

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3892913号
(P3892913)

(45) 発行日 平成19年3月14日(2007.3.14)

(24) 登録日 平成18年12月15日(2006.12.15)

(51) Int. Cl.		F I	
HO 1 L 21/66	(2006.01)	HO 1 L 21/66	P
HO 1 L 21/02	(2006.01)	HO 1 L 21/02	Z
HO 1 L 21/3065	(2006.01)	HO 1 L 21/302	I O 3

請求項の数 1 (全 11 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平6-100113 (22) 出願日 平成6年5月13日(1994.5.13) (65) 公開番号 特開平7-130812 (43) 公開日 平成7年5月19日(1995.5.19) 審査請求日 平成13年4月11日(2001.4.11) (31) 優先権主張番号 061983 (32) 優先日 平成5年5月13日(1993.5.13) (33) 優先権主張国 米国 (US)</p>	<p>(73) 特許権者 590000879 テキサス インストルメンツ インコーポ レイテッド アメリカ合衆国テキサス州ダラス, ノース セントラルエクスプレスウェイ 135 O O (74) 代理人 100066692 弁理士 浅村 皓 (74) 代理人 100072040 弁理士 浅村 肇 (74) 代理人 100094673 弁理士 林 拓三 (74) 代理人 100091339 弁理士 清水 邦明</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体ウエハ加工プロセス評価システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体ウエハの表面上に集積回路を作製する間に選ばれたプロセスが施されている前記ウエハをその場で評価するためのシステムであって：

前記選ばれたプロセスを前記ウエハに対して実施しながら、前記ウエハ表面上の一つの場所において前記選ばれたプロセスの結果を監視するためのセンサー、

前記センサーにつながれて、前記ウエハ表面上の前記一つの場所におけるウエハの状態を表す前記センサーからのデータ出力を蓄積するように動作するデータ蓄積システム、および

前記一つの場所において測定されたデータを、前記ウエハ表面上のその他の複数の場所における前記選ばれたプロセスの予測結果を示すデータへ変換するための関数およびそれに加えてプロセス条件または制御因子を使用する計算システム、を含むその場で評価するシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は集積回路に関するものであり、更に詳細には半導体ウエハ加工プロセスの均一性の監視および評価に関する。

【0002】

【従来の技術】

10

20

半導体ウエハ上へ集積回路を作製するために各種のプロセスおよび手続きが用いられる。それらのプロセスの例としては、シリコン基板上へ二酸化シリコン (SiO_2) 膜を形成するためのシリコンの酸化と、一般に酸化物膜上へ放射線に敏感な材料 (しばしば "フォトレジスト" あるいは "レジスト" と呼ばれる) を配置することを含むマイクロリソグラフィが含まれる。集積回路の特徴的な構造は、しばしば材料の堆積、酸化、または下層材料の除去 (エッチング) のいずれかによってウエハ上へ形成される。典型的な場合、レジストは、フォトリソグラフィ、電子ビームリソグラフィ、または X 線リソグラフィのようなリソグラフィ技術によってレジスト上に配置されたマスクを通して放射線を照射される。レジストは選ばれた化学的な系に依存して、マスクの露出エリアで化学的な反応を起こす。

10

【0003】

半導体ウエハ加工に関連する一般的なその他のプロセスには、膜中への制御された不純物の拡散が含まれる。イオン打ち込みもまた、膜中へ制御された不純物導入のために使用されるプロセスである。その他の加工プロセスとしては、スパッタリングによる物理的気相からの薄膜の堆積と、蒸着による物理的気相からの薄膜の堆積が含まれる。

【0004】

ウエハ加工プロセスおよび手続きの順序は、半導体ウエハの型と、半導体ウエハ上へ作製される集積回路の所望の動作特性とに依存して選択される。加工プロセスはしばしば数回繰り返し適用されて、半導体ウエハ上へ作製すべき最新の超 L S I に関連する多重層が作り上げられる。

20

【0005】

エッチングはシリコン基板を有する半導体ウエハ上へ数多くの集積回路を作製する場合に共通的に用いられるプロセスである。エッチングは、シリコン基板からの材料除去、および / またはシリコン基板表面上に予め堆積されている薄膜層の選ばれたものからの材料除去を含む。ウエハ表面の一部を保護するためのマスクが使用される場合には、エッチングの目標はマスクによって覆われていない材料を除去することである。エッチングプロセスの主たる目的は、保護マスクによって定められるパターンを下層材料上へ正確に転写することである。

【0006】

半導体ウエハ上の膜厚を測定するために、楕円偏光法のような各種の方法が用いられる。楕円偏光法はまた、光学的屈折率を測定できる。楕円偏光法はしばしば、各種の型の誘電体膜の屈折率を測定するために用いられ、また、二酸化シリコン上のフォトレジストや二酸化シリコン上の多結晶シリコンのような多重層膜構造の厚さを決定するためにも用いられる。膜厚を決定するために用いられるその他の方法としては、光干渉法、容量法および / または酸化物膜の色チャートを利用する方法が含まれる。

30

【0007】**【発明の概要】**

本発明に従えば、半導体ウエハ加工において使用されている従来の監視および評価システムに付随する欠点や問題点が本質的に低減化あるいは解消される。本発明は 1 枚の半導体ウエハ上の選ばれた場所における加工プロセスの監視を可能にし、その半導体ウエハ上の他の場所における加工プロセスの結果を信頼性高く推測することを可能にする。

40

【0008】

本発明は 1 枚の半導体ウエハ上の選ばれた場所における加工プロセスのその場監視を可能にし、その半導体ウエハ上の他の場所における加工プロセスの結果を前記選ばれた場所において得られた情報とプロセス条件または制御因子の関数として信頼性高く推測することを可能にする。これによって、プロセス条件または制御因子の詳細な指定と適正なモデル化とによって、全ウエハ表面にわたっての加工プロセスの実時間評価が可能になる。

【0009】

本発明の 1 つの面に従えば、統計的なモデル化手法をその場楕円偏光法と組み合わせることによって、半導体単一ウエハの表面にわたっての空間的なエッチ速度パターンの実時間

50

評価を前記ウエハのプラズマエッチ加工プロセス中の選ばれたプロセス条件の関数として提供することができる。ウエハの表面にわたっての他の場所におけるエッチ速度の実時間評価が可能になることによって、同じ反応炉中で同じプロセスを用いて加工されるウエハ間の変動は、処理間の制御を強化することによって本質的に低減できる。

【0010】

本発明の重要な技術的特徴は、多結晶シリコンの選択的エッチングの間の表面損傷が低減されることと、好ましい垂直な断面が達成できることである。本発明は進歩したプロセス制御を提供し、バルクのエッチングプロセス中の半導体ウエハ表面にわたっての多結晶シリコン層の均一化を促進する。本発明は、バルクのエッチプロセスの終了後の、多結晶シリコン層の最適で均一な厚さを達成するための情報を提供する。本発明はまた、ウエハとウエハとの間でのエッチングの均一性を制御する。

10

【0011】

本発明の別の重要な技術的特徴として、加工プロセス中に半導体表面の1つの場所を監視しているセンサーから情報を得て、その情報を用いて前記半導体ウエハ表面の任意の他の場所におけるプロセス結果の実時間評価提供することが含まれる。センサーによって提供される情報は、その半導体ウエハの表面の別の場所における推測値がそのウエハ表面にわたって所望の均一度レベルに達した時点でその加工プロセスを制御および/または停止させるために用いることができる。

【0012】

本発明およびその特長をより完全に理解するために、以下の図面を参照した詳細な説明を引用する。

20

【0013】**【実施例】**

本発明の好適実施例と本発明の特長とについては図1ないし図6を参照することによって最も良く理解できる。各図面において対応する部品に対しては同じ参照符号が付されている。

【0014】

半導体ウエハ上へ集積回路を作製するためには、酸化、拡散、イオン打ち込み、CVD、およびエッチングなどの各種のプロセスが用いられる。更に、干渉計、赤外分光計、レーザー干渉計および楕円偏光計のような各種の型のその場センサーが用いられ、各々のセンサーの型に対して適切な選ばれた加工プロセスの監視を行う。

30

【0015】

半導体ウエハ40のバルクエッチング、多結晶シリコンプラズマゲートエッチングを監視および評価するために楕円偏光計20を使用することに関して本発明を説明することにする。半導体ウエハ40は好ましくはシリコンのような半導体材料単結晶から切り出された薄いスライスである。しかし、本発明は他の型の半導体材料にも適用することができ、シリコンに限定されることはない。

【0016】

図1に最も良く示されているように、シリコン基板を有し、1または複数膜の層を有する半導体ウエハ40が反応炉または試薬チェンバー28内の石英ピン26上に設置される。楕円偏光計20はレーザー光源22と分析器24とを含んでいる。試薬チェンバー28は、ウエハ40の表面42上の選ばれた場所44における1層または複数の膜層の厚さを楕円偏光計20が測定できるように2個またはそれ以上の光学的窓(図示されていない)を含むことが好ましい。試薬チェンバー28は内側チェンバー(図示されていない)および外側チェンバーの両方を含むことができる。

40

【0017】

楕円偏光計20は光が半導体ウエハ40の表面42上の薄膜層を通して反射および透過する時の偏光の変化を測定する。楕円偏光計20は多結晶シリコン層の屈折率および厚さを0.5秒毎に計算できるように設計されているのが好ましい。

【0018】

50

図 2 に最も良く示されているように、半導体ウエハ 40 の表面 42 は半導体ウエハ 40 の表面 42 上に集積回路（図示されていない）を作製するために可能な場所またはダイとして約 67 個の区分に分割されている。ウエハ 40 上に集積回路を作製するために各種のリソグラフィプロセスが使用される。そのような集積回路は表面 42 上のそれぞれのダイ上の一連の層中に構築されるのが一般的である。集積回路または集積回路部分はエッチングや酸化のようなプロセスによって各々のダイ上に作製できる。

【0019】

楕円偏光計 20 は好ましくはダイ 44 上の多結晶シリコン膜層（図示されていない）の厚さを測定するように位置合わせして配置される。ダイ 44 はまた、その座標（5, 6）によって、あるいは楕円偏光計評価場所として参照される。

10

【0020】

楕円偏光計 20 のような現在利用できる楕円偏光法システムは一般に比較的小さいサンプリングエリア上の膜厚を測定できるのみである。ダイ 44 のようなその場サンプリングする場所は、半導体ウエハ表面上のその他の場所にある膜層の厚さをオンラインで観察する能力を提供することはできない。従って、従来の利用できる楕円偏光計法は、半導体ウエハ 40 の全表面 42 にわたって、エッチングや酸化のような加工プロセスのその場監視および評価を許容できない。

【0021】

この同じ制限が集積回路を作製する加工プロセスのその場監視のために使用される数多くのその他のセンサーにも当てはまる。センサーはウエハ表面上の 1 つのエリアのみに関する情報を提供するに限られる。

20

【0022】

本発明はダイ 46（座標位置 4, 3）やダイ 48（座標位置 7, 9）のようなその他の場所におけるエッチング等の選ばれた加工プロセスの実時間評価を提供できる。この評価は、楕円偏光計評価場所またはダイ 44 において測定されたエッチ速度の関数としてウエハ 40 の表面上の各々の場所を統計的にモデル化することによって得られる。後に詳細に説明するように、各々の場所に対する空間的なモデルはセンサーによって監視されている加工プロセスに関連する選ばれたプロセス条件または制御因子を含むことが好ましい。

【0023】

表面 42 上の薄膜を均一にエッチングすることは作製プロセスによって完成する製品の収率を高めるために重要である。均一なエッチングなしではウエハ 40 のある場所には多すぎる材料が残され、また他の場所では所望の膜層を通り越して材料がエッチされてしまい、下層の除去まで進んでしまう可能性がある。本発明の成功のために重要な要求は、ダイ 44 において楕円偏光計 20 によって測定されたエッチ速度に基づいて、ウエハ表面 42 の他の場所での平均エッチ速度のモデルを開発することである。表面 42 上の他の場所に対するモデルを開発することによって、プラズマエッチプロセスの均一性のより良い評価が行われる。ウエハ表面 42 上の複数個の場所におけるエッチ速度がモデル化された後に、ウエハ表面 42 にわたっての均一なエッチ速度の分布、またはウエハ表面 42 にわたっての均一な残存厚さのいずれかを実現するためのモデルの最適化が行われる。

30

【0024】

その場楕円偏光法を用いて半導体ウエハ 40 のような単一ウエハのプラズマエッチングのための統計的モデリングを開発し、プラズマエッチングプロセスに関連するプロセス条件と、楕円偏光計評価場所での平均エッチ速度との関数として、ウエハ 40 の表面 42 にわたる各場所におけるエッチ速度の実時間推測を行った。加工プロセスをプロセス条件または制御因子の関数として説明する統計的モデルは、最小 2 乗回帰を用いて測定可能な値にフィットさせるために次のような経験的表現を使用する：

40

【数 1】

$$Y = C_0 + C_1 X_i + C_2 X_j + C_3 X_i^2 + C_4 X_j^2 + C_5 X_i * X_j$$

Y は測定可能な応答、 X_i はプロセス条件または制御因子である。

50

【 0 0 2 5 】

ダイ 4 6 やダイ 4 8 のようないろんな場所における空間的エッチ速度モデルを生成するために、統計的に設計された実験が使用された。ウエハ 4 0 の中央付近のダイ 4 4 においてその場平均エッチ速度情報が楕円偏光計 2 0 によって収集された。ダイ 4 6 および 4 4 を含む 1 2 個の付加的場所における平均のエッチ速度がオフラインの分光測定法によって測定された。1 2 個のその他の場所は図 2 に影を付けた四角で示してある。

【 0 0 2 6 】

プロセス条件または制御因子と楕円偏光計 2 0 によって測定された平均エッチ速度とを独立変数として用い、その他の場所における平均エッチ速度を与える経験的な公式を導き出すために応答曲面方法論 (response surface methodology) が用いられた。3 つのプロセス条件または制御因子として図 4 に示されたような回転可能な中心合成設計 (rotatable central composite design) が選ばれて、その他の場所における平均エッチ速度のモデルを開発するために使用された。バルクプラズマエッチプロセスのための選ばれた制御因子は R F 電力、反応炉 2 8 中の全圧、および反応物 (H C l + H B r) の全流量である。統計的な信頼性を保証するために、2 0 枚の別々の半導体ウエハ 4 0 が測定された。評価対象のプラズマエッチ速度および反応炉 2 8 に関しては、R F 電力の範囲は 3 0 0 ないし 5 0 0 ワット、全圧は 2 0 0 ないし 4 0 0 m T o r r の間で変化し、また全流量は 7 5 ないし 1 7 5 S C C M の間で変化した。

【 0 0 2 7 】

応答曲面方法論および最小 2 乗回帰による多項式を用いたこの経験的モデリングの結果、半導体ウエハ 4 0 の表面 4 2 上のその他の場所における平均エッチ速度を表現する次のような関数が導出された：

【 数 2 】

$$MER_{\text{othersite}} = C_0 + \sum C_i X_i + \sum C_{ii} X_i^2 + \sum_{i < j} C_{ij} X_{ij} + C_{n+1} MER_{\text{ellipsite}}$$

(その他の場所) (楕円偏光計評価場所)

M E R = 平均エッチ速度

X_i = 選ばれたプロセス因子

C_i = 経験的に導出される定数

【 0 0 2 8 】

半導体ウエハ 4 0 の表面 4 2 にわたってのエッチ速度の均一性は、表面 4 2 上の選ばれた場所における平均エッチ速度の分布から推測される。図 5 に示されたような制御システム 6 0 を用いて、半導体ウエハ 4 0 上のバルクエッチプロセスの均一性を監視、評価、および制御することができる。表面 4 2 上のその他の場所における平均エッチ速度に関する経験的なモデルはデータ蓄積ユニット 6 2 中に設定されよう。場所 4 4 において膜層の厚さを測定するためにセンサー 6 4 が使用され、この情報はデータ蓄積ユニット 6 2 へ供給される。図 5 に示されたシステム 6 0 を制御する目的で、楕円偏光計 2 0 はセンサー 6 4 として機能することもできる。既に述べたように、本発明には各種のその場センサーが使用されてよい結果を得ている。

【 0 0 2 9 】

表面 4 2 上のその他の場所に関する平均エッチ速度モデル (第 1 の関数) に加えて、計算器 / 制御器 6 6 はまた楕円偏光計 2 0 によって測定された層厚の値を楕円偏光計評価場所 4 4 における平均エッチ速度へ変換するための第 2 の関数を含む。従って計算器 / 制御器 6 6 は、楕円偏光計評価場所 4 4 における平均エッチ速度と、R F 電力、全圧、および反応物の全流量のような選ばれた制御因子の値とに基き、第 1 の関数を使用して、ウエハ 4

10

20

30

40

50

0の表面42上のその他の場所における平均エッチ速度を導出する。第2の関数に類似した第3の関数を用いて、その他の場所における平均エッチ速度をその他の場所における膜層の厚さへ変換することもできる。

【0030】

計算器/制御器66は出力インターフェースユニット68へ信号を供給するために用いることができる。出力インターフェースユニット68は、表面42上のその他の場所における加工プロセスで所望の結果を得るために制御因子またはプロセス条件を変更すべきことを指示するために使用できる。計算器/制御器66はまた、楕円偏光計20へ帰還信号を供給するためにも使用できる。

【0031】

図6は、半導体ウエハ40の表面42上のバルクエッチ速度を制御するために本発明を使用した結果を示している。楕円偏光計評価場所44における膜層の厚さを監視し、選ばれたプロセス条件、RF電力、全圧、および反応物の全流量を制御することによって、表面42にわたって+/-300の均一な厚さが実現される。図6に示された特定例に関して、バルクエッチングプロセスは楕円偏光計20が楕円偏光計評価場所44において500の厚さを示すところで停止される。表面42上のその他の場所における膜層の厚さはオフラインの分光測定法によって測定され、それぞれのダイに数値で示されている。

【0032】

本発明の結果として、表面42上のその他の場所に対する適切な経験的モデル(第1の関数)を備える制御システム60は、選ばれた加工プロセス中の反応炉28に対する処理毎のプロセス制御を強化するために使用できる。制御システム60は、そのウエハ表面上の1つの選ばれた場所における加工プロセスの結果を測定するその場センサー64によって提供される情報とプロセス条件または制御因子とに基づいて、選ばれた加工プロセスに対する終了点を提示するために使用できる。データ蓄積ユニット62および計算器/制御器66は共同して、第1の関数(表面42上のその他の場所に対する経験的モデル)を使用してセンサー64からのデータを表面42上のその他の場所において推測される加工プロセスの結果へ変換する。

【0033】

本発明は、半導体ウエハ40上へ集積回路を作製中の反応炉28およびそれに付随する支援システム(図示されていない)の動作を評価および監視することを可能にする。出力インターフェースユニット68によって供給される情報は、その他の場所における推測値が所望の結果を示していない場合に、操作者が監視および評価されている加工プロセスに関する制御因子を調節することを可能にする。制御システム60は、表面42上のその他の場所における加工プロセスに関する所望の目標値に合致するように制御因子を調節することを許容する。このように、ウエハ毎の処理において反応炉28中での加工プロセスの均一化が促進される。

【0034】

選ばれた制御因子と場所44における膜厚の実時間監視によって、エッチングプロセスは、表面42上のその他の場所での平均エッチ速度の推測値が所望の量の材料が除去されたことを示す時点で停止させることができる。あるいは別のやり方として、エッチングプロセスは、表面42上のその他の場所において膜厚推測値が所望の値に到達した時点で停止させることができる。

【0035】

本発明はまた、均一でない膜厚を有する半導体ウエハおよび/または反応炉中で独特の反応性パターンを有する反応炉を受け入れるための経験的なモデルを開発することを許容する。例えば、半導体ウエハ40の上半分の上の膜が下半分の上の膜よりも厚いかも知れない。また、反応炉28は表面42の中心部で増大した反応性を有し、表面42の端部付近でより低い反応性を有するブルズアイ(bull's eye)効果を作り出すこともある。特定の反応炉28および/または特定の型のウエハ40に対して1組の経験的なモデルを開発することによって、制御因子は、このような半導体ウエハ40の、および/また

10

20

30

40

50

は反応炉 28 の特性の初期条件の変動にも拘わらず、均一な厚さの場所を生成する加工プロセスを保証するように選ぶことができる。

【0036】

本発明は多結晶シリコン薄膜のプラズマエッチングを例にとりて説明してきた。本方法および手続きはその他の膜のエッチングに対しても適用できる可能性を有している。更に、本発明は膜の堆積または酸化に対しても使用できる。この場合には堆積速度を、プロセス条件と楕円偏光計 44 によるその場測定された平均堆積速度との関数としてモデル化することが行われよう。

【0037】

本発明はエッチ速度の 1 点監視に対するその場楕円偏光法に関して説明してきた。しかし、本モデル化手法は実時間データを供給する任意のセンサーとともに利用される用途に適用できる。例えば、本方法と同じ方法および手続きは、その場レーザー回折画像システム（図示されていない）を用いた多結晶シリコンエッチング中における線幅の減少をモデル化するのにも適用できる。

10

【0038】

上述の説明は、本発明を多結晶シリコン膜のエッチングとその場楕円偏光法とに関して説明するものであった。当業者には、本発明がその他の半導体ウエハ加工プロセスおよびその場センサーに対しても使用できるものであることが容易に理解されよう。そのような加工プロセスの例としては、熱酸化、制御された不純物またはドーパントの拡散、イオン打ち込み、CVD、リソグラフィ、およびドライエッチングが含まれるが、それらに限定されるものではない。そのようなその場センサーの例としては、干渉計、赤外分光計、およびレーザー干渉計が含まれるが、それらに限定されるものではない。本発明はシリコンおよびシリコンをベースとする膜に関連して説明してきた。当業者には、本発明によって開示される監視および評価システムがガリウム砒素やゲルマニウムのようなその他の半導体材料においても利用できるものであることが容易に理解されよう。本発明から得られる監視および評価の手法を採用することによって、任意の半導体材料または加工プロセスが利益を得るであろう。

20

【0039】

経験に基づくモデル化に加えて、物理に基づいたモデル化を用いてウエハ 40 の表面 42 にわたっての選ばれた加工プロセスを評価するための第 1 の関数を開発することもできる。

30

【0040】

本発明およびその特長について詳細に説明してきたが、請求の範囲に定義された本発明の範囲から外れることなしに各種の変更、置換、および修正が成し得ることは理解されたい。

【0041】

以上の説明に関して更に以下の項を開示する。

(1) 半導体ウエハの表面上に集積回路を作製する間に選ばれたプロセスが施されている前記ウエハをその場評価するためのシステムであって：

前記選ばれたプロセスを実施中の前記ウエハ表面上の 1 つの場所において、前記選ばれたプロセスの結果を監視するためのセンサー、

40

前記センサーにつながれて、前記ウエハ表面上の前記 1 つの場所におけるウエハの状態を表す前記センサーからのデータ出力を蓄積するように動作するデータ蓄積システム、および

前記 1 つの場所において測定されたデータを、前記ウエハ表面上のその他の場所において推測される前記選ばれたプロセスの結果を示すデータへ変換するための第 1 の関数を使用するように動作する計算システム、

を含むその場評価システム。

【0042】

(2) 第 1 項によって定義される半導体ウエハ評価システムであって、そこにおいて前記

50

第 1 の関数が次のように表記される式：

【数 3】

$$MER_{\text{other site}} = C_0 + \sum C_i X_i + \sum C_{ii} X_i^2 + \sum_{i \neq j} C_{ij} X_{ij} + C_{n+1} MER_{\text{ellipse}} \quad \begin{array}{l} \text{(その他の場所)} \\ \text{(楕円偏光計評価場所)} \end{array}$$

M E R = 平均エッチ速度

X_i = 選ばれたプロセス因子

C_i = 経験的に導出される定数
を含んでいる評価システム。

【0043】

(3) 第 1 項によって定義される半導体ウエハ評価システムであって、更に、前記ウエハ表面上の前記その他の場所において推測される前記選ばれたプロセスの結果に基づいて、所望の終了点に到達した時点で前記選ばれたプロセスを停止させるための制御システム、を含む評価システム。

【0044】

(4) 半導体ウエハ(40)上へ集積回路を作製する場合に使用するための、半導体ウエハ加工プロセスの均一性を監視し、評価し、更に制御するためのシステム(60)および方法が提供される。その場楕円偏光法(20)を統計的モデル化手法とともに使用することによって、半導体ウエハ(40)にわたっての空間的なエッチ速度パターンがプロセス条件の関数として推測できる。平均エッチ速度の推測値は、選ばれた楕円偏光計評価場所(44)において測定された平均エッチ速度と、統計的に設計された実験に基づいて各々の場所(44および48)に対して開発された個別的な空間エッチ速度モデルとを使用し、半導体ウエハ表面(42)上のその他の場所(46および48)に対して計算することができる。その他の場所(46および48)において推測される平均エッチ速度もまた加工プロセス条件の関数である。均一性を評価する本方法は、加工プロセス中に半導体ウエハ(40)上の選ばれた場所(44)においてその場測定できる、酸化、ドーピング、および任意のその他のプロセスのような加工プロセスと一緒に使用することができる。

【0045】

【注意】

米国政府は本発明に関して支払い済みのライセンスを設定し、限定された状況において空軍ライト研究所およびDARPAマイクロエレクトロニクス技術事務所によって裁定された契約第F33615-88-C-5448の条項によって提示されるような妥当な条項のもとで他者に対してライセンス供与することを特許所有者に対して要求する権利を有する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に従って、1枚の半導体ウエハ上の集積回路の作製中に、選ばれたプロセスを監視および評価するために用いられる楕円偏光法システムと反応炉の部分模式図。

【図 2】半導体ウエハ表面の選ばれた測定場所とダイとを示す模式図。

【図 3】図 2の半導体ウエハ表面上の選ばれた1つの場所における平均エッチ速度をそのウエハ表面の楕円偏光計評価場所で測定された平均エッチ速度と対応させて示すグラフ。

【図 4】図 3のグラフによって示されたような実験データを用いて、ウエハ表面の複数の選ばれた場所における平均エッチ速度に関する経験的なモデルを導くために使用される応答曲面方法論を表す模式図。

【図 5】本発明において使用されるセンサー、データ蓄積ユニット、および計算器/制御器の機能的ブロック図。

10

20

30

40

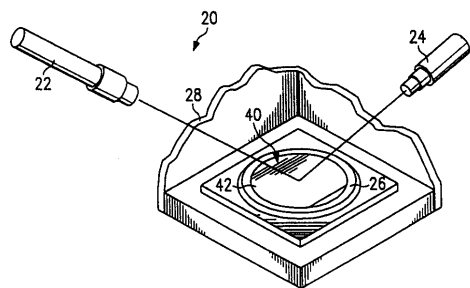
50

【図6】本発明に従って図2の半導体ウエハをエッチングした結果としてウエハ表面の複数の選ばれた場所に得られた厚さを示す模式図。

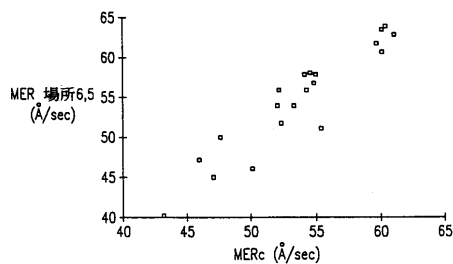
【符号の説明】

- 20 楕円偏光計
- 22 レーザー光源
- 24 分析器
- 26 石英ピン
- 28 反応炉
- 40 半導体ウエハ
- 42 表面
- 44 選ばれた場所
- 46、48 ダイ
- 60 制御システム
- 62 データ蓄積ユニット
- 64 センサー
- 66 計算器/制御器
- 68 出力インターフェースユニット

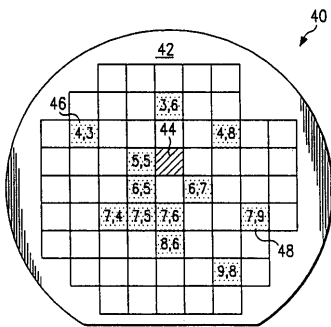
【図1】



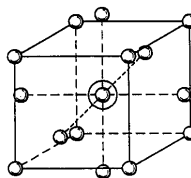
【図3】



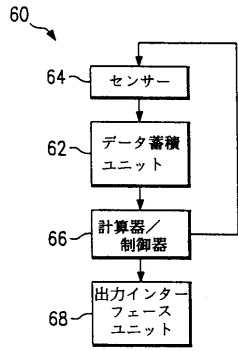
【図2】



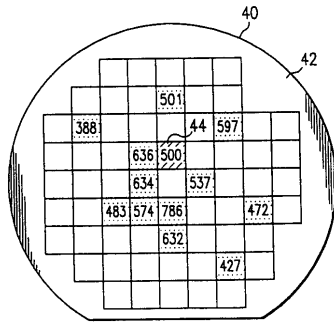
【図4】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

- (72)発明者 ジェリー エイ . ステファニ
アメリカ合衆国テキサス州リチャードソン , リッジウッド ドライブ 410
- (72)発明者 ステファニー ダブリュ . バトラー
アメリカ合衆国テキサス州プラノ , ユーエスエイ ドライブ 1709

審査官 池淵 立

- (56)参考文献 特開平02 - 308531 (JP, A)
特開平03 - 211854 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)
H01L 21/66
H01L 21/02
H01L 21/3065