

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4102068号
(P4102068)

(45) 発行日 平成20年6月18日 (2008. 6. 18)

(24) 登録日 平成20年3月28日 (2008. 3. 28)

(51) Int. Cl. F I
 H O 1 L 21/66 (2006. 01) H O 1 L 21/66 L
 G O 1 R 1/06 (2006. 01) G O 1 R 1/06 E

請求項の数 17 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2001-532109 (P2001-532109)	(73) 特許権者	591076095
(86) (22) 出願日	平成12年10月19日 (2000. 10. 19)		ソリッド・ステート・メジャメント・インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2003-512737 (P2003-512737A)		SOLID STATE MEASUREMENTS INCORPORATED
(43) 公表日	平成15年4月2日 (2003. 4. 2)		アメリカ合衆国ペンシルバニア州15275、ピッツバーグ、テクノロジー・ドライブ110
(86) 国際出願番号	PCT/US2000/041315	(74) 代理人	110000637
(87) 国際公開番号	W02001/029568		特許業務法人樹之下知的財産事務所
(87) 国際公開日	平成13年4月26日 (2001. 4. 26)	(72) 発明者	マズル・ロバート・ジー
審査請求日	平成15年11月5日 (2003. 11. 5)		アメリカ合衆国 ペンシルベニア州 15143 セウィックレー スパニッシュトラクトロード
(31) 優先権主張番号	60/158, 222		
(32) 優先日	平成11年10月19日 (1999. 10. 19)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
前置審査			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 測定装置及び電気特性測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体ウェハの少なくとも一つの電気特性を測定する測定装置であって、
 前記半導体ウェハを支持するチャックと、
 前記半導体ウェハの前面に接触する弾性変形可能な導電性先端を有するプローブと、
 前記半導体ウェハに接触する電気接触子と、
 前記弾性変形可能な導電性先端と前記電気接触子との間に電気刺激を付与する電気刺激付与手段と、

前記電気刺激に対する反応を測定し、前記反応から前記半導体ウェハの電気特性のうち、少なくとも一つの電気特性を判定する電気特性判定手段とを有し、

前記半導体ウェハ前面が (i) 前記半導体ウェハを形成する半導体物質の前面に形成される誘電体から構成されるか、または (ii) 前記半導体ウェハを形成する半導体物質から構成され、

前記弾性変形可能な導電性先端は、金属、導電性エラストマーまたは導電性ポリマーであり、

前記弾性変形可能な導電性先端及び前記電気接触子が前記半導体ウェハと接触するとき、前記電気刺激付与手段が静電容量電圧 (C V) または電流電圧 (I V) 形式の電気刺激を付与するとともに、前記電気特性判定手段が前記電気刺激に対する前記半導体ウェハの C V または I V の反応を測定する

ことを特徴とする測定装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の測定装置において、前記電気刺激に対する反応は前記誘電体及び前記半導体物質の境界、または前記半導体物質の前面付近で発生することを特徴とする測定装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の測定装置において、前記誘電体は少なくとも一つの誘電層を含むことを特徴とする測定装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の測定装置において、前記少なくとも一つの誘電層は、前記半導体物質が空气中に露出されることに応じて形成される自生の誘電層であることを特徴とする測定装置。

10

【請求項 5】

請求項 1 に記載の測定装置において、前記半導体ウェハの前面に接触する前記導電性先端の表面は、曲率半径が $10\ \mu\text{m}$ から $100\ \text{cm}$ であり、かつ先端を切った球形状であることを特徴とする測定装置。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の測定装置において、前記導電性先端が前記誘電体に接触するとき、有効な空気の隙間がこれらの間に形成され、この隙間内の有効な空気は、(i) $1\ \text{nm}$ 以下、(ii) $0.8\ \text{nm}$ 以下、(iii) $0.2\ \text{nm}$ 以下の隙間内の実際の空気と等しい絶縁性を有することを特徴とする測定装置。

20

【請求項 7】

請求項 1 に記載の測定装置において、
前記プローブを覆う導電性スリーブと、
前記プローブと前記スリーブとの間に絶縁体とを有し、
前記スリーブは (i) アースに接続される、または (ii) 前記スリーブを前記導電性先端と同じ電位でバイアスする電気信号を受信可能に接続される
ことを特徴とする測定装置。

【請求項 8】

請求項 1 に記載の測定装置において、
前記プローブに接続された可動プローブアームアッセンブリを有し、
前記可動プローブアームアッセンブリは、
(i) 前記半導体ウェハ前面への前記導電性先端の力と、この力が前記半導体ウェハ前面に付勢される割合を制御するとともに、
(ii) 前記弾性変形可能な導電性先端が前記半導体ウェハに接触する際、前記導電性先端による前記半導体ウェハの前面への引っ掻き傷を防止する
ことを特徴とする測定装置。

30

【請求項 9】

請求項 1 に記載の測定装置であって、
前記プローブを、前記導電性先端が (i) 前記半導体ウェハを形成する半導体物質の前面に形成された誘電体の前面、または (ii) 前記半導体物質の前面に接触するように移動可能な可動プローブアームアッセンブリを有し、
前記電気刺激付与と、前記電気特性判定とが電気刺激付与 / 電気特性判定手段によって行われる、
ことを特徴とする測定装置。

40

【請求項 10】

請求項 9 に記載の測定装置において、前記半導体ウェハの前記電気刺激に対する反応は、前記誘電体及び前記半導体物質の境界、または前記半導体物質の前面に隣接する前記半導体物質の領域内で起こることを特徴とする測定装置。

【請求項 11】

請求項 9 に記載の測定装置において、前記電気接触子は、(i) 前記半導体ウェハの背

50

面または (ii) 前記半導体物質の前面に接触することを特徴とする測定装置。

【請求項 12】

請求項 9 に記載の測定装置において、前記導電性先端は、この先端と前記誘電体とが接触するとき、有効な空気の間隙がこれらの間に形成され、この隙間内の有効な空気が、1 nm から 0.2 nm までの隙間内の実際の空気と等しい絶縁性を有するように、研磨されていることを特徴とする測定装置。

【請求項 13】

請求項 9 に記載の測定装置において、前記プローブを覆う導電性スリーブと、前記プローブと前記スリーブとの間の絶縁体を有することを特徴とする測定装置。

【請求項 14】

半導体ウェハの少なくとも一つの電気特性を測定する電気特性測定方法であって、
 (a) 弾性変形可能な導電性先端を有するプローブを設けるプローブ設置工程と、
 (b) 前記弾性変形可能な導電性先端を (i) 前記半導体ウェハを形成する半導体物質の前面に形成される誘電体の前面または (ii) 前記半導体物質の前面に接触させる導電性先端接触工程と、

(c) 前記半導体ウェハに電気接触子を接触させる電気接触子接触工程と、
 (d) 前記弾性変形可能な導電性先端と前記電気接触子との間に静電容量電圧 (CV) または電流電圧 (IV) 形式の電気刺激を付与する電気刺激付与工程と、
 (e) 前記電気刺激に対する前記半導体ウェハの CV または IV の反応を測定する測定工程と、

(f) 前記反応から前記半導体ウェハの少なくとも一つの電気特性を判定する電気特性判定工程と、

を有し、

前記弾性変形可能な導電性先端は、金属、導電性エラストマーまたは導電性ポリマーであることを特徴とする電気特性測定方法。

【請求項 15】

請求項 14 に記載の電気特性測定方法において、少なくとも前記導電性先端は、先端を切った球形状であり、
 前記導電性先端の表面は、この先端と前記誘電体とが接触するとき、有効な空気の間隙がこれらの間に形成され、この隙間内の有効な空気が、1 nm 以下の隙間内の実際の空気と等しい絶縁性を有するように研磨されている
ことを特徴とする電気特性測定方法。

【請求項 16】

請求項 14 に記載の電気特性測定方法において、不活性ガス流を、前記導電性先端と、前記誘電体前面または前記半導体物質前面との間に送入するガス送入工程を有することを特徴とする電気特性測定方法。

【請求項 17】

請求項 14 に記載の電気特性測定方法において、前記電気接触子は、(i) 前記半導体ウェハの背面、または (ii) 前記半導体物質の前面に接触させることを特徴とする電気特性測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は主に半導体ウェハの電気特性を測定する装置及び方法に関する。

【0002】

【背景技術】

半導体ウェハの製造において、半導体ウェハ上の誘電体の電気特性及び/または半導体ウェハ内のキャリア密度分布の判定は重要な要素である。誘電体の厚み、酸化物の電荷 (oxide charge)、閾値電圧、イオン注入量 (implant dose)、キャリア分布の測定のような静電容量電圧 (CV) 技術に基づく測定、及び誘電漏洩電流や破壊電圧のような電流電圧

10

20

30

40

50

(I V) 技術に基づく測定は、誘電体上の一次加工金属やドーパされたポリシリコン (doped polysilicon) のゲートによって代表的に成し遂げられる。これらゲートは、適切な C V 測定または I V 測定に用いられる金属酸化物半導体 (M O S) 構造の一部となる。

【 0 0 0 3 】

金属ゲートまたはポリシリコンゲートの加工は時間及び費用がかかる。この加工はこの分野で既知の方法で誘電体上のアルミニウム金属ゲートやポリシリコンゲートを堆積及び形成することを標準的に要する。

これら加工ゲートの代替物は、「 C V プロットング及びプロファイリング用真空操作水銀プローブ (Vacuum Operated Mercury Probe for CV Plotting and Profiling) 」と題されるアルバート・レダーマン (Albert Lederman)、ソリッド・ステート・テクノロジー (Solid State Technology) による1981年8月の文献の123~126ページに記載されている。この文献が開示するのは、誘電体及び半導体の特性を判断するために設計された C V 測定技術においてアルミニウムゲートまたはポリシリコンゲートの代わりに水銀接触子を利用することである。レダーマンの論文は、金属酸化物半導体、均一半導体ウェハ、不均一半導体ウェハ、絶縁基材上の半導体ウェハを測定する真空操作水銀プローブを開示する。レダーマンの水銀プローブを用いると、研究中に水銀がウェハ材料と化学反応し得る点で問題が起こり得る。水銀は使用に際し重大な安全問題を引き起こすとともに、半導体の急速な温度試験を要するとき、高温で昇華する。従って、水銀プローブの用途は限定される。

【 0 0 0 4 】

加工ゲートや真空操作水銀プローブの代替物は、1991年6月11日に発行され、本明細書でも参照されるヒラード (Hillard) に対するアメリカ特許第5,023,561号に開示される。ヒラード特許が開示するのは、その一端に所定次元の均一平面を有する先端を持つプローブを含む可動プローブアームである。プローブ台が可動アームを支持し、チャックが半導体ウェハを支持する。プローブ台、可動アーム、チャックは、平面測定子が前記先端の均一平面部と半導体ウェハ誘電層の前面との間に形成可能に構成されている。

【 0 0 0 5 】

ヒラード特許が1990年代初期に出願されたとき、半導体産業における代表的なゲート酸化物の厚みは数百オングストローム程度であった。測定子の均一平面の先端とウェハ上の誘電層の外面との間の平面測定子は比較的小さいため、これら比較的厚い酸化物に適用されると、不十分な静電容量信号対雑音比 (capacitance signal-to-noise ratio) しか示さなかった。このため、均一平面の先端を有するプローブは C V 測定に利用可能であるならば、 I V 測定にも利用可能であることが好ましかった。

これに対し、今日ではゲート酸化物は非常に薄く、3.5 nm 程である。この薄い酸化物により、静電容量信号対雑音比は増加され、導電性圧力測定子を伴ってなされた C V 測定は、ゲート酸化物の特性判定に効果的に利用可能となった。

【 0 0 0 6 】

ヒラード特許に開示された C V 測定用プローブの利用に伴う問題は、プローブ先端を均一平面に研磨する必要があることである。別の問題としては、均一平面の先端とウェハ誘電層外面との間に平面測定子を作り出す必要があるということがある。均一平面のプローブ先端を用いて誘電層外面内部に平面測定子を形成することは、均一平面の先端と誘電層外面との間が完全に平行でない、均一平面の先端の端部が酸化層を損傷させ得るので、今日の薄い酸化物層に伴い特に問題となる。

【 0 0 0 7 】

【 課題を解決するための手段 】

そこで、本発明の目的のひとつは、半導体ウェハ上の誘電層の C V 測定を向上可能とする改良された先端構成を持つプローブを設けることにより上記問題やその他の問題を回避または克服することである。さらに本発明の別の目的は、下記の詳細説明を読み、理解すればこの分野における通常の知識を有する者にとって明らかとなるであろう。

【 0 0 0 8 】

本発明の測定装置は、半導体ウェハの少なくとも一つの電気特性を測定する測定装置であって、半導体ウェハを支持するチャックと、前記半導体ウェハの前面に接触する弾性変形可能な導電性先端を有するプローブと、前記半導体ウェハに接触する電気接触子と、前記弾性変形可能な導電性先端と前記電気接触子との間に電気刺激を付与する電気刺激付与手段と、前記電気刺激に対する反応を測定し、前記反応から前記半導体ウェハの電気特性のうち、少なくとも一つの電気特性を判定する電気特性判定手段とを有し、前記半導体ウェハ前面が (i) 前記半導体ウェハを形成する半導体物質の前面に形成された誘電体から構成されるか、または (ii) 前記半導体ウェハを形成する半導体物質から構成され、前記弾性変形可能な導電性先端は、金属、導電性エラストマーまたは導電性ポリマーであり、前記弾性変形可能な導電性先端及び前記電気接触子が前記半導体ウェハと接触するとき、前記電気刺激付与手段が静電容量電圧 (C V) または電流電圧 (I V) 形式の電気刺激を付与するとともに、前記電気特性判定手段が前記電気刺激に対する前記半導体ウェハの C V または I V の反応を測定することを特徴とする。

10

【0009】

本発明において、前記電気刺激に対する反応は、前記誘電体及び前記半導体物質の境界、または前記半導体物質の前面に近接する領域で発生する。

前記誘電体は少なくとも一つの誘電層を有する。この少なくとも一つの誘電層は、前記半導体物質が空气中に露出されることに対応して形成される自生の誘電層を包含してもよい。

前記半導体ウェハの前面と接触する前記導電性先端の表面は、先端が切り取られた球形状、例えば半球を有し、曲率半径は 10 μ m から 100 cm までである。前記導電性先端が前記半導体ウェハと接触する際、有効な空気の隙間がこれらの間に形成され、この隙間内の有効な空気は、1 nm 以下、0.8 nm 以下、0.2 nm 以下の隙間内の実際の空気と等しい絶縁性を有する。

20

【0010】

前記プローブを囲うように導電性スリーブが配置されてもよく、前記プローブと前記スリーブとの間に絶縁体が配置されてもよい。前記スリーブはアースと接続可能、または前記スリーブを前記導電性先端と同じ電位で付勢する電気信号を受信できるように接続可能である。

前記プローブに可動プローブアームアッセンブリを接続してもよく、前記半導体ウェハの前面に対する前記導電性先端の力及びこの力が前記半導体ウェハ前面に付勢される割合を制御することが可能である。前記可動プローブアームアッセンブリは、前記導電性先端が前記半導体ウェハに接触するように移動するとき、前記弾性変形可能な導電性先端による前記半導体ウェハ前面に対する引っ掻き傷を防止可能でもある。

30

【0011】

本発明の測定装置においては、前記プローブを、前記導電性先端が (i) 前記半導体ウェハを形成する半導体物質の前面に形成された誘電体の前面または (ii) 前記半導体物質の前面に接触するように移動可能な可動プローブアームアッセンブリを有し、前記電気刺激付与と前記電気特性判定とが電気刺激付与 / 電気特性判定手段によって行われる構成とすることが望ましい。

40

【0012】

本発明の電気特性測定方法は、半導体ウェハの少なくとも一つの電気特性を測定する電気特性測定方法であって、

- (a) 弾性変形可能な導電性先端を有するプローブを設けるプローブ設置工程と、
- (b) 前記弾性変形可能な導電性先端を (i) 前記半導体ウェハを形成する半導体物質の前面に形成される誘電体の前面または (ii) 前記半導体物質の前面に接触させる導電性先端接触工程と、
- (c) 前記半導体ウェハと電気接触子を接触させる電気接触子接触工程と、
- (d) 前記弾性変形可能な導電性先端と前記電気接触子との間に静電容量電圧 (C V) または電流電圧 (I V) 形式の電気刺激を付与する電気刺激付与工程と、

50

(e) 前記電気刺激に対する前記半導体ウェハの C V または I V の反応を測定する測定工程と、

(f) 前記反応から前記半導体ウェハの少なくとも一つの電気特性を判定する電気特性判定工程と、を有し、

前記弾性変形可能な導電性先端は、金属、導電性エラストマーまたは導電性ポリマーであることを特徴とする。

本発明において、不活性ガス流が、前記導電性先端、前記導電層の前面、前記半導体物質前面の接触領域に供給可能である。

【 0 0 1 3 】

【 発明の実施の形態 】

図 1 - 3 を参照すると、半導体ウェハ 1 4 の前面 1 3 上または半導体ウェハ 1 4 の前面 1 3 に隣接する半導体物質の領域 1 6 内の誘電体 1 2 の電気特性を測定する測定装置 1 0 は、可動ステージアッセンブリ 1 8 を有する。可動ステージアッセンブリ 1 8 は、真空を用いた手段により半導体ウェハ 1 4 を保持する真空チャック 2 0 を有する。ここで、可動ステージアッセンブリ 1 8 は、半導体ウェハ 1 4 を X Y 平面で回転させる第 1 の回転ステージ 2 2 と、半導体ウェハ 1 4 の垂直位置を調整する第 2 の Z 軸のステージ 2 4 と、半導体ウェハ 1 4 を X 軸方向または X Y 軸方向へ移動させる第 3 の X 軸 / X Y 軸のステージ 2 6 とをそれぞれ有することが好ましい。

【 0 0 1 4 】

測定装置 1 0 は、誘電体 1 2 の上面または前面 3 4 と接触する第 1 電気接触子 3 2 を有する。第 1 電気接触子 3 2 は導電性プローブ 3 6 を有し、好ましくはこのプローブ 3 6 が筒状ステンレス鋼シャंकを有する。チャック 2 0 は、半導体ウェハ 1 4 の背面 3 0 と接触する第 2 電気接触子を規定する上面または前面 2 8 を有する。

【 0 0 1 5 】

図 4 を参照するとともに、図 1 - 3 を引続き参照すると、導電性プローブ 3 6 の末端は、それに付加された接触部または接触先端 3 8 を有する。導電性プローブ 3 6 から離れる方向を向く先端 3 8 の表面は、先端を切った球形状、例えば半球形状を有することが好ましく、曲率半径は $1.0 \mu\text{m}$ から 100cm であることが好ましい。先端 3 8 は、タンタル、導電性エラストマー、導電性ポリマーなどの滑らかでよく研磨された金属などであって、弾性変形可能かつ導電性の物質から形成される。

【 0 0 1 6 】

測定装置 1 0 は、ねじ 4 4 及び絶縁ワッシャ 4 6 により導電性プローブ 3 6 が固定されたプローブアーム 4 2 を有する可動プローブアームアッセンブリ 4 0 を持つ。導電性プローブ 3 6 は、導電性プローブマウント 4 8 と導通され、導電性プローブマウント 4 8 はプローブアーム 4 2 との間に配置された絶縁体 5 0 によりプローブアーム 4 2 から絶縁されている。可動プローブアームアッセンブリ 4 0 は、導電性プローブ 3 6 の降下率を制御することで、先端 3 8 が半導体ウェハ 1 4 の誘電体 1 2 の前面 3 4 を擦り取り、先端 3 8 や誘電体 1 2 が損傷するのを防ぐ。さらに、可動プローブアームアッセンブリ 4 0 は、先端 3 8 が誘電体 1 2 の前面 3 4 に適用されるのに伴う力及びこの力が前面 3 4 に付勢される割合を制御する。

【 0 0 1 7 】

図 5 - 8 を参照するとともに図 1 - 4 を引続き参照すると、可動プローブアームアッセンブリ 4 0 は、プローブアーム 4 2 を揺動可能に支持するアッセンブリ 5 4 と、プローブアーム 4 2 にスライド可能に支持され、かつ導電性プローブ 3 6 の先端 3 8 に、好ましくは 5 ~ 200 グラムの一定負荷を与えるプローブアームウェイト 5 6 とを有する。下方ベアリングプレート 6 0 は、アッセンブリ 5 4 の V 溝 6 4 及び三面体中空部 6 6 に支持されるベアリング球 6 2 を有する。

【 0 0 1 8 】

プローブアーム 4 2 は、図 5 及び図 8 に示されるようなワイヤメッシュ 7 4 により覆われるアームリフトパッド 7 2 と接触するラバーダイアフラム 7 0 を有する空圧式プローブリ

10

20

30

40

50

フト68により昇降される。ワイヤメッシュ74は、スポット溶接76によりアームリフトパッド72に保持される。導電性プローブ36を有するプローブアーム42の端部を上げるために、空気圧でダイアフラム70を膨張させてワイヤメッシュ74に接触させる。

【0019】

先端38と誘電体12の上面34との間の優れた接触構造は、プローブアーム42の負荷特性を制御することにより、即ち、空圧式プローブリフト68が導電性プローブ36の先端38を誘電体12の上面34に加圧させる割合を制御することによりなされる。プローブ台80は、半導体ウェハ14に対して所望の位置でプローブアーム42を支持する。

【0020】

操作に際し、半導体ウェハ14は、真空チャック20上に置かれ、真空により保持される。真空チャック20の上面28は、第2電気接触子としても機能するが、図3に示されるような測定手段82を有する回路に接続される。Z軸ステージ24は、この分野で既知の方法により半導体ウェハ14を垂直に移動するように調節される。この分野で既知の方法を用いて、X軸/XY軸ステージ26は半導体ウェハ14の水平移動を制御し、回転ステージ22は半導体ウェハ14の回転移動を制御する。真空チャック20は、可動ステージアッセンブリ18の残りの部分から絶縁されることが好ましい。

【0021】

半導体ウェハ14の背面30が真空チャック20の上面28に支持されるとき、導電性プローブ36は可動プローブアームアッセンブリ40により可動に制御され、先端38と誘電体12の上面34との間を接触させる。誘電体12または半導体ウェハ14の前面13に隣接する半導体物質の領域16の一以上の電気特性の測定は、第1電気接触子32と、第2電気接触子、即ちチャック20の上面28との間において、より具体的には半導体ウェハ14の背面30と誘電体12の上面34との間において、電気刺激、例えば高周波数のAC電圧、またはDCバイアス電圧(CV)、DCストレス電圧/電流(IV)と結合された高周波数AC電圧、を付与することによりなされる。測定手段82は、付与された電気刺激に対する反応を測定し、その反応から誘電体12または半導体ウェハ14の前面13に隣接する半導体物質の領域16の電気特性のうち、一以上の電気的特性を判定する。

【0022】

上述の通り、先端38は滑らかな面に研磨される。先端38を研磨する好ましい技術のひとつとして、先端38を形成し滑らかにするための機械的研磨または金属研磨(metallographic polishing)がある。この技術では、未研磨の先端38の表面粗さは、各工程が微細な研磨剤を利用してより滑らかな表面仕上げをなす一連の研磨工程を経て連続的に減少される。より具体的には、先端38は、接着剤が塗布された樹脂フィルムに研磨粒子が固定されたものなどであって、適切な潤滑流体により滑らかにされ回転研磨ホイールに強固に付着された微細研磨剤を利用してまず形成される。研磨ホイールは一定速度で回転され、先端38は研磨フィルムと接触するように移動される。先端38は、所望の曲率半径を生み出すように移動及び回転される。強固に付着された研磨剤を用いての研磨の間に先端38に付加された圧力は、引っかき傷を防止するように調節可能であり、先端38は、「平面」の生成を防止するように動作保持される。この処理は、曲率半径が許容可能となるまで継続される。次に、合成または天然の研磨パッドが回転研磨ホイールに設けられるとともに、分散液中に浮遊する研磨粒子を有する研磨スラリーがこのパッドに塗布される。先端38はスラリーが浸された回転研磨パッドと接触され、このスラリーを付着させて、先端38の表面を均一に研磨する。前述の研磨技術は、異なる物質により形成された先端38にも有効に利用されている。しかし、異なる研磨技術も必要に応じて利用可能である。

【0023】

滑らかな先端38がどのように研磨されるかに拘らず、先端38の表面は原子レベルで山や谷を有する。これに対し、誘電体12の上面34は原子レベルで局所的にほぼ平坦、即ち、原子が平坦となる。先端38が誘電体12と接触する際の、先端38の表面の山や

10

20

30

40

50

谷と、誘電体 1 2 のほぼ平坦な上面 3 4 との相互作用のため、実際の微小接触領域は、見かけ上の微小接触領域よりも小さい。より具体的には、先端 3 8 表面の山や谷と、誘電体 1 2 のほぼ平坦な表面との相互作用のため、複数の微視的接触及び複数の微視的隙間が先端 3 8 と誘電体 1 2 との間に形成される。複数の微視的隙間は協働して、先端 3 8 と誘電体 1 2 との間に有効な空気の隙間を形成する。先端 3 8、誘電体 1 2、半導体ウェハ 1 4、チャック 2 0 に沿った隙間内の有効な空気は協働してコンデンサを形成し、先端 3 8 がこのコンデンサの一枚の板を規定し、半導体物質の前面のまたは半導体ウェハ 1 4 の前面 1 3 に近接する半導体物質の領域 1 6 の表面電荷または空間電荷のそれぞれはコンデンサの別の板を規定し、誘電体 1 2 を伴う一連の隙間内の有効な空気は、先端 3 8 と、半導体物質上または半導体物質内の電荷との間に絶縁体 5 0 を規定する。

10

【 0 0 2 4 】

隙間内の有効な空気は、1 nm 以下の隙間内の実際の空気と等しい絶縁性を有することが好ましい。先端 3 8 と誘電体 1 2 との間の有効な空気の隙間は、先端 3 8 の表面が滑らかに研磨される程度を定量化するのに利用可能である。つまり、上述の通り、誘電体 1 2 の上面 3 4 は原子レベルでほぼ平坦である。このため、有効な空気の隙間量の変化は、先端 3 8 表面の滑らかさに基づく。本発明によると、先端 3 8 は、先端 3 8 が誘電体 1 2 の上面 3 4 に接触する際、それらの間の隙間内の有効な空気が、1 nm 以下、好ましくは 0.8 nm 以下、更に好ましくは 0.2 nm 以下の隙間内の実際の空気と等しい絶縁性を有するほどの滑らかさに研磨される。

【 0 0 2 5 】

前述の通り、シリコン酸化薄膜などの誘電層の電気特性は、通常、加工された MOS ゲート内の誘電体としての薄膜を用いて研究される。この方法は、上述の MOS ゲートを生成する追加処理を必要とするため、多くの時間を消費する。誘電体 1 2 に接する弾性変形可能な導電性先端 3 8 を有する導電性プローブ 3 6 を用いるとともに、金属ゲートの先端 3 8 と、酸化物の誘電体 1 2 と、半導体ウェハ 1 4 を形成しかつ上記半導体により構成される半導体物質とを用いる一時的微小領域の MOS ダイオードを形成することにより、誘電体薄膜、例えばシリコン上の SiO₂ を素早く特性を判定することが可能である。

20

【 0 0 2 6 】

本発明を用いると、CV 測定においても、変動するイオン密度の判定が容易になされる。金属ゲートやポリシリコンゲートの加工と異なり、追加の処理工程を要しない。ゲートの酸化など重要な処理工程の直後に測定することが可能である。

30

【 0 0 2 7 】

可動プローブアッセンブリ 4 0 を用いて導電性プローブ 3 6 を制御することで、先端 3 8 により誘電体 1 2 が擦り取られることがなくなる。さらに、先端 3 8 の半径及び弾性は、先端 3 8 が誘電体 1 2 内部に侵入することを防止するため、薄い酸化物の測定が可能となる。先端 3 8 の半径及び弾性に加えて可動プローブアームアッセンブリ 4 0 により、誘電体 1 2 やその下の半導体物質を損傷または汚染することなしに半導体ウェハ 1 4 の測定が可能となる。さらに、可動プローブアームアッセンブリ 4 0 により導電性プローブ 3 6 をより正確に位置決め可能とし、誘電体 1 2 と先端 3 8 との間を反復可能に接触することを保証する。

40

【 0 0 2 8 】

導電性プローブ 3 6 の先端 3 8 が弾性変形可能であるため、先端 3 8 と誘電体 1 2 との間の接触領域は、可動プローブアームアッセンブリ 4 0 により先端 3 8 に加えられた負荷を変化させることにより先端 3 8 の弾性限界内で調整可能である。

【 0 0 2 9 】

導電性プローブ 3 6 の先端 3 8 と誘電体 1 2 との機械的接触領域は、球体と平面体との弾性接触に関する周知のヘルツの公式 (Hertzian formula) により判定可能である。先端 3 8 と誘電体 1 2 との有効な接触領域は、機械的接触部と、容量結合 (capacitance coupling) が CV 測定にとって重要であるところの機械的接触部に近接する領域との合計である。先端 3 8 の半径及び滑らかさは、機械的接触部と、先端 3 8 と誘電体 1 2 との間の容量

50

結合領域とを最大化するように選択されることが好ましい。

【 0 0 3 0 】

上述の通り、1990年代初期の半導体ウェハ上の薄い誘電層は、誘電層の特性を判定可能とするのに十分な信号対ノイズ比を持つC V測定を試みるために、上記ヒラード特許で開示された型及び大きさの均一平面の先端を有するプローブの使用を必要とした。この結果、ヒラード特許で開示されたプローブの均一平面の先端は、比較的大きな接触領域の構成を要した。しかし、これら比較的大きな接触領域でさえ、正確なC V測定には不十分であった。

【 0 0 3 1 】

ヒラード特許の時点では、上記半径である先端38を有する導電性プローブ36を、ヒラード特許で開示されたプローブの均一平面の先端により形成された接触領域に対する減少された接触領域のために使用することは検討されなかったであろう。このため、半導体ウェハ上の比較的小さい誘電体が近年導入されたことに伴い初めて、半球または先端を切った球の形状を有する弾性変形可能な導電性先端38がC V測定に用いるものとして検討または利用可能とされた。

測定の質を向上するために、ドライガス流を先端38と誘電体12の上面34との間の接触領域に送入し、水分を除去することが可能である。このガスは窒素などの不活性ガスであることが好ましい。

【 0 0 3 2 】

半導体ウェハ14の背面30を介する代わりに接触前面を介して半導体物質に電気刺激を加えることが好ましい場合もある。この場合、上記導電性プローブ36に類似する第2の可動プローブが、誘電体12内の「窓」(window)を介して接触し、チャック20の電気的機能を代替する。

誘電体12は、半導体ウェハ14の加工中の処理工程により、半導体ウェハ14の半導体物質上に形成された一以上の誘電層を包含可能である。これとは別に、誘電体12は、半導体物質が空气中に露出することに対応して半導体ウェハ14の半導体物質上に形成された自生の誘電層を包含可能である。自生の誘電層と、処理工程により形成された一以上の誘電層との組合せも予期される。

【 0 0 3 3 】

ある種の半導体物質が、空气中に露出された際、自生の誘電層の形成を促進しないことは、この分野において周知である。さらに、これら半導体物質の塗布により、半導体物質の処理中に半導体物質上の誘電体を形成する必要がない。本発明によれば、導電性プローブ36の弾性変形可能な導電性先端38は、このような半導体ウェハ14の電気特性の測定に利用可能である。即ち、導電性プローブ36の先端38は半導体ウェハ14の上面34と接触するように移動し、ショットキーダイオードを形成可能である。誘電体12のない半導体ウェハ14の一以上の電気特性の測定は、半導体ウェハ14と先端38との間に、電気刺激、例えば高周波数AC電圧、またはDCバイアス電圧(CV)、DCストレス電圧/電流(IV)を結合した高周波数AC電圧により可能である。測定手順及び分析は単純であり、この分野では既知である。

【 0 0 3 4 】

先端38を形成する弾性変形可能な導電性物質は、先端38が誘電体12に接触するか、半導体ウェハ14の接触面13に接触するかにより選択されることが好ましい。即ち、先端38が誘電体12の前面34に接触するように構成されていれば、先端38は第1接触電位仕事関数(first contact potential work function)を有する物質から形成される。これに対し、先端38が半導体ウェハ14の前面13に接触するように構成されるとき、先端38は第2接触電位仕事関数を有する物質から形成される。

【 0 0 3 5 】

最後に、導電性プローブ36は、図4に透視図で(in phantom)示される導電性プローブスリーブ102内に支持可能であり、同じく図4に透視図として示される絶縁体104は、スリーブ102と導電性プローブ36との間に挟み込むことが可能である。図4に示さ

10

20

30

40

50

れるように、プローブスリーブ102は、導電性プローブ36の長手方向に沿って伸び、先端38末端の手前で終端することが好ましい。スリーブ102は、測定手段82のアース106に接続され、導電性プローブ36を外部要因による電氣的干渉から保護可能である。これとは別に、スリーブ102は漂遊容量(stray capacitance)の効果を最小化するように選択された電気信号を受信するように接続可能である。より具体的には、プローブスリーブ102は、第1電気接触子32と、チャック20の上面28により規定される第2電気接触子との間に電気刺激を付加する間、先端38と同じ電位にプローブスリーブ102を付勢する電気信号をプローブスリーブ102に供給するバイアス回路108に接続可能である。

【0036】

10

本発明は好適な実施形態を参照して説明された。明らかな変形例や代替物は、前述の詳細説明を読み、理解すればその他のものにも見出されるであろう。添付されたクレームやその均等物の範囲内にある限り、本発明が全てのこのような変形例及び代替物を含むものと解釈されることが意図される。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明における装置の部分破断立面図である。

【図2】図2は図1に示された装置の平面図である。

【図3】図3は測定手段を有する回路においてテストされる半導体ウェハの上部に位置するプローブの概略構成図である。

【図4】図4はテストされる半導体ウェハの上部に位置する図3に示されたプローブ先端の拡大図である。

20

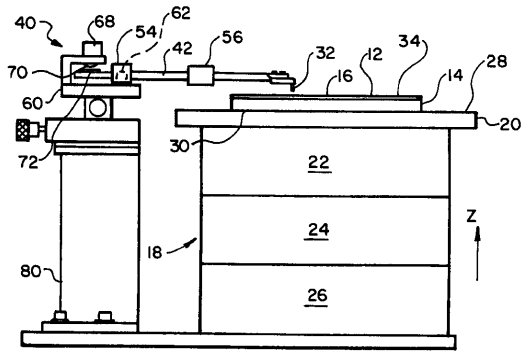
【図5】図5は図2に示された装置の可動安定プローブアームの分離された状態を示す平面図である。

【図6】図6は図5に示された可動安定プローブアームの側面図である。

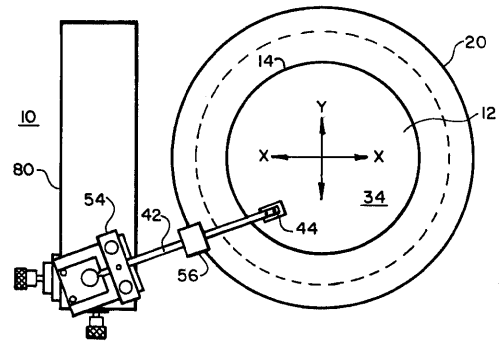
【図7】図7は図5に示された可動安定プローブアームの底面図である。

【図8】図8は図5に示された可動安定プローブアームのリフターパッドワイヤーメッシュの拡大図である。

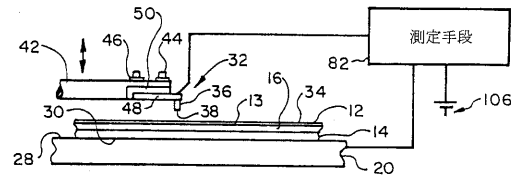
【図1】



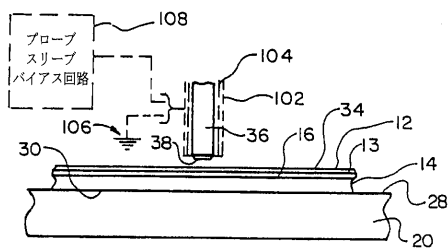
【図2】



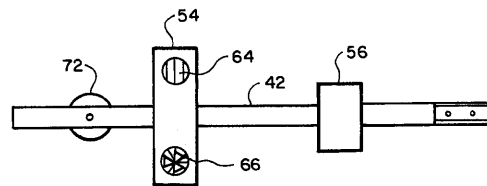
【図3】



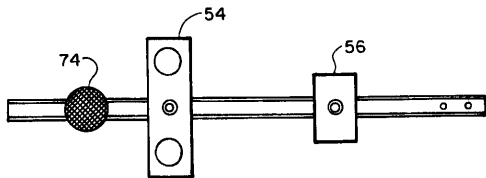
【図4】



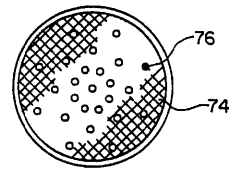
【図7】



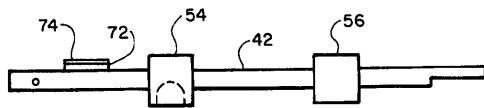
【図5】



【図8】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 ヒラード・ロバート・ジェー
アメリカ合衆国 ペンシルベニア州 15202 アバロン 842 テーラーアベニュー

審査官 河本 充雄

(56)参考文献 特公昭51-004790(JP, B1)
特開平02-205046(JP, A)
特開平11-126811(JP, A)
特開平07-209376(JP, A)
特開平06-104321(JP, A)
米国特許第05023561(US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/66
G01R 31/26