

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号
特表2025-513806
(P2025-513806A)

(43)公表日 令和7年4月30日(2025.4.30)

(51)国際特許分類

F I

テーマコード (参考)

H 0 1 L 21/02 (2006.01) H 0 1 L 21/02 B 2 H 1 9 7

G 0 3 F 7/20 (2006.01) G 0 3 F 7/20 5 0 1

G 0 3 F 7/20 5 2 1

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全30頁)

(21)出願番号	特願2024-559554(P2024-559554)	(71)出願人	000219967
(86)(22)出願日	令和5年2月22日(2023.2.22)		東京エレクトロン株式会社
(85)翻訳文提出日	令和6年11月18日(2024.11.18)		東京都港区赤坂五丁目3番1号
(86)国際出願番号	PCT/US2023/013554	(71)出願人	514028776
(87)国際公開番号	WO2023/196061		トーキョー エレクトロン ユーエス ホールディングス、インコーポレーテッド
(87)国際公開日	令和5年10月12日(2023.10.12)		Tokyo Electron U. S. Holdings, Inc.
(31)優先権主張番号	63/328,823		アメリカ合衆国 テキサス州 78704
(32)優先日	令和4年4月8日(2022.4.8)		オースティン サウス 1スト ストリート
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		401 스위트 900
(31)優先権主張番号	63/328,825		401 S 1st. St., Suite 900, Austin, Texas
(32)優先日	令和4年4月8日(2022.4.8)		78704, U. S. A.
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(74)代理人	110004381
(31)優先権主張番号	17/885,097		
	最終頁に続く		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ハイブリッドパターン形成－接合半導体ツール

(57)【要約】

デバイスは、ウェーハ形状補正用に構成されたモジュールの第1のセットと、ウェーハ接合用に構成されたモジュールの第2のセットを含む。モジュールの第1のセットは、第1のウェーハ及び第2のウェーハの相対的な z -高さ値を含む、第1のウェーハ及び第2のウェーハのウェーハ形状データを測定するように構成された計測モジュールを含む。ストレスサ膜堆積モジュールは、第1のウェーハ上に第1のストレスサ膜を形成するように構成される。ストレスサ膜修正モジュールは、第1のウェーハの内部応力の調整を規定し、ウェーハ形状データに基づいて生成される第1の修正マップに基づいて、第1のストレスサ膜を修正するように構成される。モジュールの第2のセットは、第1のウェーハを第2のウェーハと位置合わせするように構成されたアライメントモジュールと、第1のウェーハを第2のウェーハに接合するように構成された接合モジュールとを含む。

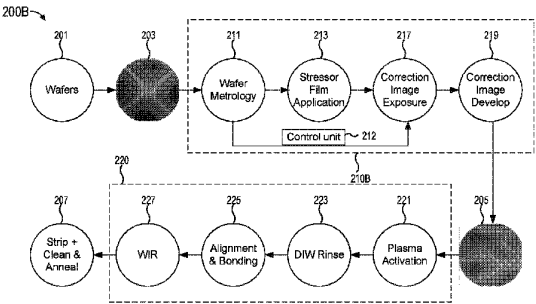


Figure 2B

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ウェーハを接合するためのデバイスであって、前記デバイスは、

ウェーハ形状補正用に構成されたモジュールの第 1 のセットであって、前記モジュールの第 1 のセットは、

第 1 のウェーハ及び第 2 のウェーハのウェーハ形状データを測定するように構成された計測モジュールであって、前記ウェーハ形状データは前記第 1 のウェーハ及び前記第 2 のウェーハの相対的な Z 高さ値を含む、計測モジュールと、

前記第 1 のウェーハ上に第 1 のストレス膜を形成するように構成されたストレス膜堆積モジュールと、

前記第 1 のウェーハの内部応力の調整を規定する第 1 の修正マップに基づいて前記第 1 のストレス膜を修正するように構成されたストレス膜修正モジュールであって、前記第 1 の修正マップは、前記第 1 のウェーハ及び前記第 2 のウェーハの前記ウェーハ形状データに基づいて生成される、ストレス膜修正モジュールと、

を備える、モジュールの第 1 のセットと、

ウェーハ接合用に構成されたモジュールの第 2 のセットであって、前記モジュールの第 2 のセットは、

前記第 1 のウェーハを前記第 2 のウェーハと位置合わせするように構成されたアライメントモジュールと、

前記第 1 のウェーハを前記第 2 のウェーハに接合するように構成された接合モジュールと、

を備える、モジュールの第 2 のセットと、

を備える、デバイス。

【請求項 2】

前記ストレス膜堆積モジュールは、前記第 1 の修正マップに基づいて前記第 1 のウェーハ上に前記第 1 のストレス膜を形成するように構成される、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 3】

前記第 1 のウェーハは、表側作業面と、前記表側作業面の反対側の裏面とを有し、

前記ストレス膜堆積モジュールは、前記第 1 のウェーハの裏側に前記第 1 のストレス膜を形成するように構成される、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 4】

前記ストレス膜堆積モジュールは、スピンコーティング装置、スプレーコーティング装置又は蒸着装置のうちの少なくとも 1 つを備える、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 5】

前記ストレス膜修正モジュールは、前記第 1 の修正マップに基づく電磁放射線のパターンに前記第 1 のストレス膜を露光するように構成された直接書き込み露光装置を備える、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 6】

前記ストレス膜修正モジュールは、前記第 1 のストレス膜のフォトレジスト層を現像してレリーフパターンを形成するように構成された現像装置を備える、請求項 5 に記載のデバイス。

【請求項 7】

前記ストレス膜修正モジュールは、前記レリーフパターンをエッチングマスクとして使用して前記第 1 のストレス膜の形状制御層をエッチングするように構成されたエッチング装置を備える、請求項 6 に記載のデバイス。

【請求項 8】

前記ストレス膜修正モジュールは、ゾーンによる温度制御を有するホットプレートを備える、請求項 1 に記載のデバイス。

10

20

30

40

50

【請求項 9】

前記ストレスサ膜修正モジュールは、独立した温度制御を有する熱ゾーンを有する熱アレイを備える、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 10】

前記熱アレイは抵抗器のアレイを備え、各抵抗器は、流れるそれぞれの電流に基づいてそれぞれの量の熱を生成するように構成される、請求項 9 に記載のデバイス。

【請求項 11】

少なくとも 1 つの抵抗器は、前記第 1 のウェーハを保持するように構成されたウェーハチャックに組み込まれている、請求項 10 に記載のデバイス。

【請求項 12】

前記ストレスサ膜修正モジュールは、前記第 1 のウェーハ又は前記第 1 のウェーハを保持するように構成されたウェーハチャックのうちの少なくとも一方を加熱するように構成されたレーザシステムを備える、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 13】

前記第 1 のウェーハ及び前記第 2 のウェーハの前記ウェーハ形状データに基づいて前記第 1 の修正マップを生成するように構成されたコントローラをさらに備える、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 14】

前記コントローラは、前記計測モジュール、前記ストレスサ膜堆積モジュール、前記ストレスサ膜修正モジュール、前記アライメントモジュール及び前記接合モジュールから成る群から選択される少なくとも 1 つのモジュールから入力を受信し、前記少なくとも 1 つのモジュールに出力を提供するように構成される、請求項 13 に記載のデバイス。

【請求項 15】

前記コントローラは、前記ウェーハ形状データの測定、前記第 1 のストレスサ膜の堆積、前記第 1 のストレスサ膜の修正、前記第 1 のウェーハと前記第 2 のウェーハとの位置合わせ、及び前記第 1 のウェーハと前記第 2 のウェーハとの接合から成る群から選択される少なくとも 1 つのプロセスを制御するように構成される、請求項 14 に記載のデバイス。

【請求項 16】

前記コントローラは、前記第 1 のウェーハ及び前記第 2 のウェーハの前記ウェーハ形状データに加えて、履歴データに基づいて前記第 1 の修正マップを生成するように構成され、前記履歴データは、履歴ウェーハのオーバーレイ情報を含む、請求項 13 に記載のデバイス。

【請求項 17】

前記ストレスサ膜堆積モジュールは、前記第 2 のウェーハ上に第 2 のストレスサ膜を形成するように構成され、

前記ストレスサ膜修正モジュールは、前記第 2 のウェーハの内部応力の調整を規定する第 2 の修正マップに基づいて前記第 2 のストレスサ膜を修正するように構成され、前記第 2 の修正マップは、前記第 1 のウェーハ及び前記第 2 のウェーハの前記ウェーハ形状データに基づいて生成される、
請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 18】

前記アライメントモジュール及び前記接合モジュールは、前記位置合わせと前記接合との間にウェーハ移送がないように 1 つの統合モジュールである、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 19】

ウェーハを接合するためのデバイスであって、前記デバイスは、

ウェーハ形状補正用に構成されたモジュールの第 1 のセットであって、前記モジュールの第 1 のセットは、

第 1 のウェーハ及び第 2 のウェーハのウェーハ形状データを測定するように構成された計測モジュールであって、前記ウェーハ形状データは前記第 1 のウェーハ及び前記第 2

10

20

30

40

50

のウェーハの相対的な z -高さ値を含む、計測モジュールと、

前記第1のウェーハの内部応力の調整を規定する第1の修正マップに基づいて前記第1のウェーハ上に第1のストレス膜を形成するように構成されたストレス膜堆積モジュールであって、前記第1の修正マップは前記第1のウェーハ及び前記第2のウェーハの前記ウェーハ形状データに基づいて生成される、ストレス膜堆積モジュールと、

を備える、モジュールの第1のセットと、

ウェーハアライメント及び接合用に構成されたモジュールの第2のセットであって、前記モジュールの第2のセットは、

前記形成と位置合わせとの間に前記第1のストレス膜の修正なしで、前記第1のウェーハを前記第2のウェーハと位置合わせするように構成されたアライメントモジュールと、

前記第1のウェーハを前記第2のウェーハに接合するように構成された接合モジュールと、

を備える、モジュールの第2のセットと、

を備える、デバイス。

【請求項20】

前記第1の修正マップはパターンを含まず、

前記ストレス膜堆積モジュールは、前記第1のストレス膜をブランケット膜として形成するように構成される、

請求項19に記載のデバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

参照による援用

本開示は、2022年4月8日に出願された米国仮特許出願第63／328,825号及び第63／328,823号、並びに2022年8月10日に提出された米国非仮特許出願第17／885,097号及び17／885,038号の利益を主張するものであり、各出願は全体として参照により本明細書に援用される。

【0002】

本開示は、一般に半導体製造に関し、特にウェーハオーバーレイ制御に関する。

【背景技術】

【0003】

半導体製造は、複数の変化に富んだステップ及びプロセスを伴う。典型的な製造プロセスの1つは、フォトリソグラフィ（マイクロリソグラフィとも呼ばれる）として知られている。フォトリソグラフィでは、紫外光又は可視光などの放射線を使用して、半導体デバイス設計において微細パターンを生成する。フォトリソグラフィ、エッチング、膜堆積、表面洗浄、メタライゼーションなどを含む半導体製造技術を使用して、ダイオード、トランジスタ及び集積回路などの多様な半導体デバイスを構築することができる。

【0004】

フォトリソグラフィ技術の実装には、露光システム（露光ツールとも呼ばれる）が使用される。露光システムは、典型的には、照明システムと、回路パターンを作成するためのレチクル（フォトマスクとも呼ばれる）又は空間光変調器（SLM）と、投影システムと、感光レジストで覆われた半導体ウェーハを位置合わせするためのウェーハアライメントステージとを含む。照明システムは、レチクル又はSLMの一領域を（好ましくは）矩形スロットの照明フィールドで照明する。投影システムは、レチクルパターンの照明された領域の像をウェーハ上に投影する。正確な投影のために、好ましくは高さの偏差が10ミクロン未満である、比較的平坦であるか又は平面であるウェーハを光のパターンに露光することが重要である。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

【0005】

本開示は、ウェーハを接合するためのデバイスに関する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本開示の第1の態様によれば、ウェーハを接合するためのデバイスが提供される。デバイスは、ウェーハ形状補正用に構成されたモジュールの第1のセットと、ウェーハ接合用に構成されたモジュールの第2のセットとを含む。モジュールの第1のセットは、第1のウェーハ及び第2のウェーハのウェーハ形状データを測定するように構成された計測モジュールを含む。ウェーハ形状データは、第1のウェーハ及び第2のウェーハの相対的なエー高さ値を含む。ストレスサ膜堆積モジュールは、第1のウェーハ上に第1のストレスサ膜を形成するように構成される。ストレスサ膜修正モジュールは、第1のウェーハの内部応力の調整を規定する第1の修正マップに基づいて、第1のストレスサ膜を修正するように構成される。第1の修正マップは、第1のウェーハ及び第2のウェーハのウェーハ形状データに基づいて生成される。モジュールの第2のセットは、第1のウェーハを第2のウェーハと位置合わせするように構成されたアライメントモジュールと、第1のウェーハを第2のウェーハに接合するように構成された接合モジュールとを含む。

10

【0007】

いくつかの実施形態では、ストレスサ膜堆積モジュールは、第1の修正マップに基づいて第1のウェーハ上に第1のストレスサ膜を形成するように構成される。

【0008】

20

いくつかの実施形態では、第1のウェーハは、表側作業面と、表側作業面の反対側の裏面とを有する。ストレスサ膜堆積モジュールは、第1のウェーハの裏側に第1のストレスサ膜を形成するように構成される。

【0009】

いくつかの実施形態では、ストレスサ膜堆積モジュールは、スピンコーティング装置、スプレーコーティング装置又は蒸着装置のうちの少なくとも1つを含む。

【0010】

いくつかの実施形態では、ストレスサ膜修正モジュールは、第1の修正マップに基づく電磁放射線のパターンに第1のストレスサ膜を露光するように構成された直接書き込み露光装置を含む。

30

【0011】

いくつかの実施形態では、ストレスサ膜修正モジュールは、第1のストレスサ膜のフォトリジスト層を現像してレリーフパターンを形成するように構成された現像装置を含む。

【0012】

いくつかの実施形態では、ストレスサ膜修正モジュールは、レリーフパターンをエッチングマスクとして使用して第1のストレスサ膜の形状制御層をエッチングするように構成されたエッチング装置を含む。

【0013】

いくつかの実施形態では、ストレスサ膜修正モジュールは、ゾーンによる温度制御を有するホットプレートを含む。

40

【0014】

いくつかの実施形態では、ストレスサ膜修正モジュールは、独立した温度制御を有する熱ゾーンを有する熱アレイを含む。

【0015】

いくつかの実施形態では、熱アレイは抵抗器のアレイを含む。各抵抗器は、流れるそれぞれの電流に基づいてそれぞれの量の熱を生成するように構成される。

【0016】

いくつかの実施形態では、少なくとも1つの抵抗器は、第1のウェーハを保持するように構成されたウェーハチャックに組み込まれている。

【0017】

50

いくつかの実施形態では、ストレスサ膜修正モジュールは、第1のウェーハ又は第1のウェーハを保持するように構成されたウェーハチャックのうちの少なくとも一方を加熱するように構成されたレーザシステムを含む。

【0018】

いくつかの実施形態では、コントローラは、第1のウェーハ及び第2のウェーハのウェーハ形状データに基づいて、第1の修正マップを生成するように構成される。

【0019】

いくつかの実施形態では、コントローラは、計測モジュール、ストレスサ膜堆積モジュール、ストレスサ膜修正モジュール、アライメントモジュール及び接合モジュールから成る群から選択される少なくとも1つのモジュールから入力を受信し、そのモジュールに出力を提供するように構成される。

10

【0020】

いくつかの実施形態では、コントローラは、ウェーハ形状データの測定、第1のストレスサ膜の堆積、第1のストレスサ膜の修正、第1のウェーハと第2のウェーハとの位置合わせ、及び第1のウェーハと第2のウェーハとの接合から成る群から選択される少なくとも1つのプロセスを制御するように構成される。

【0021】

いくつかの実施形態では、コントローラは、第1のウェーハ及び第2のウェーハのウェーハ形状データに加えて、履歴データに基づいて第1の修正マップを生成するように構成され、履歴データは、履歴ウェーハのオーバーレイ情報を含む。

20

【0022】

いくつかの実施形態では、ストレスサ膜堆積モジュールは、第2のウェーハ上に第2のストレスサ膜を形成するように構成される。ストレスサ膜修正モジュールは、第2のウェーハの内部応力の調整を規定する第2の修正マップに基づいて第2のストレスサ膜を修正するように構成され、第2の修正マップは、第1のウェーハ及び第2のウェーハのウェーハ形状データに基づいて生成される。

【0023】

いくつかの実施形態では、アライメントモジュール及び接合モジュールは、位置合わせと接合との間にウェーハ移送がないように1つの統合モジュールである。

【0024】

本開示の第2の態様によれば、ウェーハを接合するためのデバイスが提供される。デバイスは、ウェーハ形状補正用に構成されたモジュールの第1のセットと、ウェーハ接合用に構成されたモジュールの第2のセットとを含む。モジュールの第1のセットは、第1のウェーハ及び第2のウェーハのウェーハ形状データを測定するように構成された計測モジュールを含む。ウェーハ形状データは、第1のウェーハ及び第2のウェーハの相対的なZ-高さ値を含む。ストレスサ膜堆積モジュールは、第1のウェーハの内部応力の調整を規定する第1の修正マップに基づいて、第1のウェーハ上に第1のストレスサ膜を形成するように構成される。第1の修正マップは、第1のウェーハ及び第2のウェーハのウェーハ形状データに基づいて生成される。モジュールの第2のセットは、形成と位置合わせとの間に第1のストレスサ膜の修正なしで、第1のウェーハを第2のウェーハと位置合わせするように構成されたアライメントモジュールを含む。接合モジュールは、第1のウェーハを第2のウェーハに接合するように構成される。

30

40

【0025】

いくつかの実施形態では、第1の修正マップはパターンを含まない。ストレスサ膜堆積モジュールは、第1のストレスサ膜をブランケット膜として形成するように構成される。

【0026】

この発明の概要セクションは、本開示又は特許請求される本発明のすべての実施形態及び／又は漸進的に新規な態様を指定するわけではないことに留意されたい。その代わりに、この発明の概要は、異なる実施形態、及び新規性に関する対応点についての、予備的な考察を提供するだけである。本発明及び実施形態のさらなる詳細及び／又は予想される観

50

点については、読者は、以下でさらに論じる本開示の「発明を実施するための形態」セクション及び対応する図面を参照されたい。

【図面の簡単な説明】

【0027】

本開示の態様は、添付図面と併せて以下の詳細な説明を読むことにより、最もよく理解される。業界における標準的な慣行に従い、さまざまな特徴が原寸に比例して描かれていないことを注記しておく。実際に、さまざまな特徴の寸法は、考察を明確にするために増減されている場合がある。

【0028】

【図1A】本開示のいくつかの実施形態による、ハイブリッドシステムの平面図である。

10

【図1B】本開示のいくつかの実施形態による、ハイブリッドシステムの斜視図である。

【図2A】本開示のいくつかの実施形態による、ウェーハ形状補正のプロセスの略図を示す。

【図2B】本開示のいくつかの実施形態による、ウェーハ接合のプロセスの略図を示す。

【図3A】本開示のいくつかの実施形態による、製造のさまざまな中間ステップにおけるウェーハの横断面図を示す。

【図3B】本開示のいくつかの実施形態による、製造のさまざまな中間ステップにおけるウェーハの横断面図を示す。

【図3C】本開示のいくつかの実施形態による、製造のさまざまな中間ステップにおけるウェーハの横断面図を示す。

20

【図3D】本開示のいくつかの実施形態による、製造のさまざまな中間ステップにおけるウェーハの横断面図を示す。

【図3E】本開示のいくつかの実施形態による、製造のさまざまな中間ステップにおけるウェーハの横断面図を示す。

【図3F】本開示のいくつかの実施形態による、製造のさまざまな中間ステップにおけるウェーハの横断面図を示す。

【図4A】本開示の一実施形態による、熱アレイの平面図を示す。

【図4B】本開示の一実施形態による、熱アレイによって生成される熱ゾーンを示す。

【図4C】本開示の別の実施形態による、熱アレイによって生成される熱ゾーンを示す。

【図5】本開示の例示的な実施形態による、ウェーハ接合のためのプロセスのフローチャートを示す。

30

【図6A】低次ウェーハ変形の一例を示す。

【図6B】高次ウェーハ変形の一例を示す。

【図7】ワープウェーハテスト結果の一例を示す。

【図8A】生の接合誤差の一例を示す。

【図8B】残留接合誤差の一例を示す。

【図8C】生の接合誤差の別の例を示す。

【図8D】残留接合誤差の別の例を示す。

【図9A】本開示の一実施形態による、望ましい接合アライメントを示す。

【図9B】重要な接合不良の一例を示す。

40

【図10】ワープ／ボウありウェーハ及び接合オーバーレイ誤差に関する実験データを示す。

【発明を実施するための形態】

【0029】

以下の開示は、提供される主題の異なる特徴を実装するための多くの異なる実施形態、又は例を提供する。本開示を簡略化するために、構成要素及び配置の具体例を以下に説明する。当然のことながら、これらは単なる例に過ぎず、限定することを意図するものではない。例えば、以下に続く説明における第2の特徴の上方又は上での第1の特徴の形成は、第1の特徴と第2の特徴とが直接接触して形成される実施形態を含んでもよく、また、第1の特徴と第2の特徴とが直接接触し得ないように、第1の特徴と第2の特徴との間に

50

追加の特徴が形成され得る実施形態を含んでもよい。加えて、本開示は、さまざまな例において参照番号及び／又は文字を繰り返す場合がある。この繰り返しは、簡潔さ及び分かり易さを目的としており、これ自体は論じるさまざまな実施形態及び／又は構成間の関係を決定付けるものではない。さらに、本明細書では、説明を容易にするために、「上部」、「下部」、「下」、「下方」、「より下」、「上方」、「より上」などの空間関係用語を使用して、図に例示するような1つの要素又は特徴の別の要素又は特徴に対する関係を説明する場合がある。空間関係用語は、図に描写されている向きに加えて、使用中又は動作中のデバイスの異なる向きを包含することを意図している。装置は、他の向き（90度回転又は他の向き）であってよく、本明細書で使用される空間関係記述子も同様に適宜解釈されてよい。

10

【0030】

本明細書で説明する異なるステップの考察の順序は、分かり易くするために提示されている。一般に、これらのステップは、任意の適切な順序で遂行することができる。加えて、本明細書における異なる特徴、技術、構成などのそれぞれについて本開示の異なる箇所では論じる場合があるが、各概念は、互いに独立して、又は互いに組み合わせて実行できることが意図される。したがって、本発明は、多くの異なる方法で具現化及び検討することができる。

【0031】

典型的な半導体デバイスは、70を超える個別の層などの多数の層で構成されることがある。各レベルでは、所望の構造を形成するために、薄膜堆積、リソグラフィ及びエッチングを含むがこれらに限定されない複数のプロセスステップが必要となる。これらの基本動作を通して誘発される不均一なウェーハ応力は、薄膜のパターン形成に起因し、複数の温度サイクルプロセスを介して増幅されて、ウェーハグリッドを根本的に歪ませる。

20

【0032】

これらの（ウェーハ形状）歪みは、図6Aに描写されているように、低次の大域的球状変形として現れることがある。より高次の局所的高さ変動は、独立した歪みとして存在する場合もあれば、大域的シグネチャに埋め込まれている場合もある。より高次のウェーハ変形の一例を図6Bに提示している。提示したデータは、業界で一般的な従来の半導体計測機器から得られたものである。低次及び高次のウェーハ変形は両方とも、W2W（ウェーハ・ツー・ウェーハ）接合プロセスを複雑にし、歩留まりに悪影響を及ぼし、例えば歩留まり損失をもたらす可能性がある。

30

【0033】

ウェーハ（グリッド）の完全性は、ウェーハが半導体製造機器のモジュールを通して移動する際にウェーハを取り扱うことができるために最重要であるだけでなく、接合プロセス中の歩留まりにも重大な影響を与える可能性がある。3Dパッケージングの出現で、半導体産業は、旧来の接合ベースのアライメント補正では、処理を介して誘発される非線形の物理的ウェーハ効果を考慮することができない重要な転機に入っている。すなわち、接合動作に先立ってウェーハにかかる応力は、アライメント不良を引き起こし、重要な接合基準値を損なう可能性のある、大域的及び局所的なウェーハ形状の歪みを与え、先進的なパッケージングプロセスにおいて大幅な歩留まり損失を直接もたらす。

40

【0034】

ウェーハ接合システムの目的は、2つの構成ウェーハを1つの機械的に安定したパッケージで接続（又は結合）することである。そのため、W2W接合プラットフォームは、上側（上部）ウェーハ及び下側（下部）ウェーハ用のハンドリング機構及びプロセスモジュールから成る。その複雑さは、ウェーハを統合して機能するデバイスを生産するときにアライメント公差が存在するという事実を除いて、本開示と関係がない。このデバイスについては以下でさらに詳細に言及する。

【0035】

ウェーハ形状の歪みは、W2Wシステムの最も基本的な動作であるウェーハのハンドリングに影響を及ぼす可能性がある。ウェーハのワープ（又はウェーハのボウ）がウェーハ

50

の移送及び／又はチャッキングを妨げる場合、接合プロセスの実効歩留まりはゼロになる。図 7 は、HVM（大量生産）W2W接合ツールにおけるこのような不良を明示している。図示のように、圧縮によって誘発されるひずみ（又はウェーハのボウ）が約 370 μm よりも大きいウェーハには、システムからの手動回復を必要とする重要なハンドリング不良があった。すなわち、現在の歪んだ状態のウェーハは、完全に処理を妨げていた。ハンドリング不良を引き起こすウェーハのボウの閾値は、具体的なツールによって異なる場合があることに留意されたい。本明細書では、説明のために一例として 370 μm を使用する。

【0036】

図 7 で使用した（同じ）HVM W2W接合ツール（プラットフォーム）上で、これらのウェーハは、図 8 A～図 8 D に示すような残留接合誤差を生み出した。具体的には、図 8 A 及び図 8 B は、100 μm のウェーハのボウを有する 1 枚のウェーハの生の誤差及び残留誤差を示している。図 8 C 及び図 8 D は、150 μm のウェーハのボウを有する別のウェーハの生の誤差及び残留誤差を示している。残留誤差は、システムの構成体（例えば、HVM W2W接合ツール）によって補正不可能であり、フィードフォワード／バックワード補正を適用しても最良の結果を表す場合があることを注記しておく。当業者には理解されているように、これらの残留（オーバーレイ）誤差の大きさが十分に大きい場合、残留誤差によって電氣的連続性に重要な不良が生じ、デバイスが生産されなくなる可能性がある。簡略化された例を図 9 B に視覚化しており、この例では上部と下部の接合ウェーハ間の銅配線のずれが不良をもたらす。図 6 B に描写されている高次ウェーハ変形などの複雑な高次ウェーハ変形によって、残留誤差がさらにいっそう悪化することになると予想される。

【0037】

図 9 B では、位置ずれしたシステム 900 B は、接合された第 1 のウェーハ 910（又は上部ウェーハ）及び第 2 のウェーハ 920（又は下部ウェーハ）を含む。第 1 のウェーハ 910 は、第 1 の相互接続構造 913（例えば 913 a、913 b 及び 913 c で示す）を含み、一方、第 2 のウェーハ 920 は、第 2 の相互接続構造 923（例えば 923 a、923 b 及び 923 c で示す）を含む。第 1 の相互接続構造 913 は、第 2 の相互接続構造 923 と位置ずれしている。特に、第 1 の相互接続構造 913 a、913 b 及び 913 c は、それぞれ第 2 の相互接続構造 923 a、923 b 及び 923 c と位置ずれしている。それゆえ、位置ずれしたシステム 900 B は不良である。

【0038】

図 9 A は、位置合わせされたシステム 900 A を示す。ここで、第 1 の相互接続構造 913 は、第 2 の相互接続構造 923 と位置合わせされている。特に、第 1 の相互接続構造 913 a、913 b 及び 913 c は、それぞれ第 2 の相互接続構造 923 a、923 b 及び 923 c と位置合わせされている。シームレスに接続されているように示しているが、第 1 の相互接続構造 913 と第 2 の相互接続構造 923 との間に少なくとも 1 つの界面又は中間層が存在する場合がある。

【0039】

したがって、ウェーハ歪み（又は応力）は、オーバーレイ誤差及び歩留まり損失につながる可能性がある。これらの歩留まり損失は、先進的なノード半導体製造の次世代チップ設計においてアライメント公差が縮小するにつれて、悪化し続けるだけになる。それゆえ、とりわけ半導体産業が 3D パッケージングの出現及び次世代デバイス設計のアライメント公差の縮小とともに重要な岐路に入るにつれて、W2W接合ツールを通して大きく歪んだウェーハを取り扱うことを可能にし、ウェーハグリッドの歪みに効果的に対処することができないボンダのアライメントシステムに存在する欠陥に対する補償機構を提供するために、ウェーハ形状を都合よく操作する技術が存在することが最重要である。本明細書では、このような新規技術について説明する。

【0040】

図 10 は、ワーブ／ボウありウェーハと接合オーバーレイ誤差の関係をさらに説明する実

験データを示す。図10の左側に「ベースライン」、すなわち標準的なベースラインプロセスがある。「大域的ボウ」、「高次ボウ1」及び「高次ボウ2」は、大域的ボウ及びより高次のウェーハ歪みの応答を調査する。オーバーレイの補正不可能な残留成分がベースラインよりも大幅に悪化していることが分かる。

【0041】

本明細書で開示する技術は、プロセスによって誘発されるウェーハ歪みに対抗するソリューションを業界に提供し、パッケージングソリューションの未来を可能にする。本明細書における技術には、応力制御層（ストレスサ膜とも呼ばれる）を介してウェーハ形状を操作するためのシステム及びハードウェアが含まれる。応力制御層は、自由度を高めるために、パターン形成及び／又は活性化プロセスによって局所的に拡張されてもよい。半導体産業で従来のウェーハ形状計測ツール及びデータを入力関数として使用して、制御層の正しい応力を設計し、W2W（ウェーハ・ツー・ウェーハ）接合性能が高まるように拡張場所を最適化することができる。これらの方法の統合の結果として、接合オーバーレイ残留を低減し、接合強度を改善し、無効化を削減することができ、それによって、相応の歩留まり向上を提供することができる。実施形態の一例は、コーティング、露光、及び現像用のリソグラフィのモジュールと、ウェーハを接合するためのモジュールとを組み合わせることを含む。このようなツールのパターン形成機能は、熱及び／又は電磁放射線を使用することによって、ウェーハ上に統合された応力制御層を介してウェーハ形状を操作するように最適化される。したがって、ウェーハ・ツー・ウェーハ接合ツールは、接合歩留まりを向上させるための形状補正機能を備えている。本開示では、「ウェーハ」及び「基板」が互換的に使用されていることに留意されたい。

【0042】

図1A及び図1Bは、それぞれ、本開示のいくつかの実施形態による、ハイブリッドシステム100の平面図及び斜視図である。初めに、ハイブリッドシステム100は、ウェーハ形状補正用に構成されたモジュールの第1のセット150と、ウェーハ接合用に構成されたモジュールの第2のセット160とを含む。ハイブリッドシステム100はまた、さまざまなウェーハハンドリング構成要素及び／又はキャリアを含むことができる。キャリアブロック110は、ウェーハキャリア112を受け取るためのステージ111を含む。ウェーハキャリア112は、複数の（半導体）ウェーハ又は基板を収容することができる。ドア114は、ウェーハキャリア112内の複数のウェーハにアクセスするために開くことができる。第1の移送アーム116は、ウェーハキャリア112から処理ブロック120内の棚ユニット121に基板を移送することができる。第2の移送アーム123は、棚ユニット121に隣接して、前後及び垂直方向に移動できるように置くことができる。次いで、第3の移送アーム125は、棚ユニット121又は第2の移送アーム123から基板にアクセスして、モジュールの第1のセット150及びモジュールの第2のセット160などのモジュール間を移動することができる。

【0043】

この例では、モジュールの第1のセット150（又はウェーハ形状補正モジュール）は、モジュール131、132、133、134、135、136、137、138及び139を含む。具体的には、モジュール131～139は、計測モジュール131、堆積モジュール132、コーティングモジュール133、焼成モジュール134、画像処理モジュール135、現像モジュール136、エッチングモジュール137、洗浄モジュール138及び第1の検査モジュール139を含むことができる。

【0044】

簡単に言えば、計測モジュール131は、基板のボウなどのウェーハ形状データを測定し、1つ又は複数の基準z-高さ値に対する基板上のz-高さ偏差をマッピングするボウ測定値を生成するように構成することができる。堆積モジュール132は、基板の裏面に（又は基板の表側作業面に）1つ又は複数の膜を堆積させるように構成することができる。コーティングモジュール133は、基板の裏面（又は基板の表側作業面）をフォトレジストなどの放射線感光材料でコーティングするように構成することができる。焼成モジュ

ール１３４は、放射線感光材料を焼成するように構成することができる。画像処理モジュール１３５は、後述するオーバーレイ補正パターンに基づいて、放射線感光材料を化学線のパターンに露光するように構成することができる。現像モジュール１３６は、露光又は画像処理後に放射線感光材料を現像するように構成することができる。エッチングモジュール１３７は、プラズマ若しくは気相エッチング又はウェットエッチングを使用するように構成することができる。洗浄モジュール１３８は、エッチング動作後に基板から残存する（又は残留する）放射線感光材料を除去するように構成することができる。第１の検査モジュール１３９は、オーバーレイ補正処理後に欠陥を検査するように構成することができる。本明細書では、説明のためにモジュール１３１～１３９の簡単な説明が提供されることに留意されたい。モジュール１３１～１３９の詳細な説明及び例は、出願人の発行済み米国特許第１０，４７５，６５７号明細書に見出すことができ、この米国特許は、全体として参照により本明細書に援用される。

10

【００４５】

図１Ａの例ではモジュール１３１～１３９のすべてを含むように示しているが、モジュールの第１のセット１５０は、他の例では、具体的な設計ニーズに応じて、モジュール１３１～１３９のうちの１つ又は複数のみを含む場合がある。一実施形態では、モジュールの第１のセット１５０は、第１の検査モジュール１３９なしでモジュール１３１～１３８を含み得る。別の実施形態では、モジュールの第１のセット１５０は、モジュール１３６～１３８なしでモジュール１３１～１３５を含み得る。さらに別の実施形態では、モジュールの第１のセット１５０は、モジュール１３３～１３８なしでモジュール１３１～１３２を含み得る。モジュール１３１～１３９のうちの少なくとも１つの代わりに外部又は外側のツールが使用され得ることに留意されたい。いくつかの例では、ウェーハ計測は外側計測ツールで遂行されるため、計測モジュール１３１は必要ない。いくつかの実施形態では、膜形成は外部又は外側堆積ツールで実行されるため、堆積モジュール１３２及び／又はコーティングモジュール１３３は必要ない。さらに、モジュール１３１～１３９の所与のモジュールについて、モジュールの第１のセット１５０は、任意の数の所与のモジュールを含み得る。例えば、モジュールの第１のセット１５０は、２つの基板を同時に特性評価することができるように２つの計測モジュール１３１を含み得る。代替実施形態では、２つの基板は、１つの計測モジュール１３１によって、順次又は同時に特性評価することもできる。

20

30

【００４６】

図１Ａでは、モジュールの第２のセット１６０（又はウェーハ接合モジュール）は、モジュール１６１、１６２、１６３、１６４及び１６５を含む。具体的には、モジュール１６１～１６５は、表面処理モジュール１６１、アライメントモジュール１６２、（事前）接合モジュール１６３、第２の検査モジュール１６４及びアニーリングモジュール１６５を含むことができる。

【００４７】

表面処理モジュール１６１は、後続の接合のために１つ又は複数の基板表面を準備するように構成することができる。例えば、表面処理モジュール１６１は、プラズマを生成し、１つ又は複数の基板に対してプラズマ活性化プロセスを遂行するように構成されたプラズマ装置を含むことができる。プラズマ活性化プロセスは、通常、基板表面にプラズマ種を衝突させ、基板表面を化学的に活性化することを含む。表面処理モジュール１６１は、活性化された基板表面を脱イオン水ですすぐように構成された洗浄装置をさらに含むことができる。表面処理モジュール１６１は、表面処理モジュール１６１によって遂行される所与のプロセスに応じて、洗浄モジュール、エッチングモジュール、活性化モジュール、前処理モジュールなどとも呼ばれる場合があることに留意されたい。

40

【００４８】

アライメントモジュール１６２は、接合に先立って、２つの基板を位置合わせするように構成することができる。例えば、２つの基板はそれぞれ、アライメントマークなどの特徴を含んでもよく、アライメントモジュール１６２は、アライメントマークを位置合わせ

50

するように構成することができる。アライメントモジュールは周知である。

【0049】

この例では、（事前）接合モジュール163は、2つの基板を事前接合又は接合するように構成することができる。例えば、2つの基板は、室温又は25℃付近などの比較的低い温度で事前接合され得る。第2の検査モジュール164は、任意選択で、例えば赤外線（IR）光透過画像処理を使用して、基板の事前接合後のアライメントを検査するように構成することができる。アニーリングモジュール165は、2つの基板をさらに接合するために、例えば25～400℃の範囲の比較的高い温度で2つの基板をアニールするように構成することができる。図1Aの例では、アライメントモジュール162及び（事前）接合モジュール163は、2つの別個のモジュールであるように示されている。別の例（図示せず）では、アライメントモジュール162及び（事前）接合モジュール163は、アクティブアライメントが（事前）接合の直前に実行される1つの統合モジュールとすることができる。すなわち、ウェーハアライメント及び（事前）接合は、単一のモジュール（例えば、単一のツール、単一のチャンバなど）で連続的に実行することができ、アライメントと（事前）接合との間にウェーハの移送はない。

【0050】

図1Aの例ではモジュール161～165のすべてを含むように示しているが、モジュールの第2のセット160は、他の例では、具体的な設計ニーズに応じて、モジュール161～165のうちの1つ又は複数を含む場合がある。例えば、モジュールの第2のセット160は、第2の検査モジュール164なしでモジュール161～163及び165を含み得る。さらに、モジュール161～165の特定のモジュールについて、モジュールの第2のセット160は、任意の数の特定のモジュールを含み得る。例えば、モジュールの第2のセット160は、2つの基板を同時に準備することができるように2つの表面処理モジュール161を含み得る。代替実施形態では、2つの基板は、1つの表面処理モジュール161によって、順次又は同時に準備することもできる。

【0051】

さらに、モジュールの第2のセット160は、プラズマ活性化接合を介して2つの基板を接合するように構成され、したがって、いくつかの実施形態ではモジュール161～165を含む。他の実施形態では、モジュールの第2のセット160は、融着接合、表面活性化接合、陽極接合、共晶接合、ガラスフリット接合、接着接合、熱圧着接合、反応性接合、過渡液相拡散接合などの別のウェーハ接合技術を介して2つの基板を接合するように構成することができる。したがって、モジュールの第2のセット160は、モジュール161～165を含んでも含まなくてもよい。例えば、表面活性化接合の場合、表面処理モジュール（又は洗浄モジュール）は、高速原子衝撃を介して2つの基板を洗浄して、2つの基板の表面を原子的に洗浄及び活性化するように構成することができる。次いで、2つの基板をアライメントモジュール162で位置合わせし、接合モジュールで接合することができる。したがって、モジュールの第2のセット160は、単純な形態で3つのモジュール（すなわち、表面処理モジュール、アライメントモジュール162及び接合モジュール）を含むことができ、又は、接合後のアライメントを検査するための検査モジュールなどの追加のモジュールをさらに含み得る。融着接合の場合、2つのシリコン基板は、事前接合に必要とされる清浄度を達成するために、表面処理モジュール（又はエッチングモジュール）によって洗浄することができ、この表面処理モジュールは、2つのシリコン基板に対してドライエッチングプロセス又はウェットエッチングプロセスを遂行するように構成され得る。表面処理モジュールは、さらに、2つのシリコン基板を脱イオン水ですすいで、シリコン表面を親水化してもよい。次いで、2つのシリコン基板をアライメントモジュール162で位置合わせし、（事前）接合モジュール163で事前接合し（任意選択で第2の検査モジュール164によって検査し）、アニーリングモジュール165でアニールすることができる。

【0052】

モジュールの第1のセット150及びモジュールの第2のセット160は、1つ又は複

数のモジュールを共有する場合があることに留意されたい。例えば、モジュールの第1のセット150及びモジュールの第2のセット160は、エッチング動作後に残存する放射線感光材料を除去し、事前接合又は接合に先立って2つの基板を洗浄するように構成された共通の洗浄モジュールを含み得る。換言すれば、共通の洗浄モジュールは、洗浄モジュール138及び表面処理モジュール161の機能を遂行するように構成される。さらに、モジュール131～139及びモジュール161～165は、図1Aでは2列に連続して配置されるように示されているが、モジュール131～139及び161～165は、任意の相対位置で、任意の配置で配置することができることを理解すべきである。

【0053】

堆積モジュール132及びコーティングモジュール133は、組み合わせて又は単独で、ストレス膜堆積モジュールと呼ばれる場合があることに留意されたい。焼成モジュール134、画像処理モジュール135、現像モジュール136、エッチングモジュール137、洗浄モジュール138及び第1の検査モジュール139は、組み合わせて又は単独で、ストレス膜修正モジュールと呼ばれる場合がある。モジュール131～139及び161～165は、処理ブロック120内に置かれるように示されているが、モジュール131～139及び161～165のうちの1つ又は複数を処理ブロック130などの別の処理ブロック内に置くことができることを理解すべきである。

【0054】

さらに図1Aを参照すると、コントローラ140がハイブリッドシステム100に接続されているか、又はハイブリッドシステム100に含まれている。コントローラ140は、ハイブリッドシステム100内に位置するコンピュータプロセッサ、又は遠隔に位置するがハイブリッドシステム100の構成要素と通信するコンピュータプロセッサとすることができる。コントローラ140は、ウェーハ形状データ（例えばボウ測定値）を受信し、ボウ測定値に基づいて修正マップ（例えばオーバーレイ補正パターン）を生成するように構成することができる。ボウ測定値は、計測モジュール131、又は別個のシステムから受信することができる。オーバーレイ補正パターンは、ボウ測定値に基づいて、基板の内部応力（例えば、基板上の特定の場所で）の調整を規定する。オーバーレイ補正パターンは、ボウ測定値に加えて、基板の表側作業面のデバイスパラメータに基づくこともできる。例えば、比較的深いメモリアレイでは、ロジック用のf i n F E Tデバイスを構築する初期段階と比較して、より多くの応力修正が必要となる可能性がある。オーバーレイ補正パターンは、面間偏差、基準面からのz-高さ偏差、関心場所の多次微分解析、ゼルニケ多項式の解析、ピクセル化された基底関数の最適化、又は球ベッセル関数などのさまざまな計算方法のいずれかを使用して生成又は計算することができる。

【0055】

オーバーレイ補正パターンにおいて、基板上の第1の所与の場所は、オーバーレイ補正パターンにおける基板上の第2の所与の場所と比較して、異なる内部応力調整が規定される場合がある。換言すれば、行うべき応力補正は基板表面上の場所に固有であり得る。この場所は、基板の点配置、エリア又は領域とすることができる。例えば、オーバーレイ補正パターンは、内部応力調整を規定して、平坦な基板（湾曲なし）又は後続のパターン形成プロセスに有利な若干の選択された湾曲をもたらすことができる。このような内部応力調整は、基板の裏面又は基板の表側作業面に堆積された膜の種類及び厚さに基づくことができる。

【0056】

いくつかの実施形態では、コントローラ140は、ハイブリッドシステム100のさまざまな構成要素（例えばモジュール）に結合されて、さまざまな構成要素から入力を受信し、さまざまな構成要素に出力を提供し得る。コントローラ140は、モジュール131～139及び161～165から成る群から選択される少なくとも1つのモジュールを制御するように構成することができる。例えば、コントローラ140は、計測モジュール131からウェーハ形状データを受信するように構成することができる。コントローラ140は、計測モジュール131用のノブ及び制御設定を調整するように構成することもでき

る。さらに、コントローラ 140 の本明細書で説明する機能の 1 つ又は複数を手動で実装することができることを理解すべきである。例えば、計測モジュール 131 のノブ調整は、手動で行うことができる。

【0057】

さらに、ハイブリッドシステム 100 の構成要素は、コントローラ 140 に接続され、コントローラ 140 によって制御され得る。コントローラ 140 は、任意選択で、対応するメモristレージユニット及びユーザインタフェース（すべて図示せず）に接続され得る。さまざまなモジュール動作はユーザインタフェースを介して実行することができ、さまざまな処理レシピ及び動作はストレージユニットに保存することができる。したがって、さまざまな微細加工技術を用いて、ハイブリッドシステム 100 内で所与の基板を処理することができる。

10

【0058】

コントローラ 140 は、多種多様な方式で実装することができる。一例では、コントローラ 140 はコンピュータである。別の例では、コントローラ 140 は、本明細書で説明する機能を提供するようにプログラムされた 1 つ又は複数のプログラム可能な集積回路を含む。例えば、1 つ又は複数のプロセッサ（例えば、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、中央処理ユニットなど）、プログラマブルロジックデバイス（例えば、複合プログラマブルロジックデバイス（CPLD）、フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）など）、及び／又は他のプログラム可能な集積回路は、ソフトウェア又は他のプログラミング命令でプログラムされて、規定されたプラズマプロセスレシピの機能を実装することができる。ソフトウェア又は他のプログラミング命令は、1 つ又は複数の非一時的コンピュータ可読媒体（例えば、メモristレージデバイス、FLASH メモリ、DRAM メモリ、再プログラム可能なストレージデバイス、ハードドライブ、フロッピーディスク、DVD、CD-ROM など）に保存することができ、ソフトウェア又は他のプログラミング命令は、プログラム可能な集積回路によって実行されたときに、プログラム可能な集積回路に、本明細書に説明するプロセス、機能、及び／又は能力を遂行させることにさらに留意されたい。他の変形形態も実装され得る。

20

【0059】

さらに、本明細書におけるボウ測定は、凸状又は凹状の程度を測定すること、又は 1 つ若しくは複数の基準 z - 高さ値に対する基板上の z - 高さ偏差をマッピングすることを含むことができる。換言すれば、 z - 高さ偏差は、基板の表面にわたる z - 高さ偏差を特定するために、座標位置などで空間的にマッピングされる。ボウ及び z - 高さ偏差は、使用される計測機器の種類及び／又は所望の分解能に応じて、さまざまな分解能でマッピングすることができる。

30

【0060】

ボウ測定値は、生のボウデータを含むことができ、相対値を有するボウシングネチャとして表すこともできる。多くの実施形態で、基準 z - 高さ値は、すべてゼロに近く、したがって平坦に近いウェーハを表し得ることに留意されたい。例えば、平坦に近いウェーハ、又は本明細書におけるオーバーレイ改善のために平坦とみなされるウェーハは、10 ミクロン未満の平均偏差を有するウェーハであり得る。

40

【0061】

さらに、ハイブリッドシステム 100 は、基板ホルダと、オーバーレイ補正パターンに従って基板上の特定の場所で基板の内部応力を修正し、結果として基板のボウを修正するように構成された基板処理構成要素とを有する 1 つ又は複数の処理モジュール（例えば、モジュールの第 1 のセット 150）を含むことができる。修正されたボウを有する基板は、修正されたオーバーレイ誤差を有する。修正されたオーバーレイ誤差は、初期のオーバーレイ誤差と比較してオーバーレイ誤差が低減されている。モジュールの第 1 のセット 150 は、1 つ又は複数の処理モジュールが、異なる場所の少なくとも一部が互いに比較して異なるように修正されるように、基板上の異なる場所を独立して修正するように構成されるという点で、内部応力を差動的に修正するように構成することができる。全面的又は均一／対称

50

的な内部応力補正を行うことができるが、本明細書における処理モジュールは、基板上の座標位置によって応力を修正するように構成することができる。

【0062】

モジュールの第1のセット150は、基板上の場所で内部応力を増加又は緩和し、表側作業面又は裏面のいずれかの内部応力を修正するように構成することができる。モジュールの第1のセット150は、基板の裏面の内部応力を物理的に修正しながら、表側作業面を上方（地球の引力から遠ざかる方向）に向けて基板を保持するように構成することができる。

【0063】

モジュールの第1のセット150は、基板上の第1の所与の場所は第2の所与の場所と比較してより多くの材料が追加され得るという点で、基板の裏面上の材料の場所固有の追加によって基板の内部応力を修正するように構成することができる。例えば、裏面堆積システムは、光又は熱のパターンを裏面に投影しながら化学蒸着を使用することができる。化学蒸着は、表面温度に依存する可能性があるので、裏面に投影される光又は熱パターンに基づいて、より多くの材料又はより少ない材料を堆積させることができる。したがって、座標位置によって、差分量の材料が堆積される。このような差分堆積プロセスが完了すると、基板は、オーバーレイ誤差を補正又は低減する修正されたボウを有する。

【0064】

他の実施形態では、モジュールの第1のセット150は、基板上の第1の所与の点配置は第2の所与の点配置と比較してより多くの材料が除去され得るという点で、基板の裏面上の材料の場所固有の除去によって基板の内部応力を修正するように構成することができる。これは、最初に基板の裏面に1つ又は複数の膜を追加し、次いで、エッチマスクを使用して裏面をエッチングすることなどによって、所与の場所で1つ又は複数の膜から材料を選択的に除去することを含むことができる。他の実施形態では、処理モジュールは、基板上の第1の所与の場所は第2の所与の場所と比較してより多くの粒子が注入され得るという点で、基板の裏面への粒子の場所固有の注入によって基板の内部応力を修正するように構成することができる。例えば、イオン注入ツールは、作業面又は裏面に粒子を注入して、引張力／圧縮力を増加又は減少させ、それによって基板のボウを変えることができる。このような選択的な増加又は減少は、処理される表面材料の種類及び注入される粒子の種類に依存する可能性がある。処理モジュールは、硬化膜の場所固有の温度調節によって基板の内部応力を修正するように構成することができる。硬化される所与の膜は、硬化温度に基づいて、より強い結合又はより弱い結合を築くことができる。温度調節は、熱又は光の投影を使用することによって硬化中に達成することができ、この投影では、個別の投影ピクセルは、オーバーレイ補正パターンに基づいて、独立してアドレス指定し、又は強度を変更することができる。

【0065】

処理は、応力を修正するための基板への処理の種類に応じて、1つ又は複数のモジュールで実行することができる。したがって、複数のモジュールを任意選択で 사용할ことができる。応力を修正するためのさまざまな機構（例えば、差分堆積、差分硬化、イオン注入、選択的エッチングなど）があるが、実施形態を説明する際の便宜上、本開示では、選択的エッチングに関してより多くの実施形態例を提供する。

【0066】

ウェーハ形状補正フロー200Aの一例が図2Aに例示されており、ここでは接合を意図した上部ウェーハ及び下部ウェーハがそれらの歪みシグネチャを記録するために形状計測を受けることになる。描写されるフロー（200A）は、形状制御層適用に先立って順次計測を実行するが、データ（例えば、ボウ測定値）は、ラインの前の時点で収集され、フィードフォワードされ得る。統合に基づいて、目標形状補正を両方のウェーハ適用することも、一方のウェーハのみに適用することもできる。計測データ（例えば、ボウ測定値）を使用して、算定方法を採用して、所望の形状操作を達成するためのパターンを生成することができる。このパターンを形状制御層に記録して、好ましい形状を実現することが

10

20

30

40

50

できる。形状が最適化されると、次いで2つのウェーハ（すなわち、上部ウェーハ及び下部ウェーハ）は、W2W接合プロセスを通じて通常の統合フローを継続し、その結果、ボンダによる取り扱い／チャッキングが容易で、結果として接合基準値が改善されたサンプルが得られる。

【0067】

具体的には、シェイプ201では、プロセスによって歪んだウェーハなどのウェーハが提供される。少なくとも1つのウェーハは、少なくとも1つのウェーハの作業面上に半導体デバイスの少なくとも一部を作成するために実行された1つ又は複数の微細加工処理ステップに起因する初期オーバーレイ誤差を有する場合がある。例えば、トランジスタゲートは、完成している場合もあれば、部分的にしか完成していない場合もある。

10

【0068】

通常、ウェーハは、表側作業面及び裏面を有する。表側作業面は、トランジスタ、ダイオード、ゲート、配線などの半導体デバイスが製造される面である。裏面は、典型的には表側作業面の反対側にあり、関連する例では、典型的には基板ホルダにクランプ又はチャックされる表面である。本明細書における技術は、内部応力を修正又は調整し、ウェーハボウ又は1次曲率を変えるための膜の裏面堆積を含む。

【0069】

本明細書では、表側作業面及び裏面は、ウェーハの対向する面を指すために使用されることに留意されたい。一部の微細加工プロセスでは、所与のウェーハは、両面に能動デバイス又は電力供給構造を形成され得る。すなわち、裏面は、半導体デバイスを上に形成するための作業面でもあり得る。本開示では、説明のために、ウェーハ形状制御を明示するための一例としてウェーハの裏面を使用する。

20

【0070】

シェイプ201で提供されるウェーハは、接合される2つのウェーハ、すなわち、第1のウェーハ及び第2のウェーハを含むことができる。シェイプ203は、第1のウェーハの一例を示す（ここでは簡潔にするために第2のウェーハは省略する）。ブロック210Aは、2つのウェーハの一方又は両方に内部応力調整を行うように構成されたウェーハ形状制御モジュール（又はウェーハ形状補正モジュール）の一例を示す。内部応力調整は、平坦なウェーハ、又は後続のパターン形成及び／又は接合プロセスに有利な若干の選択された湾曲をもたらすように構成される。例えば、選択された湾曲は、2つのウェーハを接合したときに互いに相殺し合う可能性のある2つの湾曲プロファイルを含むことができる。2つの湾曲プロファイルは、互いに逆又は対称にすることができる。また、選択された湾曲は、アライメント／オーバーレイ誤差を相殺することができるように、互いに類似又は同一の2つの湾曲プロファイルを含むこともできる。

30

【0071】

シェイプ211では、相対的なz-高さ値を含むボウ測定値などの、2つのウェーハのウェーハ形状データを取得するために、2つのウェーハに対してウェーハ計測が実行される。ウェーハ計測は、例えば、計測モジュール131又は外側計測ツールによって、実装することができる。制御ユニット212は、第1のウェーハ及び第2のウェーハのウェーハ形状データに基づいて、第1の修正マップを生成するように構成され得る。第1の修正マップは、第1のウェーハの内部応力の調整を規定するように構成される。制御ユニット212は、コントローラ140によって実装され得る。いくつかの実施形態では、制御ユニット212は、形状補正及び接合を経た履歴ウェーハのウェーハ形状データ及び／又は他のオーバーレイ情報などの履歴データを受信及び／又は保存するように構成され得る。履歴データは、単独で、又は第1のウェーハ及び第2のウェーハのウェーハ形状データと併せて、第1の修正マップを生成するために使用され得る。

40

【0072】

シェイプ213では、形状制御層を含むことができるストレス膜が、2つのウェーハの少なくとも一方に塗布又は堆積される。ストレス膜は、ストレス膜堆積モジュール（すなわち、堆積モジュール132及び／又はコーティングモジュール133）又は外側

50

膜堆積ツールによって堆積させることができる。例えば、第1のストレス膜は、第1のウェーハの裏面に堆積させることができる。第1のストレス膜は、第1の修正マップに基づいて堆積させることができる。すなわち、第1の修正マップは、材料の種類、厚さなどの、第1のストレス膜に関する情報を含み得る。

【0073】

シェイプ215では、例えば、焼成モジュール134、画像処理モジュール135、現像モジュール136及びエッチングモジュール137から成る群から選択される少なくとも1つのモジュールによって、場所固有の活性化が実行される。その結果として、シェイプ205は、形状制御又は形状補正後の第1のウェーハの一例を示す（ここでは簡潔にするために第2のウェーハは省略する）。シェイプ205は、シェイプ203と比較して、ボウが低減されているか、又はオーバーレイ誤差が低減されている可能性がある。

10

【0074】

いくつかの実施形態では、第1のストレス膜は、第1の修正マップに基づく電磁放射線のパターンに第1のストレス膜を露光することによって修正される。このような露光は、画像処理モジュール135によって実装することができる。第1のストレス膜は、露光によって内部応力調整を誘発するために、架橋／脱架橋を受けることができる。任意選択で、第1のストレス膜は、例えば焼成モジュール134で焼成される。このような焼成は、架橋／脱架橋をさらに促進し得る。任意選択で、第1のストレス膜のフォトリジスト層は、例えば現像モジュール136で、現像されてレリーフパターンを形成してもよい。任意選択で、第1のストレス膜の形状制御層は、例えばエッチングモジュール137で、レリーフパターンをエッチングマスクとして使用してエッチングされてもよい。いくつかの実施形態では、第1のストレス膜は、第1の修正マップに基づいて熱処理によって修正される。任意選択で、第1のストレス膜は、その後、現像及び／又はエッチングされてもよい。いくつかの実施形態では、比較的均一なブランケット膜（例えばスピノン材料）を堆積させ、UV及び／又は熱処理を介して選択的に活性化することができる。膜を除去する必要はない。

20

【0075】

第1の修正マップは2つのウェーハのウェーハ形状データに基づいているため、第1の修正マップは2つのウェーハに固有であり得ることに留意すべきである。換言すれば、第1の修正マップは、W2Wフローにおいて変化し得る。したがって、画像処理モジュール135は、プログラム可能な直接書き込み露光装置を含むことができる。結果として、直接書き込み露光装置は、（変化する）第1の修正マップに基づいて、第1のストレス膜を電磁放射線のパターンに露光するように構成することができる。直接書き込みに関するさらなる詳細は、2022年3月24日に出願された出願人の係属中の米国特許出願第17／703,072号明細書に見出すことができ、この米国特許出願は、全体として参照により本明細書に援用される。

30

【0076】

さらに、第1のストレス膜は、第1のウェーハの表及び／又は裏に存在する酸化物、窒化物及び／又はスピノン膜などの膜の任意の組み合わせとすることができる。活性化プロセスは、注入、エッチング、放射線及び／又は温度の任意の組み合わせの結果とすることができる。このような一実施形態の一例を図3A～図3Fに描写する。この実施形態では、CVD（化学蒸着）SiN膜が第1のストレス膜の形状制御層として使用される。活性化プロセスは、感光層を塗布することと、レジスト（すなわち感光層）を適合波長で選択的に露光することと、露光したエリアを溶剤現像で開くことと、ウェットプロセス又はRIE（反応性イオンエッチング）プロセスのいずれかでSiNを選択的に除去して、所望のウェーハ形状を獲得することを含む。場合によっては、活性化がまったく必要とされない場合があり、ネイティブのブランケット制御層を使用することによって所望の性能が達成される場合があることに留意すべきである。例えば、図3A～図3Fでは、SiN（応力制御）層が堆積された後にフローが終了する可能性がある。この場合、第1の修正マップはパターンを含まないため、SiN層が堆積され、ブランケット膜として使用

40

50

される。

【0077】

具体的には、図3Aでは、第1のストレス膜の形状制御層303が第1のウェーハ301の裏側に堆積される。この例では、形状制御層303は、例えば堆積モジュール132でCVDによって形成されたSiN層である。図3Bでは、第1のストレス膜のフォトレジスト層305が、例えば、コーティングモジュール133におけるスピンオン堆積によって、形状制御層303上に形成される。図3Cでは、フォトレジスト層305は、例えば画像処理モジュール135で、第1の修正マップに基づく電磁放射線のパターンに露光される。図3Dでは、フォトレジスト層305は、例えば現像モジュール136で、現像されてレリーフパターンを形成する。図3Eでは、形状制御層303は、例えばエッチングモジュール137で、レリーフパターンをエッチングマスクとして使用してエッチングされる。図3Fでは、フォトレジスト層305は、例えばエッチングモジュール137におけるエッチングプロセス、及び任意選択で洗浄モジュール138における洗浄プロセスによって除去される。図示しないが、フォトレジスト層305は、任意選択で、例えば焼成モジュール134で、図3Bと図3Cとの間で焼成し、及び／又は図3Cと図3Dとの間で焼成することができる。さらに、フォトレジスト層305は、第1の修正マップに基づいて形成され得る。

10

【0078】

図3A～図3Fに示すように、画像処理モジュール135は、業界における従来のリソグラフィ慣行と同様に、電磁放射線を介して第1のストレス膜を選択的に活性化し得る。代替的に、このようなパターン形成は、ゾーンによる温度制御を有するホットプレート（又は熱プレート）、又は図4A～図4Cに例示するような熱アレイによって、ウェーハを局所的に加熱することによって実行することができる。いくつかの実施形態では、ウェーハ形状修正／補正は、電磁放射線と熱の両方を活性化手段として使用することを含むことができる。

20

【0079】

図4Aは、本開示の一実施形態による、熱アレイ400Aの平面図を示す。例示するように、熱アレイ400Aは、例えば、410a'、410b'、410c'、410p'、410q'及び410r'で示すような、個別の構成要素を含むことができる。個別の構成要素は、互いに独立して熱を生成するように構成することができ、したがって、独立した温度制御を有する熱ゾーンを可能にする。各熱ゾーンのサイズ、位置及び温度は、それぞれの個別の構成要素によって決定される。

30

【0080】

いくつかの実施形態では、熱アレイ400Aは抵抗器のアレイを含む。各抵抗器は、流れるそれぞれの電流に基づいてそれぞれの量の熱を生成するように構成することができる。少なくとも1つの抵抗器は、第1のウェーハなどのウェーハを保持するように構成されたウェーハチャックに組み込むことができる。結果として、少なくとも1つの抵抗器は、ウェーハと直接接触することができる。代替的に、少なくとも1つの抵抗器がウェーハに触れることなく効率的にウェーハを加熱することができるように、少なくとも1つの抵抗器をウェーハにごく接近して設置することができる。例えば、少なくとも1つの抵抗器とウェーハとの間の距離は、0mm（接触している）～5mmの間とすることができる。当然のことながら、熱アレイ400Aは、両方の種類の抵抗器の組み合わせを含むことができる。さらに、複数の熱アレイ400Aが実装され得る。例えば、下側ウェーハチャック用に下側熱アレイを実装することができ、上側ウェーハチャック用に上側熱アレイを実装することができる。下側熱アレイ及び上側熱アレイは、それぞれ、それぞれのウェーハチャックに対して構成可能な高さ位置を有することができる。

40

【0081】

図4Bは、本開示の一実施形態による、熱アレイ400Aによって生成される熱ゾーンの第1のパターン400Bを示す。ここでは、より暗い色はより高い温度を意味し、一方、より明るい色はより低い温度を意味する。例えば、ゾーン410aはゾーン410bよ

50

りも温度が高く、ゾーン410bはゾーン410cよりも温度が高い。変化に富んだ温度分布を使用して、ストレス膜、ひいてはウェーハに対して異なる程度の内部応力調整を誘発することができる。特に、熱ゾーンの第1のパターン400Bはラインパターン420を含み、そのゾーンは互いに同一の温度を有する。ゾーン410cは、例えば熱が生成されていない、背景温度を表し得る。熱アレイ400Aの抵抗器は、ウェーハを局所的に加熱することができ、したがって、場所固有の方式でストレス膜を選択的に活性化することができる。

【0082】

図4Cは、本開示の別の実施形態による、熱アレイ400Aによって生成される熱ゾーンの第2のパターン400Cを示す。同様に、より暗い色はより高い温度を意味し、一方、より明るい色はより低い温度を意味する。例えば、ゾーン410pはゾーン410qよりも温度が高く、ゾーン410qはゾーン410rよりも温度が高い。

10

【0083】

ゾーン410a、410b、410c、410p、410q及び410rは、それぞれ個別の構成要素410a'、410b'、410c'、410p'、410q'及び410r'に対応することに留意されたい。この例では、熱アレイ400Aは、全体的に円形ウェーハのような形状をしているが、熱アレイ400Aは、その他の形状を有していてもよい。熱アレイ400Aの個別の構成要素もまた、任意の形状を有してよい。個別の構成要素はそれぞれ複数の抵抗器を含み得る。したがって、個別の構成要素のサイズは、パターン形成の分解能と同じオーダである必要はない。例えば、個別の構成要素410a'は、33mm×26mmのオーダであってよく、一方、個別の構成要素410a'は、マイクロ抵抗器及び／又はナノ抵抗器などのより小さな抵抗器を含むことができる。

20

【0084】

加えて、熱アレイ400Aは、ハイブリッドシステム100内に別個の加熱モジュール（図示せず）として含めることも、焼成モジュール134によって含めることも、堆積モジュール132によって含めることもできる。熱アレイ400Aが堆積モジュール132によって含まれるとき、堆積モジュール132は、堆積中にパターン形成を可能にして、堆積された通りのパターン形成された膜を形成することができる。このようなパターン形成された膜への修正は、膜形成後及び将来のウェーハアライメント前に必要ない場合がある。例えば、CVDは温度に依存する。第1のストレス膜の独立した堆積速度制御は、熱アレイ400Aの熱ゾーンによって達成することができる。

30

【0085】

図示していないが、レーザシステムを使用してウェーハチャック及び／又はウェーハを直接加熱することもできる。加熱を引き起こすためにウェーハチャック及び／又はウェーハで吸収性のある波長を選択することができる。

【0086】

図2Aに戻って参照すると、第1のウェーハは、ウェーハ形状補正フロー200Aを説明するための例として使用され、一方、第2のウェーハは簡潔にするために省略されている。一実施形態では、第2のウェーハは、シェイプ211のウェーハ計測によって特性評価されるが、シェイプ213及びシェイプ215に示すプロセスを経ない。すなわち、内部応力調整は、第1のウェーハに対してのみ行われる。別の実施形態では、第2のウェーハは、シェイプ211のウェーハ計測によって特性評価され、シェイプ213及びシェイプ215に示すプロセスを経る。詳細な説明は上記で提供されており、簡潔にするためにここでは省略する。簡単に言えば、内部応力調整は、第1のウェーハと第2のウェーハの両方に対して行われる。第2のウェーハ上に第2のストレス膜を形成し、第2のウェーハの内部応力の調整を規定する第2の修正マップに基づいて修正することができる。第2の修正マップは、第1のウェーハ及び第2のウェーハのウェーハ形状データに基づいて生成することができる。

40

【0087】

本開示で詳述するウェーハ形状制御を実現するために必要な処理を実施するハードウェア

50

アは、市販の半導体ウェーハ・ツー・ウェーハ接合ツールには存在しないモジュールを必要とする。ウェーハ接合プロセスを最適化するために本明細書に開示したウェーハ形状補正方法を使用するには、ボンダツールに到達する前にオフラインウェーハ形状補正が必要になる。統合フローに別のツールを挿入すると、製造スループットに重大な影響を及ぼし、ウェーハハンドリングの冗長性を誘発することになるので、これは望ましくない。本明細書に開示する実施形態は、接合ツールのコア機能（例えば、プラズマ活性化、親水化、アライメント、接合など）を維持するが、ボウ計測、コーティング、露光及び現像、又は他の応力活性化プロセスなど（ただしこれらに限定されない）のウェーハ形状制御を可能にするパターン形成モジュールも含む。ハイブリッド接合－パターン形成ツールを作成することにより、オフライン処理から誘発されるスループットの低下なしに、ウェーハ形状制御を介して獲得される歩留まり改善を実現することができる。

10

【0088】

実施形態の一例及び構成を図2Bに描写する。実施形態は、接合する一対のウェーハのうち少なくとも一方のウェーハのウェーハ形状を修正する、ウェーハ・ツー・ウェーハ接合用の一体型プラットフォーム又はスタンドアロンツールを含む。このようなシステムは、ウェーハ形状修正モジュール（例えば、モジュールの第1のセット150）及び接合モジュール（例えば、モジュールの第2のセット160）を含む。システムの一例（例えば、ハイブリッドシステム100）は、モジュール及びサブモジュール間でウェーハを移動させるための従来のウェーハハンドリングロボットも含むことができる。

【0089】

したがって、実施形態例は、従来のW2W接合プラットフォームのコア機能を維持し、さらにパターン形成モジュール（例えば、コーティング、露光、現像など）をボンダに統合してウェーハ形状操作を容易にする半導体ツールを含む。露光、画像処理又は活性化モジュールは、電磁放射線及び／又は場所固有の熱拡張を含み得る。半導体ツールは、処理のためにウェーハの表側と裏側の両方にアクセスすることができる。半導体ツールは、入来ウェーハ形状を評価するための統合された計測を含むことができる。半導体ツールは、接合後のアライメント基準値を評価するための統合された計測を含むことができる。

20

【0090】

好ましい実施形態では、応力制御（又はウェーハ形状制御）は、ツール内で堆積されるが、半導体ツールは、異なるプラットフォーム上で外部から塗布された膜を有するウェーハを受け入れることができる。好ましくは、スピンオン応力制御膜（スピンオンストレス膜）がウェーハ形状修正に使用される。CVD膜堆積は、このような膜のパターン形成を含む、代替膜堆積技術である。

30

【0091】

図2Bに示すように、プロセス200Bは、ウェーハ形状制御／補正用に構成されたブロック210Bと、ウェーハアライメント及び接合用に構成されたブロック220とを含む。図2A及び図2Bにおける同一の構成要素には、同一の数字、例えば、201、203、205、211、212及び213が付されている。ブロック210Bは、ブロック201Aの一例を含むことができる。具体的には、シェイプ215の場所固有の活性化は、ここではシェイプ217の補正画像露光及びシェイプ219の補正画像現像によって達成される。このような補正画像は、例えば第1の修正マップとすることができる。同様に、内部応力調整は、第1のウェーハに対して行うことができるが、第2のウェーハに対して行うことができない。代替的に、内部応力調整は、第1のウェーハと第2のウェーハの両方に対して行うことができる。

40

【0092】

ブロック220では、第1のウェーハと第2のウェーハとを（事前）接合することができる。シェイプ211では、例えば表面処理モジュール161によって、第1のウェーハ及び第2のウェーハに対してプラズマ活性化プロセスが遂行される。シェイプ223では、例えば表面処理モジュール161によって、第1のウェーハ及び第2のウェーハをすぐために脱イオン水（DIW）が使用される。シェイプ225では、第1のウェーハ及び

50

第2のウェーハは、例えばアライメントモジュール162によって位置合わせされ、例えば（事前）接合モジュール163によって（事前）接合される。シェイプ227では、（事前）接合されたウェーハは、例えば第2の検査モジュール164によるIR光透過画像処理を使用して、検査される。シェイプ207では、（事前）接合されたウェーハは、例えば洗浄モジュール138及び／又は表面処理モジュール161によって、剥離及び洗浄することができる。（事前）接合されたウェーハは、例えばアニーリングモジュール165によって、さらに接合することができる。第1のウェーハ及び第2のウェーハは、代替的に、先に説明したように、モジュールの第2のセット160内の他のプロセス又は技術によって接合され得ることを理解すべきである。ブロック220は、いくつかの実施形態ではシェイプ207を含み得る。

10

【0093】

図5は、本開示のいくつかの実施形態による、ウェーハ接合のためのプロセス500のフローチャートを示す。プロセス500は、ステップS510から始まり、ここでは第1のウェーハ及び第2のウェーハのウェーハ形状データに基づいて第1の修正マップが生成される。第1の修正マップは、第1のウェーハの内部応力の調整を規定する。次いで、プロセス500は、第1の修正マップに基づいて第1のウェーハ上に第1のストレス膜を形成することによって、第1のウェーハの第1のウェーハ形状を修正することによってステップS520に進む。ステップS530において、ステップS520の後に、第1のウェーハは第2のウェーハと位置合わせされる。ステップS540において、第1のウェーハは、第2のウェーハに接合される。

20

【0094】

これまでの説明では、処理システムの特定の幾何学的形状並びに使用されるさまざまな構成要素及び処理の説明など、具体的な詳細を記載した。しかしながら、本明細書に記載の技術は、これらの具体的な詳細と異なる他の実施形態で実践されてもよく、そのような詳細は、限定ではなく、説明を目的としたものであることを理解すべきである。本明細書に開示の実施形態について添付図面を参照して説明した。同様に、説明を目的として、十分な理解が得られるように具体的な数値、材料及び構成を記載した。しかしながら、実施形態は、そのような具体的な詳細がなくても実践され得る。実質的に同一の機能的構造を有する構成要素を同様の参照符号で示しているため、冗長な説明を省略している場合がある。

30

【0095】

さまざまな実施形態の理解を助けるために、さまざまな技術を複数の別々の動作として説明してきた。説明の順序を、これらの動作が必然的に順序に依存するものとして解釈すべきではない。実際に、これらの動作は、提示された順序で遂行されなくてもよい。説明した動作は、説明した実施形態と異なる順序で遂行され得る。追加の実施形態において、さまざまな追加の動作が遂行され得、且つ／又は説明した動作が省略され得る。

【0096】

本明細書で使用する「基板」又は「ウェーハ」は、本発明に従って処理される対象物を総称して指す。基板は、デバイス、特に半導体又は他の電子デバイスの任意の材料部分又は構造を含んでもよく、例えば、半導体ウェーハなどのベース基板構造、レチクル、又は薄膜などのベース基板構造上の層若しくはベース基板構造を覆う層であってもよい。したがって、基板は、パターン形成されているか否かによらず、いかなる特定のベース構造、下地層又は被覆層にも限定されず、むしろ任意のこのような層又はベース構造並びに層及び／又はベース構造の任意の組み合わせを含むことが企図される。説明は特定の種類の基板に言及する場合があるが、これは説明目的に過ぎない。

40

【0097】

基板は、シリコン（Si）基板、ゲルマニウム（Ge）基板、シリコン-ゲルマニウム（SiGe）基板、及び／又はシリコンオンインシュレータ（SOI）基板などの任意の適切な基板とすることができる。基板は、半導体材料、例えば、IV族半導体、IIIV族化合物半導体、又はII-VI族酸化物半導体を含んでもよい。IV族半導体は、S

50

i、Ge、又はSiGeを含んでもよい。基板は、バルクウェーハ又はエピタキシャル層であってもよい。

【0098】

当業者には、本発明と同じ目的を達成しながら、上で説明した技術の動作に多くの変形を行い得ることも理解されよう。このような変形は本開示の範囲に含まれるものと意図している。このように、本発明の複数の実施形態に関する上述の説明は限定を意図するものではない。むしろ、本発明の実施形態に対する限定は、以下の特許請求の範囲に提示されている。

【図面】

【図1A】

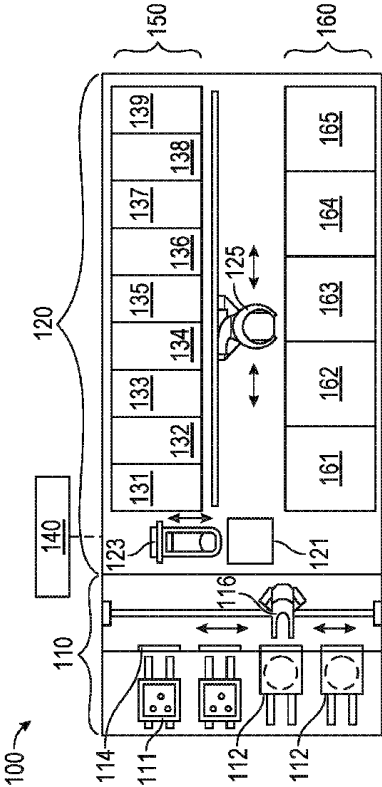


Figure 1A

【図1B】

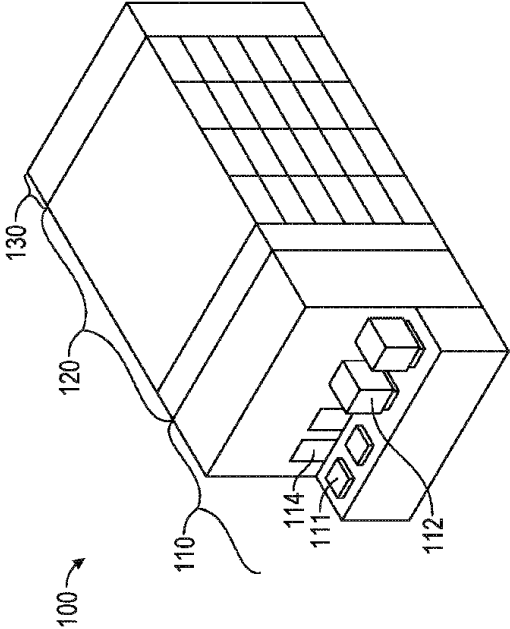


Figure 1B

10

20

30

40

50

【図 2 A】

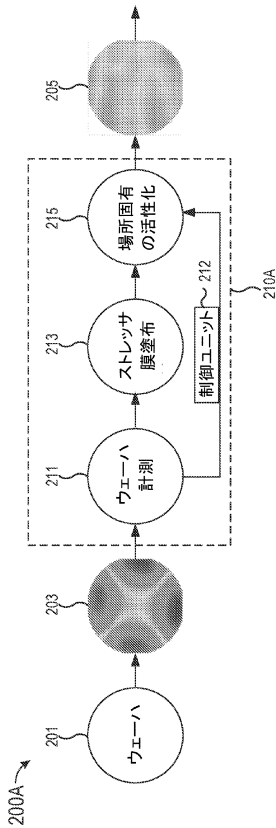


図 2A

【図 2 B】

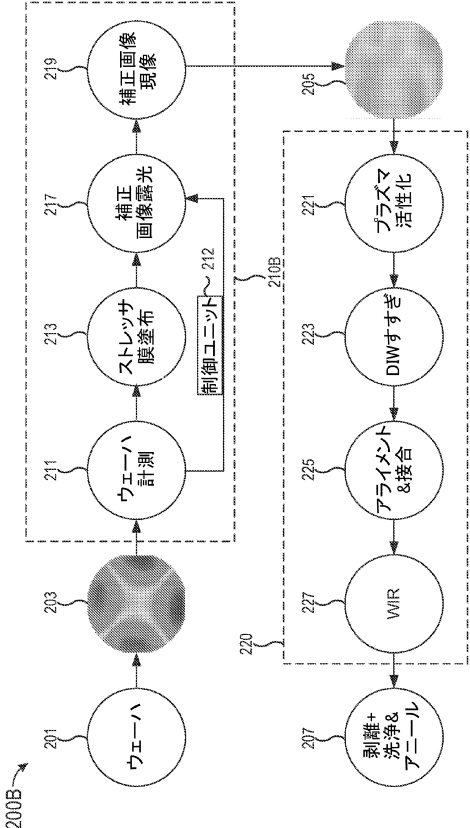


図 2B

【図 3 A】



Figure 3A

【図 3 B】

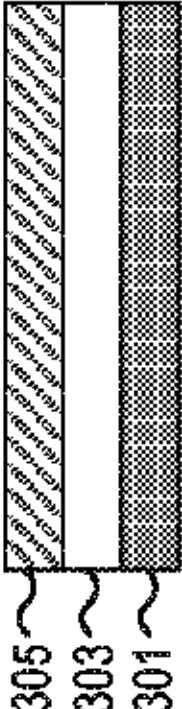


Figure 3B

【図 3 C】

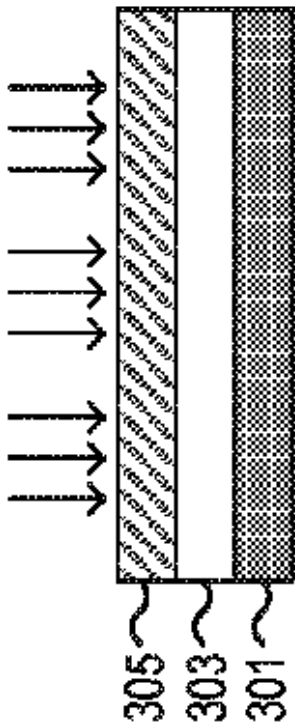


Figure 3C

【図 3 D】

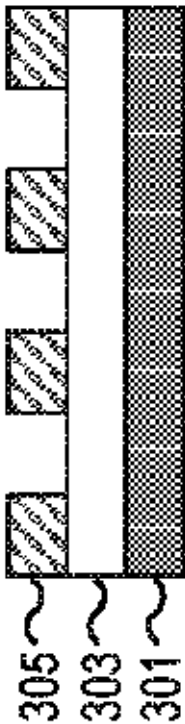


Figure 3D

【図 3 E】

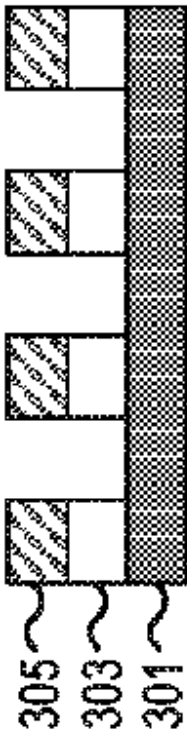


Figure 3E

【図 3 F】

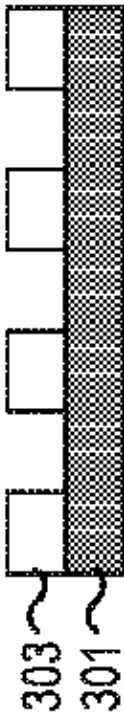


Figure 3F

10

20

30

40

50

【図 4 A】

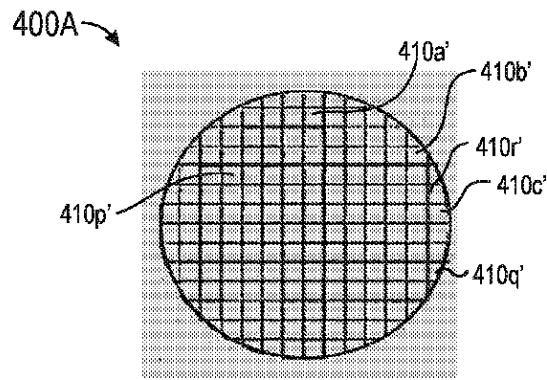


Figure 4A

【図 4 B】

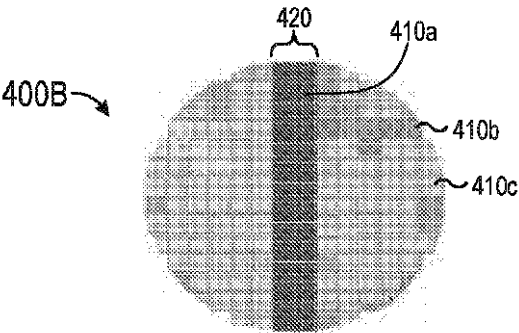


Figure 4B

【図 4 C】

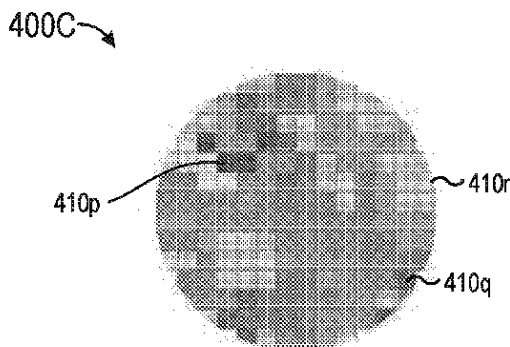


Figure 4C

【図 5】

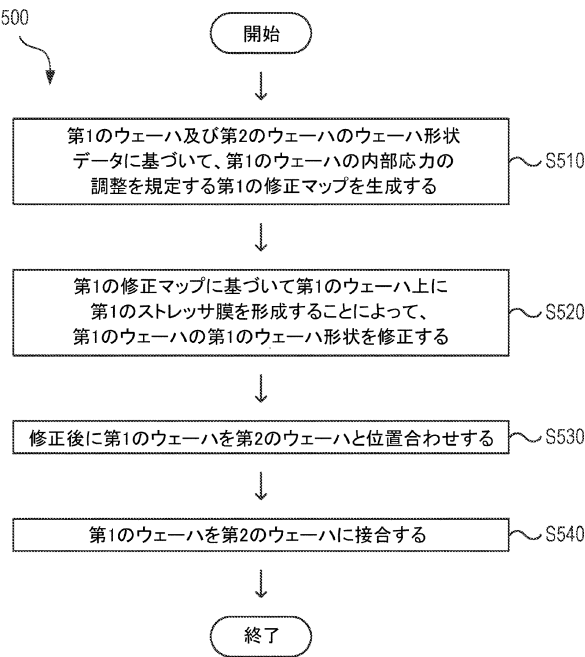


図 5

【図 6 A】

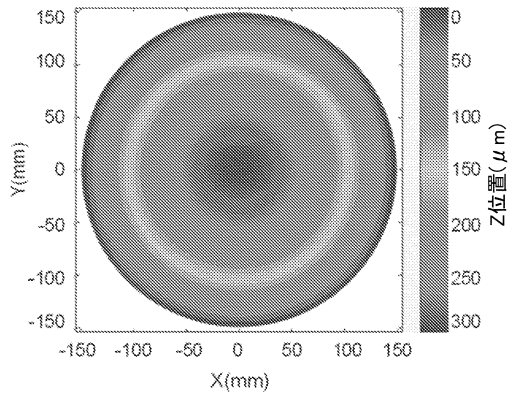


図6A

【図 6 B】

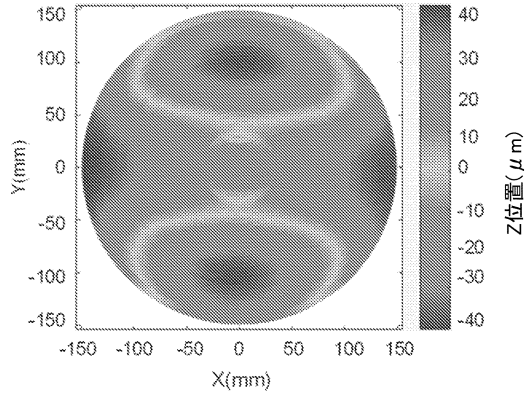


図6B

【図 7】

ウェーハボウ	圧縮方向		引張方向
	下部チャック		下部チャック
μm	0 μm	200 μm	0 μm
-150	-80.0	-80.2	-80.0
-220	-80.1	-80.1	-80.1
-301	-80.0	-78.4	-79.7
-367	不可	不可	-79.7
-420	不可	不可	-79.7

図 7

【図 8 A】

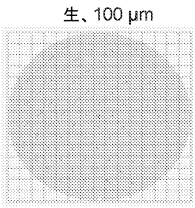


図 8A

【図 8 B】

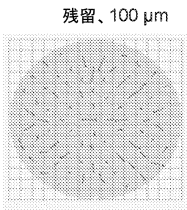


図 8B

【図 8 C】

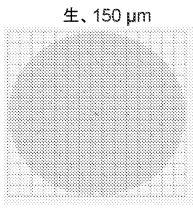


図 8C

10

20

30

40

50

【図 8 D】

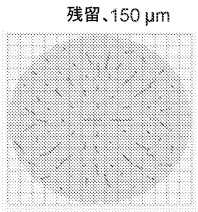


図 8D

【図 9 A】

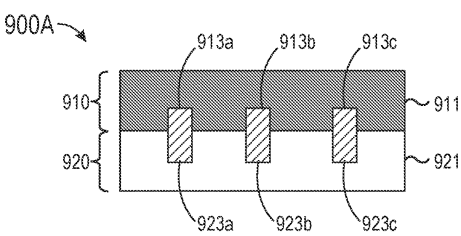


図9A

【図 9 B】

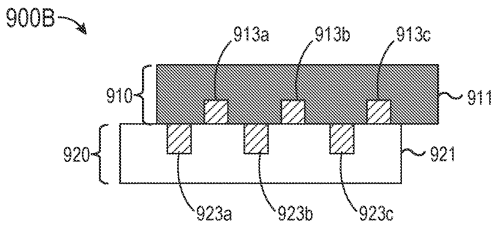


図9B
(関連例)

【図 1 0】

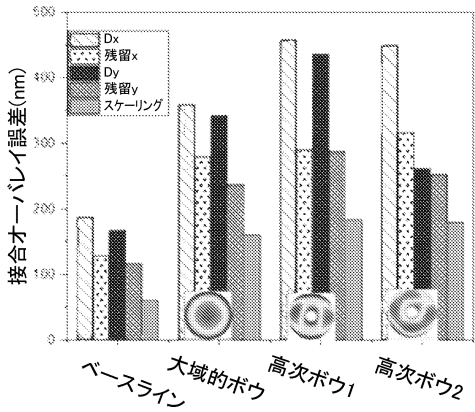


図10

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2023/013554
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01L 21/67(2006.01); H01L 21/66(2006.01); H01L 21/68(2006.01) According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01L 21/67(2006.01); H01L 21/02(2006.01); H01L 21/3205(2006.01); H01L 21/66(2006.01); H01L 21/683(2006.01); H01L 23/00(2006.01); H01L 23/31(2006.01); H01L 27/06(2006.01); H01L 49/02(2006.01) Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eCOMPASS(KIPO internal) & Keywords: wafer, bonding, modification, stressor-film		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2022-0013416 A1 (TOKYO ELECTRON LIMITED) 13 January 2022 (2022-01-13) Paragraphs 1-82; and figures 3-6.	1-20
Y	US 2015-0155241 A1 (INVENSAS CORPORATION) 04 June 2015 (2015-06-04) Paragraphs 4-44; and figures 6-21.	1-18
Y	US 2014-0374879 A1 (TAIWAN SEMICONDUCTOR MANUFACTURING CO., LTD.) 25 December 2014 (2014-12-25) Paragraph 44; and figure 21.	19-20
A	US 2021-0091022 A1 (TAIWAN SEMICONDUCTOR MANUFACTURING CO., LTD.) 25 March 2021 (2021-03-25) The entire document.	1-20
A	KR 10-2021-0044654 A (SK HYNIX INC.) 23 April 2021 (2021-04-23) The entire document.	1-20
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 16 June 2023		Date of mailing of the international search report 19 June 2023
Name and mailing address of the ISA/KR Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon 35208, Republic of Korea Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer PARK, Hye Lyun Telephone No. +82-42-481-3463

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2022)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/US2023/013554

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2022-0013416	A1	13 January 2022	CN	115812244	A	17 March 2023
				KR	10-2023-0037610	A	16 March 2023
				US	11335607	B2	17 May 2022
				WO	2022-010497	A1	13 January 2022
US	2015-0155241	A1	04 June 2015	CN	105849891	A	10 August 2016
				CN	105849891	B	13 April 2018
				JP	2017-503341	A	26 January 2017
				JP	6058868	B1	11 January 2017
				KR	10-1754347	B1	06 July 2017
				KR	10-2016-0085367	A	15 July 2016
				US	2016-0293556	A1	06 October 2016
				US	9397051	B2	19 July 2016
				US	9853000	B2	26 December 2017
				WO	2015-084848	A2	11 June 2015
US	2014-0374879	A1	25 December 2014	WO	2015-084848	A3	15 October 2015
				CN	104253127	A	31 December 2014
				CN	104253127	B	10 May 2017
				KR	10-1663363	B1	06 October 2016
				KR	10-2015-0000847	A	05 January 2015
				US	10276513	B2	30 April 2019
				US	10833026	B2	10 November 2020
				US	2016-0035682	A1	04 February 2016
				US	2017-0243836	A1	24 August 2017
				US	2019-0244914	A1	08 August 2019
US	2021-0091022	A1	25 March 2021	US	9184041	B2	10 November 2015
				US	9646938	B2	09 May 2017
				CN	112563218	A	26 March 2021
KR	10-2021-0044654	A	23 April 2021	US	11410948	B2	09 August 2022
				US	2022-0336392	A1	20 October 2022
				CN	112670225	A	16 April 2021
US	2021-0111060	A1	15 April 2021	US	11322382	B2	03 May 2022
				US	2021-0111060	A1	15 April 2021

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2022)

フロントページの続き

(32)優先日 令和4年8月10日(2022.8.10)

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(31)優先権主張番号 17/885,038

(32)優先日 令和4年8月10日(2022.8.10)

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(81)指定国・地域 AP(BW,CV,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,ME,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW
弁理士法人 I T O H

(72)発明者 シェビス, アンソニー

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 2 2 0 3, オールバニー, フラー ロード 2 5 5, スイート 2 1 4, ナノファブ 3 0 0 サウス

(72)発明者 ウェロス, アンドリュー

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 2 2 0 3, オールバニー, フラー ロード 2 5 5, スイート 2 1 4, ナノファブ 3 0 0 サウス

(72)発明者 コンクリン, デヴィッド

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 2 2 0 3, オールバニー, フラー ロード 2 5 5, スイート 2 1 4, ナノファブ 3 0 0 サウス

(72)発明者 デヴィリアーズ, アントン

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 2 2 0 3, オールバニー, フラー ロード 2 5 5, スイート 2 1 4, ナノファブ 3 0 0 サウス

Fターム(参考) 2H197 AA21 CA01 HA03 JA17