

明 細 書

発明の名称：

半導体装置の製造方法及び半導体装置の製造システム

技術分野

[0001] 本開示は、半導体装置の製造方法及び半導体装置の製造システムに関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、複数のメモリセルを三次元配置した立体型メモリセルアレイと、該メモリセルアレイを制御するCMOS回路とを備えたNAND型フラッシュメモリの製造方法が開示されている。製造方法は、CMOSとメモリセルアレイとを含む半導体素子が形成された第1基板と第2基板とを、分離可能層を介して張り合わせ、該分離可能層において第1基板を分離することを含むことが記載されている。

[0003] 特許文献2には、メモリセルを有する半導体基板と、CMOSを有する半導体基板とを貼合することで半導体装置を形成する製造方法が開示されている。製造方法は、貼合基板の外周部に生じる未貼合領域に絶縁膜を充填し、その後、バックグラインドすることが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：日本国 特開2021-44408号公報

特許文献2：日本国 特開2021-48303号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 本開示にかかる技術は、第1基板と第2基板が接合された重合基板において、第1基板と第2基板を適切に分離する。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の一態様は、半導体装置の製造方法であって、レーザ吸収層及び第1接合層を有する第1基板と、第2接合層を有する第2基板と、における前記第1接合層と前記第2接合層が接合された重合基板の未貼合領域に対して、前記第1接合層の第1外周位置に対応して予め決定された第2外周位置まで充填材を充填するベベルフィルを行うことと、前記レーザ吸収層にレーザを照射することと、前記重合基板における前記第2基板から前記第1基板を分離することと、を含む。

発明の効果

[0007] 本開示によれば、第1基板と第2基板が接合された重合基板において、第1基板と第2基板を適切に分離することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]ウェハ処理の主な工程を示すフロー図である。

[図2]ウェハ処理の主な工程を示す説明図である。

[図3]第1ウェハと第2ウェハとを接合する様子を示す説明図である。

[図4]未貼合領域に対するベベルフィルの様子の一例を示す説明図である。

[図5]未貼合領域に対するベベルフィルの様子の一例を示す説明図である。

。

[図6]レーザ吸収層にレーザ光を照射する様子を示す説明図である。

[図7]第1ウェハと第2ウェハを分離する様子を示す説明図である。

[図8]一実施形態にかかる第1ウェハの準備の主な工程を示す説明図である。

[図9]一実施形態にかかる第1ウェハの準備の主な工程を示すフロー図である。

。

[図10]一実施形態にかかる第1ウェハの準備の一部の工程を示す説明図である。

[図11]一実施形態にかかる第1ウェハの準備の主な工程を示すフロー図である。

[図12]一実施形態にかかる第1ウェハの準備の一部の工程を示す説明図である。

[図13]一実施形態にかかるウェハ処理装置の構成の概要を示す平面図である。

。

[図14]一実施形態にかかる界面改質装置の構成の概要を示す平面図である。

[図15]一実施形態にかかる界面改質装置の構成の概要を示す側面図である。

[図16]第1実施形態に係るベベルフィルの概略を示す説明図である。

[図17]第1実施形態に係るベベルフィルの概略を示す説明図である。

[図18]第1実施形態に係るベベルフィルの作用例を示す説明図である。

[図19]第1実施形態に係るベベルフィルの作用例を示す説明図である。

[図20]第2実施形態に係るベベルフィルの概略を示す説明図である。

[図21]第2実施形態に係る分離基点の形成の概略を示す説明図である。

[図22]第2実施形態に係る分離基点の形成の概略を示す説明図である。

[図23]第2実施形態に係るベベルフィル及び分離の作用例を示す説明図である。

[図24]第3実施形態に係る分離基点の形成の概略を示す説明図である。

[図25]比較例にかかるウェハ処理を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0009] 半導体デバイスの製造工程では、2枚の半導体基板（以下、「ウェハ」という。）が接合された重合ウェハにおいて、第1ウェハの表面に形成されたデバイス層を第2ウェハに転写することが行われている。この第1ウェハから第2ウェハへのデバイス層の転写は、例えば第1ウェハの内部に有する分離層にレーザ光を照射することで、第1ウェハと第2ウェハの間の接合力を低下させた後、第1ウェハを第2ウェハから分離することで行われる。また、分離後の第1ウェハは再利用され、次の第2ウェハに接合される。

[0010] 重合ウェハTの周縁部には、第1ウェハW及び第2ウェハSのベベル部が互いに貼合されていないような、未貼合領域Bが生じ得る（図2参照）。本発明者らは鋭意検討し、第1ウェハWの分離の際に、第1ウェハWの分離層における接合力を低下させても、分離層における分離よりも未貼合領域Bの近傍の他の領域における分離が優先する場合があることを知見した。一例と

して、図25(a)に示すように、第1ウェハWの外周部Weに上方向の力Fupを与えると、図25(b)に示すように未貼合領域Bに相当する第1ウェハWのベベルの一部分が、第1ウェハWに接合されたまま、重合ウェハTから分離される場合がある。また他の一例として、図25(c)に示すように第1ウェハW及び第2ウェハSの接合面の外周端部から第2ウェハSの表面にかけて、第2ウェハS(又は第1ウェハW)のデバイス領域が引き裂かれるように分離が進展する場合がある。

[0011] このような不適切な分離が生じる理由は明らかではないが、分離層に集中すべき応力が、当該分離層のほかに、第1ウェハW及び第2ウェハSの接合面の外周端部近傍の領域にも集中し、当該領域を基点として分離が開始されることが考えられる。

[0012] 図25(b)に示す例のようにベベルの一部が欠損する場合、重合ウェハTから分離される第1ウェハWにおけるデバイスを形成可能な領域が限定され、生産性の低下を招来する場合がある。また、2回以上の接合及び分離を繰り返すプロセスにおいては、このようなベベルの欠損をも繰り返すこととなり、デバイスを形成可能な領域の消耗が顕著となる場合がある。

[0013] 図25(c)に示す例のように第2ウェハS(又は第1ウェハW)のデバイス領域が引き裂かれるように分離が進展する場合には、より直接的に生産性の低下を招来する場合がある。

[0014] 本開示にかかる技術は、第1基板と第2基板が接合された重合基板において、第1基板と第2基板を適切に分離する。以下、本実施形態にかかる半導体装置の製造方法について、図面を参照しながら説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する要素においては、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

[0015] 本実施形態の半導体装置の製造方法では、まず、第1基板としての第1ウェハWを準備し(図1のSt1)、第2基板としての第2ウェハSを準備する(図1のSt2)。これら第1ウェハWの準備と第2ウェハSの準備は並行して行われてもよい。以下、図2及び図3に示すように、第1ウェハWに

において、第2ウェハSと接合される側の面を表面Waといい、表面Waと反対側の面を裏面Wbという。同様に、第2ウェハSにおいて、第1ウェハWと接合される側の面を表面Saといい、表面Saと反対側の面を裏面Sbという。

[0016] St1において準備される第1ウェハWは、例えばシリコン基板等の半導体ウェハである。一実施形態において、第1ウェハWは略円板形状を有する。図3(a)に示すように第1ウェハWの表面Waには、複数の膜が積層した積層膜が形成されている。積層膜は、表面Wa側から順にレーザ吸収層P、エッチング停止層Q、デバイス層Dw及び表面膜Fwを含む。なお、これらレーザ吸収層P、エッチング停止層Q、デバイス層Dw及び表面膜Fwはそれぞれ、例えば成膜装置（図示せず）においてCVD（Chemical Vapor Deposition）や、エッチング装置（図示せず）においてRIE（Reactive Ion Etching）を含むプロセスにより、第1ウェハW上に形成される。なお、例えばレーザ吸収層P、エッチング停止層Q、デバイス層Dw及び表面膜Fwのそれぞれの間には、積層膜の構成要素としての所望の他の膜が形成され得る。積層膜の形成の詳細については、後述する。

[0017] 本実施形態にかかるデバイス層Dwは、NAND型フラッシュメモリのメモリセルアレイの少なくとも一部を含む。ただし、本開示に係る技術はこれに限定されるものではなく、所望の他のデバイスを含む基板同士の接合による他の半導体装置の製造にも適用可能である。一実施形態において、デバイス層Dwは、DRAMのメモリセルアレイの少なくとも一部を含む。他の一実施形態において、デバイス層Dwは、NAND型フラッシュメモリのメモリセルアレイ又はDRAMのメモリセルアレイを制御するための周辺回路の少なくとも一部を含む。なおSt1で準備される時点におけるデバイス層Dwにはデバイスが形成されておらず、その後の工程でデバイスが形成される場合がある。換言すれば、デバイス層Dwは、St1以降の工程でデバイスが形成されるような、デバイス形成予定領域であり得る。

- [0018] 表面膜F_wとしては、例えば酸化膜（THOX膜、SiO₂膜、TEOS膜）、SiC膜、SiCN膜又は接着剤などが挙げられる。第1ウェハWの表面膜F_wは、本開示の第1接合層を構成する。
- [0019] レーザ吸収層Pは、後述するようにレーザ光（例えばCO₂レーザ光）を吸収する。レーザ吸収層Pには、例えば酸化膜（SiO₂膜、TEOS膜）が用いられるが、レーザ光を吸収するものであれば特に限定されない。
- [0020] エッチング停止層Qは、後述する第1ウェハWの分離後に、重合ウェハTにおける分離面において選択的なウェットエッチングを行うことが可能に構成される。具体的に、第1ウェハWの分離ではレーザ吸収層Pが主な分離面であるから、分離後の第1デバイス層D_w側には、レーザ吸収層Pの一部と、エッチング停止層Qが残存する。この状態で、レーザ吸収層Pとエッチング停止層Qの選択的エッチングにより、まずレーザ吸収層Pのみが除去される。続いて、エッチング停止層Qと第1デバイス層D_wとの選択的エッチングにより、エッチング停止層Qのみが除去される。これにより、ウェットエッチング後の第1デバイス層D_wの厚み偏差（TTV）を向上することができる。エッチング停止層Qの材料としては、例えば多結晶シリコン（Poly-Si）が用いられるが、エッチング停止層Qと第1デバイス層D_wとのエッチング選択比が確保できるものであれば特に限定されない。なおエッチング停止層Qの形成方法の詳細については後述する。
- [0021] S_t2において準備される第2ウェハSは、例えばシリコン基板等の半導体ウェハである。一実施形態において、第2ウェハSは略円板形状を有する。図3（b）に示すように第2ウェハSの表面S_aには、積層膜M_sが形成されている。積層膜M_sは、デバイス層D_sと表面膜F_sを表面S_a側からこの順に有する。なお、これらデバイス層D_sと表面膜F_sはそれぞれ、例えば成膜装置（図示せず）においてCVDを含むプロセスにより、第2ウェハS上に形成される。
- [0022] デバイス層D_sと表面膜F_sはそれぞれ、第1ウェハWのデバイス層D_wと表面膜F_wと同様である。第2ウェハWの表面膜F_sは、本開示の第2接

合層を構成する。本実施形態にかかるデバイス層 D_s は、NAND型フラッシュメモリのメモリセルアレイを制御するための周辺回路の少なくとも一部を含む。一実施形態において、第1ウェハ W のデバイス層 D_w にDRAMのメモリセルアレイの少なくとも一部が含まれる場合は、デバイス層 D_s は、当該メモリセルアレイを制御するための周辺回路の少なくとも一部を含む。他の一実施形態において、第1ウェハ W のデバイス層 D_w にメモリセルアレイを制御するための周辺回路の少なくとも一部が含まれる場合は、デバイス層 D_s は、NAND型フラッシュメモリのメモリセルアレイの少なくとも一部を含む。さらに他の一実施形態において、第1ウェハ W のデバイス層 D_w にメモリセルアレイを制御するための周辺回路の少なくとも一部が含まれる場合は、デバイス層 D_s は、DRAMのメモリセルアレイの少なくとも一部を含む。

[0023] 以上のように第1ウェハ W と第2ウェハ S を準備した後、図3(c)に示すように第1ウェハ W と第2ウェハ S を接合して、重合基板としての第1重合ウェハ T_1 を形成する(図1、図2の S_t3)。 S_t3 では、第1ウェハ W の表面膜 F_w と第2ウェハ S の表面膜 F_s が接合される。第1ウェハ W と第2ウェハ S の接合方法は任意であるが、例えば表面改質装置(図示せず)において表面膜 F_w 、 F_s にプラズマ処理を行って改質し、更に表面親水化装置(図示せず)において表面膜 F_w 、 F_s に純水を供給して親水化した後、接合装置(図示せず)において表面膜 F_w 、 F_s 同士をファンデルワールス力及び水素結合(分子間力)によって接合する。

[0024] 次に、図4又は図5に示すように第1重合ウェハ T_1 の周縁部の未貼合領域 B_1 に対するベベルフィルを行う(図1、図2の S_t4)。ベベルフィルは、第1重合ウェハ T_1 の未貼合領域 B_1 を含むベベル部に対し、液体の充填材 G を注入することを含む。一実施形態において、未貼合領域 B に液体の充填材 G を注入し、その後当該充填材 G をベイク(焼成)して固化させることを含む。一例として、後述するベベルフィル装置70において、注入器9から液体の充填材 G を注入しながら、第1重合ウェハ T_1 を回転させる。こ

れにより、第1重合ウェハT1の全周における未貼合領域B1に充填材Gが充填される。充填材Gは、図4に示すように未貼合領域B1のみに充填されてもよい。また、充填材Gは、図5に示すように未貼合領域B1を含むベベル部の全体に充填されてもよい。充填材Gが充填された第1重合ウェハT1は、例えば後述するベイク装置80に送られ、当該充填材Gがベイクされる。一実施形態において、その後第1重合ウェハT1は後述する洗浄装置90に送られ、必要ない箇所に付着した余分な充填材Gが洗浄され除去される。

[0025] 次に、図6に示すようにレーザ吸収層Pにレーザ光Lを照射する（図1、図2のSt5）。St5では、例えば後述するレーザ処理装置50において、レーザ吸収層P、又はレーザ吸収層Pとエッチング停止層Qの界面に、レーザ光をパルス状に照射する。レーザ光は、レーザ吸収層P等のレーザ照射対象の材料に応じて決定することができる。一実施形態ではレーザ光はCO₂レーザ光であり、CO₂レーザ光の波長は例えば8.9 μm～11 μmである。一実施形態ではレーザ光はIRレーザ光であり、IRレーザ光の波長は例えば1.5 μm～2.5 μmである。レーザ光Lは、平面視でレーザ吸収層Pの全面において螺旋状に照射されてもよいし、レーザ吸収層Pの全面において同心円状に環状に照射されてもよい。また、レーザ光Lは、レーザ照射装置に含まれるレンズ（図示せず）を直線方向に移動させながら、レーザ吸収層Pにパルス状に照射されてもよい。この場合、例えば当該レンズに直線移動機構（トランスポーター）を設けて当該レンズを水平方向に移動させてもよいし、また例えばガルバノスキャナ（図示せず）によって当該レンズからのレーザ光を走査させてもよい。レーザ光Lは、第1ウェハWの裏面Wb側から当該第1ウェハWを透過し、レーザ吸収層Pにおいて吸収される。そして、このレーザ光Lによって、レーザ吸収層P、レーザ吸収層PとウェハWの界面、又は、レーザ吸収層Pとエッチング停止層Qの界面における接合強度を低下させる。

[0026] 以下の説明では、第1重合ウェハT1の内部において接合強度の低下した界面（本実施形態においてはレーザ吸収層Pの内部の面）を、本開示の技術

においては「分離面」という場合がある。また、本実施形態において「接合強度が低下」とは、少なくともレーザ光Lの照射前と比較して接合強度が低下している状態のことを言い、レーザ吸収層Pとエッチング停止層Qの分離を含む。

[0027] 次に、図7に示すように第1重合ウェハT1における第2ウェハSから第1ウェハWを分離する（図1、図2のSt6）。St6では、例えば後述する分離装置60において、St5で接合強度が低下された、レーザ吸収層Pを基点として第1ウェハWを分離する。なお本明細書において、第1ウェハW上に形成された少なくとも一部の層が転写され、第1ウェハWが分離された後の第2ウェハSを、「当該層が転写された第2ウェハS」、又は、単に「第2ウェハS」と称する。図7の例では、第1デバイス層Dw、表面膜Fw、Fs、第2デバイス層Ds及び第2ウェハSを含むものについて、「第1デバイス層Dwが転写された第2ウェハS」又は、単に「第2ウェハS」と称する。後述する第2重合ウェハT2についても同様である。

[0028] 第1ウェハWの分離方法は任意である。一例として、図7（a）に示すように吸着チャック210が第2ウェハSの裏面Sbを吸着保持し、更に吸着パッド211が第1ウェハWの表面Waを吸着保持する。その後、図7（b）に示すように吸着パッド211が第1ウェハWを吸着保持した状態で、当該吸着パッド211を上昇させて、第1ウェハWを分離する。この際、上述したようにレーザ光Lの照射によってレーザ吸収層Pの内部又はレーザ吸収層Pとエッチング停止層Qの界面では接合強度が低下しているので、大きな荷重をかけることなく、第1ウェハWを分離することができる。また、未貼合領域B1がベベルフィルされていることにより当該未貼合領域B1には接合力が生じているので、上記界面における分離を確保することができる。これにより、図25の比較例に示すようなベベルの一部の欠損を抑制することができる。その結果、第2ウェハSに転写される第1デバイス層Dwを広くすることができ、生産性を向上することができる。

[0029] 次に、第1ウェハWが分離された第1重合ウェハT1において、分離面を

表面処理する（図1、図2のS t 7）。S t 7では、例えば洗浄装置90において分離面を洗浄してもよい。或いは、例えば研磨装置（図示せず）やエッチング装置（図示せず）において、分離面を研磨して平坦化又は除去してもよい。本実施形態にかかる表面処理の詳細については後述する。

[0030] 一実施形態において、表面処理は、CMP（Chemical Mechanical Polishing）の工程を含む。CMPの工程では、第1重合ウェハT1の分離面にたいして研磨パッドを接触させ、圧力を加えながら表面を研磨する。この際、本実施形態にかかる充填材Gは、当該圧力によって第1重合ウェハT1のベベル部における未貼合領域が損傷することを防ぐ作用を奏する。

[0031] なお一実施形態において、充填材Gの材料はS t 5のレーザ光の照射に対する耐性を有する観点で選択される。この場合に、S t 7の表面処理においてCMPを含む場合、充填材Gはさらに、CMPに含まれる各処理工程に対する耐性を有することが好ましい。一実施形態において、S t 4で充填された充填材GがCMPの一処理工程に対する耐性を有さない場合には、第1ウェハWの分離（S t 6）の後、表面処理（S t 7）においてCMPを行うまでの間に、当該充填材Gは除去される。この場合、表面処理（S t 7）においてCMPを行う際には、改めて、第1重合ウェハT1の未貼合領域B1に対して、CMPに含まれる各処理工程に対する耐性を有する他の充填材Gを充填する。これにより、再充填された当該他の充填材Gは、その後のCMP実行時において上記のように未貼合領域B1が損傷することを防ぐ作用を奏する。なお当該他の充填材Gの再充填は、上記のS t 4と同様にして行うことができる。

[0032] 次に、表面処理された第1重合ウェハT1において、配線層Wrを形成する（図1、図2のS t 8）。配線層Wrは、公知の配線工程（BEOL：Back End of Line）により形成され得る。本実施形態にかかる第1重合ウェハT1における配線層Wr上には、更に後述する第3ウェハUが接合されるため、S t 8では、接合用の表面膜Ftを有するように構成

される。一実施形態において、第1重合ウェハT1において配線層Wr上に他のウェハを接合せず、製造方法を終了する。この場合、配線層Wr上には、接合用の表面膜Ftを有していなくてもよい。

[0033] 次に、第3ウェハUを準備する（図1、図2のSt9）。St9の第3ウェハUの準備は、St1の第1ウェハWの準備と同様である。すなわち、第3ウェハUの表面には、レーザ吸収層P、エッチング停止層Q、第3デバイス層Du及び表面膜Fuを含む積層膜が形成されている。本実施形態にかかる第3ウェハUにおける吸収層P、エッチング停止層Q、第3デバイス層Du及び表面膜Fuは、それぞれ第1ウェハWにおける吸収層P、エッチング停止層Q、第1デバイス層Dw及び表面膜Fwと同様である。一実施形態において、第3ウェハUの第3デバイス層Duは、第1ウェハWの第1デバイス層Dwと異なるデバイスを含む。

[0034] 次に、図1、図2に示すように、第1デバイス層Dwが転写された第2ウェハSと第3ウェハUとを接合して、重合基板としての第2重合ウェハT2を得る（St10）。St10における第3ウェハUと第2ウェハSとの接合は、St3における第1ウェハWと第2ウェハSとの接合同様である。その後、第2重合ウェハT2のベベルフィル（St11）により第2重合ウェハT2の未貼合領域B2に充填材Gを充填する。一実施形態において、St11より前の工程で第1重合ウェハT1の未貼合領域B1に充填された充填材Gが除去されていた場合は、St11において、未貼合領域B1及びB2の両方に充填材Gを充填する。その後さらに、レーザ光Lの照射（St12）、第3ウェハUの分離（St13）、第3デバイス層Duが転写された第2ウェハSの表面処理（St14）、及び、配線層Wrの形成（St15）を順次行う。St11～St15は、St4～St8と同様である。本実施形態において、St15で配線層Wrを形成した後、製造方法を終了する。一実施形態において、St15で配線層Wrを形成した後、第2重合ウェハT2の配線層Wrの上にさらに図示しない他のウェハを接合し、St3～St8と同様の工程を実行してもよい。なお本明細書において、第1重合ウ

エハT 1 及び第2 重合ウェハT 2 を合わせて、単に「重合ウェハT 1、T 2」と記載する場合がある。

[0035] S t 1 3 の分離において、未貼合領域B 1、B 2 がベベルフィルされていることにより当該未貼合領域B 1、B 2 には接合力が生じているので、第2 ウェハS と第3 ウェハU との接合界面における分離を確保することができる。これにより、2 回以上の接合及び分離を繰り返すプロセスにおいても、ベベルの欠損が繰り返されることを抑制し、デバイスを形成可能な領域の消耗を抑制することができる。

[0036] S t 7 で分離された第1 ウェハW は再利用される（図1 のS t 2 0）。第1 ウェハW に対する再利用処理は、一例として、エッチング装置（図示せず）において、第1 ウェハW に残留したレーザ吸収層P をエッチングして除去する。レーザ吸収層P のエッチングは、ドライエッチングでもウェットエッチングでもよい。かかる観点から、レーザ吸収層P は、第1 ウェハW の表面W a に対して選択的エッチングが可能に構成される。一実施形態において、レーザ吸収層P と第1 ウェハW の間に犠牲層を有する場合には、まずレーザ吸収層P と当該犠牲層との選択的エッチングを行い、その後、当該犠牲層と第1 ウェハW の表面W a との選択的エッチングを行う。

[0037] レーザ吸収層P が除去された第1 ウェハW には、次にS t 1 と同様の処理が行われ、表面W a に分離層M w、第1 デバイス層D w 及び表面膜F w が形成される。こうして次の第2 ウェハS に対して、第1 ウェハW は再利用される。なお、レーザ吸収層P が除去されたが除去された第1 ウェハW は、表面W a に膜が形成されていないベアウェハであるため、次に第2 ウェハS として再利用されてもよい。

[0038] また、S t 1 3 で分離された第3 ウェハU は再利用される（図1 のS t 2 1）。第3 ウェハU の再利用は、S t 2 0 の第1 ウェハW の再利用と同様である。

[0039] 以下、一実施形態にかかる製造方法として、図8 に示すように、第1 ウェハW の準備（図1 のS t 1）において、第1 ウェハW のデバイス層D w に3

D N A N Dのメモリセルアレイの少なくとも一部が形成される場合について説明する。デバイス層D wは、一例としての下記の方法により形成されるメモリホールHを含む

- [0040] 具体的に、本実施形態にかかる第1ウェハWの準備（図1のS t 1）は、図9及び図10に示す各工程を含む。図10（a）～（c）は、各工程のうち主要な工程におけるデバイス層D wの状態の一例を示す図である。なお、図1のS t 9における第3ウェハUの準備についても同様である。
- [0041] 先ず、第1ウェハWの表面W aの上方に、レーザ吸収層Pを形成する（図9、図10のS t 1 0 1）。レーザ吸収層Pは所望の酸化膜（S i O₂膜、T E O S膜）である。
- [0042] 次に、レーザ吸収層Pの上方に、エッチング停止層Qを形成する（図9、図10のS t 1 0 2）。エッチング停止層Qは多結晶シリコンである。
- [0043] 次に、後述するメモリホールHを形成する予定位置に対応するエッチング停止層Qの一部に、エッチング停止構造体E Sを形成する（図9のS t 1 0 3）。
- [0044] S t 1 0 3では、まずエッチング停止層Qの上記一部において、凹部E S'を形成する（図10のS t 1 0 3 a）。その後、当該凹部E S'に、パッドP d及び酸化膜O xを成膜する（図10のS t 1 0 3 b）。パッドP dは、後述するメモリホールHを形成する際の高アスペクト比（H A R : H i g h A s p e c t R a t i o）のエッチング工程において、当該パッドP dよりも下方、例えばレーザ吸収層Pや第1ウェハWなどがエッチングされないように、エッチングを停止する作用を有する。パッドP dの材料としては、一例として窒化チタン（T i N）、タングステン（W）、タングステンシリサイド（W S i₂）などが用いられる。ただしこれらに限定されず、上記作用を有する観点から公知の他の材料が用いられ得る。
- [0045] なお、一実施形態において、エッチング停止構造体E SはパッドP dを有さないように構成される。この場合、エッチング停止層Qはエッチング停止構造体E Sを有さないように構成され得る。さらにこの場合、後述するメモ

リホールHを形成する際のエッチング工程で当該パッドPdよりも下方がエッチングされないのに十分な膜厚を有するようにエッチング停止層Qを形成してもよい。

[0046] 次に、エッチング停止層Qの上方に、積層膜として複数の酸化膜と窒化膜が交互に積層された交互層ALを形成する（図9、図10のSt104）。

[0047] 次に、メモリホールHを形成する予定位置において、交互層ALを貫通するようにHARエッチングを行うことで深穴DHを形成する（図9、図10のSt105）。St105は、公知のパターニング装置及びエッチング装置を用いて行われ得る。エッチングにおいて形成される深穴DHは、エッチング停止構造体ESで停止し、レーザ吸収層P及び第1ウェハWには達しない。これにより、その後のレーザ吸収層Pにおける分離を好適に行うことができる。また、分離される第1ウェハWの再利用の可能性が向上する。

[0048] 次に、エッチング停止構造体ESを除去する（図9、図10のSt106）。エッチング停止構造体ESの除去は、例えばドライエッチングにより行われる。

[0049] 次に、エッチング停止構造体ESが除去された深穴DHに、メモリホールHを形成する（図9、図10のSt107）。メモリホールHの形成は、例えば深穴DHの側壁に対する種々の膜の形成により行われ得る。

[0050] メモリホールHの形成後、図10（c）に示すような配線層Wr及び表面膜Fwを形成する（図9のSt108）。本実施形態にかかる配線層Wrは、信号ネットワーク又は電源供給ネットワークを構成する導電性材料を含む。表面膜Fwは、配線層Wrに電氣的に接続される銅パッドCuを含む。

[0051] なお、一実施形態において、上記のSt105、St106で形成される深穴DHの上方に他の深穴DHをさらに形成することにより、さらに高アスペクト比のメモリホールHを得る。具体的には、図11、図12に示すように、上記のSt101～St106の実行後、さらにSt110～St113を実行し、その後St107、St108を実行する。

- [0052] St 106の実行後、まず、深穴DHに犠牲層SLを形成する（図11、図12のSt 110）。
- [0053] 次に、犠牲層SLによって埋設された深穴DHの上方に、交互に積層される複数の酸化膜と窒化膜の他の交互層ALを形成する（図11、図12のSt 111）。他の交互層ALは、エッチング停止部EPを含むように構成される。エッチング停止部EPは、他の交互層ALのHARエッチングの際に当該エッチング停止部EPよりも下方がエッチングされないように、エッチングを停止する作用を有する。エッチング停止部EPの材料は、他の交互層ALを構成する酸化膜又は窒化膜に対するエッチング選択比を確保できるものであれば特に限定されない。
- [0054] 次に、メモリホールHを形成する予定位置において、他の交互層ALを貫通するようにHARエッチングを行うことで他の深穴DHを形成する（図11、図12のSt 112）。St 112は、上記St 105と同様である。エッチングにおいて形成される他の深穴DHは、エッチング停止部EPで停止する。
- [0055] 次に、エッチング停止部EPを除去し、さらに、犠牲層SLを除去する（図11、図12のSt 113）。エッチング停止部EP及び犠牲層SLの除去は、例えばドライエッチングにより行われる。St 113により、St 105、St 106で形成された下方の深穴DHと、上方の他の深穴DHが連通し、一の深穴が形成される。
- [0056] その後、St 107により、連通した深穴DHの側壁に対する種々の膜の形成によりメモリホールHが形成される。また、St 108により、配線層Wr及び表面膜Fwが形成される。
- [0057] 図8を再び参照し、第2ウェハSの準備（図1のSt 2）では、デバイス層Dsにおいて、メモリセルアレイを制御するための周辺回路が形成された第2ウェハSが準備される。本実施形態にかかる周辺回路は、CMOS（Complementary Metal-Oxide-Semiconductor）と、CMOSに電氣的に接続される配線層Wrを含む。また、第

2 ウェハSの表面膜F_sには、配線層W_rに電氣的に接続される銅パッドCuを含む。なおSt 2では、すでに周辺回路が形成された第2ウェハSを準備してもよく、St 2において当該周辺回路を形成することで第2ウェハSを準備してもよい。

[0058] 上記のようにして第1ウェハWと第2ウェハSが準備された後、第1ウェハWと第2ウェハSを接合し、第1重合ウェハT1を得る（図1、図8のSt 3）。

[0059] 次に、第1重合ウェハT1の未貼合領域Bに対するベベルフィル（図1、図8のSt 4）、レーザ吸収層Pに対するレーザ光Lの照射（図1、図8のSt 5）、及び、第1ウェハWの分離（図1、図8のSt 6）を順次行う。

[0060] 次に、第1ウェハWが分離された第1重合ウェハT1の分離面の表面処理を行う（図1、図8のSt 7）。本実施形態にかかる表面処理では、第1ウェハWの分離後に第1重合ウェハT1の分離面に残留したレーザ吸収層Pを除去する。続いて、エッチング停止層Qを除去する。レーザ吸収層Pの除去は、例えばエッチング停止層Qに対するレーザ吸収層Pの選択的エッチングを含み得る。また、エッチング停止層Qの除去は、第1ウェハWのデバイス層D_wに対するエッチング停止層Qの選択的エッチングを含み得る。エッチング停止層Qの選択的エッチングを含む表面処理によれば、表面処理後の第1重合ウェハT1の厚み偏差（TTV：Total Thickness Variation）を向上させることができる。

[0061] 本実施形態において表面処理後の第1重合ウェハT1の分離面においては、デバイス層D_wに含まれるメモリホールHの少なくとも一部が露出する。その後、かかる露出したメモリホールHに対して電氣的に接続される配線層W_rを形成する（図1、図8のSt 8）。一実施形態において、表面処理後にメモリホールHの、不純物がドーパされ導電性が付与された多結晶シリコン膜を含む部分が露出する。この場合、St 8では当該多結晶シリコン膜に対して電氣的に接続されるように配線層W_rが形成され得る。

[0062] その後、第1重合ウェハT1と第3ウェハUとの接合を行う場合は、接合

用の表面膜 F_t を形成してもよい。さらにその後、第3ウェハUとの接合等 ($S_{t9} \sim S_{t15}$) を行うことで、第2重合ウェハT2を形成してもよい。この場合、第3ウェハUは、第1ウェハWと同様に、3DNANDのメモリセルアレイの少なくとも一部を含むように構成されてもよい。

[0063] 以下、第1実施形態に係るベベルフィルについて説明する。第1実施形態に係るベベルフィルは、重合ウェハTに対するベベルフィルであって、上記実施形態に係る S_{t4} における第1重合ウェハT1又は S_{t11} における第2重合ウェハT2に対するベベルフィルとして実行することができる。なお、以下の図16～図19では、説明の便宜上、上記実施形態において説明した第1ウェハWのエッチング停止層Q、デバイス層 D_w 及び第2ウェハSのデバイス層 D_s の図示を省略する。

[0064] 第1実施形態に係るベベルフィルでは、図16に示すように、重合ウェハTの第1接合層としての第1ウェハWの表面膜 F_w の第1外周位置E1に対応して、当該第1外周位置E1よりも径方向内側の位置として予め決定された第2外周位置E2まで充填材Gを充填する。なお表面膜 F_w の第1外周位置E1は、重合ウェハTの断面視において、径方向における最も外側の位置である。また充填材Gの第2外周位置E2は、重合ウェハTの断面視において、径方向における最も外側の位置である。このことは、下記の第2及び第3実施形態でも同様である。

[0065] 一実施形態において、第2外周位置E2まで充填材Gを充填することは、例えば注入器9から液体の充填材Gを注入しながら重合ウェハTを回転させる際に、注入器9からの充填材Gの供給速度や、重合ウェハTの回転速度を調節することにより行うことができる。一実施形態において、第2外周位置E2まで充填材Gを充填することは、重合ウェハTに第2外周位置E2の径方向外側まで充填材Gを注入したあと、第2外周位置E2まで充填材Gを除去することによって行うことができる。

[0066] 一実施形態において、表面膜 F_w と充填材Gとの接触界面の径方向における最も外側の位置である第3外周位置E3が、重合ウェハTの断面視におい

て、第1距離D1及び第2距離D2を用いて以下のように決定され得る。第1距離D1は、レーザ吸収層Pに対するレーザ照射によって接合強度が低下された界面である分離面Sfと、第1ウェハWと第2ウェハSとの接合界面Bfと、の距離である。第2距離D2は、当該分離面Sfと、第3外周位置E3との距離である。この時、予め決定された閾値Thについて、 $D1 - D2 > Th$ が成り立つように、第3外周位置E3が決定される。なお、本実施形態に係る図17に示す例では、分離層Sfは、レーザ吸収層Pと第1ウェハWとの界面である。ただし、分離面Sfはこれ以外の場合、例えばレーザ吸収層Pの内部面や、レーザ吸収層Pと上記実施形態に係るエッチング停止層Qとの界面であってもよい。

[0067] 一実施形態において、第1距離D1と第2距離D2とが予め決定された閾値Th2について $D1 / D2 > Th2$ となるように第3外周位置E3が決定されてもよい。

[0068] 第1実施形態に係るベベルフィルでは、第1外周位置E1よりも径方向内側の位置として予め決定された第2外周位置E2まで充填材Gを充填することとで、図25を用いて上記で説明したような不適切な分離を抑制することができる。

[0069] 第1実施形態に係るベベルフィルにより不適切な分離が抑制される理由は、明らかではないが、以下のような作用例が想定され得る。図18に示すように、第1ウェハWの外周部Weに上方向の力Fupを与えたとき、第1ウェハWと第2ウェハSとの接合界面Bfの最外周位置近傍に集中する応力 $\sigma1$ と、第3外周位置E3の近傍に集中する応力 $\sigma2$ とが作用することが考えられる。この時、応力 $\sigma1$ の分離に対する寄与よりも、応力 $\sigma2$ の分離に対する寄与の方が大きくなるため、第3外周位置E3の近傍を基点として亀裂Crが生じたと考えられる。

[0070] なお、図19に示すように、レーザ吸収層Pが未貼合領域Bまで延伸して形成されている場合には、第1ウェハWの外周部Weに上方向の力Fupを与えたときに第3外周位置E3を基点とした亀裂Crは形成されない場合も

あり得る。これは、分離層S fが未貼合領域Bまで形成されていることにより、当該分離層S fにおける分離が優先するためと考えられる。

[0071] また、 $D1 - D2 > Th$ が成り立つように第3外周位置E 3が決定されることで、上記の不適切な分離をより抑制することができる。この理由は、明らかではないが、以下のような作用例が想定され得る。図1 8に示す亀裂C rについて、亀裂C rが分離面S fに向かって進展した場合にはより好適な分離が生じると考えられる。そのため、上記のように第3外周位置E 3が決定されることで、第3外周位置E 3と分離面S fとの距離を短くすることができ、亀裂C rがより分離面S fに進展しやすくなると考えられる。

[0072] 本発明者らは鋭意検討し、特に、第1距離D 1が大きいような積層膜を有する第1ウェハWにおいては、上記の不適切な分離が生じやすいことを知見した。ここで、第1距離D 1が大きい積層膜とは、例えば上記の実施形態に係る第1ウェハWのように、複数のプロセスが繰り返されることによりデバイス層D wが形成されることで積層膜全体が厚膜化したような場合が考えられる。特に、デバイス層D wがNAND型フラッシュメモリのメモリセルアレイを含む場合などには、当該デバイス層D wを含む積層膜の厚膜化が顕著である。

[0073] 第1実施形態に係るベベルフィルによれば、第1距離D 1が大きい積層膜を有する第1ウェハWを有する重合ウェハTの分離であっても、上記の不適切な分離を抑制できる。

[0074] 以下、第2実施形態に係るベベルフィル及び分離について説明する。第2実施形態に係るベベルフィル及び分離は、重合ウェハTに対するベベルフィル及び分離であって、上記実施形態に係るS t 4及びS t 6における第1重合ウェハT 1、又はS t 1 1及びS t 1 3における第2重合ウェハT 2に対するベベルフィル及び分離として実行することができる。なお、以下の図2 0～図2 3では、説明の便宜上、上記実施形態において説明した第1ウェハWのエッチング停止層Q、デバイス層D w及び第2ウェハSのデバイス層D sの図示を省略する。

- [0075] 第2実施形態に係るベベルフィルでは、図20に示すように、重合ウェハTの第1接合層としての第1ウェハWの表面膜Fwの第1外周位置E1に対応して、当該第1外周位置E1よりも径方向外側の位置として予め決定された第2外周位置E2まで充填材Gを充填する。
- [0076] 次に、ベベルフィルが行われた重合ウェハTの充填材Gに対して、分離基点Aの形成が行われる。分離基点Aの形成は、例えば後述する分離装置60に備えるブレード220を用いて行われ得る。分離基点Aの形成では、まず、図21に示すように、ブレード220を充填材Gの周上に挿入する。そして、ブレード220を図21の直線矢印方向にさらに前進させると、挿入位置の近傍において充填材Gの強度が失われた分離基点Aが形成される。さらに、ブレード220が挿入された状態で、重合ウェハTを回転させる。これにより、図22に示すように、重合ウェハTの平面視における全周において分離基点Aが形成される。なおブレード220が重合ウェハTの周囲を回転させることで、重合ウェハTの全周において分離基点Aが形成されてもよい。
- [0077] 分離基点Aが形成された後は、上記実施形態に係るSt6及びSt13について説明したのと同様に、第2ウェハSから第1ウェハWあるいは第3ウェハUが分離される。
- [0078] なお、ブレード220は、充填材Gの周上の少なくとも1箇所に挿入されるように移動可能に構成される。ブレード220は本開示における基点形成部を構成する。
- [0079] 一実施形態において、本開示における基点形成部は、ブレード220を少なくとも水平方向に移動可能に保持する移動機構221を備える。また基点形成部は、ブレード220が接触する充填材Gに対するブレード220の水平方向の位置又は水平方向の圧力を検知するセンサ222を備える。当該センサ222で検知されるブレード220の水平方向の位置又は圧力は制御装置61に出力される。さらに、制御装置61はブレード220の水平方向の位置又は圧力に基づいて移動機構221を制御することで、充填材Gに所望

の径方向深さで分離基点Aが形成されるように、ブレード220の水平方向の位置を調節する。一実施形態において、充填材Gの全周において分離基点Aが形成される場合には、制御装置61は移動機構221を制御することで、当該全周における分離基点Aの径方向深さが均一となるようにブレード220の水平方向の位置を調節する。

[0080] 一実施形態において、第1ウェハWと第2ウェハSの界面の全周に分離基点Aを形成した後、当該界面の1箇所さらに分離基点Aを形成してもよい。この場合、全周に分離基点Aを形成した後、さらに上記界面の一箇所にブレード150を更に中心側に挿入させて、剥離基点Aを形成する。

[0081] 一実施形態において、本開示における基点形成部は、ブレード220に対して超音波振動を付与する図示しない超音波発振器を備えてもよい。

[0082] なお基点形成部としては、ブレード220を備えた上記実施形態に限定されず、充填材Gの周上に分離基点Aを形成可能な所望の構成を採用することができる。例えば、分離装置60は、基点形成部としてエアカッタ（図示せず）を備えていてもよい。エアカッタは、第1ウェハWと第2ウェハSの界面にエアを供給し、分離基点Aを形成する。分離基点Aを形成しやすくするため、エアには、加圧された高圧エアを用いてもよいし、加熱された高温エアを用いてもよい。あるいは、エアカッタに代えて、第1ウェハWと第2ウェハSの界面に水を供給するウォータカッタを用いてもよい。ウォータカッタから供給される水は、加圧された高圧水であってもよいし、加熱された高温水であってもよい。

[0083] また例えば、分離装置60は、基点形成部として回転カッタ（図示せず）を備えていてもよい。回転カッタは、例えばモータ（図示せず）によってカッタが回転する構成を有する。かかる場合、回転カッタを回転させながら第1ウェハWと第2ウェハSの界面に挿入し、分離基点Aを形成する。

[0084] また例えば、分離装置60は、基点形成部として加熱部（図示せず）を備えていてもよい。加熱部は、第1ウェハWと第2ウェハSの界面を加熱して当該第1ウェハWと第2ウェハSを膨張させ、界面に熱応力を作用させて分

離基点Aを形成する。

[0085] さらに例えば、分離装置60には、図21に示すように、ブレード220等の基点形成部の下方に吸引機構230が設けられていてもよい。吸引機構230は、図示しない吸引源に接続され、分離基点A付近の雰囲気吸引する。充填材Gにブレード220を挿入して分離基点Aを形成する際、切削によりパーティクル等が発生する場合がある。吸引機構230は当該パーティクル等を吸引して除去でき、分離装置60の内部を清浄に維持することができる。また、分離の際に分離装置60の内部にダウフローを形成してもよく、かかる場合、ブレード220の下方に吸引機構230を配置することで、当該吸引機構230によってパーティクル等をさらに効率よく吸引することができる。

[0086] 第2実施形態に係るベベルフィル及び分離では、第1外周位置E1よりも径方向外側の位置として予め決定された第2外周位置E2まで充填材Gを充填し、かつ当該充填材Gの全周に分離基点Aを形成することで、図25を用いて上記で説明したような不適切な分離を抑制することができる。

[0087] 第2実施形態に係るベベルフィルにより不適切な分離が抑制される理由は、明らかではないが、以下のような作用例が想定され得る。まず、本発明者らは鋭意検討し、特に、第1外周位置E1よりも径方向外側の第2外周位置E2まで充填材Gが充填されている場合には、分離時に重合ウェハTの周上の各位置において充填材Gと表面膜Fwの接触界面のランダムな位置で亀裂Crが生じ得ることがわかった。このようなランダムな位置での亀裂Crは、上記の不適切な分離を生じ得る。これに対して第2実施形態に係る分離においては、図23に示すように、第1ウェハWの外周部Weに上方向の力Fupを与えたとき、充填材Gと表面膜Fwの接触界面のうち、分離基点Aが形成された部分の近傍の領域において応力が集中しやすくなり、当該領域を基点として亀裂Crが生じたと考えられる。また、分離基点Aが充填材Gの全周に形成されることにより、全周において均一に亀裂Crが進展し、好適な分離が生じたと考えられる。

- [0088] 以下、第3実施形態に係るベベルフィル及びレーザ光Lの照射について説明する。第3実施形態に係るベベルフィル及びレーザ光Lの照射は、重合ウェハTに対するベベルフィル及びレーザ光Lの照射であって、上記実施形態に係るS t 4及びS t 5における第1重合ウェハT 1又はS t 1 1及びS t 1 2における第2重合ウェハT 2に対するベベルフィル及びレーザ光Lの照射として実行することができる。なお、以下の図19では、説明の便宜上、上記実施形態において説明した第1ウェハWのエッチング停止層Q、デバイス層D w及び第2ウェハSのデバイス層D sの図示を省略する。
- [0089] 第3実施形態に係るベベルフィルでは、第2実施形態に係るベベルフィルと同様であり、図20に示すように、重合ウェハTの第1接合層としての第1ウェハWの表面膜F wの第1外周位置E 1に対応して、当該第1外周位置E 1よりも径方向外側の位置として予め決定された第2外周位置E 2まで充填材Gを充填する。
- [0090] 次に、ベベルフィルが行われた重合ウェハTの充填材Gに対して、分離基点Aの形成が行われる。分離基点Aの形成は、図24に示すように、充填材Gに対するレーザ光の照射により行われる。レーザ光の照射は、上記実施形態に係るS t 5において説明したレーザ吸収層Pに対するレーザ光Lの照射と同様である。充填材Gに対してレーザ光Lが照射されることで、充填材Gの強度が失われた分離基点Aが形成される。分離基点Aは、第2実施形態に係る分離における図22に示すのと同様に、充填材Gの全周に形成されてもよい。
- [0091] 第3実施形態に係るベベルフィル及びレーザ照射によれば、第2実施形態に係るベベルフィル及び分離において説明したのと同様の作用及び効果が得られる。すなわち、図23に示すのと同様に、第1ウェハWの外周部W eに上方向の力F u pを与えたとき、充填材Gと表面膜F wの接触界面のうち、分離基点Aが形成された部分の近傍の領域において応力が集中しやすくなり、当該領域を基点として亀裂C rが生じたと考えられる。また、分離基点Aが充填材Gの全周に形成されることにより、全周において均一に亀裂C rが

進展し、好適な分離が生じたと考えられる。したがって、図25を用いて上記で説明したような不適切な分離を抑制することができる。

[0092] 以下、上記したウェハ処理方法における第1基板と第2基板の接合及び分離を実行可能な基板処理システムの一例としての、ウェハ処理システム1について説明する。

[0093] 図13に示すようにウェハ処理システム1は、搬入出ステーション2と処理ステーション3を一体に接続した構成を有している。搬入出ステーション2では、例えば外部との間で複数の重合ウェハT1、T2を収容可能なカセットCが搬入出される。処理ステーション3は、重合ウェハT1、T2に対して所望の処理を施す各種処理装置を備えている。

[0094] 搬入出ステーション2には、複数の重合ウェハT1、T2を収容可能なカセットCを載置するカセット載置台10が設けられている。また、カセット載置台10のX軸正方向側には、当該カセット載置台10に隣接してウェハ搬送装置20が設けられている。ウェハ搬送装置20は、Y軸方向に延伸する搬送路21上を移動し、カセット載置台10のカセットCと後述のトランジションステージ30との間で重合ウェハT1、T2を搬送可能に構成されている。

[0095] 搬入出ステーション2には、ウェハ搬送装置20のX軸正方向側において、当該ウェハ搬送装置20に隣接して、重合ウェハT1、T2を処理ステーション3との間で受け渡すためのトランジションステージ30が設けられている。

[0096] 処理ステーション3には、ウェハ搬送装置40、レーザ処理装置50、分離装置60、ベベルフィル装置70、ベイク装置80、及び洗浄装置90が配置されている。

[0097] ウェハ搬送装置40は、トランジションステージ30のX軸正方向側に設けられている。ウェハ搬送装置40は、X軸方向に延伸する搬送路41上を移動自在に構成され、搬入出ステーション2のトランジションステージ30、レーザ処理装置50、分離装置60、ベベルフィル装置70、ベイク装置

80、及び洗浄装置90に対して重合ウェハT1、T2を搬送可能に構成されている。

[0098] レーザ処理装置50は、第1ウェハWと第2ウェハSの界面におけるレーザ吸収層Pにレーザ光L1を照射し、第1ウェハWと第2ウェハSが分離した接合力低下領域を形成する。レーザ処理装置50は、後述する制御装置51を有する。

[0099] 図14及び図15に示すように、レーザ処理装置50は、重合ウェハT1、T2を上面で保持するチャック100を有している。チャック100は、第1ウェハWが上側であって第2ウェハSが下側に配置された状態で、第2ウェハSの裏面Sbを吸着保持する。チャック100は、エアベアリング101を介して、スライダテーブル102に支持されている。スライダテーブル102の下面側には、回転機構103が設けられている。回転機構103は、駆動源として例えばモータを内蔵している。チャック100は、回転機構103によってエアベアリング101を介して、鉛直軸回りに回転自在に構成されている。スライダテーブル102は、その下面側に設けられた移動機構104を介して、基台105上においてY軸方向に延伸して設けられるレール106上を移動自在に構成されている。なお、移動機構104の駆動源は特に限定されるものではないが、例えばリニアモータが用いられる。

[0100] チャック100の上方には、レーザヘッド110が設けられている。レーザヘッド110は、レンズ111を有している。レンズ111は、チャック100に保持された重合ウェハT1、T2のレーザ吸収層Pにレーザ光L1を照射する。これによって、レーザ光L1が照射された部分で第1ウェハWと積層膜とを分離させ、第1ウェハWと第2ウェハSが分離した接合力低下領域を形成する。なお接合力低下領域の形成位置は、第1ウェハWと第2ウェハSの界面で分離を生じさせ、接合力を低下できれば、特に限定されない。すなわち、第1ウェハWと第2ウェハSの分離は、図示したように第1ウェハWと積層膜の界面で発生させてもよいし、積層膜同士の界面や、第2ウェハSと積層膜の界面で発生させてもよい。

- [0101] レーザヘッド110は、支持部材112に支持されている。レーザヘッド110は、鉛直方向に延伸するレール113に沿って、昇降機構114により昇降自在に構成されている。またレーザヘッド110は、移動機構115によってY軸方向に移動自在に構成されている。なお、昇降機構114及び移動機構115はそれぞれ、支持柱116に支持されている。
- [0102] なお、図示の例においては回転機構103及び移動機構104によりチャック100をレーザヘッド110に対して相対的に回転、及び水平方向に移動可能に構成したが、レーザヘッド110をチャック100に対して相対的に回転、及び水平方向に移動可能に構成してもよい。また、チャック100及びレーザヘッド110の双方をそれぞれ相対的に回転、及び水平方向に移動可能に構成してもよい。
- [0103] 分離装置60は、図7(a)に示したような吸着チャック210、吸着パッド211を備える。そして、上述したような方法により、第2ウェハSから第1ウェハWを、接合力低下領域を基点として分離する。一実施形態において、分離装置60は、上記したブレード220、移動機構221及びセンサ222を備える。
- [0104] ベベルフィル装置70は、図4又は図5に示したような注入器9を備え、重合ウェハT1、T2におけるベベル部に対して充填材Gを注入可能に構成される。一例として、ベベルフィル装置70はチャック100と同様の図示しないチャックを備える。当該チャックの上に重合ウェハT1、T2を保持し、重合ウェハT1、T2を回転させながら、ベベル部に注入器9から充填材Gを注入する。これにより、重合ウェハT1、T2の全周におけるベベル部に充填材Gを注入可能である。一実施形態において、ベベルフィル装置70は重合ウェハT1、T2のベベル部の内、未貼合領域にのみ充填材Gを注入するように制御される。
- [0105] ベイク装置80は、ベベル部に充填材Gが注入された重合ウェハT1、T2における当該充填材Gのベイク（焼成）を行うように構成される。
- [0106] 洗浄装置90は、ベベルフィル装置70で充填材Gが注入された後、又は

、ベイク装置 80 で充填材 G が焼成された後の第 1 ウェハ W 及び第 2 ウェハ S に洗浄処理を施し、これらウェハ上のパーティクルや、必要ない箇所に付着した充填材 G を除去する。洗浄の方法は任意に選択できる。

[0107] 一実施形態において、ウェハ処理システム 1 は、レーザ処理装置 50 及び分離装置 60 を含む一のウェハ処理システムと、ベベルフィル装置 70 及びベイク装置 80 を含む他の一のウェハ処理システムと、を含む複数のシステムに分けられる。かかる複数のシステム間においてウェハ W、S、U、重合ウェハ T1、T2 などが搬送されることにより、各ウェハに所望の処理が行われる。

[0108] 以上のウェハ処理システム 1 には、制御装置 51、制御装置 61 及び少なくとも 1 つの制御装置 95 が設けられている。制御装置 51 は、レーザ処理装置 50 の動作を個別に制御する。制御装置 61 は、分離装置 60 の動作を個別に制御する。制御装置 95 は、ウェハ処理システム 1 における一連のウェハ処理の制御を統括する。

[0109] 制御装置 51、制御装置 61 及び制御装置 95 はそれぞれ、本開示において述べられる種々の工程をレーザ処理装置 50、分離装置 60 及びウェハ処理システム 1 に実行させるコンピュータ実行可能な命令を処理する。制御装置 51、制御装置 61 及び制御装置 95 はそれぞれ、ここで述べられる種々の工程を実行するようにレーザ処理装置 50、分離装置 60 及びウェハ処理システム 1 の各要素を制御するように構成され得る。一実施形態において、制御装置 51 の一部又は全てがレーザ処理装置 50 に含まれてもよく、制御装置 61 の一部又は全てが分離装置 60 に含まれてもよく、制御装置 95 の一部又は全てがウェハ処理システム 1 に含まれてもよい。

[0110] 制御装置 51、制御装置 61 及び制御装置 95 はそれぞれ、処理部、記憶部及び通信インターフェースを含んでもよい。制御装置 51、制御装置 61 及び制御装置 95 はそれぞれ、例えばコンピュータにより実現される。処理部は、記憶部から種々の制御動作を行うことを可能にするロジック又はルーチンを提供するプログラムを読み出し、読み出されたプログラムを実行する

ことにより種々の制御動作を行うように構成され得る。このプログラムは、予め記憶部に格納されていてもよく、必要なときに、媒体を介して取得されてもよい。取得されたプログラムは、記憶部に格納され、処理部によって記憶部から読み出されて実行される。媒体は、コンピュータに読み取り可能な種々の記憶媒体であってもよく、通信インターフェースに接続されている通信回線であってもよい。記憶媒体は、一時的なものであっても非一時的なものであってもよい。処理部は、CPU (Central Processing Unit) であってもよく、1つ又は複数の回路であってもよい。記憶部は、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、HDD (Hard Disk Drive)、SSD (Solid State Drive)、又はこれらの組み合わせを含んでもよい。通信インターフェースは、LAN (Local Area Network) 等の通信回線を介してレーザ処理装置50及びウェハ処理システム1との間で通信してもよい。

[0111] なお本実施形態においては、制御装置51をレーザ処理装置50に対して個別に設置したが、制御装置51は制御装置95と一体に構成されてもよい。また制御装置61を分離装置60に対して個別に設置したが、制御装置61は制御装置95と一体に構成されてもよい。換言すれば、レーザ処理装置50及び分離装置60の動作は、制御装置95により制御されてもよい。

[0112] 今回開示された実施形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。上記の実施形態は、添付の請求の範囲及びその主旨を逸脱することなく、様々な形態で省略、置換、変更されてもよい。例えば、上記実施形態の構成要件は任意に組み合わせることができる。当該任意の組み合わせからは、組み合わせにかかるそれぞれの構成要件についての作用及び効果が当然に得られるとともに、本明細書の記載から当業者には明らかな他の作用及び他の効果が得られる。

[0113] また、本明細書に記載された効果は、あくまで説明的または例示的なものであって限定的ではない。つまり、本開示に係る技術は、上記の効果とともに

に、又は、上記の効果に代えて、本明細書の記載から当業者には明らかな他の効果を奏しうる。

符号の説明

[0114]	B	未貼合領域
	P	レーザ吸収層
	S	第2ウェハ
	T	重合ウェハ
	W	第1ウェハ

請求の範囲

- [請求項1] 半導体装置の製造方法であって、
- レーザ吸収層及び第1接合層を有する第1基板と、第2接合層を有する第2基板と、における前記第1接合層と前記第2接合層が接合された重合基板の未貼合領域に対して、前記第1接合層の第1外周位置に対応して予め決定された第2外周位置まで充填材を充填するベベルフィルを行うことと、
- 前記レーザ吸収層にレーザを照射することと、
- 前記重合基板における前記第2基板から前記第1基板を分離することと、を含む、半導体装置の製造方法。
- [請求項2] 前記第2外周位置は、前記第1外周位置よりも径方向内側である、請求項1に記載の半導体装置の製造方法。
- [請求項3] 前記レーザを照射することにより形成される前記第1基板と前記第2基板の分離面と、前記第1接合層と前記第2接合層との接合界面と、の距離を第1距離とし、
- 前記分離面と、前記第1接合層と前記充填材との接触界面の径方向における最も外側の位置である第3外周位置と、の距離を第2距離としたときに、
- 前記第1距離と前記第2距離との差が、予め決定された閾値よりも大きくなるように、前記第3外周位置が予め決定される、請求項2に記載の半導体装置の製造方法。
- [請求項4] 前記第2外周位置は、前記第1外周位置よりも径方向外側であり、
- 前記第2基板から前記第1基板を分離することの前に、
- 前記充填材の平面視における全周に対して分離基点を形成することを含む、請求項1に記載の半導体装置の製造方法。
- [請求項5] 前記第2基板から前記第1基板を分離することにおいて、
- 基点形成部を用いて前記分離基点を形成することを含む、請求項4に記載の半導体装置の製造方法。

- [請求項6] 前記基点形成部は、ブレードを含み、
前記ブレードを前記充填材に挿入した状態で、前記ブレードと前記重合基板とを相対的に回転させることにより、前記分離基点を形成することを含み、請求項5に記載の半導体装置の製造方法。
- [請求項7] 前記レーザ吸収層にレーザを照射することと共に
前記充填材に対してレーザ光を照射することで、前記分離基点を形成することを含み、請求項4に記載の半導体装置の製造方法。
- [請求項8] 前記レーザ吸収層の上に、エッチング停止層を形成することと、
前記エッチング停止層の上に、デバイス層を形成することと、を含む、請求項1に記載の半導体装置の製造方法。
- [請求項9] 前記第1基板に、
配線層を形成することと、
接合用の表面膜を形成することと、をさらに含む、請求項8に記載の半導体装置の製造方法。
- [請求項10] 前記第2基板から前記第1基板を分離することの後、
前記デバイス層が転写された前記第2基板の分離面を表面処理することをさらに含み、
前記エッチング停止層は、前記分離面との選択的エッチングが可能な材料から構成され、
前記表面処理することは、
前記エッチング停止層と前記分離面との前記選択的エッチングを行うことにより、前記エッチング停止層を除去することを含む、請求項8に記載の半導体装置の製造方法。
- [請求項11] 前記表面処理することは、
前記分離面から、前記デバイス層の少なくとも一部を露出させることを含む、請求項10に記載の半導体装置の製造方法。
- [請求項12] 前記デバイス層を形成することは、
前記エッチング停止層の上に積層膜を形成することと、

当該積層膜に対してエッチングすることで深穴を形成することと、
を含み、

前記エッチング停止層を形成することは、

前記デバイス層において前記深穴を形成予定の位置に対応する前記エッチング停止層の一部に、エッチング停止構造体を形成することを
含み、

前記エッチング停止構造体は、前記深穴を形成する前記エッチングを、当該エッチング停止構造体において停止するように構成される、
請求項 8 に記載の半導体装置の製造方法。

[請求項13] 前記エッチング停止構造体は、窒化チタン、タングステン及びタングステンシリサイドのいずれか一以上から選択される材料から構成されるパッドを含む、請求項 1 2 に記載の半導体装置の製造方法。

[請求項14] 前記重合基板から前記第 1 基板を分離することの後、
前記ベベルフィルにより前記未貼合領域に充填された充填材を、除去することをさらに含む、請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

[請求項15] 前記重合基板から前記第 1 基板を分離することの後、
前記第 1 基板が分離された前記重合基板の分離面を表面処理することをさらに含み、
前記充填材を除去することの後、前記分離面を表面処理することの前に、再度、前記重合基板の前記未貼合領域に対する前記ベベルフィルを行うことをさらに含む、請求項 1 4 に記載の半導体装置の製造方法。

[請求項16] 前記デバイス層は、メモリセルアレイの少なくとも一部を含む、請求項 8 に記載の半導体装置の製造方法。

[請求項17] 前記第 2 基板は、他のデバイス層を含み、
前記他のデバイス層は、前記メモリセルアレイを制御するための周辺回路の少なくとも一部を含む、請求項 1 6 に記載の半導体装置の製造方法。

- [請求項18] レーザ吸収層を有する第3基板と前記重合基板とを接合することで、第2重合基板を形成することと、
前記第2重合基板の未貼合領域に対するベベルフィルを行うことと、
前記第3基板の前記レーザ吸収層にレーザを照射することと、
前記第2重合基板における前記第2基板から前記第3基板を分離することと、をさらに含む、請求項1に記載の半導体装置の製造方法。
- [請求項19] 半導体装置の製造システムであって、
レーザ吸収層及び第1接合層を有する第1基板と、第2接合層を有する第2基板と、における前記第1接合層と前記第2接合層が接合された重合基板の未貼合領域に対して、前記第1接合層の第1外周位置に対応して予め決定された第2外周位置まで充填材を充填するベベルフィルがされた当該重合基板に対して、前記レーザ吸収層にレーザを照射するレーザ照射装置と、
前記重合基板における前記第2基板から前記第1基板を分離する分離装置と、を備える、半導体装置の製造システム。
- [請求項20] 前記重合基板の前記未貼合領域に対して前記ベベルフィルを行う、ベベルフィル装置を備える、請求項19に記載の半導体装置の製造システム。