

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5466365号
(P5466365)

(45) 発行日 平成26年4月9日(2014.4.9)

(24) 登録日 平成26年1月31日(2014.1.31)

(51) Int.Cl.

F I

HO 1 L 21/312 (2006.01)

HO 1 L 21/768 (2006.01)

HO 1 L 23/532 (2006.01)

HO 1 L 23/522 (2006.01)

C 2 3 C 16/42 (2006.01)

HO 1 L 21/312 C

HO 1 L 21/90 N

HO 1 L 21/90 J

C 2 3 C 16/42

請求項の数 7 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2007-556243 (P2007-556243)	(73) 特許権者	390009531
(86) (22) 出願日	平成18年2月14日 (2006.2.14)		インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション
(65) 公表番号	特表2008-530821 (P2008-530821A)		INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION
(43) 公表日	平成20年8月7日 (2008.8.7)		アメリカ合衆国10504 ニューヨーク州 アーモンク ニュー オーチャードロード
(86) 国際出願番号	PCT/US2006/005204		
(87) 国際公開番号	W02006/088881	(73) 特許権者	000002185
(87) 国際公開日	平成18年8月24日 (2006.8.24)		ソニー株式会社
審査請求日	平成20年12月12日 (2008.12.12)		東京都港区港南1丁目7番1号
(31) 優先権主張番号	10/906,370	(74) 代理人	100108501
(32) 優先日	平成17年2月16日 (2005.2.16)		弁理士 上野 剛史
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板上にSiCOH誘電体を形成する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板上にSiCOH誘電体を形成する方法であって、
リアクタ内に基板を配置するステップと、
Si、C、O及びHの原子を含む環状シロキサンである第1の前駆体と、酸化剤と、不活性キャリアとを前記リアクタ内に導入するステップと、
Si、C、O及びHの原子を含み、三次元ネットワーク構造を有するSiCOH誘電体材料を前記基板上に堆積させるステップとを含む、
前記堆積させるステップは、基板温度を300 から400 までの間に設定するステップと、RF電源の高周波電力密度を0.4W/cm²から0.6W/cm²までの間に設定するステップと、前記第1の前駆体の流量を2500mg/分から3000mg/分までの間に設定するステップと、前記酸化剤の流量を200sccmから250sccmまでの間に設定するステップと、前記不活性キャリアの流量を800sccmから1200sccmまでの間に設定するステップと、リアクタ圧力を5Torrから6Torrまでの間の圧力に設定するステップと、RF電源の高周波電力を300Wから500Wまでの間に設定するステップと、RF電源の低周波電力を40Wから80Wまでの間に設定するステップとを含む、
方法。

【請求項2】

前記第1の前駆体は、1,3,5,7-テトラメチルシクロテトラシロキサン(「TM

CTS」又は「 $C_4H_{16}O_4Si_4$ 」)、オクタメチルシクロテトラシロキサン(OMCTS)のうちの1つを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記酸化剤は、 O_2 、 CO_2 、又は N_2O のうちの少なくとも1つを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記不活性キャリアは、Ar、He、Ne、Xe、又はこれらの混合物を含む、請求項1に記載の方法。

【請求項5】

前記第1の前駆体はOMCTSであり、前記酸化剤は O_2 であり、前記不活性キャリアはHeである、請求項1に記載の方法。

10

【請求項6】

前記堆積された誘電体材料に後処理ステップを施すステップをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項7】

前記後処理ステップは、熱、電子ビーム、プラズマ、マイクロ波、及びUV光放射から選択されるエネルギー源を用いるステップを含む、請求項6に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明は、多孔質であり、かつ、約3.0未満のオーダーの誘電率(k)を有する、Si、C、O及びHの原子を含む誘電体材料(以下、「SiCOH」誘電体材料)、並びに、これらの材料から作製された膜、及びこうした膜を含む電子デバイスを製造する方法に関する。本発明のSiCOH誘電体材料は、従来技術のSiCOH誘電体材料と比べて高い多孔度と、改善された機械的特性とをもたらし度合いの大きい結晶結合相互作用とを有する。本発明はまた、本発明の材料を製造するための非平衡法、並びに、超大規模集積(ULSI)回路及び関連する電子構造体の後工程(back-end-of line、BEOL)相互接続構造体において、この誘電体材料を、層内(intralayer)又は層間(interlayer)誘電体膜、誘電体キャップ、或いはハード・マスク/研磨停止として使用することに関する。

【背景技術】

30

【0002】

近年、ULSI(ultra large scale integration: 超々大規模集積)回路において用いられる電子デバイスの寸法が縮小し続けていることの結果として、BEOLメタライゼーションの抵抗、並びに、層内及び層間誘電体の静電容量が増大した。この影響が組み合わされることで、ULSI電子デバイスにおける信号の遅延が増大する。今後のULSI回路のスウィッチング性能を改善するため、低誘電率(k)の絶縁体、及び、特に酸化シリコンのものより著しく低いkを有する絶縁体が、静電容量を減少させるために必要とされている。

【0003】

超大規模集積回路(VLSI)チップ及びULSIチップの製造ステップの大部分は、プラズマ強化化学気相堆積技法又は物理気相堆積技法によって行われる。したがって、既に設置されており利用可能な処理装置を用いて、プラズマ強化化学気相堆積(PECVD)技法によって低k材料を製造することができると、製造プロセスにおけるその集積が簡略化され、製造コストが削減し、有害な廃棄物の生成が抑えられる。これらの特許の全体が引用により本明細書に組み込まれる、特許文献1及び特許文献2は、誘電率が3.6以下であるSi、C、O及びH原子の元素からなり、非常に小さいクラック伝播速度を示す低誘電率材料について記載している。

40

【0004】

これらの特許の全体が引用により本明細書に組み込まれる、特許文献3、特許文献4及び特許文献5は、Si、C、O及びH原子の元素から構成されたマトリクス(matrix)か

50

らなり、1つの相(phase)は、主にCとHから構成され、3.2以下の誘電率を有する、多相低k誘電体材料について記載する。

【0005】

当技術分野において、2.7未満(好ましくは、2.3未満)の誘電率を有する超低k誘電体材料も周知である。低k及び超低k SiCOH膜は、非多孔質とすることも、又は多孔質とすることもできる。多孔質膜は、典型的には、膜の堆積の際にポロゲンを導入することによって形成され、ポロゲンは、その後、堆積後に通常の硬化プロセスを用いて除去される。一般に、多孔質 SiCOH膜は、対応する非多孔質 SiCOH膜と比べると、低い誘電率を有する。

【0006】

従来技術の低k及び超低k SiCOH膜に関連した重要な問題は、これらの機械的特性(例えば、高いクラック速度及び応力、並びに低い弾性率(モジュラス)及び硬度といった)が不十分なものであることである。一般に、従来技術の SiCOH誘電体の機械的特性は、材料の誘電率が減少するにつれて低下する。したがって、多孔質 SiCOH誘電体は、対応する非多孔質 SiCOH誘電体と比べると、低い機械的特性を有する傾向がある。

【0007】

当技術分野において、堆積後に SiCOH膜を処理することによって、低k又は超低k SiCOH誘電体の改善された機械的特性を達成することができる。例えば、低k又は超低k誘電体材料を安定化させ、その機械的特性を改善させるために、熱、UV光、電子ビーム照射、化学エネルギー、又はこれらのエネルギー源の組み合わせを用いる硬化又は処理が使用された。このような堆積後の処理は可能であるが、それらは、低k又は超低k誘電体膜の製造に、余分な処理ステップ、よって、コストを付加することになる。

【0008】

【特許文献1】米国特許第6,147,009号明細書

【特許文献2】米国特許第6,497,963号明細書

【特許文献3】米国特許第6,312,793号明細書

【特許文献4】米国特許第6,441,491号明細書

【特許文献5】米国特許第6,479,110 B2号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

上記を鑑みて、後の膜処理を必要とすることなく、又は堆積プロセスの際に多孔化剤(ポロゲン)を導入する必要なく、良好な電子特性及び機械的特性を示す、多孔質の低k又は超低k誘電体膜を提供する必要性がある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、共有結合三次元ネットワーク構造(tri-dimensional network structure)においてSi、C、及びH(以下、「SiCOH」)の原子を含み、約3.0未満の誘電率、より度合いの大きい結晶結合相互作用、並びに、従来技術の SiCOH誘電体と比べて、メチル末端基のようなより多くの炭素及びより少ないメチレン、-CH₂-架橋基を有する、多孔質の低k又は超低k誘電体膜を提供するものである。「三次元ネットワーク構造」という用語は、本発明の全体を通して、x、y及びz方向に相互接続され、相互に関係付けられる、Si、C、O及びHの原子を含む SiCOH誘電体材料を示すように用いられる。「より度合いが大きい結晶相互作用」という語句は、Si、C、O及びHの間により多くの局所的結合(local bonding)を有する SiCOH膜を示すように用いられる。このことは、結合結晶性の度合いがより小さい標準的な膜と比べて、対応する結合ピークが、より狭い結合ピーク幅で鋭くなるFTIR及びNMR結合スペクトルにおいて見ることができた。

【0011】

より度合いが大きい結晶結合相互作用により、従来技術のSiCOH誘電体と比べて、改善された機械的強度を有する本発明のSiCOH誘電体材料が提供されと考えられる。本発明の膜内に存在する減少した量のメチレン架橋基は、従来技術のSiCOH対応物と比べて多孔度が高く、分極基が増加した膜を提供する。

【0012】

大まかに言うと、本発明は、Si、C、O及びHの原子を含み、三次元ネットワーク構造を有する誘電体材料を提供するものであり、該材料は、約1.40未満の $\text{CH}_3 + \text{CH}_2$ 伸縮についてのピーク面積、約2.0未満のSiH伸縮についてのピーク面積、約2.0より大きいSiCH₃結合についてのピーク面積、及び約60より大きいSi-O-Siの結合についてのピーク面積を含むFTIRスペクトルと、約20%より大きい、部分メソ細孔体積の分布で表した、多孔度とを有する。述べられた各ピーク面積は、誘電体材料の所定の厚さに対して正規化される。

10

【0013】

上述の値は、何らかの後処理ステップなしで予め形成された、堆積されたままのSiCOH誘電体についてのものである。UV処理のような後処理は、Si-H及びSi-CH₂-Si架橋結合を減少させ、Si-O-Si結合を増加させることが見出された。後処理プロセスは、本発明のSiCOH誘電体膜の機械的特性及び電気特性をさらに改善することが可能である。

【0014】

本発明はまた、電子構造体にも関し、電子構造体において、本発明のSiCOH誘電体材料を、層間又は層内誘電体、キャッピング層、及び/又はハード・マスク/研磨停止層として用いることができる。

20

【0015】

具体的には、本発明の電子構造体は、第1の絶縁材料層に埋め込まれた第1の金属領域と、第2の絶縁材料層に埋め込まれた第1の導体領域であって、第2の絶縁材料層が第1の絶縁材料層と緊密に接触し、第1の導体領域は第1の金属領域と電気的に連絡する第1の導体領域と、第1の導体領域と電気的に連絡し、第3の絶縁材料層内に埋め込まれた第2の導体領域であって、第3の絶縁材料層は第2の絶縁材料層と密接に接触している第2の導体領域とを有する、前処理された半導体基板を含む。

【0016】

上記の構造体においては、絶縁層の各々は、本発明の低k又は超低kSiCOH誘電体材料を含むことができる。

30

【0017】

電子構造体は、第1の絶縁材料層と第2の絶縁材料層との間に配置された誘電体キャップ層をさらに含むことができ、第2の絶縁材料層と第3の絶縁材料層との間に配置された誘電体キャップ層をさらに含むことができる。電子構造体は、第2の絶縁材料層と第3の絶縁材料層との間の第1の誘電体キャップ層と、第3の絶縁材料層の上の第2の誘電体キャップ層とをさらに含むことができる。

【0018】

幾つかの実施形態において、誘電体キャップ自体が、本発明の低k又は超低kSiCOH誘電体材料を含むことができる。

40

【0019】

電子構造体は、第2の絶縁材料層及び第3の絶縁材料層のうちの少なくとも一方の上に堆積された誘電体材料の拡散障壁層をさらに含むことができる。電子構造体は、RIEハード・マスク/研磨停止層として用いるための、第2の絶縁材料層の上の誘電体層と、誘電体RIEハード・マスク/研磨停止層の上の誘電体拡散障壁層とをさらに含むことができる。電子構造体は、第2の絶縁材料層の上の第1の誘電体RIEハード・マスク/研磨停止層と、第1の誘電体研磨停止層の上の第1の誘電体RIE拡散障壁層と、第3の絶縁材料層の上の第2の誘電体RIEハード・マスク/研磨停止層と、第2の誘電体研磨停止層の上の第2の誘電体拡散障壁層とをさらに含むことができる。誘電体RIEハード・マ

50

スク / 研磨停止層もまた、本発明の SiCOH 誘電体材料から構成されてもよい。

【0020】

本発明は、本発明の SiCOH 材料を製造する方法にも関する。具体的には、大まかに言うと、本発明の方法は、リアクタ内に基板を配置するステップと、 Si 、 C 、 O 及び H の原子を含む第 1 の前駆体と、酸化剤と、不活性キャリアとをリアクタ内に導入するステップと、 Si 、 C 、 O 及び H の原子を含み、三次元ネットワーク構造を有する SiCOH 誘電体膜を基板上に堆積させるステップであって、該材料は、約 1.40 未満の $\text{CH}_3 + \text{CH}_2$ 伸縮についてのピーク面積、約 0.20 未満の SiH 伸縮についてのピーク面積、約 2.0 より大きい SiCH_3 結合についてのピーク面積、及び約 60 より大きい Si-O-Si 結合についてのピーク面積を含む FTIR スペクトルと、約 20% より大きい多孔度とを有する、ステップとを含む。

10

【0021】

堆積ステップの際に、低い高周波 (HF) / 低周波 (LF) 電力 (約 150 ワット以下のオーダー) を用いて、イオン衝撃を減少させる。低い HF / LF 電力を用いることによって、より多くの第 1 の前駆体の二量体種、三量体種、及び / 又は四量体種が、プラズマ内に存在する。さらに、本発明の堆積ステップは、より大きい酸化剤 / 第 1 の前駆体の比を用いて実行される。一般的に、この比率は、約 1 : 2 又はそれより大きい。より大きい酸化剤 / 第 1 の前駆体の比により、より大量の大きい反応種がもたらされるが、架橋結合は減少される。具体的には、本発明の堆積ステップは、非平衡プラズマ CVD 領域において実行され、放出において、より大きい多重結合分子量の反応種 (例えば、元の有機シリコン前駆体の二量体、三量体、四量体断片) が形成され、多孔質膜の一部として堆積される。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

良好な電子特性及び機械的特性を有する低 k 又は超低 k SiCOH 誘電体膜を提供する本発明が、ここでより詳細に説明される。本発明の SiCOH 膜、及びこれを含むことができる幾つかの電子構造体を形成するプロセスを示すために用いられる図面は、縮尺に合わせて描かれていない。

【0023】

最初に、基板 10 の表面上に本発明の SiCOH 誘電体膜 12 を形成した後に提供される構造体を示す図 1 を参照する。基板 10 に関連して用いられたときの「基板」という用語は、半導体材料、絶縁材料、導電性材料、又は多層構造を含むこれらのいずれかの組み合わせを含む。したがって、例えば、基板 10 は、 Si 、 SiGe 、 SiGeC 、 SiC 、 GaAs 、 InAs 、 InP 及び他の III / V 族又は II / VI 族化合物半導体のような半導体材料とすることができる。半導体基板 10 はまた、例えば、 Si / SiGe 、 Si / SiC 、シリコン・オン・インシュレータ (silicon-on-insulator、SOI)、又はシリコン・ゲルマニウム・オン・インシュレータ (silicon germanium-on-insulator、SGOI) のような層状基板を含むこともできる。

30

【0024】

基板 10 が絶縁材料である場合、絶縁材料は、有機絶縁体、無機絶縁体、又は多層構造を含むそれらの組み合わせとすることができる。基板 10 が導電性材料である場合、基板 10 は、例えば、ポリ Si 、元素状金属、元素状金属の合金、金属シリサイド、金属窒化物及び多層構造を含むこれらの組み合わせを含むことができる。

40

【0025】

幾つかの実施形態において、基板 10 は、半導体材料と絶縁材料の組み合わせ、半導体材料と導電性材料の組み合わせ、又は半導体材料と絶縁材料と導電性材料の組み合わせを含む。

【0026】

基板 10 が半導体材料を含む場合、相補的金属酸化物半導体 (CMOS) デバイスのような 1 つ又は複数の半導体デバイスを上に製造することができる。明確にするために、本

50

出願の図面において、１つ又は複数の半導体デバイスは示されていない。

【００２７】

本発明の誘電体膜１２は、Ｃドープ酸化物（ＣＤＯ）又は有機シリケート・ガラス（ＯＳＧ）とも呼ばれる、Ｓｉ、Ｃ、Ｏ、及びＨ（ＳｉＣＯＨ）の原子を含む多孔度誘電体材料を含む。堆積されたＳｉＣＯＨ誘電体膜１２の厚さは、異なる場合があり、堆積されたＳｉＣＯＨ誘電体膜１２についての典型的な範囲は、約５０ｎｍから約１μｍまでであり、１００ｎｍから５００ｎｍまでの厚さがより典型的である。本発明の誘電体膜の誘電率は、約３．０未満であり、約２．２から約２．８までの誘電率がより典型的である。約２．７未満の誘電率を有する誘電体が、本明細書において超低ｋ誘電体とみなされる。

【００２８】

本発明のＳｉＣＯＨ誘電体１２は、Ｓｉ、Ｃ、Ｏ、及びＨが、*x*、*y* 及び *z* 方向に相互接続されて相互に関係付けられた、三次元ネットワーク構造を有する。本発明のＳｉＣＯＨ誘電体は、約１．４０未満のＣＨ_３＋ＣＨ_２伸縮についてのピーク面積、約０．２０未満のＳｉＨ伸縮についてのピーク面積、約２．０より大きいＳｉＣＨ_３結合についてのピーク面積、及び約６０より大きいＳｉ－Ｏ－Ｓｉ結合についてのピーク面積を含むＦＴＩＲスペクトルと、部分メソ細孔体積の分布で表した、約２０％より大きい多孔度を有するものとして特徴付けられる。述べられた各ピーク面積は、誘電体材料の所定の厚さに対して正規化される。

【００２９】

典型的には、本発明のＳｉＣＯＨ誘電体１２は、約２８３０ｃｍ⁻¹から約３０５０ｃｍ⁻¹のＣＨ_３＋ＣＨ_２伸縮についてのピーク面積と、約２１７０ｃｍ⁻¹から約２２４０ｃｍ⁻¹のＳｉＨ伸縮についてのピーク面積と、約１２５０ｃｍ⁻¹から約１２９０ｃｍ⁻¹及び約７５０ｃｍ⁻¹から約８６０ｃｍ⁻¹のＳｉＣＨ_３結合についてのピーク面積と、約９６０ｃｍ⁻¹から約１２２０ｃｍ⁻¹のＳｉ－Ｏ－Ｓｉ結合についてのピーク面積とを有するＦＴＩＲスペクトルを有する。幾つかの実施形態において、本発明のＳｉＣＯＨ誘電体１２は、約１．３５のＣＨ_３＋ＣＨ_２伸縮についてのピーク面積と、約０．１３のＳｉＨ伸縮についてのピーク面積と、約２．１８のＳｉＣＨ_３結合についてのピーク面積と、約６２．９のＳｉ－Ｏ－Ｓｉ結合についてのピーク面積とを備えたＦＴＩＲスペクトルを有するものとして特徴付けられる。

【００３０】

ＳｉＣＯＨ誘電体膜１２は、典型的には、約５原子百分率から約４０原子百分率までの間のＳｉと、約５原子百分率から約４５原子百分率までの間のＣと、０原子百分率から約５０原子百分率までの間のＯと、約１０原子百分率から約５５原子百分率までの間のＨとを有する。

【００３１】

本発明のＳｉＣＯＨ誘電体膜１２は、低いＨＦ／ＬＦ電力比を用いて、堆積されたままの膜上のイオン衝撃を減少させるプロセスを用いて作製される。これにより、プラズマ中に、より多くの第１の前駆体の二量体反応種、三量体反応種、及び／又は四量体反応種が生成される。このことは、度合いが大きい結晶性及び改善された機械的特性を有する本発明のＳｉＣＯＨ誘電体膜を提供する。さらに、膜内の架橋を減少させるのに役立つより大きい反応種を提供するように、酸化剤と第１の前駆体の比が選択される。

【００３２】

本発明のＳｉＣＯＨ誘電体膜１２は、従来技術のＳｉＣＯＨ誘電体膜と比べて、多孔度が高い。具体的には、本発明のＳｉＣＯＨ誘電体膜１２は、約２０％以上のオーダーの測定された多孔度を有し、約２２％から約２５％までの測定された多孔度がより典型的である。本発明の膜１２の多孔度は、多孔度が典型的には約１５％未満のオーダーである従来技術のＳｉＣＯＨ誘電体の多孔度より高い。

【００３３】

堆積されたままのＳｉＣＯＨ誘電体膜１２の機械的特性は、約６ＧＰａから約１２ＧＰａまでの範囲のモジュラス値と、約０．８ＧＰａから約１．６ＧＰａまでの範囲の硬度と

10

20

30

40

50

、約 35 MPa から約 70 MPa までの範囲の応力と、約 2.5 J/m^2 から約 6 J/m^2 までの結合力 (cohesive strength) と、約 $1 \times 10^{-12} \text{ m/秒}$ から約 $4 \times 10^{-10} \text{ m/秒}$ までの、 $1.2 \mu\text{m}$ におけるクラック速度と、約 4×10^{22} 原子/ cm^3 から約 9×10^{22} 原子/ cm^3 までの、RBS によって測定される密度とを含む。より典型的には、堆積されたままの SiCOH 誘電体膜 12 の機械的特性は、約 7 GPa から約 10 GPa までの範囲のモジュラス値と、約 0.9 GPa から約 1.2 GPa までの範囲の硬度と、約 40 MPa から約 60 MPa までの範囲の応力と、約 3.5 J/m^2 から約 4.5 J/m^2 までの結合力と、約 $5 \times 10^{-11} \text{ m/秒}$ から約 $1.5 \times 10^{-10} \text{ m/秒}$ までの、 $1.2 \mu\text{m}$ におけるクラック速度と、約 5×10^{22} 原子/ cm^3 から約 7×10^{22} 原子/ cm^3 までの、RBS によって測定される密度とを含む。

10

【0034】

本発明の SiCOH 膜 12 の電子特性は、約 7 MV/cm より大きい破壊電圧と、2 MV/cm 以上の印加電圧における約 $1 \times 10^{-9} \text{ Amp/cm}^2$ の漏れ密度とを含む。より典型的には、本発明の SiCOH 膜 12 は、約 8 MV/cm より大きい破壊電圧と、2 MV/cm 以上の印加電圧における約 $1 \times 10^{-9} \text{ Amp/cm}^2$ の漏れ密度を有する。

【0035】

SiCOH 誘電体膜 12 は、プラズマ強化化学気相堆積 (PECVD) を用いて、基板 10 をリアクタチャンバ内に配置することによって堆積される。具体的には、SiCOH 誘電体膜 12 は、少なくとも Si、C、O 及び H 原子を含む第 1 の前駆体 (precursor) (液体、気体、又は蒸気) と、酸化剤と、He 又は Ar のような不活性キャリアとを準備し、それらを、好ましくは PECVD リアクタであるリアクタ内に導入し、次に、本発明の SiCOH 誘電体材料を形成するのに有効な条件を用いて、前述の第 1 の前駆体から得られた膜を適切な基板上に堆積させることによって形成される。

20

【0036】

第 1 の前駆体は、1, 3, 5, 7-テトラメチルシクロテトラシロキサン (「TMCTS」又は「 $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_4\text{Si}_4$ 」)、オクタメチルシクロテトラシロキサン (OMCTS)、ジエトキシメチルシラン (DEMS)、ジメチルジメトキシシラン (DMDMOS)、ジエチルメトキシシラン (DEDMOS)、並びに関連する環状及び非環状シラン、シロキサンなどのような SiCOH 成分を含む環構造をもつ有機分子から選択される。

【0037】

本発明に用いることができる酸化剤の例は、 O_2 、 CO_2 、 N_2O 、又はこれらの組み合わせを含む。リアクタ内の反応物を安定化させるために、酸化剤が用いられ、このことは、基板 10 上に堆積された SiCOH 誘電体膜 12 の均一性の改善に役立つ。不活性キャリアは、Ar、He、Ne、Xe、又はこれらの混合物を含み、He が最も典型的である。

30

【0038】

本発明の好ましい実施形態において、SiCOH 誘電体膜 12 は、約 85 cm^2 から約 750 cm^2 までの間の基板チャックの導電性領域と、基板と上部電極との間の約 1 cm から約 12 cm までの間のギャップ、すなわち間隔とを有する、平行板リアクタを準備するステップを含む方法を用いて堆積させることができる。リアクタはまた、別の電極を含むこともできる。高周波 RF 電力が、電極の 1 つに印加され、典型的には、付加的な低周波電力が、リアクタ内の別の電極に印加される。

40

【0039】

堆積ステップに用いられる条件は、SiCOH 誘電体膜の所望の最終誘電率に応じて変わり得る。大まかに言うと、Si、C、O 及び H 元素を含み、約 3.0 未満の誘電率を有する安定した誘電体材料を提供するために用いられる条件は、基板温度を約 250 から約 450 までの間に設定すること、高周波 RF 電力密度を約 0.20 W/cm^2 から約 0.85 W/cm^2 までの間に設定すること、第 1 の前駆体の流量を約 1800 mg/分から約 3600 mg/分までの間に設定すること、酸化剤の流量を約 120 sccm から約 320 sccm までの間に設定すること、ヘリウム (及び / 又は、アルゴン) のような

50

不活性キャリア・ガスの流量を約500 sccmから約2000 sccmまでの間に設定すること、リアクタの圧力を約4 Torrから約8 Torrまでの間の圧力に設定すること、高周波RF電力を約150 Wから約800 Wまでの間に設定すること、及び低周波電力を約0 Wから約200 Wまでの間に設定することを含む。

【0040】

より好ましくは、Si、C、O及びH元素を含み、約3.0未満の誘電率を有する安定した誘電体材料を提供するために用いられる条件は、基板温度を約300 から約400 までの間に設定すること、高周波RF電力密度を約0.4 W/cm² から約0.6 W/cm² までの間に設定すること、第1の前駆体の流量を約2500 mg/分から約3000 mg/分までの間に設定すること、酸化剤の流量を約200 sccmから約250 sccmまでの間に設定すること、ヘリウム（及び/又は、アルゴン）のような不活性キャリア・ガスの流量を約800 sccmから約1200 sccmまでの間に設定すること、リアクタの圧力を約5 Torrから約6 Torrまでの間の圧力に設定すること、高周波RF電力を約300 Wから約500 Wまでの間に設定すること、及び低周波電力を約40 Wから約80 Wまでの間に設定することを含む。基板チャックの導電性領域がX倍に変化するとき、基板チャックに加えられるRF電力もX倍で変化する。

【0041】

堆積後、SiCOH誘電体材料12は、随意的に、熱、電子ビーム、プラズマ、マイクロ波、或いはUV又はレーザなどの光放射のようなエネルギー源を用いて処理することができる。前述のエネルギー源の組み合わせを本発明に用いることもできる。

【0042】

熱エネルギー源としては、例えば、堆積されたSiCOH誘電体膜12を450 までの温度に加熱することができる、発熱体又はランプのようないずれかの源を含む。熱エネルギー源は、SiCOH誘電体12を約200 から約450 までの温度に加熱できることがより好ましく、約350 から約425 までの温度がさらにより好ましい。この熱処理プロセスは、様々な時間で実行することができるが、約0.5分から約300分までの時間が典型的である。熱処理ステップは、典型的には、He、Ar、Ne、Xe、N₂、又はこれらの混合物のような不活性ガスの存在下で実行される。熱処理ステップは、アニール・ステップと呼ぶことができ、このステップでは、急速熱アニール、炉アニール、レーザ・アニール、又はスパイク・アニール条件が用いられる。

【0043】

幾つかの実施形態において、熱処理ステップは、例えば、H₂又は炭化水素のような水素源ガスを含むガス混合物の存在下で実行することができる。さらに他の実施形態においては、熱処理ステップは、100万当たり1000部より少ない範囲の、非常に低い分圧のO₂及びH₂Oを含むガス混合物の存在下で実行することができる。

【0044】

UV光処理ステップは、基板を照射するために約500 nmから約150 nmまでの波長を有する光を生成できる源を用いて実行され、このとき、ウェハ温度は450 までに維持され、200 から450 までの温度が好ましく、350 から425 までの温度がさらにより好ましい。重要な結合を解離させ又は活性化させるには>370 nmの放射エネルギーは不十分であり、そのため、好ましい波長範囲は、150 nm~370 nmである。文献データ及び堆積されたままの膜で測定された吸光度スペクトルを使用して、SiCOH膜の劣化のために、<170 nmの放射は好都合でない可能性があることが見出された。さらに、エネルギー範囲310 nm~370 nmは、その光子当たりのエネルギーが相対的に低いため、範囲150 nm~310 nmと比べるとあまり有効ではない。150 nm~310 nm範囲では、堆積されたままの膜の吸光度スペクトルとの（疎水性などの）膜特性の最小劣化の最適なオーバーラップを随意的に使用して、SiCOH特性を変えるのに最も有効なUVスペクトル領域を選択することができる。

【0045】

UV光処理ステップは、上述の分圧範囲を用いて、不活性ガス、水素源ガス、又はO₂

10

20

30

40

50

及び H_2O のガス混合物において実行することができる。

【0046】

電子ビーム処理ステップは、ウェハ面にわたって均一な電子束 (electron flux) を生み出すことができる、 0.5 keV から 25 keV までのエネルギー、及び 0.1 マイクロアンペア/cm^2 から 100 マイクロアンペア/cm^2 まで (好ましくは、 1 マイクロアンペア/cm^2 から 5 マイクロアンペア/cm^2 まで) の電流密度を有する源を用いて実行され、このときウェハ温度は、 450 までの温度に維持され、 200 から 450 までの温度が好ましく、 350 から 425 までの温度がさらにより好ましい。電子ビーム処理ステップに用いられる好ましい電子の線量は、 50 マイクロクーロン/cm^2 から 500 マイクロクーロン/cm^2 までであり、 100 マイクロクーロン/cm^2 から 300 マイクロクーロン/cm^2 までの範囲が好ましい。

10

【0047】

電子ビーム処理ステップは、上述の分圧範囲を用いて、不活性ガス、水素源ガス、又は O_2 及び H_2O のガス混合物において実行することができる。

【0048】

プラズマ処理ステップは、原子状水素 (H) 及び随意的に CH_3 、又は他の炭化水素ラジカルを生成することができる源を用いて実行される。直接プラズマ照射よりもダウンストリーム・プラズマ源 (downstream plasma source) の方が好ましい。プラズマ処理の間、ウェハ温度は、 450 までの温度に維持され、 200 から 450 までの温度が好ましく、 350 から 425 までの温度がさらに非常に好ましい。

20

【0049】

プラズマ処理ステップは、プラズマを発生させることができるガスをリアクタ内に導入することによって実行され、その後このガスをプラズマに変換させる。プラズマ処理に使用できるガスは、 Ar 、 N 、 He 、 Xe 、又は Kr のような不活性ガス (He が好ましい)、水素又は関連した原子状水素源、メタン、メチルシラン、関連した CH_3 基源、及びこれらの混合物を含む。プラズマ処理のガスの流量は、使用されているリアクタ・システムに応じて変わり得る。チャンバ圧は、 0.05 Torr から 20 Torr までの範囲にすることができるが、圧力操作の好ましい範囲は、 1 Torr から 10 Torr までである。プラズマ処理ステップは、典型的には、約 $1/2$ 分から約 10 分行われるが、本発明ではより長い時間を用いることもできる。

30

【0050】

上記のプラズマの発生には一般に RF 又はマイクロ波電源が用いられる。 RF 電源は、高周波範囲 (約 100 W 以上のオーダー)、低周波範囲 (250 W 未満) のいずれかで動作することができる、或いは、これらを組み合わせて用いることもできる。高周波電力密度は、 0.1 W/cm^2 から 2.0 W/cm^2 までの範囲にすることができるが、好ましい動作範囲は、 0.2 W/cm^2 から 1.0 W/cm^2 までである。低周波電力密度は、 0.1 W/cm^2 から 1.0 W/cm^2 までの範囲にすることができるが、好ましい動作範囲は、 0.2 W/cm^2 から 0.5 W/cm^2 までである。露出した誘電体表面の著しいスパッタ・エッチングを防ぐ (除去を < 5 ナノメートルにする) ため、選択される電力レベルは十分に低くなければならない。

40

【0051】

上記に加えて、深紫外線 (DUV) レーザ源を用いることもできる。堆積された $SiCOH$ 誘電体 12 を処理するのに用いられるレーザ源は、典型的には、レーザガス混合物によって幾つかの DUV 波長の1つで動作するエキシマレーザである。例えば、 308 nm の放射を発生させる XeF レーザを用いることができる。また、本発明においては、 248 nm の放射を発生させる KrF レーザ又は 193 nm の放射を発生させる ArF レーザを用いることができる。エキシマレーザは、結果として数百ワット (W) の出力をもたらすジュール (J) に至るパルス・エネルギーにより毎秒数百パルスで動作することができる。

【0052】

50

堆積されたままのSiCOH誘電体12を処理するのに用いられるレーザは、パルスモード下で動作することが好ましい。レーザビームを拡げて、サンプル全体を照射することができる。代替的に、より大きなサンプルについては、レーザ照射領域をサンプル全体にわたってラスタ走査し、一様な線量(ドーズ量)を与えることができる。エキシマレーザを用いる際、フルエンスがパルス当たり 5 mJ/cm^2 未満に制限され、アブレーションが生じないことを保証する。エキシマレーザについては、約 10 ns の短いパルス幅により、 20 mJ/cm^2 より高いフルエンス・レベルにおいて材料のアブレーションが生じる場合がある。典型的には、パルス毎 $0.1\text{ J/cm}^2 - 5\text{ mJ/cm}^2$ のレーザ・フルエンス・レベルが用いられる。総線量は、 1 ジュール/cm^2 から 10000 ジュール/cm^2 まで、好ましくは 500 J/cm^2 から 2000 J/cm^2 まで変わり得る。このことは、多数回のレーザ・パルス照射によって達成される。例えば、 10^6 パルス幅について 1 mJ/cm^2 のフルエンスを用いて、 1000 J/cm^2 の線量を得ることができる。エキシマレーザは、通常、毎秒数百パルスで動作する。要求される総線量に応じて、DUVレーザ処理のための総照射時間は、数秒から数時間に及ぶ。パルス毎 3 mJ/cm^2 のフルエンス・レベルで動作する 200 Hz レーザを用いて、典型的な 500 J/cm^2 の線量が、15分以内に達成される。

【0053】

上述の処理ステップは随意的なものであり、良好な電子特性及び機械的特性を有するSiCOH誘電体膜を達成するために実行する必要はない。しかしながら、上記の処理は、誘電体膜の電気的特性及び機械的特性に著しい影響を与えることなく、本発明のSiCOH誘電体膜と共に用いることができる。

【0054】

上記の処理は、約 2830 cm^{-1} から約 3050 cm^{-1} までの $\text{CH}_3 + \text{CH}_2$ 伸縮についてのピーク面積、約 2170 cm^{-1} から約 2240 cm^{-1} までのSiH伸縮についてのピーク面積、約 1250 cm^{-1} から約 1290 cm^{-1} まで及び約 750 cm^{-1} から約 860 cm^{-1} までのSiCH₃結合についてのピーク面積、及び約 960 cm^{-1} から約 1220 cm^{-1} までのSi-O-Si結合についてのピーク面積を有するFTIRスペクトルを有するものとして特徴付けられるSiCOH誘電体を提供する。さらに、本発明の処理後のSiCOH誘電体は、約 1.06 の $\text{CH}_3 + \text{CH}_2$ 伸縮についてのピーク面積、約 0 のSiH伸縮についてのピーク面積、約 2.23 のSiCH₃結合についてのピーク面積、及び約 66.3 のSi-O-Si結合についてのピーク面積を有するFTIRスペクトルを有する。本発明の処理後のSiCOH膜は、典型的には、約 9 GPa から約 11 GPa までのモジュラスを有する。

【0055】

本発明のSiCOH誘電体を含むことができる電子デバイスが、図2～図5に示されている。図2～図5に示されるデバイスは、本発明の例にすぎず、本発明によって無数の他のデバイスも形成できることに留意すべきである。

【0056】

図2においては、シリコン基板32上に構築された電子デバイス30が示されている。シリコン基板32の上には、最初に絶縁材料層34が形成されており、その中には第1の金属領域36が埋め込まれている。第1の金属領域36にCMPプロセスを実施した後、第1の絶縁材料層34及び第1の金属領域36の上に、本発明のSiCOH誘電体膜38が堆積される。第1の絶縁材料層34は、酸化シリコン、窒化シリコン、これらの材料のドーパされたもの、又はいずれかの他の適切な絶縁材料から適切に形成することができる。次に、SiCOH誘電体膜38をフォトリソグラフィ・プロセスでパターン形成し、続いてこれをエッチングし、その上に導体層40を堆積させる。第1の導体層40にCMPプロセスを実施した後、第1のSiCOH誘電体膜38及び第1の導体層40の上に、プラズマ強化化学気相堆積プロセスによって、第2の本発明のSiCOH膜層44が堆積される。導体層40は、金属材料又は非金属の導電性材料の堆積物とすることができる。例えば、アルミニウム又は銅の金属材料、或いは窒化物又はポリシリコンの非金属材料を堆

積させることができる。第１の導体４０は、第１の金属領域３６と電氣的に連絡している。

【００５７】

次に、本発明のＳｉＣＯＨ誘電体膜４４にフォトリソグラフィ・プロセスを実施した後、この膜をエッチングし、次いで第２の導体性材料の堆積プロセスを実施することによって、第２の導体領域５０が形成される。第２の導体領域５０はまた、第１の導体層４０の堆積に使用されるものと同様の金属材料又は非金属材料の堆積物とすることができる。第２の導体領域５０は、第１の導体領域４０と電氣的に連絡しており、第２の本発明のＳｉＣＯＨ誘電体膜層４４に埋め込まれている。第２の本発明のＳｉＣＯＨ誘電体膜層は、本発明の第１のＳｉＣＯＨ誘電体材料層３８と緊密に接触している。この例においては、第１の本発明のＳｉＣＯＨ誘電体膜層３８は層内誘電体材料であり、第２の本発明のＳｉＣＯＨ誘電体膜層４４は、層内及び層間誘電体の両方である。

10

【００５８】

図３は、本発明の電子デバイス６０を示し、このデバイスは、図２に示される電子デバイス３０のものと類似しているが、第１の絶縁材料層３８と第２の絶縁材料層４４との間に付加的な誘電体キャップ層６２が堆積されている。誘電体キャップ層６２は、酸化シリコン、窒化シリコン、酸窒化シリコン、高融点金属窒化シリコン（高融点金属は、Ｔａ、Ｚｒ、Ｈｆ、又はＷである）、炭化シリコン、炭窒化シリコン（ＳｉＣＮ）、酸化炭化シリコン（ＳｉＣＯ）及びこれらの水素化合物などの材料から適切に形成することができる。付加的な誘電体キャップ層６２は、第２の絶縁材料層４４又はその下位層、特に層３

20

【００５９】

本発明の電子デバイス７０の別の代替的な実施形態が、図４に示される。電子デバイス７０においては、ＲＩＥマスク及びＣＭＰ（化学機械研磨）研磨停止層の働きをする２つの付加的な誘電体キャップ層７２及び７４が用いられる。第１の誘電体キャップ層７２は、第１の超低ｋ絶縁材料層３８の上に堆積されており、ＲＩＥマスク及びＣＭＰ停止として使用されるので、ＣＭＰ後の第１の導体層４０と層７２は、ほぼ同一平面上にある。第２の誘電体層７４の機能は、層７２と類似しているが、層７４は、第２の導体層５０の平坦化に用いられる。研磨停止層７４は、酸化シリコン、窒化シリコン、酸窒化シリコン、高融点金属窒化シリコン（高融点金属は、Ｔａ、Ｚｒ、Ｈｆ、又はＷである）、炭化シリ

30

【００６０】

本発明の電子デバイス８０のさらに別の代替的な実施形態が、図５に示される。この代替的な実施形態においては、付加的な誘電体材料層８２が堆積されており、そのため、第２の絶縁材料層４４が別個の２つの層８４と８６に分割されている。したがって、本発明の低ｋ材料から形成された層内及び層間誘電体層４４は、ビア９２と相互接続部９４との間の境界で、層間誘電体層８４と層内誘電体層８６に分割されている。上部誘電体層７４の上に、さらに付加的な拡散障壁層９６が堆積されている。この代替的な実施形態の電子構造体８０によって与えられる付加的な利点は、誘電体層８２がＲＩＥエッチング停止として働き、優れた相互接続部の深さ制御が得られることである。したがって、層８２の組成は、層８６が選択的にエッチングされるように選択される。

40

【００６１】

さらに別の代替的な実施形態は、前処理された半導体基板を含む、配線構造体内の層内又は層間誘電体として絶縁材料層を有する電子構造体であって、第１の絶縁材料層に埋め込まれた第１の金属領域と、第２の絶縁材料層に埋め込まれた第１の導体領域であって、第２の絶縁材料層が第１の絶縁材料層と緊密に接触し、第１の導体領域が第１の金属領域と電氣的に連絡する第１の導体領域と、第１の導体領域と電氣的に連絡し、第３の絶縁材

50

料層に埋め込まれた第2の導体領域であって、第3の絶縁材料層が第2の絶縁材料層と緊密に接触する第2の導体領域と、第2の絶縁材料層と第3の絶縁材料層との間にある第1の誘電体キャップ層と、第3の絶縁材料層の上の第2の誘電体キャップ層とを有し、第1及び第2の誘電体キャップ層が、Si、C、O及びHの原子を含む材料、又は好ましくは本発明のSiCOH誘電体膜から形成された、電子構造体を含むことができる。

【0062】

本発明のさらに別の代替的な実施形態は、前処理された半導体基板を含む、配線構造体内の層内又は層間誘電体としての絶縁材料層を有する電子構造体であって、第1の絶縁材料層に埋め込まれた第1の金属領域と、第1の絶縁材料層と緊密に接触する第2の絶縁材料層に埋め込まれた第1の導体領域であって、第1の導体領域が第1の金属領域と電氣的に連絡する第1の導体領域と、第1の導体領域と電氣的に連絡し、第3の絶縁材料に埋め込まれた第2の導体領域であって、第3の絶縁材料層が第2の絶縁材料層と密接に接触する第2の導体領域と、第2の絶縁材料層と第3の絶縁材料層のうちの少なくとも一方の上に堆積された本発明の低k膜から形成された拡散障壁層とを含む、電子構造体を含む。

10

【0063】

さらに別の代替的实施形態は、前処理された半導体基板を含む、配線構造体内の層内又は層間誘電体として絶縁材料層を有する電子構造体であって、第1の絶縁材料層に埋め込まれた第1の金属領域と、第1の絶縁材料層と緊密に接触する第2の絶縁材料層に埋め込まれた第1の導体領域であって、第1の導体領域は第1の金属領域と電氣的に連絡する第1の導体領域と、第1の導体領域と電氣的に連絡し、第3の絶縁材料層に埋め込まれた第2の導体領域であって、第3の絶縁材料層は第2の絶縁材料層と緊密に接触する第2の導体領域と、第2の絶縁材料層の上の反応性イオン・エッチング(RIE)ハード・マスク/研磨停止層と、RIEハード・マスク/研磨停止層の上の拡散障壁層とを有し、RIEハード・マスク/研磨停止層及び拡散障壁層は、本発明のSiCOH誘電体膜から形成される、電子構造体を含む。

20

【0064】

さらに別の代替的实施形態は、前処理された半導体基板を含む、配線構造体内の層内又は層間誘電体として絶縁材料層を有する電子構造体であって、第1の絶縁材料層に埋め込まれた第1の金属領域と、第1の絶縁材料層と緊密に接触する第2の絶縁材料層に埋め込まれた第1の導体領域であって、第1の導体領域は第1の金属領域と電氣的に連絡する第1の導体領域と、第1の導体領域と電氣的に連絡し、第3の絶縁材料層に埋め込まれた第2の導体領域であって、第3の絶縁材料層は第2の絶縁材料層と緊密に接触する第2の導体領域と、第2の絶縁材料層の上の第1のRIEハード・マスク/研磨停止層と、第1のRIEハード・マスク/研磨停止層の上の第1の拡散障壁層と、第3の絶縁材料層の上の第2のRIEハード・マスク/研磨停止層と、第2のRIEハード・マスク/研磨停止層の上の第2の拡散障壁層とを有し、RIEハード・マスク/研磨停止層及び拡散障壁層が本発明のSiCOH誘電体膜から形成される、電子構造体を含む。

30

【0065】

本発明のさらに別の代替的实施形態は、配線構造体内の層内又は層間誘電体として絶縁材料層を有する、上述したものと同様の電子構造体であって、本発明のSiCOH誘電体材料から形成された、層間誘電体層と層内誘電体層との間に位置する誘電体キャップ層をさらに含む、電子構造体を含む。

40

【0066】

以下の実施例は、本発明のSiCOH誘電体材料を示し、従来技術のSiCOH誘電体とこれとの違いを示すために与えられる。

【実施例】

【0067】

この例においては、本発明のSiCOH誘電体材料が準備され、従来技術のSiCOH誘電体と比較された。上述の方法を用いて、本発明のSiCOH誘電体、すなわちサンプルAが準備された。第1の前駆体はOMCTSであり、酸化剤はO₂であった。堆積条件

50

は、2800mgmのOMCTS流量、220sccmのO₂流量、1000sccmのHeキャリア流量、350の基板堆積温度、5Torrの圧力、450milの間隔、400WのHF電力、及び60WのLF電力を含むものであった。

【0068】

堆積後にUV処理が施されたことを除いて、上記の手順を用いて、別のサンプル、すなわちサンプルBが作製された。

【0069】

前駆体としてOMCTSを用いる従来技術のSiCOH誘電体、すなわちサンプルCが準備され、次の条件、すなわち2500mgmのOMCTS流量、160sccmのO₂流量、1000sccmのHeキャリア流量、350の基板堆積温度、5Torrの圧力、450milの間隔、500WのHF電力、及び150WのLF電力が用いられた。

10

【0070】

従来技術のSiCOH誘電体であるサンプルDが、次のように、すなわち2500mgmのOMCTS流量、160sccmのO₂流量、1000sccmのHeキャリア流量、350の基板堆積温度、5Torrの圧力、450milの間隔、500WのHF電力、及び140WのLF電力のように準備された。

【0071】

サンプルA-DについてのFTIRスペクトルが、それぞれ、図6及び図7に示される。FTIRの結果は、OMCTSのサンプルA及びBが、Si-CH₃結合(およそ1270cm⁻¹及びおよそ800cm⁻¹)及びSi-O-Siネットワーク結合(およそ1030cm⁻¹)において、より鋭いピーク半値幅で示される度合いの大きい短距離の結合相互作用を有することを示した。より鋭い結合ピークは、Si-CH₃及びSi-O-Siネットワークにおいてより短距離の結合規則性が高いことを示した。

20

【0072】

FTIRデータに加えて、ポジトロニウム消滅寿命分光法(positroniumannihilation lifetime spectroscopy、PALS)を用いて、サンプルA及び従来技術のサンプルCの多孔度が測定された。多孔度の測定結果が、図8に示される。具体的には、図8は、本発明のSiCOH誘電体材料が、従来技術のSiCOH誘電体(約10%~12%の多孔度)と比べてより高い多孔度(22%から25%までの間)を有していたことを示す。

【0073】

30

電気測定は、100nm~500nmの厚さの本発明の膜が、8.5MV/cmより大きい優れた破壊電圧と、2MV/cmの印加電界における5×10⁻⁸Amper/cm²未満の低い漏れを有していたことを示した。

【0074】

本発明を例示的に説明してきたが、使用した用語は、説明のためのものであり、限定を意図したものではないことを理解すべきである。さらに、本発明は、好ましい実施形態及び幾つかの代替的な実施形態に関して説明されたが、当業者であれば、これらの教示を本発明の他の可能な変形形態に容易に適用できることを認識すべきである。

【産業上の利用可能性】

【0075】

40

本発明は、集積回路の製造に有用であり、特に、低誘電率の膜を有する超大規模集積回路及び関連する電子構造体、並びに、それらの製造に有用である。

【図面の簡単な説明】

【0076】

【図1】基板上での本発明のSiCOH誘電体材料の形成を示す(断面図による)図形的表示である。

【図2】層内誘電体層と層間誘電体層の両方として本発明のSiCOH誘電体膜を含む本発明の電子デバイスの拡大断面図である。

【図3】本発明のSiCOH誘電体膜の上に堆積された付加的な拡散障壁誘電体キャップ層を有する、図2の電子構造体の拡大断面図である。

50

【図４】付加的なＲＩＥハード・マスク／研磨停止誘電体キャップ層と、研磨停止層の上に堆積された誘電体キャップ拡散障壁層とを有する、図３の電子構造体の拡大断面図である。

【図５】本発明のＳｉＣＯＨ誘電体膜の上に堆積された付加的なＲＩＥハード・マスク／研磨停止誘電体層を有する、図４の電子構造体の拡大断面図である。

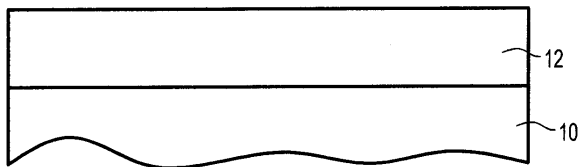
【図６】本発明の堆積されたままのＳｉＣＯＨ誘電体Ａ、本発明のＵＶ処理されたＳｉＣＯＨ誘電体Ｂ、従来技術のＳｉＣＯＨ誘電体Ｃ、及び従来技術のＳｉＣＯＨ誘電体Ｄを含む、異なるＳｉＣＯＨ誘電体のＦＴＩＲスペクトルである。

【図７】 1300 cm^{-1} から 700 cm^{-1} までの間の波長範囲が強調されている、図６に示されるＦＴＩＲスペクトルである。

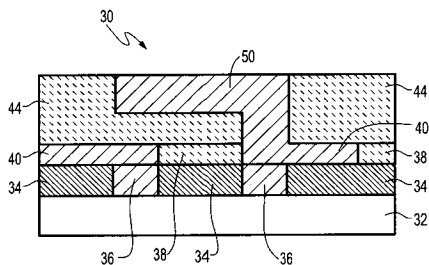
【図８】従来技術のＳｉＣＯＨ誘電体Ｃと比較した、本発明のＳｉＣＯＨ誘電体Ａの多孔度を示すグラフである。

10

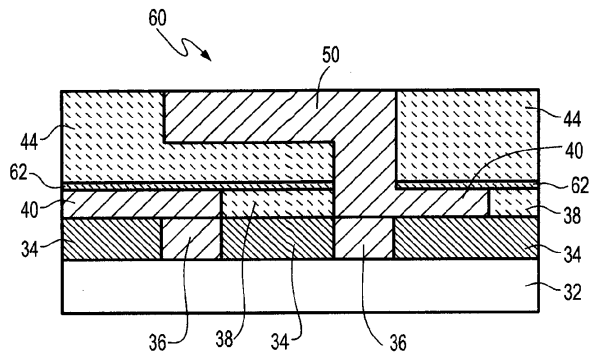
【図１】



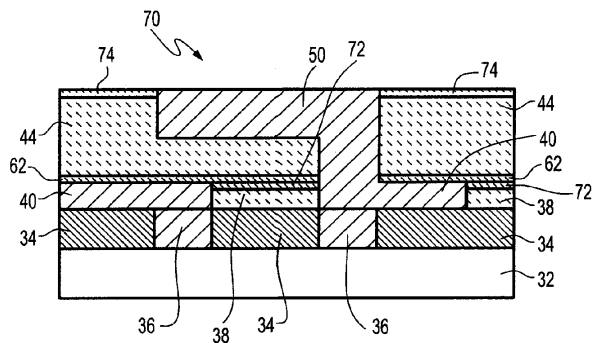
【図２】



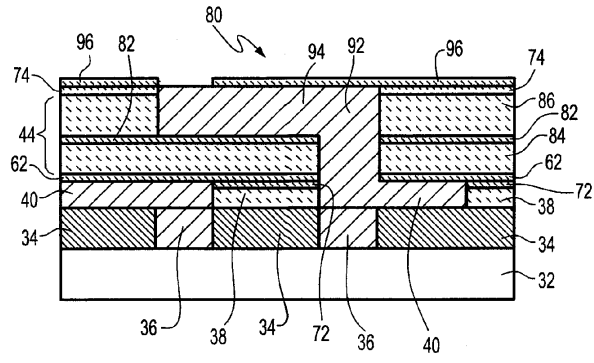
【図３】



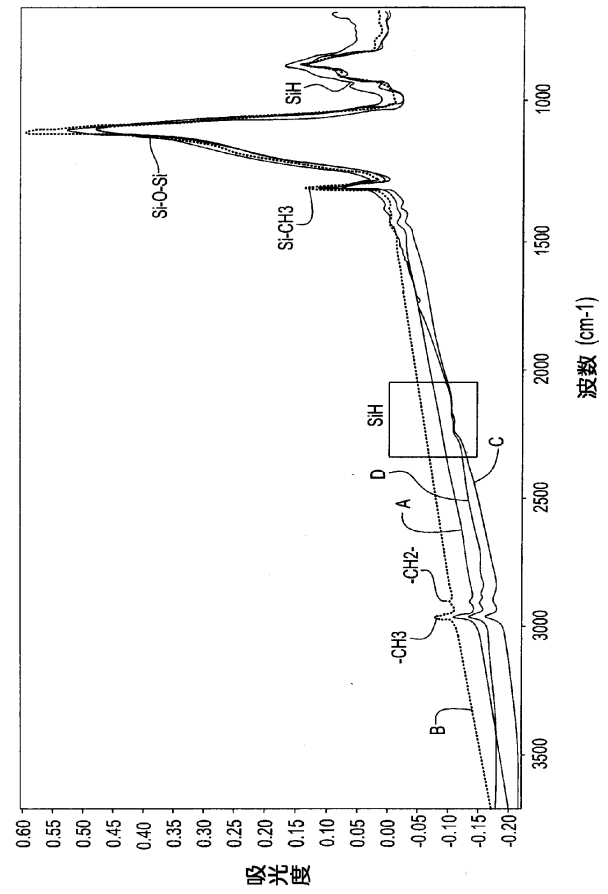
【図４】



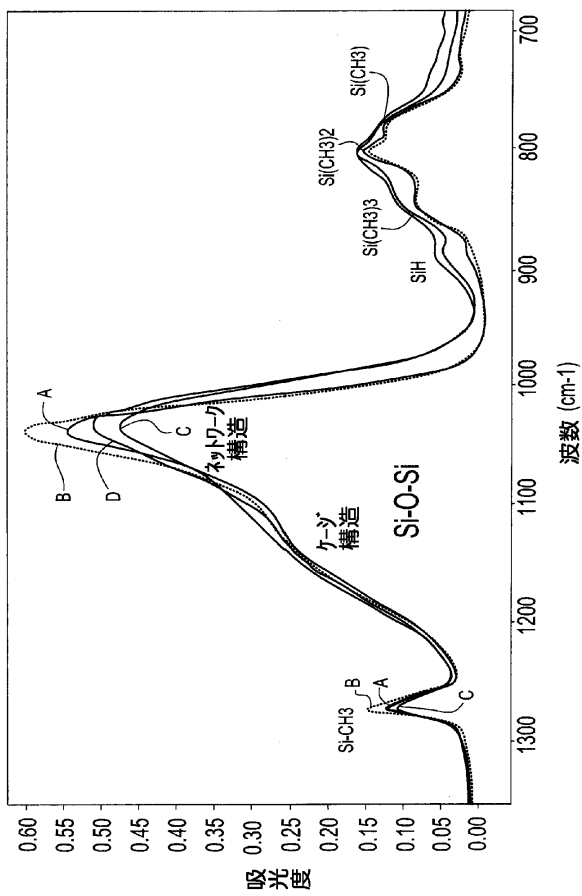
【図 5】



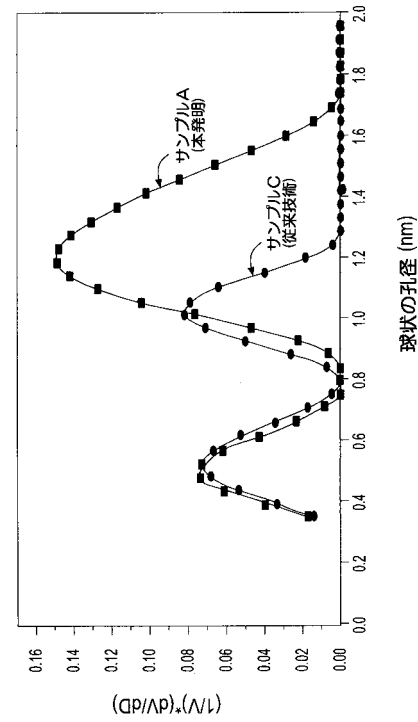
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

- (74)代理人 100112690
弁理士 太佐 種一
- (74)代理人 100091568
弁理士 市位 嘉宏
- (74)代理人 100086243
弁理士 坂口 博
- (72)発明者 グエン、ソン、ヴィ
アメリカ合衆国 1 0 5 9 8 ニューヨーク州 ヨークタウン・ハイツ パークウェイ・ドライブ
1 6
- (72)発明者 レーン、サラ、エル
アメリカ合衆国 1 2 5 9 0 ニューヨーク州 ワピンジャーズ・フォールズ タウン・ビュー・
ドライブ 3 1 3
- (72)発明者 リー、チャ
アメリカ合衆国 9 4 5 3 8 カリフォルニア州 フレモント レスリー・ストリート 3 9 6 3
9 アpartment ナンバー 2 4 4 - 0 7
- (72)発明者 イダ、ケンサク
アメリカ合衆国 1 2 5 9 0 ニューヨーク州 ワピンジャーズ・フォールズ タウン・ビュー・
ドライブ 2 6 7
- (72)発明者 レスタイノ、ダリル、ディー
アメリカ合衆国 1 2 5 4 8 ニューヨーク州 モデナ スージー・オーバル 1 4
- (72)発明者 ノガミ、タケシ
アメリカ合衆国 1 0 5 3 0 ニューヨーク州 ハーツデール ハーツデール・アベニュー イー
スト 5 0 アpartment 5 ティー

審査官 田代 吉成

- (56)参考文献 特開 2 0 0 4 - 1 3 4 7 3 8 (J P , A)
国際公開第 0 3 / 0 9 5 7 0 2 (W O , A 1)
特開 2 0 0 4 - 1 9 0 0 3 3 (J P , A)
国際公開第 2 0 0 4 / 0 0 1 8 1 5 (W O , A 1)
特表 2 0 0 4 - 5 1 5 0 5 7 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 2 0 3 2 0 0 (J P , A)
特開平 0 9 - 2 6 0 3 6 9 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

H 0 1 L 2 1 / 2 0 5
H 0 1 L 2 1 / 3 1
H 0 1 L 2 1 / 3 1 2 - 2 1 / 3 2 1 3
H 0 1 L 2 1 / 7 6 8
H 0 1 L 2 3 / 5 2 2
H 0 1 L 2 3 / 5 3 2
C 2 3 C 1 / 0 0 - 5 6 / 0 0