板から半導体ウエハを剥離する。

【0004】

支持基板を半導体ウエハに貼り合わせる技術としては、上記有機系接着剤や低融点ワッ

50

クスの他、保護テープにより半導体ウエハを支持基板に固定する技術も挙げられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2004-64040号公報

【特許文献2】特開平6-29385号公報

【特許文献3】特開2006-43713号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

有機系接着剤として用いられるポリイミドの耐熱温度は400 以下、エポキシ樹脂の耐熱温度は200 程度である。また、低融点ワックスの耐熱温度は、100 以下である。したがって、拡散温度として1000 程度の高温プロセスを含む工程を経て半導体デバイスを作製する必要がある場合には、このような有機系接着剤や低融点ワックスは、上記高温プロセスにて半導体ウエハを支持基板に接着したままの状態を保持することができないため、使用することができない。

【0007】

一方、保護テープについても、接着剤と同様に耐熱性に問題があり、上記のような高温プロセスを含む半導体デバイスの作製には適していない。また、保護テープの場合は、保護テープを剥離する際に、その粘着力により半導体ウエハに割れや欠けを生じさせるおそれがある。

【0008】

本発明は、以上説明した点に鑑みてなされたものであり、本発明の目的は、高温プロセスにて半導体ウエハを支持基板に接着したままの状態を保持することが可能な、半導体ウエハに支持基板を接着する方法、および半導体デバイス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】

【0009】

上記の問題を解決するために、本発明者は、高温プロセスに適用可能な、半導体デバイスの製造方法について鋭意検討を行った。その結果、シランカップリング剤を用いて半導体ウエハに支持基板を接着すれば、高温プロセスに適用可能であることがわかった。また、半導体ウエハと支持基板との接着界面にレーザー光を照射すれば、半導体ウエハから支持基板を剥離することが可能であり、シランカップリング剤による半導体ウエハへの支持基板の接着および剥離により、高温プロセスを含む工程を経て半導体デバイスを製造することが可能となることがわかった。本発明者は、これらの知見を得て、本発明を想到するに至った。

【0010】

すなわち、本発明は、半導体デバイスの製造方法であって、シランカップリング剤を用いて、半導体ウエハの裏面の少なくとも一部と、支持基板とを接着する裏面接着工程と、前記半導体ウエハのおもて面に機能構造を形成する機能構造形成工程と、前記半導体ウエハと前記支持基板との接着界面に、半導体ウエハを透過するレーザー光の集光点を合わせて照射して、前記接着界面の外周部の少なくとも一部に破断層を形成する破断層形成工程と、前記破断層を剥離する破断層剥離工程と、前記接着界面を剥離する接着界面剥離工程と、前記半導体ウエハの裏面に裏面処理をする裏面処理工程とを少なくとも含む半導体デバイスの製造方法、である。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、1000 程度の高温プロセスに適用可能な半導体ウエハに支持基板を接着する方法を用いた半導体デバイスの製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【 0 0 1 2 】

【図 1】本発明の半導体デバイスの製造方法の一例を示すプロセスフローである。

【図 2】第 1 実施形態とは異なる本発明の半導体デバイスの製造方法の一例を示すプロセスフローである。

【図 3】本発明の製造方法のうち、裏面接着工程を示す断面図である。

【図 4】本発明の製造方法のうち、機能構造形成工程、破断層形成工程、破断層剥離工程、および接着界面剥離工程を示す断面図である。

【図 5】本発明にかかる破断層剥離工程と接着界面剥離工程を説明する半導体ウエハの断面図と平面図である。

【図 6】本発明の製造方法のうち、おもて面接着工程を示す断面図である。

10

【図 7】支持基板 3 b の斜視図である。

【図 8】機能構造形成工程後の半導体ウエハのおもて面を表す平面図である。

【図 9】おもて面側の破断層形成工程、おもて面側の破断層剥離工程、おもて面側の接着界面剥離工程を示す断面図である。

【図 10】半導体ウエハと支持基板との接着界面にボイドが存在する半導体ウエハおよび支持基板の断面図 (a) (b)、および超音波映像写真 (c) である。

【図 11】本発明にかかる破断層剥離工程と接着界面剥離工程の一実施形態を示す断面図である。

【図 12】図 11 とは異なる本発明にかかる破断層剥離工程と接着界面剥離工程の一実施形態を示す断面図である。

20

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 3 】

以下に、本発明の実施の形態について、その一態様を説明する。ただし、本発明は、以下に説明する実施の形態によって限定されるものではない。

【 0 0 1 4 】

本発明の半導体デバイスの製造方法は、裏面接着工程と、機能構造形成工程と、破断層形成工程と、破断層剥離工程と、接着界面剥離工程と、裏面処理工程とを少なくとも含む。裏面接着工程は、シランカップリング剤を用いて、半導体ウエハの裏面の少なくとも一部と、支持基板とを接着する工程である。機能構造を形成する際の高温加熱等により、半導体ウエハに変形や反りが生じないように、支持基板を接着する。また、機能構造を形成する過程においても、半導体ウエハと支持基板との接着性を十分に確保するべく、シランカップリング剤を使用する。シランカップリング剤は、半導体ウエハおよび支持基板のいずれにも塗付することが可能であり、半導体ウエハと支持基板の両方に塗付することもできる。裏面接着工程では、機能構造の形成を阻害することや、形成した機能構造を損傷することなく、半導体ウエハに支持基板を十分に接着することが要求される。このような接着が出来るのであれば、半導体ウエハの裏面の全面と支持基板とを接着する必要は無く、裏面の少なくとも一部と支持基板とを接着すれば足りる。なお、シランカップリング剤とは、分子内に反応性官能基と加水分解性基を併せ持ち、有機物質と無機物質を結合する性質を持つ有機ケイ素化合物である。反応性官能基としては、アミノ基、エポキシ基、ビニル基などがあり、加水分解性基としては、メトキシ基、エトキシ基などがある。反応性官能基を介して有機物質と結合し、また、加水分解性基は、加水分解して無機物質と結合する。

30

40

【 0 0 1 5 】

シランカップリング剤の塗付は、通常の方法により行うことができる。シランカップリング剤は主に純水を含む溶液に希釈して用いられ、例えば、刷毛、ローラー、スプレー、スピンドクター等によって塗付される。また、シランカップリング剤は、加熱により半導体ウエハおよび支持基板と結合する。シランカップリング剤の結合は、通常の方法により行うことができる。例えば、90 ~ 200 で10分~6時間加熱することによりシランカップリング剤が半導体ウエハと支持基板を接着することができる。

【 0 0 1 6 】

50

ここで、本発明の半導体デバイスの製造方法にかかる製造工程において、工程に投入する半導体ウエハの厚さが、設計上の仕上りの厚さより厚い場合は、裏面接着工程後、半導体ウエハの厚さを減じるための薄化工程を設けることができる。薄化工程は、半導体ウエハの支持基板が接着されていないおもて面を研削や研磨を行って、半導体ウエハの厚さを初期の厚さより薄くするものである。半導体ウエハの支持基板が接着されていないおもて面は、次の機能構造形成工程で機能構造を形成できるように、平坦に加工される。

【0017】

機能構造形成工程は、半導体ウエハのおもて面に機能構造を形成する工程である。この工程としては、例えば、Pwellや酸化膜を形成するガードリング形成工程、チャンネル領域イオン注入および熱処理、酸化膜の除去、トレンチの形成、ゲート酸化膜の形成、ポリシリコン層の形成を行うゲート形成工程、N型不純物イオン注入および熱処理を行うエミッタ形成工程、およびP型不純物イオン注入および熱処理、層間絶縁膜の形成、電極の形成を行うコンタクト形成工程等を含む工程が挙げられる。

10

【0018】

破断層形成工程は、半導体ウエハと支持基板との接着界面に、半導体ウエハを透過するレーザー光の集光点を合わせて照射して、接着界面の外周部の少なくとも一部に破断層を形成する工程である。破断層は、レーザー光により改質された層であり、支持基板を剥離する際の起点となる層である。なお、前記接着界面とは、半導体ウエハと支持基板の界面であり、シランカップリング剤層を含むものである。

【0019】

レーザーによる切断方法は、Si半導体ウエハのダイシング技術として既に知られている（例えば特許文献3）。この切断方法は、半導体ウエハ内部にレーザーの焦点を合わせるとともにチップ化切断線に沿って格子状にレーザー照射を走査させる。これにより、半導体ウエハ内部に破断層を有する切断部をチップ化切断線に沿って格子状に形成する。その後、半導体ウエハを半導体ウエハに貼り合わせたダイシングテープごと機械的にエキスパンドすることにより分割しチップ化する方法である。この方法はステルスダイシングとも呼ばれている。従来のようにSi半導体ウエハ表面にSi材料に吸収性の高い波長のレーザー光の焦点を合わせるレーザースクライブ方式ではアブレーションが生じ易く、Siの一部が溶融微粒子となって飛び散り、特に切断部エッジ周辺にはSiの溶融微粒子が固まり、Siのデブリが発生するため綺麗な切断面にならない。そのため、半導体ウエハを透過するレーザー光を用いて、半導体ウエハ内部に前記レーザー光の焦点を合わせる。そうすることにより、半導体ウエハ表面にはレーザー光の痕跡を残さずに、半導体ウエハ内部のみに破断層を形成することができる。前記破断層は、前記レーザー光によって半導体ウエハの単結晶構造が壊された状態にされているので、半導体ウエハ自体の機械的強度に比べて、破断層の機械的強度は弱くなっている。それゆえ、破断層を境に剥離され易い状態になる。本発明においては、半導体ウエハと支持基板との接着界面に集光点を合わせて、半導体ウエハを透過するレーザー光を照射する。そして、接着界面の一部に破断層を形成する。破断層は、接着界面の外周部全体に形成してもよく、外周部の一部に形成してもよい。

20

30

【0020】

具体的には、半導体ウエハを透過するレーザー光を、支持基板の外周へ半導体ウエハの側面方向から接着界面内部に焦点を合わせるように照射し、外周に沿ってある程度以上の長さでリング状にまたは半導体ウエハ外周の一部領域に所要の範囲に照射することにより、それぞれ破断層を形成する。形成された破断層は機械的強度が弱いので、その破断層は容易に剥離でき、その剥離を起点に半導体ウエハの中心部に向かって亀裂が生じる。この亀裂は、結合の弱い接着界面に沿って走るので、半導体ウエハと支持基板とを徐々に引き離すと剥離することができる。

40

【0021】

破断層剥離工程は、前記破断層形成工程にてレーザー光により改質された破断層を剥離する工程である。半導体ウエハと支持基板とをそれぞれ固定し、接着界面の破断層を破断

50

する方向、例えば接着界面と平行な方向や接着界面と垂直な方向へ力を加えることにより、破断層が剥離する。半導体ウエハおよび支持基板の固定方法としては、例えば半導体ウエハのおもて面と支持基板の裏面をそれぞれ吸着装置やウエハ固定ステージを用いて真空チャック、静電チャックする方法等が挙げられる。

【 0 0 2 2 】

接着界面剥離工程は、レーザー光により改質されていない接着界面を剥離する工程である。破断層剥離工程と同様に接着界面を破断する方向、例えば接着界面と平行な方向や接着界面と垂直な方向へ力を加えることにより、破断層の剥離を起点に接着界面に沿って亀裂が生じ、剥離することができる。破断層剥離工程と同様に、半導体ウエハと支持基板とを別々に固定して接着界面を剥離する。接着界面剥離工程は、破断層の形成状態に応じて、破断層剥離工程後あるいは破断層剥離工程と同時に進行する工程である。

10

【 0 0 2 3 】

本発明の半導体デバイスの製造方法は、上記工程の他、半導体ウエハのおもて面を真空チャック、静電チャック等で固定しながら半導体ウエハを冷却し、一方で、支持基板をランプ、レーザー、ホットプレート等で加熱する事により、半導体ウエハと支持基板の熱膨張差で剥離するといった工程を含んでもよい。

【 0 0 2 4 】

裏面処理工程は、半導体ウエハの裏面に裏面処理をする工程である。この工程としては、イオン注入および熱処理、電極の形成等を含む工程が挙げられる。

【 0 0 2 5 】

本発明の半導体装置の製造方法は、上記工程の他、半導体ウエハを個々のチップに分割するダイシング工程や、半導体ウエハのおもて面のAl電極上にAu/Ni膜を形成するめっき工程、といった工程を含むことができる。

20

【 0 0 2 6 】

本発明の半導体デバイスの製造方法において、前記裏面処理工程の前に、前記半導体ウエハのおもて面の機能構造を形成しない外周領域に、リング状の支持基板を接着するおもて面接着工程を含むことができる。この工程により、裏面処理によって生じるおそれのある半導体ウエハの変形や反りを防止することができる。半導体ウエハのおもて面には機能構造が形成されている領域があり、この領域に支持基板を接着すると、機能構造が破壊されるおそれがある。そこで、半導体ウエハの機能構造を形成しない外周領域に、リング状の支持基板を接着することで、半導体ウエハを補強する。

30

【 0 0 2 7 】

上記おもて面接着工程において、前記リング状の支持基板の接着は、シランカップリング剤を用いて行うことができる。シランカップリング剤であれば、高温プロセスを有する裏面処理の過程においても、半導体ウエハと支持基板との接着性を十分に確保することができる。シランカップリング剤は、半導体ウエハおよび支持基板のいずれにも塗付することが可能であり、半導体ウエハと支持基板の両方に塗付することもできる。

【 0 0 2 8 】

本発明の半導体デバイスの製造方法では、前記半導体ウエハと前記支持基板との接着界面にボイドが存在してもよい。接着界面に未接着部分としてボイドのような隙間があることにより、接着界面剥離工程において接着界面の剥離が容易となる。ボイドは、ボイドを形成する処理により形成することができる。また、自然発生的に存在する場合がある。

40

【 0 0 2 9 】

本発明の半導体装置の製造方法では、破断層形成工程において、前記レーザー光が、前記支持基板が接着した半導体ウエハの側面から前記接着界面に照射されることが好ましい。半導体ウエハ表面には、酸化膜、Poly-Si膜、金属膜等から成るデバイスが形成されている場合があり、この場合にはレーザー光が透過されずに前記接着界面に照射されない。また、レーザー光の照射によりデバイスの機能を阻害してしまう場合がある。半導体ウエハの側面は、半導体ウエハの外周部を形成する面である。

【 0 0 3 0 】

50

本発明の半導体装置の製造方法では、前記レーザー光が、前記接着界面と垂直な方向から前記接着界面に照射されることも好ましい。その場合、半導体ウエハ側からでも支持基板側からでもかまわない。半導体ウエハ側の場合はデバイスに影響を与えない程度のレーザー出力であればよい。ただし、垂直方向から傾いた斜め方向からレーザー光を照射した場合、支持基板表面で反射し十分なエネルギーを接着界面に伝える事ができない場合がある。またレーザー照射装置内外に損傷を与えてしまう可能性がある。Siウエハ表面には、酸化膜、Poly-Si膜、金属膜等から成るデバイスが形成されているため、レーザー光が透過されないからである。

【0031】

本発明の半導体デバイスの製造方法において、半導体ウエハとしては、Siウエハを用いることができるが、これに限定されることなく、SiCウエハ、およびGaNウエハを採用することができる。

10

【0032】

本発明の半導体デバイスの製造方法では、支持基板に高耐熱ガラス、Siウエハ、表面にSiO₂層を有するSiウエハ、およびSiCウエハから選択されるいずれかの基板を用いることが好ましい。なお、高耐熱ガラスとしては、石英ガラス、ホウ珪酸ガラス、アルミノ珪酸ガラスなどがある。これらの基板であれば、シランカップリング剤との接着性が良好であり、また、半導体ウエハの強度を十分に補うことができるからである。表面にSiO₂層を有するSiウエハは、半導体ウエハと接着する接着面または当該接着面の裏面の少なくとも一方にSiO₂層を有するSiウエハである。

20

ここで、支持基板の厚みは、厚い方が半導体ウエハの強度を補うことができるが、過剰に厚い支持基板は製造装置間の搬送や製造装置内での取り扱いの支障となることがある。したがって、半導体ウエハと支持基板の貼り合わせ後の厚さが、一般的な半導体ウエハの投入時の厚さ（例えば600μm～700μm）となるものを使用することができる。また、接着界面剥離工程により半導体ウエハと分離する支持基板は、半導体ウエハの補強に繰り返し用いることができる。

【0033】

本発明の半導体装置の製造方法において、シランカップリング剤が、ビニルシラン、エポキシシラン、スチリルシラン、メタクリルシラン、アクリルシラン、アミノシラン、ウレイドシラン、メルカプトシラン、スルフィドシラン、イソシアネートシランから選択される少なくとも1種であることが好ましい。これらのシランカップリング剤は、半導体ウエハや支持基板への密着性が良好であり、また、1000程度の高温プロセスに適用可能な耐熱性を有するからである。

30

【0034】

Siウエハを半導体ウエハとして用いる場合には、シランカップリング剤のメトキシ基等の加水分解性の官能基が加水分解されて生じた水酸基と、Siウエハ表面の水酸基が引き合い、加熱によって脱水して、Si-O-Si-Cができ、シランカップリング剤とSiウエハは結合する。その他の半導体ウエハも同様の機構で結合する。また、同様の機構でシランカップリング剤と支持基板も結合する。そして、シランカップリング剤は半導体ウエハ上で分子長よりも充分厚い膜厚で塗布されている。したがって、シランカップリング剤には、半導体ウエハと結合していない加水分解性の官能基も多く存在しており、これが支持基板と結合する。半導体ウエハと支持基板に存在するシランカップリング剤の反応性官能基同士が共重合反応を起こすことにより、半導体ウエハと支持基板は結合する。つまり、加熱により、シランカップリング剤を介して、半導体ウエハと支持基板は結合し、半導体ウエハ、シランカップリング剤、支持基板の積層構造とすることができる。したがって、シランカップリング剤の塗布前にはUV、オゾン処理などの前処理をおこなってもよい。

40

【0035】

ビニルシランとしては、ビニルトリエトキシシラン、ビニルトリメトキシシラン、ビニルトリス(2-メトキシエトキシ)シラン、およびビニルメチルジメトキシシランが、エ

50

ポキシシランとしては、2 - (3, 4 - エポキシシクロヘキシル) エチルトリメトキシシラン、3 - グリシドキシプロピルトリメトキシシラン、3 - グリシドキシプロピルトリエトキシシラン、3 - グリシドキシプロピルメチルジエトキシシラン、および3 - グリシドキシプロピルトリエトキシシランが、スチリルシランとしては、p - スチリルトリメトキシシランが、メタクリルシランとしては、3 - メタクリロキシプロピルメチルジメトキシシラン、3 - メタクリロキシプロピルトリメトキシシラン、3 - メタクリロキシプロピルメチルジエトキシシラン、および3 - メタクリロキシプロピルトリエトキシシランが、アクリルシランとしては、3 - アクリロキシプロピルトリメトキシシランが、アミノシランとしては、N - 2 - (アミノエチル) - 3 - アミノプロピルメチルジメトキシシラン、N - 2 - (アミノエチル) - 3 - アミノプロピルトリメトキシシラン、N - 2 - (アミノエチル) - 3 - アミノプロピルトリエトキシシラン、3 - アミノプロピルトリメトキシシラン、3 - アミノプロピルトリエトキシシラン、3 - トリエトキシシリル-N-(1, 3 - ジメチル-ブチリデン)プロピルアミン、N - フェニル - 3 - アミノプロピルトリメトキシシラン、およびN - (ビニルベンジル) - 2 - アミノエチル - 3 - アミノプロピルトリメトキシシランの塩酸塩が、ウレイドシランとしては、3 - ウレイドプロピルトリエトキシシランが、メルカプトシランとしては、3-メルカプトプロピルメチルジメトキシシラン、および3-メルカプトプロピルトリメトキシシランが、スルフィドシランとしては、ビス(トリエトキシシリルプロピル)テトラスルフィドが、イソシアネートシランとしては、3 - イソシアネートプロピルトリエトキシシランが挙げられる。

10

【0036】

20

本発明の半導体デバイスの製造方法において、前記裏面接着工程前の前記半導体ウエハの厚さは6インチ径で300 μm未満、8インチ径で400 μm未満であることが好ましい。これらの厚さであれば、研削や化学機械的研磨等により半導体ウエハを薄くする際に破棄する部分を減らすことができるため、半導体ウエハコストを十分に低減することができる。また、半導体デバイスの仕上がり時点での半導体ウエハの厚さは、半導体デバイスの所望の特性に対応して選択されるものである。例えば、数10 μm ~ 200 μmである。

【0037】

次いで、本発明の半導体デバイスの製造方法の実施の形態について、図面を参照してさらに具体的に説明する。この場合において、本発明は図面を参照した実施形態に限定されるものではない。

30

【0038】

第1実施形態

図1は、本発明の半導体デバイスの製造方法の一例を示すプロセスフローである。図1のステップS101において、半導体ウエハを製造工程に投入する。この半導体ウエハは、Si製のウエハであり、その厚さは、6インチ径で厚さ500 μmである。次のステップS102の裏面接着工程で半導体ウエハに支持基板を貼り合わせるため、製造工程への投入時の半導体ウエハの厚さは500 μmより薄くすることができる。例えば300 μm程度の厚さの半導体ウエハを投入することができる。このように、製造工程への投入時の厚さが薄い半導体ウエハを用いることで、後述する薄化工程で除去するSiの量を減らすことができる。

40

【0039】

次にステップS102の裏面接着工程において、シランカップリング剤を用いて、半導体ウエハの裏面の全面もしくは一部分と支持基板とを接着する。機能構造を形成する際の高温加熱等により、半導体ウエハに変形や反りが生じないように、支持基板を接着する。支持基板は、半導体ウエハと接着する面が、例えば半導体ウエハと同じ断面を有する形状のものを使用することができる。ここで、シランカップリング剤は、半導体ウエハの裏面のみ塗布してもよく、支持基板のみに塗布してもよい。また、半導体ウエハの裏面と支持基板の双方に塗布してもよい。また、シランカップリング剤は、半導体ウエハおよび支持基板の塗布面の全面に塗布してもよいし、接着面の一部分でもよい。すなわち、所望の接

50

着強度が得られ、後述の半導体デバイスの製造工程に支障がなければ、接着対象面の一部分を接着すればよい。

半導体ウエハと支持基板との接着は、例えば、シランカップリング剤を介して半導体ウエハと支持基板とを積層して積層体とし、100で2時間の熱処理を行うことにより、完了することができる。また、1.5気圧から5気圧の範囲で加圧してもよい。

【0040】

次に、ステップS103の薄化工程において、半導体ウエハを薄化する。半導体ウエハに半導体デバイスが形成された仕上がり時点の半導体ウエハの厚さは、半導体デバイスの耐圧に応じて40 μm ~120 μm 程度である。ここで、半導体ウエハの厚さは、製造工程への投入時の半導体ウエハの厚さより薄くする（薄化する）必要がある。薄化工程では、製造工程への投入時の半導体ウエハの厚さを所定の厚さへ薄くするための加工を行う。加工方法としては、半導体ウエハの支持基板が接着されていない面に砥石を当てて研削してもよいし、CMP（Chemical Mechanical Polishing：化学機械研磨）を用いてもよい。ただし、半導体ウエハの支持基板が接着されていない面は、次の工程で機能構造を形成できるように平坦に加工する必要がある。

10

【0041】

次に、ステップS104の機能構造形成工程において、半導体ウエハのおもて面に機能構造を形成する。この工程としては、例えば、深い拡散層を形成する工程がある。例えば、半導体デバイスとしてIGBT（絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ）を形成する場合、半導体ウエハのおもて面側にp型の拡散層（pベース領域）を形成する。このような拡散層の形成領域に選択的に不純物イオンの注入を行い、続いて1000，数時間の熱処理を行って不純物を拡散させる。このp型の拡散層は、半導体ウエハのおもて面側の表面から10 μm 程度の深さまで拡散する必要があり、高温・長時間の熱処理が必要となる。

20

【0042】

本発明では、薄化した半導体ウエハがシランカップリング剤で支持基板に固定されているため、イオン注入や熱処理の際、各製造装置間を搬送する場合にも、半導体ウエハが破損する等の問題はない。また、シランカップリング剤は耐熱性があるため、1000を超える熱処理を行っても、半導体ウエハが剥離することはない。

【0043】

ステップS104の機能構造形成工程では、ほかに、チャネル領域を形成するためのイオン注入および熱処理や、トレンチの形成、ゲート酸化膜の形成、n型不純物イオン注入および熱処理によるエミッタ領域の形成、層間絶縁膜の形成、電極の形成等の工程が挙げられる。

30

【0044】

半導体ウエハのおもて面側に機能構造が形成されると、次に半導体ウエハの裏面の工程に進むのであるが、その前に、ステップS105~S107の工程により、半導体ウエハから支持基板を剥離する。まず、ステップS105の破断層形成工程において、半導体ウエハと支持基板とを接着するシランカップリング剤層に対して、半導体ウエハを透過するレーザー光の集光点を合わせて照射して、接着界面の外周部の少なくとも一部に破断層を形成する。レーザー光により改質された破断層は、支持基板を剥離する際の起点となる。

40

【0045】

ステップS106の破断層剥離工程では、ステップS105にて形成した破断層を剥離し、ステップS107の接着界面剥離工程は、レーザー光により改質されていない接着界面を剥離する。破断層剥離工程と接着界面剥離工程は、連続した工程であり、破断層の剥離に続いて接着界面の剥離を連続して行うことが可能である。また、破断層を半導体ウエハの外周に沿ってリング状に設けた場合等、破断層の形成部分の形状によっては、破断層の剥離と接着界面の剥離を同時に行う場合がある。ステップS105~S107の工程により、破断層を起点として、半導体ウエハから支持基板を剥離することができる。

【0046】

50

次に、好ましくは、ステップS108のおもて面接着工程において、半導体ウエハのおもて面側に支持基板を貼り合わせて接着する。このおもて面側の支持基板は、後述の工程で裏面構造を形成する際に、半導体ウエハのおもて面を製造装置に固定するにあたり、すでに形成済みのおもて面側の機能構造の損傷を防ぐためのものである。おもて面側の支持基板は、裏面構造を形成する工程に耐えられる素材を用いればよい。また、支持基板は、半導体ウエハと接着する面が、例えば半導体ウエハと同じ断面を有する形状のものを使用することができる。また、支持基板は、リング状であってもかまわない。なお、おもて面側の支持基板の接着には、裏面構造を形成する工程で用いる温度や薬品に耐えられれば、樹脂等の有機系接着剤を用いることができる。

【0047】

10

次に、ステップS109の裏面処理工程において、裏面構造を形成する。裏面構造を形成する工程としては、裏面の半導体領域（例えばコレクタ領域を形成するためのイオン注入および熱処理や、電極の形成等の工程が挙げられる。裏面の半導体領域の形成では、おもて面側に深い拡散層を形成するときのような高温・長時間のプロセスを行わないため、半導体ウエハのおもて面に支持部材を接着する際に樹脂等の有機系接着剤を用いることができる。

【0048】

次に、好ましくは、ステップS110のおもて面側の支持基板剥離工程において、おもて面側の支持基板を剥離する。例えば、紫外線の照射によって粘着力を除去できる接着剤や、加熱によって粘着力を除去できる接着剤を用いることができる。

20

【0049】

次に、好ましくは、ステップS111のダイシングにおいて、ダイシングソー等により半導体ウエハを切断して、半導体デバイスを個片化する。また、ダイシングしてから支持基板を剥離してもかまわない。ダイシングしてから支持基板を剥離する場合、支持基板にキズが入る恐れがあるため、剥離後にダイシングすることが望ましい。

【0050】

上記第1実施形態により、従来と比べて半導体ウエハ投入時の半導体ウエハの厚さが薄い半導体ウエハを使用することができるため、薄化工程等の研削による半導体ウエハ材料の廃棄量を低減することができる。また、ウエハ厚さの薄い半導体ウエハを用いても、支持基板の補強効果により、おもて面の拡散工程の熱処理温度に耐えることができ、半導体ウエハの変形や反りを防止することができる。

30

【0051】

第2実施形態

図2は、第1実施形態とは異なる本発明の半導体デバイスの製造方法の一例を示すプロセスフローである。ステップS101～S107までの工程、およびS109の裏面処理工程は、第1実施形態（図1）と同じであるので、説明を省略する。第2実施形態では、第1実施形態とは異なり、ステップS118、およびS119～S121の工程を経て、ステップS111のダイシングの工程へ移る。

【0052】

ステップS118のおもて面接着工程では、例えばリング状の支持基板（例えば、耐熱ガラス製）にシランカップリング剤を塗布し、機能構造が形成された半導体ウエハのおもて面側に支持基板を接着する。リング状の支持基板の外径は、半導体ウエハの外径と同じである。半導体ウエハのおもて面には、デバイス形成領域の外周にデバイスが形成されない外周領域があり、リング状の支持基板のリング状の接着面の幅は、この外周領域の幅と同程度とする。また、リング状の支持基板の厚さは、半導体ウエハの強度を保てる程度の厚さであればよく、例えば300 μmである。

40

【0053】

シランカップリング剤を介して、リング状の支持基板を半導体ウエハのおもて面に密着させ、100 で2時間程度熱処理して、半導体ウエハに支持基板を接着する。リング状の支持基板は、半導体ウエハのデバイスが形成されない外周領域に接着されるので、リン

50

グ状の支持基板の接着によって、すでに形成されているおもて面側の機能構造を損傷することはない。

【0054】

ステップS109の裏面処理工程後、ステップS119のおもて面側の破断層形成工程、ステップS120のおもて面側の破断層剥離工程、およびステップS121のおもて面側の接着界面剥離工程により、半導体ウエハのおもて面に接着したリング状の支持基板を剥離する。これらの工程は、ステップS105～S107と同様であり、まず、半導体ウエハとリング状の支持基板とを接着するシランカップリング剤層に対して、レーザー光を照射して、破断層を形成する。続いて、破断層を起点として、支持基板を半導体ウエハから剥離する。

10

【0055】

最後に、ステップS111のダイシングにおいて、半導体ウエハを切断して、半導体デバイスを個片化する。また、ダイシングしてから支持基板を剥離してもかまわない。ダイシングしてから支持基板を剥離する場合、支持基板にキズが入る恐れがあるため、剥離後にダイシングすることが望ましい。

【0056】

第3実施形態

第2実施形態で説明したリング状の支持基板を用いる実施形態として、例えば次のような実施形態にも適用することができる。

【0057】

ここでは、図1のステップS101において、おもて面側が鏡面研磨処理された半導体ウエハを製造工程に投入する。この半導体ウエハは、Si製のウエハであり、その厚さは、6インチ径で300 μ mである。おもて面側が鏡面研磨処理されているので、製造工程へ投入後、直ちにおもて面側のプロセスを開始することができる。

20

【0058】

ステップS102の裏面接着工程において、半導体ウエハに支持基板を貼り合わせるため、製造工程への投入時の半導体ウエハの厚さを薄くすることができる。このように、製造工程への投入時の厚さが薄い半導体ウエハを用いることで、後述する薄化工程で除去するSiの量を減らすことができる。

【0059】

次に、半導体ウエハの裏面を支持基板と接着する。第1実施形態のステップS102の裏面接着工程で説明した工程により接着してもよいが、半導体ウエハのおもて面側がすでに鏡面研磨処理されているので、これを損傷しないために、支持基板側にシランカップリング剤を塗布したのちに半導体ウエハの裏面をシランカップリング剤層上に載置することができる。なお、半導体ウエハと支持基板とをシランカップリング剤を用いて接着する点については、第1実施形態のステップS102と同様であるので、重複する説明は省略する。

30

【0060】

機能構造形成工程において、第3実施形態では、半導体ウエハのおもて面が当初から鏡面研磨処理されているため、支持基板を接着した後、機能構造を形成する。機能構造形成工程としては、図1のステップS104と同様であるので、重複する説明は省略する。

40

【0061】

半導体ウエハのおもて面側に機能構造を形成後、半導体ウエハの裏面処理工程に進むのであるが、その前に、半導体ウエハから支持基板を剥離する。支持基板の剥離は、ステップS105～S107と同様であるので、重複する説明は省略する。

【0062】

次に、おもて面接着工程により、半導体ウエハのおもて面にリング状の支持基板を接着する。この工程は、第2実施形態のステップS118のおもて面接着工程と同様の工程である。

【0063】

50

おもて面接着工程により、半導体ウエハのおもて面にリング状の支持基板を接着して半導体ウエハを補強した後、半導体ウエハを所望の厚さに薄化する。第1実施形態では、半導体ウエハのおもて面側から薄化した。第3実施形態では、半導体ウエハの裏面側から薄化する。半導体ウエハの薄化工程では、製造工程への投入時の半導体ウエハの厚さを所定の厚さへ薄くするための加工を行う。加工方法としては、半導体ウエハの支持基板が接着されていない面に砥石を当てて研削してもよいし、CMPを用いてもよい。半導体ウエハに半導体デバイスが形成された仕上がり時点の半導体ウエハの厚さは、半導体デバイスの耐圧に応じて40 μm ~ 120 μm程度である。

【0064】

なお、半導体ウエハのおもて面側は、外周領域にリング状の支持基板が接着している状態である。つまり、機能構造等が形成されているチップ形成領域の部分は半導体ウエハの厚さであり、外周領域は半導体ウエハの厚さに支持基板の厚さを加えた厚さとなる。この状態では、半導体ウエハのおもて面側を吸着固定して裏面の薄化を行うことが難しいので、支持基板の厚さによって生じる段差部に剥離可能な樹脂を充填して、おもて面側全面を平坦にしてから吸着固定する。あるいは、支持基板の厚さによって生じる段差と同形状の段差を有するステージに半導体ウエハを吸着してもよい。

10

【0065】

次に、第1実施形態のステップS109の裏面処理工程により、裏面構造を形成する。そして、第2実施形態のステップS119 ~ S121の各工程により、おもて面側の支持基板を剥離する。最後、第1実施形態のステップS111のダイシングにより、半導体デ

20

バイスを個片化する。

【0066】

第4実施形態

第2実施形態で説明したリング状の支持基板を用いる実施形態として、さらに次のような実施形態にも適用することができる。

【0067】

第3実施形態では、半導体ウエハのおもて面側が鏡面研磨処理された半導体ウエハを製造工程に投入したが、第4実施形態では、図1のステップS101において、このような鏡面研磨処理前の半導体ウエハを投入してもよい。第3実施形態のように、半導体ウエハの裏面に支持基板を接着した後、半導体ウエハのおもて面を研磨する研磨工程を追加すればよい。このように研磨工程を追加することで、鏡面研磨処理前の安価な半導体ウエハを適用することができる。なお、裏面処理工程において、高温でかつ長時間のプロセスを伴う場合には、上記の第2、第3、第4実施形態を用いることができる。

30

【0068】

図3 ~ 図12を参照して、本発明の半導体デバイスの製造方法の第2実施形態について説明する。図3は、本発明の製造方法のうち、裏面接着工程を示す断面図である。半導体ウエハ1のおもて面を1a、裏面を1bとし、裏面1bの実質的に全面にシランカップリング剤2を塗付する(図3a)。シランカップリング剤は所定の濃度になるように純水等で希釈して用いられる。シランカップリング剤の濃度は、半導体ウエハと支持基板の接着強度と剥離のし易さに影響を与える。濃度が高くなるに従い、結合に寄与するシランカップリング剤の分子が増えるために、接着強度は増加する。一方で、剥離はしにくくなる。したがって、研磨や機能構造の形成などに必要な強度と剥離のしやすさを共に満たす濃度範囲は0.1質量%から2.0質量%が好ましい。続いて、支持基板3aの表面の実質的に全面にもシランカップリング剤2を塗付し(図3b)、半導体ウエハ1と支持基板3aを貼り合わせる(図3c)。その後、例えば、90 ~ 200 で10分 ~ 6時間加熱してシランカップリング剤を反応させることにより、半導体ウエハ1に支持基板3aを接着することができる。なお、半導体ウエハ1に支持基板3aを接着することができるのであれば、半導体ウエハ1の裏面1bの一部分のみにシランカップリング剤を塗付し、半導体ウエハ1と支持基板3aを貼り合わせることもできる。

40

【0069】

50

図4は、本発明の製造方法のうち、機能構造形成工程、破断層形成工程、破断層剥離工程、および接着界面剥離工程を示す断面図である。図3の工程により支持基板3aを接着した半導体ウエハ1に対し(図4(a))、ガードリング形成工程、ゲート形成工程、エミッタ形成工程、およびコンタクト形成工程等を経て、おもて面側機能構造5を形成する(図4(b))。おもて面側機能構造5を形成した後、図4(c)の矢印で示すように、半導体ウエハ1のおもて面1aと平行となるように、半導体ウエハ1の裏面1bの接着界面の外周端から内側にかけて焦点を結ぶように、レーザー光6を照射して破断層を形成する(図4(c))。このレーザー光6の照射は、半導体ウエハ1から支持基板3aを剥離するための準備工程である。

【0070】

半導体ウエハ1から支持基板3aを剥離するための準備工程を含めた剥離工程について、図5を参照してさらに説明する。図5(b)に示すように、おもて面側機能構造5の形成処理を終えた半導体ウエハ1と支持基板3aとの接着界面の外周部端部から内側にかけて、レーザー光の焦点を結ぶようにレーザー光6を照射し、走査して、接着界面に破断層7を設ける。その際、レーザー光は、深い位置からの照射である事が望ましいので接着層内側から外周部端部に移動させることが望ましい。まず、内部に破断層を設ける。そして、結合の無い、開放されている外周部端部に向けて、破断層を形成することにより、均一な破断層を形成することができる。前記外周部端部から内側にかけての破断層7の長さはウエハ直径でもよいが、好ましくは外周部端部から距離は1mmから20mmであり、さらに好ましくは外周部端部からの距離は2mmから5mmである。1mmから20mmの長さがあれば剥離は可能であり、短い方が処理時間は短いため好ましい。破断層7は、1mmから20mmの幅を起点とした界面剥離が発生すれば接着界面に沿って剥離させる事が可能である。その起点を作るのに図11cの様にウエハを吸着し持ち上げる必要があるため、その機構の制限により20mm程度の破断層7を形成させる場合がある。

【0071】

破断層7の円周方向の長さは全周(図5(c))でもよいし、全周の全てに必ずしも破断層7を設けなくてもよいが、半円周程度の長さに形成することが好ましい。破断層7を全周に形成するには図5(c)に示すようにレーザー光を照射しながらウエハを矢印の向きに回転させることが好ましい。また、必ずしも、円周方向でなくとも、半導体ウエハ1の接着界面の外周端の一部に外周端から中心方向に、内側まで、照射し、走査して破断層7を形成することができる。この場合、円周方向の破断層7の長さを短くすることもできる(図5(d))。また、半導体ウエハ1の外周部の接着界面にレーザー光を照射する際に、前述の説明では、ウエハ1のおもて面1aと平行となるように半導体ウエハ1の側面からレーザー光を照射したが、ウエハ面に垂直な方向からレーザー光を照射することにより、接着界面の外周部端部から外周部端部の内側にかけて焦点を結ぶようにレーザー光を照射してもよい。照射する方向は、デバイスの機能を損なわない範囲で、半導体ウエハ側からでも支持基板側からでもかまわない。

【0072】

以下に、レーザー照射方法について説明する。光子のエネルギー h が材料の吸収のバンドギャップ E_G よりも小さいと、光学的に透明となる。よって、材料に吸収が生じる条件は、 $h > E_G$ である。しかし、光学的に透明でも、レーザー光の強度を非常に大きくすると、 $nh > E_G$ の条件($n = 2, 3, 4 \dots$)で材料に吸収が生じる。この現象を多光子吸収という。パルス波の場合、レーザー光の強度はレーザー光の集光点のピークパワー密度(W/cm^2)で決まる。一般的にはピークパワー密度が $1 \times 10^8 (W/cm^2)$ 以上の条件で多光子吸収が生じる。ピークパワー密度は、(集光点におけるレーザー光の1パルス当たりのエネルギー) ÷ (レーザー光のビームスポット断面積 × パルス幅)により求められる。また、連続波の場合、レーザー光の強度はレーザー光の集光点の電界強度(W/cm^2)で決まる。本発明の接着界面の場合、良好に破断層が形成されるピークパワー密度は $1 \times 10^{10} W/cm^2$ から $1 \times 10^{12} W/cm^2$ である。なお、集光点はレンズ等を用いて実際に光が集光された点を示す。使用した光学系で最も集光された点の場合、集光点

10

20

30

40

50

と焦点は一致する。

【0073】

本発明の破断層形成工程では、多光子吸収が生じる条件で接着界面に焦点を合わせてレーザー光を照射して破断層7を形成する。本発明では、半導体ウエハがレーザー光を吸収することにより半導体ウエハが発熱して破断層が形成されるのではなく、レーザー光は半導体ウエハを透過して接着界面に多光子吸収を発生させて破断層を形成する。レーザー光は半導体ウエハに吸収されないため、半導体ウエハの表面が熔融することはない。

【0074】

なお、本発明においては破断層とは、シランカップリング剤による結合状態が解消された層であり、シランカップリング剤により結合した半導体ウエハと支持基板の接着界面に生じる。具体的には、CO₂レーザー等を吸収したSi-O-Si結合が乖離し、ウエハと支持基板の結合が解消される。レーザー光の集光点での多光子吸収がシランカップリング剤を含む前記接着界面で生じやすく、そのため破断層が形成しやすい。つまり、前記接着界面では、ガラスやシリコンに比べて、低いエネルギーで結合が乖離し、破断層を形成しやすい。また、半導体ウエハと支持基板の結合は、シランカップリング剤を介しているため、Siウエハやガラスなどのバルク自体の結合よりはるかに弱いと考えられる。

【0075】

本発明の破断層形成工程において、レーザー光およびレーザー光の照射条件は、例えば次のとおりとすることができる。

(A) レーザー光

光源：CO₂レーザー

波長：10.6 μm

レーザー光スポット断面積：3.14 × 10⁻⁸ cm²

発振形態：Qスイッチパルス

繰り返し周波数：100 kHz

パルス幅：30 ns

出力：出力 < 1 mJ / パルス

レーザー光品質：TEM₀₀

偏光特性：直線偏光

(B) 集光用レンズ

レーザー光波長に対する透過率：60%

(C) 支持基板を接着した半導体ウエハを載置する載置台の移動速度：100 mm / 秒

ピークパワー密度：1 × 10¹² W/cm²

【0076】

なお、レーザー光源については、CO₂レーザーに限定されるものではなく、波長についても支持基板および半導体ウエハを透過する波長領域であればよい。具体的には、Siウエハの場合は赤外域の光でなければ吸収するため（近赤外以下の波長は吸収）CO₂レーザーが該当する。また、SiCウエハなどのバンドギャップの広い基板は、可視光も透過するので355 nm以上の波長をもつレーザー光であれば可能である。例えば、Nd:YAGやYLFレーザーの3倍波、2倍波、基本波が、レーザー光源として挙げられる。

【0077】

なお、レーザー光品質がTEM₀₀とは、集光性が高くレーザー光の波長程度まで集光可能であることを意味する。

【0078】

支持基板3aを半導体ウエハ1から剥離する際は、半導体ウエハ1の外周部分の一部を持ち上げ、まず、半導体ウエハ1の外周部に設けられている破断層7を剥離させて剥離のきっかけを作り、次に半導体ウエハ1全体を持ち上げるまで徐々に順に引き上げて全体を剥離する方法をとることができる（図4(c)、図5(b)）。また、その持ちあげを数段に分けてもよい。持ち上げる角度を制限すれば、持ち上げられる半導体ウエハ1の厚みが薄くなっても、割れない程度に反り上がる結果、貼り合せた支持基板3aを剥離するこ

10

20

30

40

50

とができる。これらの工程により、半導体ウエハ1のおもて面1aを加工することができる。

【0079】

図6は、本発明の製造方法のうち、おもて面接着工程を示す断面図である。半導体ウエハ1のおもて面1aには、おもて面側機能構造5が形成されている(図6a)。このおもて面機能構造5にシランカップリング剤が付着しないように、おもて面機能構造5が形成されていない半導体ウエハ1のおもて面1aの外周部分、例えば、半導体ウエハの外周部端部から3mm程度内側の部分の全体にシランカップリング剤2を塗付する(図6a)。続いて、おもて面機能構造を被覆しないようにリング状となっている支持基板3bの表面全面にシランカップリング剤2を塗付し(図6b)、半導体ウエハ1と支持基板3bを貼り合わせる(図6c)。その後、例えば、90~200で10分~6時間加熱してシランカップリング剤を反応させることにより、半導体ウエハ1に支持基板3bを接着することができる。なお、半導体ウエハ1に支持基板3bを接着することができるのであれば、半導体ウエハ1のおもて面1aの外周部分の一部分のみにシランカップリング剤を塗付し、半導体ウエハ1と支持基板3bを貼り合わせることもできる。

10

【0080】

図7は、支持基板3bの斜視図である。支持基板3bの外径は半導体ウエハの外径と同じであり、例えば外径が6インチの半導体ウエハには、外径が6インチの支持基板3bを用いることが好ましい。半導体ウエハと接着する面およびこれとは反対側の面は平坦であり、幅aは約2mm~5mmとすることができる。

20

【0081】

図8は、機能構造形成工程後の半導体ウエハのおもて面を表す平面図である。半導体ウエハ1のおもて面1aは、機能構造を形成する領域となる機能構造形成領域1cと、機能構造が形成されない外周領域1dに分類することができる。おもて面機能構造5は、機能構造形成領域1cに形成される。支持基板3bの幅aは、外周領域の幅bと同程度であることが好ましい。

【0082】

図9は、おもて面側の破断層形成工程、おもて面側の破断層剥離工程、おもて面側の接着界面剥離工程を示す断面図である。図4の工程により半導体ウエハ1のおもて面1aにおもて面側機能構造5を加工し、その後、図6の工程により支持基板3bを接着した半導体ウエハ1に対し(図9(a))、イオン注入および熱処理、電極の形成等を含む工程を経て、裏面デバイス構造8を形成する(図9(b))。裏面デバイス構造8を形成した後、図4および図5で説明したように、接着界面へレーザー光を照射して破断層を形成し、支持基板3bを半導体ウエハ1から剥離する(図9(c))。これらの工程により、半導体ウエハ1の裏面1bを加工することができる。

30

【0083】

図10は、半導体ウエハと支持基板との接着界面にボイドが存在する半導体ウエハおよび支持基板の断面図(a)(b)、および超音波影像写真(c)である。半導体ウエハ1に対し、同径の支持基板3cを用意する(図10(a))。ここで、支持基板3cは、半導体ウエハ1との接着面に部分的にボイド9を有する。ボイド9は、支持基板3cを半導体ウエハ1と接着する前に、支持基板3cの表面にアルゴンプラズマ等を全面的または、部分的に照射することにより、形成することができる。アルゴンプラズマを基板表面に照射することにより、支持基板材料はアルゴンイオンによりスパッタリングされ、支持基板表面に微細な凹凸を形成する。これにより、前記微細な凹凸にシランカップリング剤が入り込まず、結合しない個所を形成するため、ボイドが形成される。前記微細な凹凸はシランカップリング剤の分子の大きさに比べて小さくてもよく、10nmから10μmの大きさが好ましい。なお、前記アルゴンプラズマは、ネオン、クリプトンなどの不活性ガスのプラズマであってもよく、水素プラズマ、窒素プラズマであってもよい。また、一般的にドライエッチングで用いられる装置であってもよい。好ましくは、イオンビームスパッタリングのように特定のイオンを特定方向に加速し、支持基板表面をエッチングする方法で

40

50

ある。しかし、支持基板乃至、半導体ウエハに微細な凹凸を形成できるものであれば、前記方法に限定されるものではない。また、自然発生的に、ポイドが存在する場合もある。いずれも、支持基板あるいは半導体ウエハの接着面に、均一にシランカップリング剤が形成されず、局部的にシランカップリング剤が十分に無い場合に生じる。半導体ウエハ1と支持基板3aを接着した場合に、接着界面にポイドが存在する(図10(b))。接着界面に未接着部分としてポイドのような隙間があることにより、接着界面剥離工程において接着界面の剥離が容易となる。図10(c)は、半導体ウエハと支持基板との接着界面の超音波影像写真である。半導体ウエハ1の表面方向から撮った写真であり、接着界面で白い斑点状に分布しているポイドを確認することができる。なお、前記ポイド大きさは5 μ m~5mmであり、深さは100nm以下が好ましい。

10

【0084】

図11は、本発明にかかる破断層剥離工程と接着界面剥離工程の一実施形態を示す断面図である。おもて面側に機能構造5を形成した半導体ウエハ1と支持基板3cを接着し、ポイド9を有する場合を例とする(図11(a))。この半導体ウエハ1の側面から接着界面へレーザー光6を照射し、図5(c)にて説明したように、接着界面の全周の全てに破断層7を形成する(図11(a))。次に、おもて面側機能構造5を形成した半導体ウエハ1のおもて面1aを吸着装置11、および吸着装置12で固定する。支持基板3cの裏面はウエハ固定ステージ13でバキュームチャックまたは静電チャックすることにより、固定する(図11(b))。これらの吸着装置およびウエハ固定ステージを用いて破断層および接着界面を剥離する。吸着装置11は、破断層7を剥離のきっかけを作るための吸着装置であり、半導体ウエハ1のおもて面1aの外周端部を固定する。また、吸着装置12は、接着界面および吸着装置11により剥離されなかった破断層7を剥離するための吸着装置であり、吸着装置11で固定されなかった半導体ウエハ1のおもて面1aを固定する。ウエハ固定ステージ13は、吸着装置11および吸着装置12による剥離を補助するべく、支持基板3cが動かないように支持基板3cの裏面を固定する。吸着装置11の吸着面と吸着装置12の吸着面を面一の状態と同時に可動し、さらに、吸着装置12とは独立して吸着装置11のみでも可動できるように構成されている。そして、破断層7を剥離するために、吸着装置12は静止した状態で(図11(b))、吸着装置11を半導体ウエハ1の端部を持ち上げる方向(図11(c)の矢印の方向)へ持ち上げる。そして、半導体ウエハ1と支持基板3cの接着界面端部(各ウエハの外周端部)の破断層7を剥離し、接着界面全体を剥離するきっかけ(剥離部)を作る(図11(c))。このときの半導体ウエハ1の端部を持ち上げる方向は、吸着装置11、12の吸着面に垂直の方向よりやや角度を持つように、傾斜した方向である。具体的には1°から10°が好ましい。内側への傾斜が大きいと、接着界面の端部の剥離のきっかけを作りやすいが、吸着装置11と吸着装置12との境界付近に大きな応力がかかってしまう。したがって、半導体ウエハ1が割れない程度に傾けて、半導体ウエハ1の外周を持ち上げるとよい。その後、吸着装置11の吸着面を吸着装置12の吸着面と面一の状態に戻し、続いて、吸着装置11、12の吸着面を面一に保ったまま、先に吸着装置11によって形成された剥離部から連続して剥離する方向(図11(d)の矢印の方向)に持ち上げる。吸着装置11、12の吸着面を徐々に傾けていき、接着界面全体を剥離する(図11(d))。吸着装置11と吸着装置12を段階的に引っ張ることにより、破断層7の剥離を起点にして接着界面に沿って亀裂が生じることで、接着界面にて剥離することができる。この例では、接着界面にはポイド9があり、ポイド9の部分ではシランカップリング剤による接着がされていないため、剥離が容易である。ここで、吸着装置11によって吸着するのは、図5(d)のように、ウエハの一部にのみレーザーを照射した場合は、そのレーザーを照射した箇所とするのがよい。図12に示したように、吸着装置11、12を備えた剥離装置は、接着界面にポイド9のある場合に限らず用いることができる。たとえば、ポイド9を設けずに半導体ウエハと支持基板とを接着し、図5(c)(d)のようにレーザーを照射した半導体基板に対しても適用できる。なお、上記「面一」とは吸着装置11が剥離開始の位置、吸着装置12と同じ高さ(おもて面側機能構造5との吸着面)のことである。

20

30

40

50

【0085】

図12は、図11とは異なる本発明にかかる破断層剥離工程と接着界面剥離工程の一実施形態を示す断面図である。おもて面側に機能構造5を形成した半導体ウエハ1と支持基板3cを接着し、ボイド9を有する場合を例とする(図12(a))。前記半導体ウエハ1のおもて面1aに、接着剤14でサポート材15を貼り付ける(図12(a))。サポート材15は、Si、SiCおよびガラス等を素材とすることができる。この支持基板3cの側面または裏面から接着界面へレーザー光6を照射し、接着界面の全周の全てに破断層7を形成する(図12(b))。次に、サポート材15の裏面および支持基板3cの裏面を、それぞれウエハ固定ステージ16、13でバキュームチャックまたは静電チャックすることにより、固定する(図12(c))。そして、ウエハ固定ステージ16を吸着面に垂直の方向よりやや角度を持つように、たとえば5°程度傾斜した方向(図12(d)の矢印の方向)へ引っ張ることにより、半導体ウエハ1を端部から持ち上げ、接着界面端部と当該端部の破断層7を剥離し、接着界面全体を剥離するきっかけを作る(図12(d))。その後、ウエハ固定ステージ16をさらに図12(d)の矢印の方向へ引っ張ることにより持ち上げ、接着界面全体を剥離する(図12(d))。図12に示した構成は、接着界面にボイド9のある場合に限らず用いることができる。たとえば、ボイド9を設けずに接着し、図5(c)(d)のようにレーザーを照射した半導体基板に対しても適用できる。

10

【0086】

以上の図3～図12にて説明した方法により、半導体デバイスを製造することができる。なお、図5、および図10～図12では、半導体ウエハ1の裏面1bと支持基板3a、3cとの接着を例として説明したが、半導体ウエハ1のおもて面1aと支持基板3bとを接着する場合においても、同様の説明をすることができる。図3～図12にて説明した方法によれば、おもて面側機能構造5や裏面デバイス構造8を形成する際に、拡散温度として1000°程度の高温プロセスを含む場合であっても、問題なく半導体デバイスを製造することができる。

20

【実施例】

【0087】

以下、本発明を実施例及び比較例に基づき説明するが、本発明は実施例及び比較例に限定されるものではない。

30

【0088】

支持基板の接着

[実施例1]

6インチ径で厚さ500 μ mのSiウエハを半導体ウエハとし、この半導体ウエハの裏面と支持基板(高耐熱ガラス製、外径6インチ、幅3mm、厚さ300 μ m)の表面にシランカップリング剤をマスクとスキージを使用して塗布した。なお前記スキージとは合成ゴムで作製された塗布用治具である。シランカップリング剤として、エポキシシランである3-グリシドキシプロピルトリメトキシシラン(信越シリコーン社製「KBM-403」)を用いた。純水で希釈し、3-グリシドキシプロピルトリメトキシシランの濃度を0.1質量%として用いた。その後、半導体ウエハの裏面と支持基板を貼り合わせ、接着した。塗布して貼り合わせた後、10分間放置し、140°で2時間加熱して硬化させた。

40

【0089】

[実施例2]

エポキシシランに代えてアミン系シランの3-トリエトキシシリル-N-(1,3-ジメチル-ブチリデン)プロピルアミン(信越シリコーン社製「KBE-9103」)をシランカップリング剤として使用する以外は、実施例1と同様の方法により、半導体ウエハの裏面と支持基板を貼り合わせた。

【0090】

耐熱性試験

実施例1～実施例2の支持基板を接着した半導体ウエハが、1000°の高温プロセス

50

へ適用可能であるか確認するべく、耐熱性試験およびヒートサイクル試験を実施した。耐熱性試験は、実施例1～実施例2の半導体ウエハを、1100 条件下において2時間曝露する条件により行い、シランカップリング剤の接着性および半導体ウエハの異常の有無について評価した。結果として、実施例1～実施例2のいずれの半導体ウエハについても、シランカップリング剤の接着性および半導体ウエハに異常はみられなかった。

【0091】

以上説明した実施例によれば、本発明によれば、1000 程度の高温プロセスに適用可能な半導体ウエハに支持基板を接着する方法、および半導体デバイスの製造方法を提供することができる。

【符号の説明】

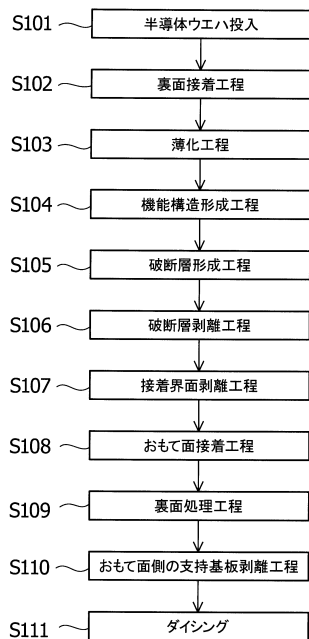
【0092】

- 1 半導体ウエハ
- 1 a 半導体ウエハのおもて面
- 1 b 半導体ウエハの裏面
- 2 シランカップリング剤
- 3 a、3 b、3 c 支持基板
- 5 おもて面側機能構造
- 6 レーザー光
- 7 破断層
- 8 裏面デバイス構造
- 9 ボイド
- 11、12 吸着装置
- 13、16 ウエハ固定ステージ
- 14 接着剤
- 15 サポート材

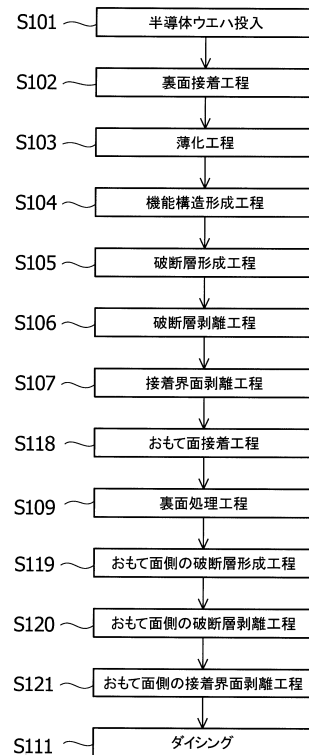
10

20

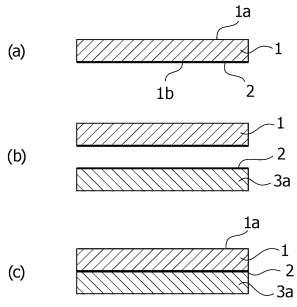
【図1】



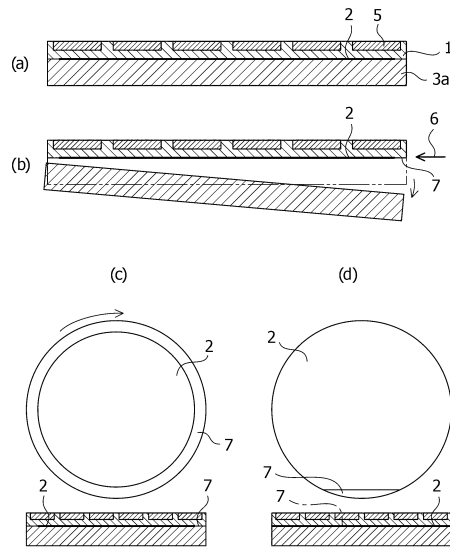
【図2】



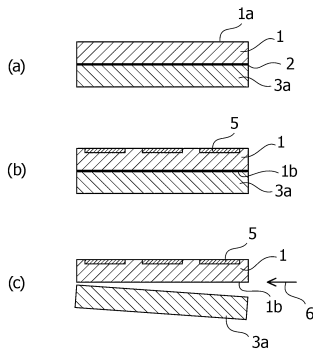
【 図 3 】



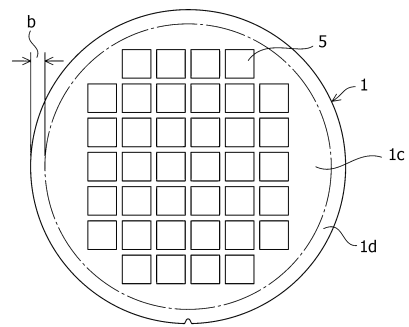
【 図 5 】



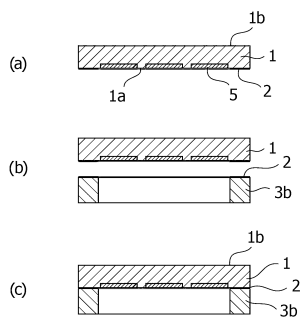
【 図 4 】



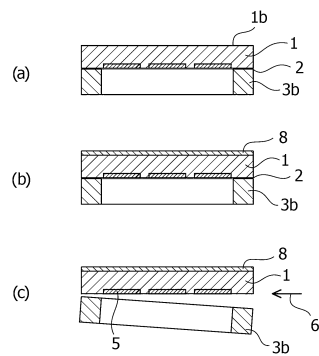
【 図 8 】



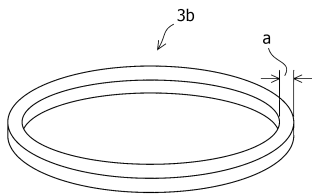
【 図 6 】



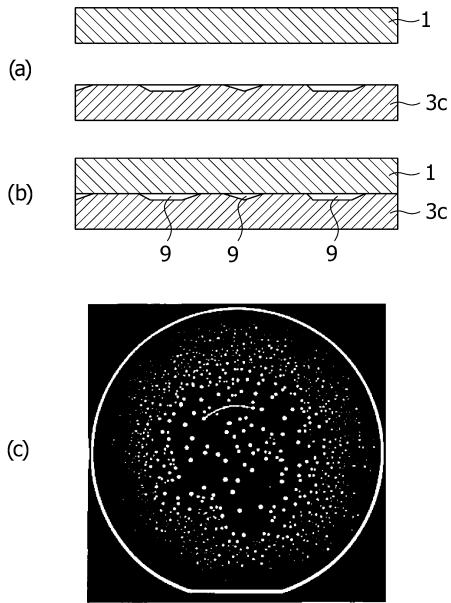
【 図 9 】



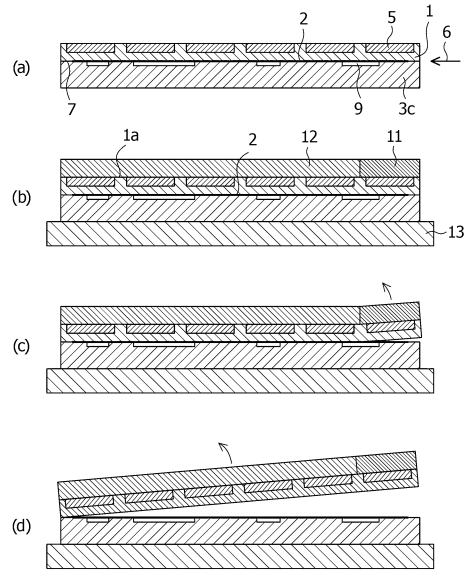
【 図 7 】



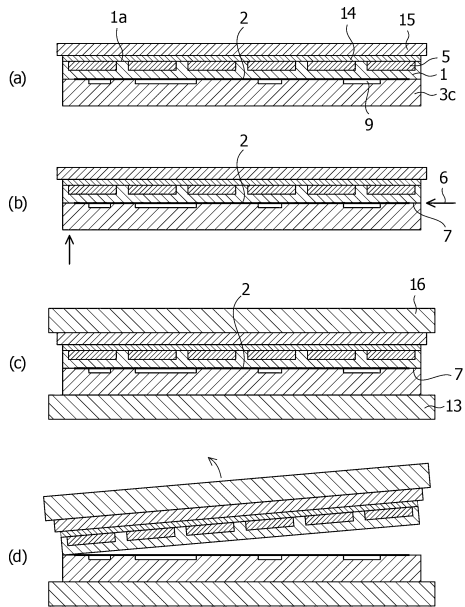
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I
C 0 9 J 201/00	(2006.01)	C 0 9 J 201/00
C 0 9 J 11/02	(2006.01)	C 0 9 J 11/02
C 0 9 J 5/00	(2006.01)	C 0 9 J 5/00

(72)発明者 中嶋 経宏
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内

審査官 高 須 甲斐

(56)参考文献 特開2013-033814(JP,A)
特開2013-026247(JP,A)
特開2003-163338(JP,A)
特開2004-064040(JP,A)
特開2004-179649(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 1 L	2 1 / 0 2
B 2 3 K	2 6 / 0 0
B 2 3 K	2 6 / 5 7
C 0 9 J	5 / 0 0
C 0 9 J	1 1 / 0 2
C 0 9 J	1 8 3 / 0 6
C 0 9 J	2 0 1 / 0 0
H 0 1 L	2 1 / 6 8 3