

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5075310号
(P5075310)

(45) 発行日 平成24年11月21日(2012.11.21)

(24) 登録日 平成24年8月31日(2012.8.31)

(51) Int.Cl.

H01L 21/316 (2006.01)
G03F 7/11 (2006.01)

F 1

H01L 21/316
G03F 7/11 503

X

請求項の数 47 外国語出願 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2001-245703 (P2001-245703)
 (22) 出願日 平成13年8月13日 (2001.8.13)
 (65) 公開番号 特開2002-164347 (P2002-164347A)
 (43) 公開日 平成14年6月7日 (2002.6.7)
 審査請求日 平成20年7月24日 (2008.7.24)
 (31) 優先権主張番号 09/638803
 (32) 優先日 平成12年8月12日 (2000.8.12)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 390040660
 アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド
 APPPLIED MATERIALS, INCORPORATED
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95054 サンタクララ バウアーズ アベニュー 3050
 (74) 代理人 100109726
 弁理士 園田 吉隆
 (74) 代理人 100101199
 弁理士 小林 義教
 (74) 代理人 100104282
 弁理士 鈴木 康仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】有機ケイ酸塩層を堆積する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

薄膜を堆積する方法であって、
 基板を堆積チャンバ内に配置するステップと、
 混合ガスを堆積チャンバへ供給するステップであって、当該混合ガスはアルキル基及び Si - H 結合を有するフェニル基を有するシラン化合物を有し、及び当該フェニル基を有するシラン化合物は 400 mgm ~ 1000 mgm の流量で堆積チャンバへ供給されるステップと、

堆積チャンバ内で混合ガスに電界を印加して、有機ケイ酸塩層を基板上に形成するステップと

を有し、

前記フェニル基を有するシラン化合物は、フェニルエチルシラン (SiC₈H₁₂) と、フェニルメチルエチルシラン (SiC₉H₁₄) と、フェニルメトキシシラン (SiC₇O₁₀) と、フェニルエトキシシラン (SiC₈O₁₂) と、フェニルメチルエトキシシラン (SiC₉O₁₄) と、フェニルメトキシエトキシシラン (SiC₉O₂H₁₄) と、これらの混合物とから成る群より選択される方法。

【請求項 2】

混合ガスが更に、酸化性ガスを含有する請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

酸化性ガスが、亜酸化窒素 (N₂O) と、酸素 (O₂) と、オゾン (O₃) と、一酸化

10

20

炭素 (CO) と、二酸化炭素 (CO₂) と、窒素 (N₂) と、これらの混合物とから成る群より選択される請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

堆積チャンバ内で混合ガスへ印加される電界が、高周波 (RF) 電力である請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

RF 電力が、50 ワット～500 ワットである請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

堆積チャンバが、1 Torr ~ 10 Torr の圧力に維持される請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 7】

酸化性ガスが、1 sccm ~ 500 sccm の流量で堆積チャンバへ供給される請求項 2 に記載の方法。

【請求項 8】

堆積チャンバの温度が、100 ~ 400 に維持される請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

基板上へ有機ケイ酸塩層を形成する方法であって、

基板を堆積チャンバ内へ配置するステップと、

混合ガスを堆積チャンバへ供給するステップであって、当該混合ガスはアルキル基及び Si - H 結合を有するフェニル基を有するシラン化合物を有し、及び当該フェニル基を有するシラン化合物は 400 mgm ~ 1000 mgm の流量で堆積チャンバへ供給されるステップと、

20

堆積チャンバ内で混合ガスに電界を印加して、有機ケイ酸塩層を基板上に形成するステップと

を有し、

前記混合ガスは、フェニルエチルシラン (SiC₈H₁₂) と、フェニルメチルエチルシラン (SiC₉H₁₄) と、フェニルメトキシシラン (SiC₇OH₁₀) と、フェニルエトキシシラン (SiC₈OH₁₂) と、フェニルメチルエトキシシラン (SiC₉O₂H₁₄) と、フェニルメトキシエトキシシラン (SiC₉O₂H₁₄) と、これらの混合物とから成る群より選択されたフェニル基を有するシラン化合物を含む方法。

30

【請求項 10】

混合ガスが更に、酸化性ガスを含有する請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

酸化性ガスが、亜酸化窒素 (N₂O) と、酸素 (O₂) と、オゾン (O₃) と、一酸化炭素 (CO) と、二酸化炭素 (CO₂) と、窒素 (N₂) と、これらの混合物とから成る群より選択される請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

堆積チャンバ内で混合ガスへ印加される電界が高周波 (RF) 電力である請求項 9 に記載の方法。

【請求項 13】

RF 電力が、50 ワット～500 ワットある請求項 12 に記載の方法。

40

【請求項 14】

堆積チャンバが、圧力 1 Torr ~ 10 Torr に維持される請求項 9 に記載の方法。

【請求項 15】

酸化性ガスが、1 sccm ~ 500 sccm の流量で堆積チャンバに供給される請求項 10 に記載の方法。

【請求項 16】

堆積チャンバの温度が、100 ~ 400 に維持される請求項 9 に記載の方法。

【請求項 17】

デバイスを形成する方法であって、

50

アルキル基及び Si - H 結合を有するフェニル基を有するシラン化合物を有する混合ガスに電界を印加して、有機ケイ酸塩層を基板上に形成するステップと、

有機ケイ酸塩層の少なくとも 1 つの区域にパターンを形成するステップと、

有機ケイ酸塩層をマスクとして使用して、有機ケイ酸塩層の少なくとも 1 つの区域に形成されたパターンを、基板内へ転写するステップと

を有し、

前記フェニル基を有するシラン化合物は、フェニルエチルシラン (SiC₈H₁₂) と、フェニルメチルエチルシラン (SiC₉H₁₄) と、フェニルメトキシシラン (SiC₇O₁₀H₁₀) と、フェニルエトキシシラン (SiC₈O₁₂H₁₂) と、フェニルメチルエトキシシラン (SiC₉O₁₄H₁₄) と、フェニルメトキシエトキシシラン (SiC₉O₂H₁₄) と、これらの混合物とから成る群より選択される方法。
10

【請求項 18】

有機ケイ酸塩層を基板から除去するステップを更に有する請求項 17 に記載の方法。

【請求項 19】

基板が、自身の上に形成される 1 つ以上の材料層を有する請求項 17 に記載の方法。

【請求項 20】

有機ケイ酸塩層の少なくとも 1 つの区域におけるパターンの形成の工程が、

エネルギー感応性レジスト材料の層を、有機ケイ酸塩層上に形成するステップと、

エネルギー感応性レジスト材料を、パターニングを有する放射に曝露して、エネルギー感応性レジスト材料の層にパターン画像を導入するステップと、
20

エネルギー感応性レジスト材料の層に導入されたパターンの画像を現像するステップと

、

有機ケイ酸塩層の中にパターンを転写するステップと

を有する請求項 17 に記載の方法。

【請求項 21】

エネルギー感応性レジスト材料の層を形成する前に有機ケイ酸塩層上に中間層を形成し、そこにパターンの画像を導入し、パターンを現像するステップと、

エネルギー感応性レジスト材料の層に現像されたパターンの画像を中間層の中に転写するステップと
を更に有する請求項 20 に記載の方法。
30

【請求項 22】

該中間層が酸化物である請求項 21 に記載の方法。

【請求項 23】

該酸化物が、二酸化ケイ素と、フルオロケイ酸塩ガラス (FSG) と、酸窒化ケイ素とから成る群より選択される請求項 22 に記載の方法。

【請求項 24】

有機ケイ酸塩層が、フッ素ベースの化合物を用いて基板より除去される請求項 18 に記載の方法。

【請求項 25】

フッ素基を有する化合物が、四フッ化炭素 (CF₄) と、フルオロメタン (CF₄) と、フルオロエタン (C₂F₆) と、フルオロブテン (C₄H₈) とから成る群より選択される請求項 24 に記載の方法。
40

【請求項 26】

有機ケイ酸塩層が、250 nm (ナノメートル) 未満の波長に対する反射防止皮膜である請求項 17 に記載の方法。

【請求項 27】

有機ケイ酸塩層が、250 nm 未満の波長に対して、0.1 ~ 0.7 の光吸収係数を有する請求項 17 に記載の方法。

【請求項 28】

該光吸収係数が、有機ケイ酸塩層の厚み方向に対して 0.1 ~ 0.7 で変化する請求項
50

27に記載の方法。

【請求項29】

有機ケイ酸塩層が、1.2～1.7の屈折率を有する請求項17に記載の方法。

【請求項30】

混合ガスが、更に酸化性ガスを有する請求項17に記載の方法。

【請求項31】

酸化性ガスが、亜酸化窒素(N_2O)と、酸素(O_2)と、オゾン(O_3)と、一酸化炭素(CO)と、二酸化炭素(CO_2)と、窒素(N_2)と、これらの混合物とから成る群より選択される請求項30に記載の方法。

【請求項32】

10

混合ガスへ印加される電界が、高周波(RF)電力である請求項17に記載の方法。

【請求項33】

RF 電力が、50ワット～500ワットである請求項32に記載の方法。

【請求項34】

有機ケイ酸塩層が、1 Torr～10 Torrに圧力が維持される堆積チャンバ内で形成される請求項17に記載の方法。

【請求項35】

フェニル基を有するシラン化合物が、400 mgm～1000 mgmの流量で堆積チャンバに供給される請求項17に記載の方法。

【請求項36】

20

酸化性ガスが、1 sccm～500 sccmの流量で堆積チャンバに供給される請求項34に記載の方法。

【請求項37】

堆積チャンバの温度が、100～400に維持される請求項34に記載の方法。

【請求項38】

ダマシン構造を製造する方法であって、

第1誘電体層を基板上に形成するステップと、

アルキル基及びSi-H結合を有するフェニル基を有するシラン化合物を有する混合ガスに電界を印加することにより、有機ケイ酸塩層を第1誘電体層上に形成するステップと、

30

有機ケイ酸塩層をパターニングし、その中にコンタクト/バイアを形成するステップと、

第2誘電体層を、パターニングされた有機ケイ酸塩層上に形成するステップと、

第2誘電体層をパターニングし、そこに、有機ケイ酸塩層に形成された該コンタクト/バイアの上に配置される配線を形成するステップと、

第1誘電体層をエッチングし、そこにコンタクト/バイアを形成するステップと、

該コンタクト/バイア及び該配線を導電性材料で充填するステップとを有し、

前記フェニル基を有するシラン化合物は、フェニルエチルシラン(SiC_8H_{12})と、フェニルメチルエチルシラン(SiC_9H_{14})と、フェニルメトキシシラン(SiC_7OH_{10})と、フェニルエトキシシラン(SiC_8OH_{12})と、フェニルメチルエトキシシラン(SiC_9OH_{14})と、フェニルメトキシエトキシシラン($SiC_9O_2H_{14}$)と、これらの混合物とから成る群より選択される方法。

40

【請求項39】

コンタクト/バイア及び配線を充填する導電性材料が、銅と、アルミニウムと、タンゲステンと、これらの混合物とから成る群より選択される請求項38に記載の方法。

【請求項40】

混合ガスが更に、酸化性ガスを有する請求項38に記載の方法。

【請求項41】

酸化性ガスが、亜酸化窒素(N_2O)と、酸素(O_2)と、オゾン(O_3)と、一酸化

50

炭素 (C O) と、二酸化炭素 (C O₂) と、窒素 (N₂) と、これらの混合物とから成る群より選択される請求項4 0に記載の方法。

【請求項 4 2】

混合ガスに印加される電界が、高周波 (R F) 電力である請求項3 8に記載の方法。

【請求項 4 3】

R F 電力が、50 ワット～500 ワットである請求項4 2に記載の方法。

【請求項 4 4】

フェニル基を有するシラン化合物が、400 mg m～1000 mg m の流量で堆積チャンバに供給される請求項4 0に記載の方法。

【請求項 4 5】

酸化性ガスが、1 sccm～500 sccm の流量で堆積チャンバに供給される請求項4 0に記載の方法。

10

【請求項 4 6】

堆積チャンバが、1 Torr～10 Torr の圧力に維持される請求項4 4に記載の方法。

【請求項 4 7】

堆積チャンバの温度が、100～400 に維持される請求項4 4に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

20

本発明は、有機ケイ酸塩層、集積回路製造におけるその使用、及び、有機ケイ酸塩層を形成するための方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

集積回路は、何百万もの構成要素（例えば、トランジスタ、コンデンサ、及び抵抗器）を単一チップ上に含むことができる複雑なデバイスに進化した。チップ設計の進化は、より速い回路、より大きい回路密度を絶えず必要としている。より大きい回路密度に対する要求は、集積回路構成要素の寸法における縮小を伴なう。

【0 0 0 3】

集積回路構成要素の寸法が縮小するのに従い（例えば、サブミクロン寸法）、そのような構成要素の製造に使用される材料が、構成要素の電気的性能に貢献する。例えば、低い固有抵抗のメタル配線（例えば、銅及びアルミニウム）が、集積回路上の構成要素間の導電路を提供する。通常、メタル配線は、絶縁材料によって電気的に相互に隔離される。隣接するメタル配線間の距離及び／又は絶縁材料の厚さがサブミクロン寸法を有する場合、容量結合が、そのような配線間に生じる可能性がある。隣接するメタル配線間の容量結合は、クロストーク及び／又は抵抗と容量 (R C) の遅延を引起することがあり、それは集積回路の全般的性能を劣化させる。隣接するメタル配線間の容量結合を阻止するために、低い比誘電率（低 k）の絶縁材料（例えば、比誘電率約 4.5 未満）が必要である。

30

【0 0 0 4】

【発明が解決しようとする課題】

40

より大きい集積回路密度に対する要求は、集積回路製造で使用されるプロセスシーケンスへの要求も強いる。例えば、従来のリソグラフィ技術を使用するプロセスシーケンスにおいて、エネルギー感応性レジストの層が、基板上の材料層の積層を覆って形成される。これらの下地材料層の多くは紫外線に対し反射性である。そのような反射は、エネルギー感応性レジスト材料内に形成されるラインやバイア等のフィーチャの寸法を歪ませる。

【0 0 0 5】

下地材料層からの反射を最小化するよう提案された1つの技術は、反射防止皮膜 (A R C) を使用する。A R C は、レジストのパターン形成に先立ち反射性材料層を覆って形成される。A R C はレジストの描画中に下地材料層からの反射を抑制し、エネルギー感応性レジストの層内に正確なパターンの複製を提供する。

50

【 0 0 0 6 】

従って、集積回路製造に好適な低い比誘電率材料に対するニーズがこの技術分野で存在する。殊に望ましいのは、A R C でもある低い比誘電率材料であろう。

【 0 0 0 7 】**【課題を解決するための手段】**

集積回路製造で使用する有機ケイ酸塩層を形成するための方法が提供される。1つの実施の形態では、有機ケイ酸塩層は、フェニル基を含むシラン化合物を含む混合ガスへ電界を印加することによって形成される。混合ガスは、任意に酸化性ガスを含んでもよい。

【 0 0 0 8 】

有機ケイ酸塩層は集積回路製造プロセスと相性がよい。1つの集積回路製造プロセスでは、有機ケイ酸塩層は、D U V リソグラフィのための反射防止皮膜（A R C ）として使用される。そのような実施の形態にとって好ましいプロセスシーケンスは、有機ケイ酸塩層を基板上に形成することを含んでいる。有機ケイ酸塩層は、約 2 5 0 n m 未満の波長で、約 1 . 2 0 から約 1 . 7 0 の範囲の屈折率と、約 0 . 1 から約 0 . 7 の範囲の光吸收係数とを有する。有機ケイ酸塩層の屈折率（n）と光吸收係数（）は調整可能であり、両者とも堆積温度だけでなく層形成中に使用されるガスの組成の関数として所望の範囲に変えることができる。有機ケイ酸塩層が基板上に形成された後に、エネルギー感応性レジスト材料の層がその上に形成される。パターンが約 2 5 0 n m 未満の波長でエネルギー感応性レジスト内に形成される。その後、エネルギー感応性レジスト材料内に形成されたパターンは、有機ケイ酸塩層内へ転写される。有機ケイ酸塩層がパターン形成された後に、そのようなパターンは任意に有機ケイ酸塩 A R C 層をハードマスクとして使用して基板内へ転写される。1020

【 0 0 0 9 】

別の集積回路製造プロセスでは、有機ケイ酸塩層はダマシン構造内へ組込まれる。そのような実施の形態のために、好ましいプロセスシーケンスは、第1誘電体層を基板上に堆積することを含む。次に、有機ケイ酸塩層が、第1誘電体層上に形成される。その後、有機ケイ酸塩層は、パターン形成されエッチングされ、その中にコンタクト／バイアを形成する。有機ケイ酸塩層がパターン形成されエッチングされた後に、第2誘電体層がそれを覆って堆積される。次に、第2誘電体層は、パターン形成されてエッチングされ、その中に配線を形成する。第2誘電体層内に形成された配線は、有機ケイ酸塩層内に形成されたコンタクト／バイアを覆って配置される。配線が形成された後に、有機ケイ酸塩層内に形成されたコンタクト／バイアは、第1誘電体層を貫き基板表面までエッチングされる。その後、配線及びコンタクト／バイアを導電性材料で充填することによってダマシン構造が完成する。30

【 0 0 1 0 】**【発明の実施の形態】**

本発明の教示は、添付図面に関連させて以下の詳細な説明を熟慮することによって容易に理解できる。

【 0 0 1 1 】

図1は、先に記載された実施の形態に従って集積回路製造を行なうために使用可能なウエハ処理装置35の概略を示す。この装置は、通常、プロセスチャンバ36、38、40、41と、ロードロックチャンバ46と、搬送チャンバ50と、マイクロプロセッサコントローラ54とを、電源（図示せず）及び真空ポンプ（図示せず）等の他のハードウェア構成要素と共に備えている。そのようなウエハ処理装置35の例は、米国カリフォルニア州サンタクララのアプライドマテリアルズ社より入手可能なCENTURAシステムである。40

【 0 0 1 2 】

本発明で使用されるウエハ処理装置35の詳細は、同一人に譲渡された、1993年2月16日発行の米国特許第5,186,718号、発明の名称「段階真空式基板処理装置及び方法」で説明され、これは引用して本明細書に組込まれる。この装置35の顕著な特徴50

を、以下に簡潔に説明する。

【0013】

ウエハ処理装置35は、搬送口ボット51を収容する搬送チャンバ50を含む。搬送チャンバ50は、ロードロックチャンバ46と一群のプロセスチャンバ36、38、40、41へ結合されている。

【0014】

基板(図示せず)は、ウエハ処理装置35内ヘロードロックチャンバ46を介してローディングされる。その後、搬送口ボット51が、プロセスチャンバ36、38、40、41のうちの1つ以上の間で基板を移動させる。

【0015】

プロセスチャンバ36、38、40、41を用いて、種々の集積回路製造シーケンスを実行する。例えば、プロセスチャンバ36、38、40、41には、物理気相堆積(PVD)チャンバ、イオン化メタルプラズマ物理気相堆積(IMPVD)チャンバ、化学的気相堆積(CVD)チャンバ、高速熱プロセス(RTP)チャンバ、反射防止膜(ARC)チャンバ等が含まれるだろう。

10

【0016】

図2は、ウエハ処理装置35の化学的気相堆積(CVD)プロセスチャンバ36の断面略図を示す。CVDプロセスチャンバ36は、本明細書に説明する実施の形態に従って有機ケイ酸塩層を堆積するために使用されることができる。そのようなCVDプロセスチャンバ36の例は、米国カリフォルニア州サンタクララのアプライドマテリアルズ社より入手可能なDXZチャンバである。

20

【0017】

CVDプロセスチャンバ36は、通常、電源及び真空ポンプ等の他のハードウェア構成要素と共に、ガスパネル130、制御ユニット110を備えている。CVDプロセスチャンバ36の詳細は、1998年12月14日出願の米国特許出願第09/211,998号、発明の名称「高温度化学的気相堆積チャンバ」に記載されている。CVDプロセスチャンバ36の顕著な特徴を以下、簡潔に説明する。

【0018】

CVDプロセスチャンバ36は、一般的に、半導体ウエハ190等の基板を支持するために使用される支持ペデスタル150を格納している。このペデスタル150は、通常、変位機構(図示せず)を使用してチャンバ36内を上下方向に移動できる。特定のプロセスによっては、層堆積に先立ってウエハ190を所望温度まで加熱することができる。例えば、ウエハ支持ペデスタル150は、埋込まれたヒータ要素170によって加熱される。ペデスタル150は、AC電源106からヒータ要素170へ電流を印加することによって抵抗加熱してもよい。同様に、ウエハ190はペデスタル150によって加熱される。熱電対のような温度センサ172もウエハ支持ペデスタル150内に埋込まれ、従来の様式でペデスタル150の温度を監視する。測定された温度は、加熱要素170の電源16を制御するフィードバックループで使用され、それによりウエハ温度を特有なプロセス用途にとって好適な所望温度に維持したり、制御することができる。ペデスタル150はプラズマを使用して、又は放射熱(図示せず)によって任意に加熱される。

30

【0019】

真空ポンプ102を用いて、プロセスチャンバ36を排気するとともに、チャンバ36内で適正なガス流量と圧力を維持する。シャワーヘッド120は、それを通してプロセスガスがチャンバ36内へ導入されるが、ウエハ支持ペデスタル150の上方に配置される。シャワーヘッド120は、プロセスシーケンスの異なるステップで使用される種々のガスを制御し供給するガスパネル130へ接続される。

【0020】

シャワーヘッド120及びウエハ支持ペデスタル150は、一対の間隔を置いた電極も形成する。電界がこれらの電極間に生成されたときに、チャンバ36内へ導入されたプロセスガスは点火されて、プラズマとなる。通常、電界は、ウエハ支持ペデスタル150をR

40

50

F電力のソース(図示せず)へ整合回路網(図示せず)を介して接続することによって生成される。代替として、RF電源及び整合回路網はシャワーヘッド120へ結合してもよいし、シャワーヘッド120及びウエハ支持ペデスタル150の両方へ結合してもよい。

【0021】

プラズマ強化化学的気相堆積(PECVD)技術は、基板表面近くの反応ゾーンへ電界を印加することによって反応性ガスの励起及び/又は解離を促進し、反応性核種のプラズマを生成する。プラズマ中の核種は反応性があり、これにより生成の化学反応に必要なエネルギーを低減し、結局このPECVDプロセスのために要する温度を低下させる。

【0022】

少なくとも1つの実施の形態では、有機ケイ酸塩層堆積は、フェニルメチルシラン等のフェニル基を有するシラン化合物のプラズマ強化酸化によって成し遂げられる。10 フェニル基を有するシラン化合物は、ガスパネル130の制御下で調節された流量のガスとしてプロセスチャンバ36内へ導入される。

【0023】

ガスパネル130を通るガス流量の適正な制御及び調節は、質量流量コントローラ(図示せず)及びコンピュータ(図示せず)によって遂行される。シャワーヘッド120は、ガスパネル130からのプロセスガスを、プロセスチャンバ100内へ均一に導入して分配できるようにする。

【0024】

図1を参照すると、CVDプロセスチャンバ36は、マイクロプロセッサコントローラ54によって制御される。マイクロプロセッサコントローラ54は、工業用環境において種々のチャンバ及びサブプロセッサを制御するために使用できるいずれの形態の汎用コンピュータプロセッサ(CPU)の1つであってもよい。コンピュータは、隨時書き込み読み出メモリ、読み出専用メモリ、フロッピディスクドライブ、ハードディスク、又はいずれか他の形態のデジタル記憶装置など、局所の又は遠隔の、いずれか好適なメモリを使用してよい。種々の支援回路が、従来の様式でプロセッサを支援するためにCPUへ結合できる。必要に応じてソフトウェアルーチンを、メモリ内に格納でき、あるいは、遠隔地に配置される第2CPUによって実行できる。20

【0025】

ソフトウェアルーチンは、基板がペデスタル上に配置された後に実行される。ソフトウェアルーチンは、実行される際に、汎用コンピュータをチャンバ動作を制御する特定プロセスコンピュータに変換し、それによりチャンバプロセスが遂行される。代替として、本発明のプロセスは、ハードウェアで、特定用途向け集積回路又は他の種類のハードウェア実施手段として、又は、ソフトウェア又はハードウェアの組合せで遂行されることができる。30

【0026】

有機ケイ酸塩層の堆積

1つの実施の形態で、有機ケイ酸塩層は、フェニル基を有するシラン化合物を含む混合ガスへ電界を印加することによって形成される。フェニル基を有するシラン化合物は、一般的の化学式 $\text{SiC}_a\text{O}_b\text{H}_c$ を有し、ここで a の範囲は6と30の間であり、 b の範囲は0と3の間であり、そして、 c の範囲は8と30の間である。例えば、フェニルシラン(SiC_6H_8)、フェニルメチルシラン($\text{SiC}_7\text{H}_{10}$)、フェニルエチルシラン($\text{SiC}_8\text{H}_{12}$)、フェニルメチルエチルシラン($\text{SiC}_9\text{H}_{14}$)、フェニルメトキシシラン($\text{SiC}_7\text{O}\text{H}_{10}$)、フェニルエトキシシラン($\text{SiC}_8\text{O}\text{H}_{12}$)、フェニルメチルエトキシシラン($\text{SiC}_9\text{O}\text{H}_{14}$)、フェニルメトキシエトキシシラン($\text{SiC}_9\text{O}_2\text{H}_{14}$)が、フェニル基を有するシラン化合物として使用できる。40

【0027】

混合ガスは任意に酸化性ガスを含むことができる。例えば、酸素(O_2)、オゾン(O_3)、亜酸化窒素(N_2O)、一酸化炭素(CO)、二酸化炭素(CO_2)、窒素(N_2)、又は、その組合せが、酸化性ガスとして使用できる。

10

20

30

40

50

【0028】

一般に、以下の堆積プロセスパラメータが、図2に示すものと類似するCVDプロセスチャンバを使用して有機ケイ酸塩層を形成するために使用できる。プロセスパラメータは、約100から約400のウエハ温度、約1Torrから10Torrのチャンバ圧力、約400mgmから約1000mgmのフェニル基を有するシラン化合物のガス流量、約1scmから約500scmの酸化性ガスの流量、及び、約50ワットから約500ワットのRF電力の範囲に及ぶ。上記プロセスパラメータは、アプライドマテリアルズ社より入手可能な堆積チャンバ内で200mm(ミリメートル)基板上に実施される場合、約1000/分から約4000/分の範囲での有機ケイ酸塩層に対する堆積レートを提供する。

10

【0029】

他の堆積チャンバは本発明の範囲内であり、上に記載のパラメータは、有機ケイ酸塩層を形成するために使用される特定の堆積チャンバによって変えてよい。例えば、他の堆積チャンバ容積を大きくしたり小さくしたりすれば、アプライドマテリアルズ社より入手可能な堆積チャンバに対して記載されたものより大きい又は小さいガス流量を必要とするのであり、また300mm基板を収容するよう構成してもよい。

【0030】

有機ケイ酸塩のアズデポ(as depo.)層は、約3.0未満の比誘電率を有し、集積回路に絶縁材料として使用に好適なものにする。有機ケイ酸塩層の比誘電率は調整可能であり、反応温度に関して約2.0～約3.0で変化できる。詳細には、温度が高くなれば、アズデポ層の比誘電率が減少する。

20

【0031】

有機ケイ酸塩層の比誘電率は、層形成中の混合ガスの組成の関数として調整することもできる。混合ガス中の炭素(C)濃度が増大えると、堆積されたままの有機ケイ酸塩層のC含有量が増大し、その比誘電率を減少させる。

【0032】

有機ケイ酸塩層は、約250nm未満の波長で約0.1から約0.7の範囲で調整可能な光吸収係数を持つ。光吸収係数は、反応温度の関数として調整可能である。詳細には、温度が高まると、堆積したままの層の光吸収係数が大きくなる。

30

【0033】

集積回路製造プロセス

A. 有機ケイ酸塩反射防止皮膜(ARC)

図3a～3eは、フルオロ-有機ケイ酸塩層をハードマスクとして組込む集積回路製造シーケンスの異なる段階での基板200の断面略図を示す。一般に、基板200は、その上で処理が遂行される何らかのワークピースを指し、基板構造250は、基板200上に形成される他の材料層と一緒に基板を包括的に表わすために使用される。処理の特定の段階に従って、基板200は、シリコン基板、又は基板上に形成された他の材料層に対応させてもよい。例えば、図3aは、基板上常套的に形成された材料層202を有する基板構造250の断面図を示す。材料層202は、酸化物(例えば、二酸化ケイ素)であってよい。一般に、基板200は、シリコン、シリサイド、メタル、又は他の材料を含んでよい。図3aは、基板200がその上に形成された二酸化ケイ素層を有するシリコンである1つの実施の形態を示す。

40

【0034】

図3bは、図3aの基板構造250上に形成された有機ケイ酸塩層204を図示する。有機ケイ酸塩層204は、先に記載のプロセスパラメータに従い基板構造250上に形成される。有機ケイ酸塩層の厚さは、処理の特定の段階に依存して変更可能である。通常、有機ケイ酸塩層は、約400から約700の厚さまで堆積される。

【0035】

エネルギー感応性レジスト材料層208が、有機ケイ酸塩層204上に形成される。エネルギー感応性レジスト材料層208は、基板上へ約4,000から約10,000の

50

範囲内の厚さまでスピン塗布できる。大部分のエネルギー感応性レジスト材料は、約 450 nm (ナノメートル) 未満の波長の紫外 (UV) 放射線に対して感応性である。深紫外 (DUV) レジスト材料は、約 245 nm 未満の波長の UV 放射線に対して感応性である。

【0036】

製造シーケンスで使用されるエネルギー感応性レジスト材料のエッチャング化学薬品に依存して、中間層 206 が、エネルギー感応性レジスト材料の層 208 に先立って有機ケイ酸塩層 204 上に形成される。エネルギー感応性レジスト材料 208 及び有機ケイ酸塩層 204 が同じ化学薬品エッチャントを使用してエッチャングできる場合、中間層 206 は、有機ケイ酸塩層 204 のためのマスクとして機能する。中間層 206 は、常套的に有機ケイ酸塩層 204 上に形成される。中間層 206 は、酸化物、窒化物、酸窒化ケイ素、アモルファスシリコン、又は他の好適な材料であってもよい。

【0037】

パターンの画像は、エネルギー感応性レジスト材料 208 を DUV 放射線へマスク 210 を経て暴露することによってそのようなエネルギー感応性レジスト材料層 208 へ導入される。エネルギー感応性レジスト材料層 208 へ導入されたパターンの画像は、適切な現像剤中で現像され、図 3c に示すように、その中にパターンを形成する。

【0038】

図 3d を参照すると、エネルギー感応性レジスト材料 208 内に形成されたパターンは、有機ケイ酸塩層 204 の中に転写される。パターンは、エネルギー感応性レジスト材料 208 をマスクとして使用して、有機ケイ酸塩層 204 の中に転写される。パターンは、適切な化学薬品エッチャントを使用して、有機ケイ酸塩層 204 の中に転写される。例えば、フルオロメタン (CF_4)、フルオロエタン (C_2F_6)、及びフルオロブテン (C_4H_8) 等のフルオロカーボン化合物が、有機ケイ酸塩層 204 を使用して化学的にエッチャングすることができる。

【0039】

代替として、中間層 206 がある場合、エネルギー感応性レジスト材料 208 内に形成されたパターンは、エネルギー感応性レジスト材料 208 をマスクとして使用して、最初に中間層 206 の中に転写される。その後に、パターンは、中間層 206 をマスクとして使用して、有機ケイ酸塩層 204 の中に転写される。パターンは、適切な化学薬品エッチャントを使用して、中間層 206 と有機ケイ酸塩層 204 の両方の中に転写される。

【0040】

図 3e は、有機ケイ酸塩層をハードマスクとして使用して、有機ケイ酸塩層 204 に形成されたパターンの二酸化ケイ素層 202 の中の転写によって集積回路製造シーケンスの完結を図示する。

【0041】

二酸化ケイ素層 202 がパターニングされた後に、有機ケイ酸塩層 204 は、任意に好適な化学薬品エッチャントでエッチャングすることによって基板 200 から取り除くことができる。

B. 有機ケイ酸塩層を組込むダマシン構造

図 4a ~ 4d は、有機ケイ酸塩層を組込むダマシン構造製造シーケンスの異なる段階での基板 300 の断面略図を示す。ダマシン構造は、通常、集積回路上にメタル配線を形成するためには使用される。処理の特定の段階に従って、基板 300 は、シリコン基板、又は、基板 300 上に形成された他の材料層に対応させてもよい。例えば、図 4a は、その上に形成された第 1 誘電体層 302 を有する基板 300 の断面図を示す。第 1 誘電体層 302 は、酸化物 (例えば、二酸化ケイ素、フルオロケイ酸塩ガラス) であってもよい。一般に、基板 300 は、シリコン、シリサイド、メタル、又は他の材料の層を含んでよい。

【0042】

図 4a は、基板 300 が、上に形成されたフルオロケイ酸塩ガラス層を有するシリコンである 1 つの実施の形態を示す。第 1 誘電体層 302 の厚さは、製造される構造の大きさに

10

20

30

40

50

もよるが、約 5 , 0 0 0 ~ 約 1 0 , 0 0 0 である。

【 0 0 4 3 】

有機ケイ酸塩層 3 0 4 は、第 1 誘電体層 3 0 2 上に形成される。有機ケイ酸塩層 3 0 4 は、先に記載のプロセスパラメータに従い第 1 誘電体層 3 0 2 上に形成される。有機ケイ酸塩層 3 0 4 は、約 3 . 0 未満の比誘電率を有し、それによりダマシン構造に形成されることになるメタル配線間の容量結合を阻止、つまり最小化する。有機ケイ酸塩層に対する比誘電率は調整可能であり、層形成中の反応温度だけでなく混合ガスの組成の関数として所望範囲で変えることができる。

【 0 0 4 4 】

有機ケイ酸塩層 3 0 4 の厚さは、処理の特定段階に依存して変更可能である。通常、有機ケイ酸塩層 3 0 4 の厚さは約 2 0 0 から約 1 0 0 0 である。10

【 0 0 4 5 】

図 4 b を参照すると、有機ケイ酸塩層 3 0 4 は、パターニングされてエッチングされ、コンタクト／バイア開口部 3 0 6 を形成し、コンタクト／バイアが形成されることになる領域で第 1 誘電体層 3 0 2 を露出させる。有機ケイ酸塩層 3 0 4 は、従来のリソグラフィを使用してパターニングされ、フルオロメタン (C F₄) 、フルオロエタン (C₂ F₆) 、及びフルオロブテン (C₄ H₈) 等のフルオロカーボン化合物を使用してエッチングされる。

【 0 0 4 6 】

有機ケイ酸塩層 3 0 4 がパターニングされた後で、第 2 誘電体層 3 0 8 が有機ケイ酸塩層 3 0 4 を覆って堆積される。第 2 誘電体層 3 0 8 は、酸化物（例えば、二酸化ケイ素、フルオロケイ酸塩ガラス）であってもよい。第 2 誘電体層 3 0 8 の厚さは、約 5 , 0 0 0 ~ 約 1 0 , 0 0 0 である。20

【 0 0 4 7 】

第 2 誘電体層 3 0 8 は、次に、図 4 c に図示するように、好ましくは従来のリソグラフィプロセスを使用してパターニングされ、配線の線 3 1 0 を形成する。第 2 誘電体層 3 0 8 内に形成された配線 3 1 0 は、有機ケイ酸塩層 3 0 4 内のコンタクト／バイア開口部 3 0 6 を覆って配置される。その後に、配線 3 1 0 及びコンタクト／バイア 3 0 6 の両方が、反応性イオンエッチング又は他の異方性エッチング技術を使用してエッチングされる。

【 0 0 4 8 】

図 4 d を参照すると、配線 3 1 0 及びコンタクト／バイア 3 0 6 は、アルミニウム、銅、タンゲステン、又は、その組合せ等の導電性材料 3 1 4 で充填される。通常は、低い固有抵抗（固有抵抗が約 1 . 7 μ - cm のゆえに、銅を使用して、配線 3 1 0 及びコンタクト／バイア 3 0 6 を充填する。導電性材料 3 1 4 は、化学的気相堆積、物理気相堆積、電気メッキ、又は、その組合せを使用して堆積され、ダマシン構造を形成する。好ましくは、タンタル、窒化タンタル、又は他の好適なバリア材料のようなバリア層 3 1 6 が、最初に、配線 3 1 0 及びコンタクト／バイア 3 0 6 の側壁上に従形して堆積され、周囲の誘電体層 3 0 2 、 3 0 8 だけでなく有機ケイ酸塩層 3 0 4 内へのメタルの泳動を阻止する。30

【 0 0 4 9 】

本発明の教示を組込む幾つかの好ましい実施の形態を示して、詳細に説明したが、この技術に精通した者は、これらの教示を依然として組込む多くの他の変更された実施の形態を容易に考案することができよう。40

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本明細書に説明した実施の形態の実施のために使用できる装置の略図である。

【 図 2 】 化学的気相堆積 (C V D) チャンバの断面略図である。

【 図 3 】 a ~ e は、有機ケイ酸塩層を反射防止皮膜 (A R C) として組込む集積回路製造の異なる段階での基板の断面略図である。

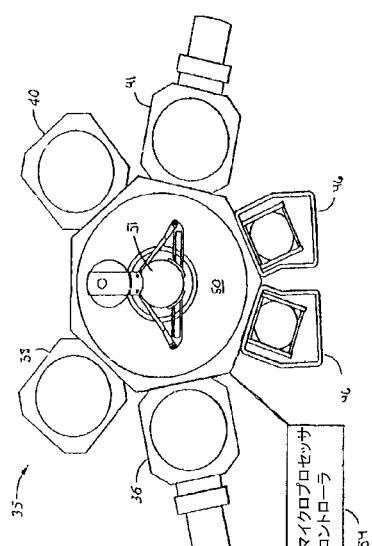
【 図 4 】 a ~ d は、有機ケイ酸塩層をダマシン構造内に組込む集積回路製造の異なる段階でのそのような構造の断面略図を描である。

【 符号の説明 】

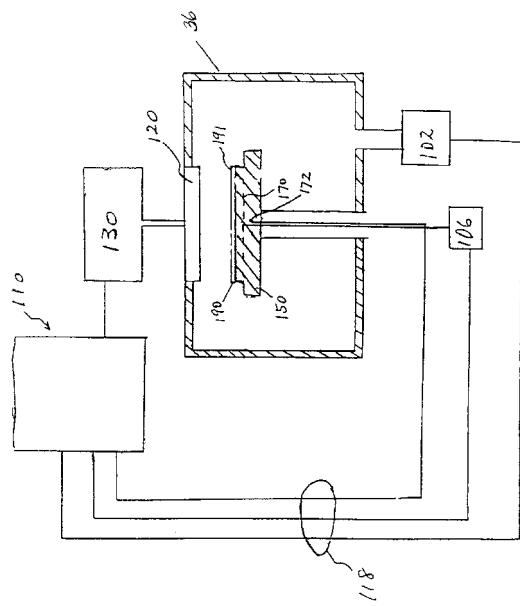
1 6 , 1 0 6 ... 電源、 3 5 ... ウエハ処理装置、 3 6 , 1 0 0 ... プロセスチャンバ、 4 6 ...50

ロードロックチャンバ、50…搬送チャンバ、51…搬送口ボット、54…マイクロプロセッサコントローラ、102…真空ポンプ、110…制御ユニット、120…シャワーヘッド、130…ガスパネル、150…支持ペデスタル、170…ヒータ要素、172…温度センサ、190…ウエハ、200, 300…基板、202, 304…材料層、206…中間層、208…エネルギー感応性レジスト材料、210…マスク、250…基板構造、302, 308…誘電体層、306…バイア、310…配線、314…導電性材料、316…バリア層。

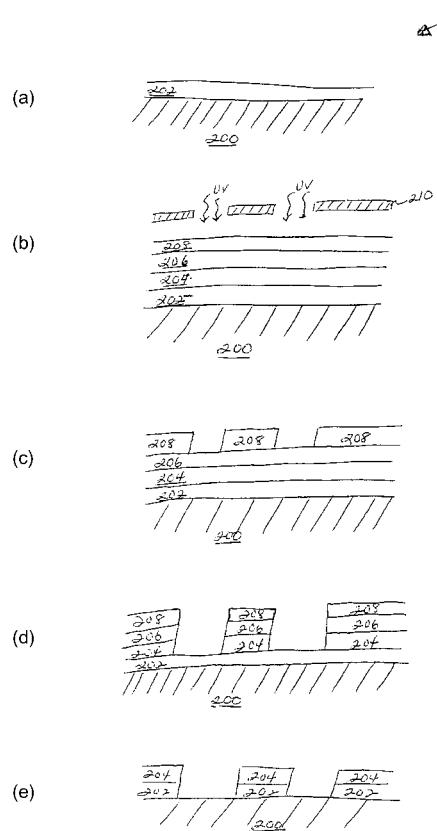
【図1】



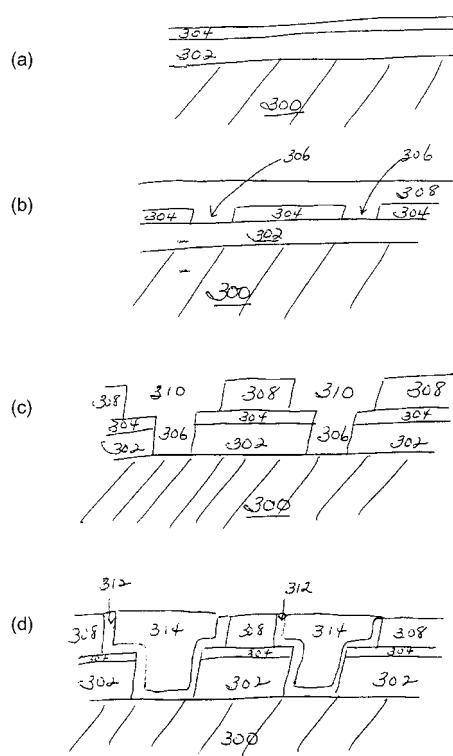
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 フレデリック ジェラード
フランス国， 38500 ヴォワロン， ルー デ タユファディエル (番地なし)
(72)発明者 リー - チャン シャ
アメリカ合衆国， カリフォルニア州， サンタ クララ， レイス アベニュー 868
(72)発明者 ティアン - ホー リン
シンガポール国， エス516319 ヒュー コート， パヤ レバー クレッセント 63
アパートメントナンバー 02-01
(72)発明者 エリー ヤー¹
アメリカ合衆国， カリフォルニア州， サン ホセ， ピストイア ウェイ 5888

審査官 宮本 靖史

(56)参考文献 国際公開第99/041423 (WO, A1)
特開平10-340899 (JP, A)
特開平11-288931 (JP, A)
特開昭62-138529 (JP, A)
特表2002-526916 (JP, A)
特開平08-055791 (JP, A)
特開平09-232428 (JP, A)
特開平07-106224 (JP, A)
特開平06-084789 (JP, A)
特開平05-027444 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/316

G03F 7/11