

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-200713

(P2004-200713A)

(43) 公開日 平成16年7月15日(2004.7.15)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/316	HO 1 L 21/316	5 F O 3 3
HO 1 L 21/768	HO 1 L 21/90	5 F O 5 8
	HO 1 L 21/90	A

審査請求 有 請求項の数 10 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2004-47027 (P2004-47027)	(71) 出願人	390002761 キヤノン販売株式会社 東京都港区港南2丁目16番6号
(22) 出願日	平成16年2月23日(2004.2.23)	(71) 出願人	391007873 株式会社半導体プロセス研究所 千葉県市川市二俣717番地30号 アベックスビル4階
(62) 分割の表示	特願2001-197279 (P2001-197279)の分割	(74) 代理人	100091672 弁理士 岡本 啓三
原出願日	平成13年6月28日(2001.6.28)	(72) 発明者	塩谷 喜美 千葉県市川市二俣717番地30号 アベックスビル4階 株式会社半導体プロセス研究所内
(31) 優先権主張番号	特願2000-384825 (P2000-384825)		
(32) 優先日	平成12年12月19日(2000.12.19)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

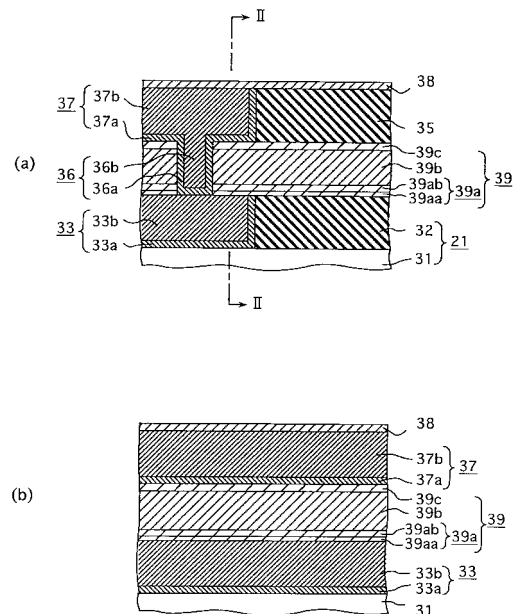
(54) 【発明の名称】 半導体装置及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 銅配線との密着性がよい低誘電率を有する絶縁膜を形成する半導体装置の製造方法を提供する。

【解決手段】 成膜ガスをプラズマ化して反応させ、基板上に低誘電率を有する絶縁膜39bを形成する半導体装置の製造方法において、成膜ガスは、シロキサン結合を有するアルキル化合物と、ヒドロカーボン(C_xH_y)と、酸素含有ガスとを含むものである。

【選択図】 図9



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

成膜ガスをプラズマ化して反応させ、基板上に低誘電率を有する絶縁膜を形成する半導体装置の製造方法において、

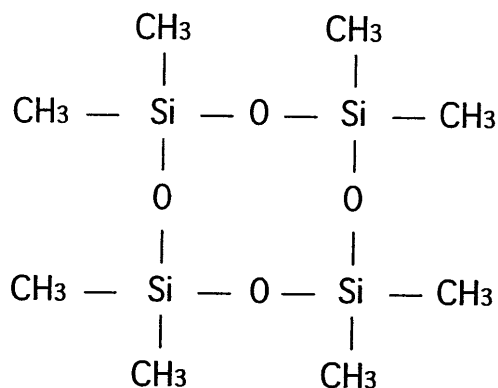
前記成膜ガスは、シロキサン結合を有するアルキル化合物と、ヒドロカーボン ($C_x H_y$) と、酸素含有ガスとを含むものであることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】

前記シロキサン結合を有するアルキル化合物は、ヘキサメチルジシロキサン (HMDSO : $(CH_3)_3Si-O-Si(CH_3)_3$)、オクタメチルシクロテトラシロキサン (OMCTS : $((CH_3)_2)_4Si_4O_4$)、

10

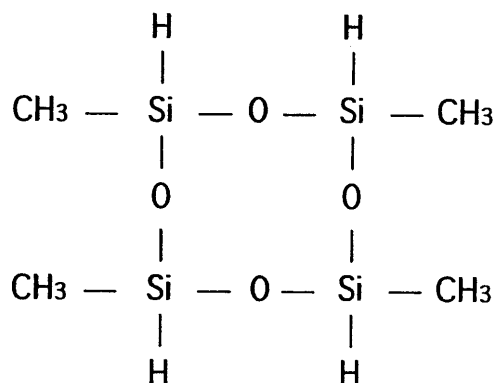
【化 3】



20

又はテトラメチルシクロテトラシロキサン (TMCTS : $(CH_3)_4Si_4O_4$)

【化 4】



30

のうち何れか一であることを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 3】

前記ヒドロカーボン ($C_x H_y$) は、アセチレン (C_2H_2)、メチルシクロヘキサン ($CH_3C_6H_{11}$)、シクロヘキサン (C_6H_{12}) 又はベンゼン (C_6H_6) のうち何れか一であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の半導体装置の製造方法。

40

【請求項 4】

前記成膜ガスは、前記シロキサン結合を有するアルキル化合物の代わりに、メチルシラン ($SiH_n(CH_3)_{4-n}$: $n = 0, 1, 2, 3$) を含むものであることを特徴とする請求項 1 又は 3 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】

前記メチルシラン ($SiH_n(CH_3)_{4-n}$: $n = 0, 1, 2, 3$) は、モノメチルシラン ($SiH_3(CH_3)$)、ジメチルシラン ($SiH_2(CH_3)_2$)、トリメチルシラン ($SiH(CH_3)_3$)、又はテトラメチルシラン ($Si(CH_3)_4$) のうち何れか一であることを特徴とする請求項 4 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 6】

50

前記成膜ガスは、ヘリウム (He)、アルゴン (Ar) 又は窒素 (N₂) のうち何れか一を含むものであることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか一に半導体装置の製造方法。

【請求項 7】

銅膜を主とする配線上に絶縁膜が形成された半導体装置であって、前記絶縁膜は請求項 1 乃至 6 の何れか一に記載の半導体装置の製造方法により成膜した低誘電率を有する絶縁膜であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 8】

前記銅膜を主とする配線上に形成された絶縁膜は銅膜を主とする配線により挟まれた層間絶縁膜を構成することを特徴とする請求項 7 記載の半導体装置。

10

【請求項 9】

銅膜を主とする配線上に該銅膜を主とする配線と接するバリア絶縁膜と、該バリア絶縁膜上の絶縁膜とが少なくとも形成された半導体装置であって、前記絶縁膜は請求項 1 乃至 6 の何れか一に記載の半導体装置の製造方法により成膜した低誘電率を有する絶縁膜であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 10】

前記銅膜を主とする配線上に形成された該銅膜を主とする配線と接するバリア絶縁膜と該バリア絶縁膜上の絶縁膜とは銅膜を主とする配線により挟まれた層間絶縁膜を構成することを特徴とする請求項 9 記載の半導体装置。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体装置及びその製造方法に関し、より詳しくは、銅膜を主とする配線を被覆して低誘電率を有する層間絶縁膜を形成する半導体装置及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、半導体集積回路装置の高集積度化、高密度化とともに、データ転送速度の高速化が要求されている。このため、RCディレイの小さい低誘電率を有する絶縁膜（以下、低誘電率絶縁膜と称する。）が用いられている。

【0003】

30

このような低誘電率絶縁膜を形成するため、一つは、トリメチルシラン (SiH(CH₃)₃) と N₂O を用いたプラズマ CVD 法が知られている。例えば、非特許文献 1 等に記載されている。また、テトラメチルシラン (Si(CH₃)₄) と N₂O を用いたプラズマ CVD 法は、例えば、非特許文献 2 等に記載されている。

【0004】

その他、フェニルシラン等を用いたプラズマ CVD 法も知られている。例えば、非特許文献 3、非特許文献 4 等に記載されている。

【非特許文献 1】M.J.Loboda, J.A.Seifferly, R.F.Schneider, and C.M.Grove, Electrochem. Soc. Fall Meeting Abstracts, p.344(1998)

【非特許文献 2】J.Shi, M.A-Plano, T.Mountsier, and S.Nag, SEMICON Korea Technical Symposium 2000, p.279(2000)

40

【非特許文献 3】遠藤和彦, 篠田啓介, 辰巳徹, 第 46 回春応用物理学会 (1999), p.897、松下信雄, 森貞佳紀, 内藤雄一, 松野下綾, 第 60 回秋応用物理学会 (1999)

【非特許文献 4】1p-ZN-9(1999)、内田恭敬, 松澤剛雄, 菅野聡, 松村正清, 第 4 回春応用物理学会, p.897(1999)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、これらの低誘電率絶縁膜は、銅膜を主とする配線との密着強度が比較的弱く、膜硬度が低いため改善が望まれている。

50

【 0 0 0 6 】

本発明は、上記の従来例の問題点に鑑みて創作されたものであり、銅膜を主とする配線との密着性がよく、かつ適度な膜硬度の、低誘電率を有する絶縁膜を形成することができる半導体装置の製造方法及びその方法により作成された半導体装置を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

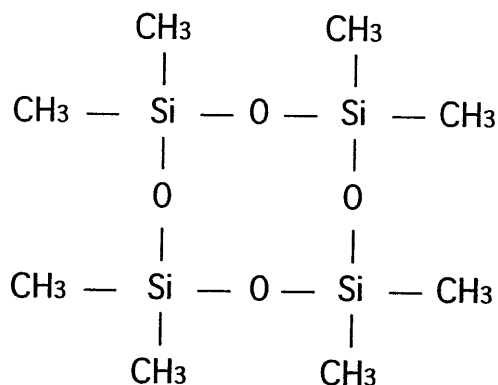
上記課題を解決するため、請求項 1 記載の発明は、半導体装置の製造方法に係り、成膜ガスをプラズマ化して反応させ、基板上に低誘電率を有する絶縁膜を形成する半導体装置の製造方法において、前記成膜ガスは、シロキサン結合を有するアルキル化合物と、ヒドロカーボン (C_xH_y) と、酸素含有ガスとを含むものであることを特徴とし、

10

請求項 2 記載の発明は、請求項 1 記載の半導体装置の製造方法に係り、前記シロキサン結合を有するアルキル化合物は、ヘキサメチルジシロキサン ($HMDSO : (CH_3)_3Si-O-Si(CH_3)_3$)、オクタメチルシクロテトラシロキサン ($OMCTS : ((CH_3)_2)_4Si_4O_4$)、

【 0 0 0 8 】

【化 7】



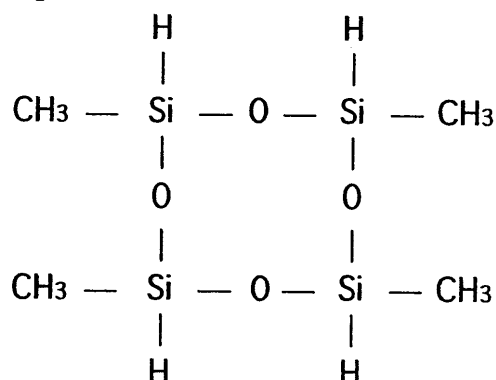
20

【 0 0 0 9 】

又はテトラメチルシクロテトラシロキサン ($TMCTS : (CH_3)_4Si_4O_4$)

【 0 0 1 0 】

【化 8】



40

【 0 0 1 1 】

のうち何れか一であることを特徴とし、

請求項 3 記載の発明は、請求項 1 又は 2 記載の半導体装置の製造方法に係り、前記ヒドロカーボン (C_xH_y) は、アセチレン (C_2H_2)、メチルシクロヘキサン ($CH_3C_6H_{11}$)、シクロヘキサン (C_6H_{12}) 又はベンゼン (C_6H_6) のうち何れか一であることを特徴とし、

請求項 4 記載の発明は、請求項 1 乃至 3 の何れか一に記載の半導体装置の製造方法に係り、前記成膜ガスは、前記シロキサン結合を有するアルキル化合物の代わりに、メチルシラン ($SiH_n(CH_3)_{4-n} : n = 0, 1, 2, 3$) を含むものであることを特徴とし、

50

請求項 5 記載の発明は、請求項 4 記載の半導体装置の製造方法に係り、前記メチルシラン ($\text{SiH}_n(\text{CH}_3)_{4-n}$: $n = 0, 1, 2, 3$) は、モノメチルシラン ($\text{SiH}_3(\text{CH}_3)$)、ジメチルシラン ($\text{SiH}_2(\text{CH}_3)_2$)、トリメチルシラン ($\text{SiH}(\text{CH}_3)_3$)、又はテトラメチルシラン ($\text{Si}(\text{CH}_3)_4$) のうち何れか一であることを特徴とし、

請求項 6 記載の発明は、請求項 1 乃至 5 の何れか一に記載の半導体装置の製造方法に係り、前記成膜ガスは、ヘリウム (He)、アルゴン (Ar) 又は窒素 (N_2) のうち何れか一を含むものであることを特徴とし、

請求項 7 記載の発明は、半導体装置に係り、銅膜を主とする配線上に絶縁膜が形成された半導体装置であって、前記絶縁膜は請求項 1 乃至 6 の何れか一に記載の半導体装置の製造方法により成膜した低誘電率を有する絶縁膜であることを特徴とし、

10

請求項 8 記載の発明は、請求項 7 記載の半導体装置に係り、前記銅膜を主とする配線上に形成された絶縁膜は銅膜を主とする配線により挟まれた層間絶縁膜を構成することを特徴とし、

請求項 9 記載の発明は、半導体装置に係り、銅膜を主とする配線上に該銅膜を主とする配線と接するバリア絶縁膜と、該バリア絶縁膜上の絶縁膜とが少なくとも形成された半導体装置であって、前記絶縁膜は請求項 1 乃至 6 の何れか一に記載の半導体装置の製造方法により成膜した低誘電率を有する絶縁膜であることを特徴とし、

請求項 10 記載の発明は、請求項 9 記載の半導体装置に係り、前記銅膜を主とする配線上に形成された該銅膜を主とする配線と接するバリア絶縁膜と該バリア絶縁膜上の絶縁膜とは銅膜を主とする配線により挟まれた層間絶縁膜を構成することを特徴としている。

20

【0012】

以下に、上記本発明の構成により奏される作用を説明する。

【0013】

本願発明者の実験によれば、図 2 に示すように、基板と絶縁膜との間の剥離強度は成膜ガスのガス圧力に反比例し、特に、ガス圧力が 1 Torr よりも低くなると非常に高くなる。一方、成膜の誘電率は、図 6 に示すように、低いガス圧の成膜では高く、高いガス圧の成膜では低くなる。

【0014】

従って、成膜初期において、低いガス圧の成膜ガスをプラズマ化し、反応させて成膜し、その後高いガス圧の成膜ガスをプラズマ化し、反応させて成膜することにより、密着性が高く、かつ全体として低い誘電率の絶縁膜を形成することができる。実験では Si 基板に成膜しているが、この結果は銅基板に成膜した場合にも同じである。

30

【0015】

特に、銅膜を主とする配線上にバリア絶縁膜を含む絶縁膜を形成する際に、バリア絶縁膜をこの発明の半導体装置の製造方法により成膜する。即ち、初期成膜を低圧絶縁膜として形成し、残りを高圧絶縁膜として形成する。プラズマ化のための電力の周波数は低圧絶縁膜も高圧絶縁膜もともに低周波数とする。

【0016】

低周波数の電力による成膜はもともと密着力は大きいですが、成膜初期に低いガス圧の成膜ガスを用いて成膜することで、密着強度が増す。

40

【0017】

さらに、バリア絶縁膜の成膜ガスとして、アンモニア (NH_3) 又は窒素 (N_2) 等の窒素含有ガスを用いることによりバリア性を向上させることができる。或いは、ヘリウム (He)、アルゴン (Ar) 又は窒素 (N_2) 等の不活性ガスを用いることで、成膜の密着力を低下させることなく成膜ガスを希釈することができる。

【0018】

上記では、低誘電率を有する主絶縁膜の他に、主絶縁膜の下地のバリア絶縁膜を形成する方法に適用があるが、低誘電率を有する主絶縁膜を形成するだけの目的では、この発明のように、成膜中にガス圧力を変えなくてもよく、例えば、シロキサン結合を有するアルキル化合物と、アセチレン (C_2H_2)、メチルシクロヘキサン ($\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_{11}$) 又はシクロヘキサン

50

(C_6H_{12})のうち何れか一と、酸素含有ガスとを含む成膜ガス、又はシロキサン結合を有するアルキル化合物と、ベンゼン(C_6H_6)と、酸素含有ガスと、不活性ガスとを含む成膜ガスを用いて、同一のガス圧力を保持したまま、所望の主絶縁膜を成膜することができる。

【0019】

成膜ガスとしてシロキサン結合を有するアルキル化合物の代わりに、メチルシラン($SiH_n(CH_3)_{4-n}$: $n = 0, 1, 2, 3$)を含むものを用いてもよい。

【発明の効果】

【0020】

以上のように、シロキサン結合を有するアルキル化合物或いはメチルシラン($SiH_n(CH_3)_{4-n}$: $n = 0, 1, 2, 3$)と、 N_2O 、 H_2O 又は CO_2 のうち何れか一の酸素含有ガスを少なくとも用いたプラズマCVD法により、ガス圧力を成膜初期に低く(1 Torr未満)して成膜し、残りの成膜を行なうときにそれより高く(1 Torr以上に)して銅膜を主とする配線の間には挟まれる層間絶縁膜或いは銅膜を主とする配線と接するバリア絶縁膜を成膜している。 10

【0021】

ガス圧力を低くすることにより、銅膜を主とする配線との密着性が良い絶縁膜を形成することができる。また、ガス圧を高くすることにより、誘電率の低い絶縁膜を形成することができる。

【0022】

従って、銅膜を主とする配線との密着性が良く、かつ低誘電率を有する層間絶縁膜を形成することが可能となる。 20

【0023】

また、バリア絶縁膜も低周波電力を印加するとともに上記2段階で調整して成膜することにより、銅膜を主とする配線との密着性がさらに良いバリア絶縁膜を形成することが可能となる。

【0024】

また、低誘電率を有する主絶縁膜を形成するだけの目的では、本発明のように、成膜中にガス圧力を変えなくてもよく、シロキサン結合を有するアルキル化合物と、アセチレン(C_2H_2)、メチルシクロヘキサン($CH_3C_6H_{11}$)又はシクロヘキサン(C_6H_{12})のうち何れか一と、酸素含有ガスとを含む成膜ガス、又はシロキサン結合を有するアルキル化合物と、ベンゼン(C_6H_6)と、酸素含有ガスと、不活性ガスとを含む成膜ガスを用いて、同一のガス圧力を保持したまま、所望の主絶縁膜を成膜することができる。 30

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

以下に、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

【0026】

(第1の実施の形態)

図1は、本発明の実施の形態に係る半導体装置の製造方法に用いられる平行平板型のプラズマ成膜装置101の構成を示す側面図である。 40

【0027】

このプラズマ成膜装置101は、プラズマガスにより被成膜基板21上に絶縁膜を形成する場所である成膜部101Aと、成膜ガスを構成する複数のガスの供給源を有する成膜ガス供給部101Bとから構成されている。

【0028】

成膜部101Aは、図1に示すように、減圧可能なチャンバ1を備え、チャンバ1は排気配管4を通して排気装置6と接続されている。排気配管4の途中にはチャンバ1と排気装置6の間の導通/非導通を制御する開閉バルブ5が設けられている。チャンバ1にはチャンバ1内の圧力を監視する不図示の真空計などの圧力計測手段が設けられている。

【0029】

チャンバ 1 内には対向する一対の上部電極 (第 2 の電極) 2 と下部電極 (第 1 の電極) 3 とが備えられ、上部電極 2 に周波数 13 . 56 MHz の高周波電力を供給する高周波電力供給電源 (RF 電源) 7 が接続され、下部電極 3 に周波数 380 kHz の低周波電力を供給する低周波電力供給電源 8 が接続されている。これらの電源 7、8 から上部電極 2 及び下部電極 3 に電力を供給して、成膜ガスをプラズマ化する。上部電極 2、下部電極 3 及び電源 7、8 が成膜ガスをプラズマ化するプラズマ生成手段を構成する。

【 0030 】

上部電極 2 は成膜ガスの分散具を兼ねている。上部電極 2 には複数の貫通孔が形成され、下部電極 3 との対向面における貫通孔の開口部が成膜ガスの放出口 (導入口) となる。この成膜ガス等の放出口は成膜ガス供給部 101 B と配管 9 a で接続されている。また、
10

【 0031 】

下部電極 3 は被成膜基板 21 の保持台を兼ね、また、保持台上の被成膜基板 21 を加熱するヒータ 12 を備えている。

【 0032 】

成膜ガス供給部 101 B には、シロキサン結合を有するアルキル化合物の供給源と、メチルシラン ($\text{SiH}_n(\text{CH}_3)_{4-n}$: $n = 0, 1, 2, 3$) の供給源と、アセチレン (C_2H_2)、シクロヘキサン (C_6H_{12})、メチルシクロヘキサン ($\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_{11}$) のうち何れか一の供給
20

【 0033 】

これらのガスは適宜分岐配管 9 b 乃至 9 j 及びこれらすべての分岐配管 9 b 乃至 9 j が接続された配管 9 a を通して成膜部 101 A のチャンバ 1 内に供給される。分岐配管 9 b 乃至 9 j の途中に流量調整手段 11 a 乃至 11 i や、分岐配管 9 b 乃至 9 j の導通 / 非導通を制御する開閉手段 10 b 乃至 10 n、10 p 乃至 t が設置され、配管 9 a の途中に配管 9 a の閉鎖 / 導通を行う開閉手段 10 a が設置されている。

【 0034 】

また、 N_2 ガスを流通させて分岐配管 9 b 乃至 9 e、9 g、9 h 内の残留ガスをパージするため、 N_2 ガスの供給源と接続された分岐配管 9 j とその他の分岐配管 9 b 乃至 9 e、9 g、9 h の間の導通 / 非導通を制御する開閉手段 10 u 乃至 10 z が設置されている。なお、 N_2 ガスは分岐配管 9 b 乃至 9 e、9 g、9 h 内のほかに、配管 9 a 内及びチャンバ 1 内の残留ガスをパージする。他に、希釈ガスとして用いることもある。

【 0035 】

以上のような成膜装置 101 によれば、シロキサンの供給源と、酸素含有ガスの供給源と、不活性ガスの供給源とを備え、さらに成膜ガスをプラズマ化するプラズマ生成手段 2、3、7、8 を備えている。

【 0036 】

これにより、下記の実施の形態に示すように、プラズマ CVD 法により低い誘電率を有する絶縁膜であって、かつ銅膜を主とする配線と密着強度の高い絶縁膜を形成することができる。

【 0037 】

そして、プラズマ生成手段として、例えば平行平板型の上部電極 2 及び下部電極 3 によりプラズマを生成する手段があり、上部電極 2 及び下部電極 3 にそれぞれ高低 2 つの周波数の電力を供給する電源 7、8 が接続されている。従って、これら高低 2 つの周波数の電力をそれぞれ各電極 2、3 に印加してプラズマを生成することができる。特に、このようにして生成した絶縁膜は緻密であり、かつ CH_3 を含むため、低誘電率を有する。

【 0038 】

10

20

30

40

50

上部電極 2 及び下部電極 3 への電力印加の好ましい組み合わせは、以下の通りである。

【0039】

第 1 に、低圧絶縁膜を形成する工程において、下部電極 3 に周波数 100 kHz 以上、1 MHz 未満の低周波電力を印加するか、又は下部電極 3 に低周波電力を印加し、かつ上部電極 2 に 1 MHz 以上の高周波電力を印加し、高圧絶縁膜を形成する工程において、上部電極 2 に高周波電力を印加する。

【0040】

第 2 に、第 1 の高圧絶縁膜を形成する工程において、上部電極 2 に高周波電力を印加することに加えて、下部電極 3 に低周波電力を印加する。

【0041】

第 3 に、特に、バリア絶縁膜を含む絶縁膜におけるバリア絶縁膜を成膜するためにこの発明の製造方法を用い、低圧絶縁膜を形成する工程において、下部電極 3 に周波数 100 kHz 以上、1 MHz 未満の低周波電力を印加し、高圧絶縁膜を形成する工程において、下部電極 3 に低周波電力を印加する。このとき、上部電極 2 に高周波電力を加えてもよい。

10

【0042】

次に、本発明が適用される成膜ガスであるシロキサン結合を有するアルキル化合物、メチルシラン、ヒドロカーボン、酸素含有ガス、及び希釈ガスについては、代表例として以下に示すものを用いることができる。

【0043】

(i) シロキサン結合を有するアルキル化合物

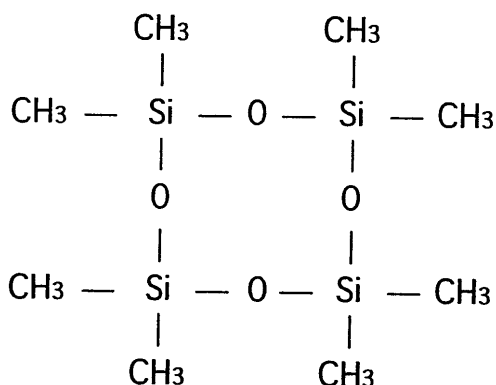
ヘキサメチルジシロキサン (HMDSO : $(\text{CH}_3)_3\text{Si}-\text{O}-\text{Si}(\text{CH}_3)_3$)

オクタメチルシクロテトラシロキサン (OMCTS : $((\text{CH}_3)_2)_4\text{Si}_4\text{O}_4$)、

20

【0044】

【化 9】



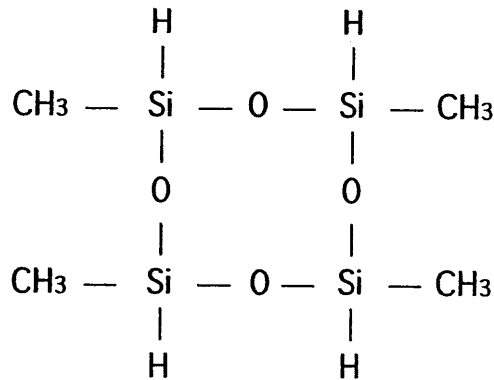
30

【0045】

テトラメチルシクロテトラシロキサン (TMCTS : $(\text{CH}_3)_4\text{Si}_4\text{O}_4$)

【0046】

【化 1 0】



10

【 0 0 4 7】

(ii) メチルシラン ($\text{SiH}_n(\text{CH}_3)_{4-n}$: $n = 0, 1, 2, 3$)モノメチルシラン ($\text{SiH}_3(\text{CH}_3)$)ジメチルシラン ($\text{SiH}_2(\text{CH}_3)_2$)トリメチルシラン ($\text{SiH}(\text{CH}_3)_3$)テトラメチルシラン ($\text{Si}(\text{CH}_3)_4$)(iii) ハイドロカーボン (C_xH_y)アセチレン (C_2H_2)メチルシクロヘキサン ($\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_{11}$)シクロヘキサン (C_6H_{12})ベンゼン (C_6H_6)

(iv) 酸素含有ガス

一酸化窒素 (N_2O)水 (H_2O)炭酸ガス (CO_2)

(v) 希釈ガス

ヘリウム (He)アルゴン (Ar)窒素 (N_2)

20

30

次に、本願発明者の行なった実験について説明する。

【 0 0 4 8】

以下の成膜条件により、プラズマ励起CVD法(PECVD法)によりSi基板上にシリコン酸化膜を図7の成膜手順により成膜した。シロキサン結合を有するアルキル化合物としてHMDSOを用い、酸素含有ガスとして N_2O を用い、希釈ガスとして He を用いた。なお、成膜においては、図7に示すように、ガス導入から成膜開始(プラズマ励起)までのチャンバ内のガスの置換に必要な時間(安定化期間)を1分30秒間とり、上部電極2への反応生成物の付着を防止するため上部電極2を100で加熱している。

40

【 0 0 4 9】

成膜条件

成膜ガス

HMDSO流量 : 50 SCCM

 N_2O 流量 : 200 SCCM He 流量 : 400 SCCM

ガス圧力(パラメータ) : 0.75乃至1.75 Torr

プラズマ励起条件

下部電極(第1の電極)

低周波電力(周波数380kHz)(パラメータ) : 0乃至100W

上部電極(第2の電極)

50

高周波電力（周波数 13.56 MHz）：250 W

基板加熱条件：375

(a) 成膜ガスのガス圧力と剥離強度の関係

図2は、成膜ガスのガス圧力とSi基板上に形成した成膜の剥離強度の関係を示す図である。縦軸は線形目盛りで表した成膜の剥離強度（g重）を示し、横軸は線形目盛りで表した成膜ガスのガス圧力（Torr）を示す。

【0050】

調査用絶縁膜は、上記成膜条件のパラメータのうち、下部電極3への低周波電力の印加を行わず、成膜ガスのガス圧力0.9、1.5 Torrの2条件でSi基板上に成膜した。また、剥離強度は島津製作所製の測定器（シマズ走査型スクラッチテスタ SST101）を用いて測定した。 10

【0051】

図2によれば、ガス圧力1.5 Torrのとき、5乃至6程度であった剥離強度がガス圧力0.9 Torrのとき、15乃至16と3倍程度に大幅に改善された。

【0052】

なお、上記調査では、被成膜基板としてSi基板を用い、Si基板に対する剥離強度を調査しているが、銅基板に対する剥離強度も同じ傾向があると考えられる。

【0053】

(b) 被成膜基板バイアスの低周波電力と剥離強度の関係

図3は、プラズマ励起条件の下部電極3に印加した低周波電力とSi基板上に形成した成膜の剥離強度の関係を示す図である。縦軸は線形目盛りで表した成膜の剥離強度（g重）を示し、横軸は線形目盛りで表した低周波電力（W）を示す。 20

【0054】

調査用絶縁膜は、上記成膜条件のパラメータのうち、成膜ガスのガス圧力1.5 Torrとし、低周波電力0、10、30、50、75、100 Wの6条件で成膜した。測定装置は(a)と同じものを用いた。

【0055】

図3によれば、低周波電力が30 W以下で、0 Wのときの凡そ6から、30 Wのときの凡そ3.3のように、電力の増加とともに剥離強度が低下した。低周波電力が30 Wよりも大きくなると、剥離強度はあまり低下せず、3前後に落ち着いた。 30

【0056】

(c) 成膜ガスのガス圧力と膜硬度の関係

図4は、成膜ガスのガス圧力とSi基板上に形成した成膜の膜硬度及びヤング率（Young's Modulus）の関係を示す図である。縦軸の左側は線形目盛りで表した成膜の膜硬度を示し、同じく右側は線形目盛りで表した成膜のヤング率（GPa）を示し、横軸は線形目盛りで表した成膜ガスのガス圧力（Torr）を示す。

【0057】

調査用絶縁膜は、上記成膜条件のパラメータのうち、下部電極3への低周波電力の印加を行わず、成膜ガスのガス圧力0.7、0.9、1.1、1.3、1.5、1.7 Torrの6条件で作成した。膜硬度、ヤング率（Young's Modulus）は、島津製作所製の測定器（シマズダイナミック超微小硬度計 DUH-W201S）を用いて測定した。 40

【0058】

図4によれば、ガス圧力0.7 Torrから1.3 Torrまで、ガス圧力の増加とともに、膜硬度は低下する。ガス圧力0.7 Torrのとき230程度で、ガス圧力1.3 Torrのとき70乃至80程度であった。ガス圧力がこれより大きくなると膜硬度は50前後に落ち着き、あまり変化しなくなった。

【0059】

ヤング率（Young's Modulus）も膜硬度とほぼ同じ傾向を示した。ガス圧力0.7 Torrのとき40 GPa程度で、ガス圧力1.3 Torrのとき10程度であった。ガス圧力がこれより大きくなるとヤング率は10 GPa前後に落ち着いた。 50

【0060】

(d) 被成膜基板バイアスの低周波電力と膜硬度の関係

図5は、被成膜基板への直流バイアス電圧を形成する下部電極3に印加した低周波電力とSi基板上に形成した成膜の膜硬度及びヤング率の関係を示す図である。縦軸の左側は線形目盛りで表した膜硬度を示し、同じく右側は線形目盛りで表した成膜のヤング率(GP)を示し、横軸は線形目盛りで表した低周波電力(W)を示す。

【0061】

調査用絶縁膜は、上記成膜条件のパラメータのうち、成膜ガスのガス圧力1.5 Torrとし、低周波電力0, 10, 30, 50, 75, 100 Wの6条件で成膜した。測定装置は(c)と同じものを用いた。

【0062】

図5によれば、低周波電力0から75 Wまでは、低周波電力の増加とともに、膜硬度も高くなっていく。低周波電力がそれ以上増加すると、膜硬度は漸増する。膜硬度は、低周波電力を印加しないとき約50、75 Wのとき約290、100 Wのとき約300であった。

【0063】

ヤング率も膜硬度と同様な傾向を示し、低周波電力を印加しないとき約8、75 Wのとき約47、100 Wのとき約50であった。

【0064】

(e) 被成膜基板バイアスの低周波電力と成膜の比誘電率の関係

図6は、被成膜基板への直流バイアス電圧を形成する下部電極3に印加した低周波電力とSi基板上に形成した成膜の比誘電率の関係を示す図である。縦軸は線形目盛りで表した成膜の比誘電率を示し、横軸は線形目盛りで表した低周波電力(W)を示す。

【0065】

調査用絶縁膜は、上記成膜条件のパラメータのうち、成膜ガスのガス圧力0.9, 1.2, 1.5 Torrの3条件で、かつ低周波電力0, 10, 20, 50, 75, 100 Wの6条件で成膜した。比誘電率は直流バイアスに周波数1 MHzの信号を重畳したC-V測定法により測定した。

【0066】

なお、図中、ガス圧1.5 Torrの場合、調査点付近の数字は膜硬度を示す。

【0067】

図6によれば、ガス圧0.9 Torrの場合、低周波電力0から20 Wまでは比誘電率は2.9から4.3くらいまで急激に増加し、それ以上の低周波電力では漸減している。ガス圧1.2 Torrの場合、低周波電力0から20 Wまでは比誘電率は2.7から3.9くらいまで急激に増加し、それ以上は漸増し、100 Wで4.8程度になっている。ガス圧1.5 Torrの場合も、ガス圧1.2 Torrの場合と同じように、低周波電力0から20 Wまでは比誘電率は2.7から3.6くらいまで急激に増加し、それ以上の低周波電力では漸増し、100 Wで4.1程度になっている。

【0068】

以上のように、第1の実施の形態によれば、成膜ガス圧力に関しては、低い方が、剥離強度が大きいことが分かった。特に、1 Torr以下で剥離強度が大きく、1 Torr以上で比誘電率が小さい。また、低周波電力に関しては、小さい方が、剥離強度が大きく、かつ比誘電率が低くなることが分かった。

【0069】

従って、低誘電率を有する絶縁膜を銅膜を主とする配線の間層間絶縁膜として形成する場合、成膜初期は、比誘電率を多少犠牲にして、ガス圧を、例えば1 Torr未満と低くし、かつ低周波電力を小さくして剥離強度を大きくし、残りの成膜をガス圧を、例えば1 Torr以上と高くして行い、膜全体の比誘電率を低くすることが望ましい。

【0070】

また、銅膜を主とする配線と接するバリア絶縁膜として形成する場合は、ガス圧力の調

10

20

30

40

50

整は低圧絶縁膜と高圧絶縁膜とで層間絶縁膜と同様に行なうが、プラズマ励起のための電力の周波数の調整は行なわず、低圧絶縁膜も高圧絶縁膜もともに低周波数とする。即ち、成膜初期は、比誘電率を多少犠牲にして、ガス圧を、例えば1 Torr未満と低くし、かつ低周波電力を小さくして剥離強度を大きくし、残りの成膜をガス圧を、例えば1 Torr以上と高くして行い、膜全体の比誘電率を低くすることが望ましい。

【0071】

なお、成膜初期においてガス圧を1 Torr未満が好ましいが、ガス圧が0.1 Torrより小さいと、成膜レートが遅く実用的でない。また、残りの成膜においてガス圧を1 Torr以上が好ましいが、放電の関係で最大10 Torrとすることが実用的である。

【0072】

(第2の実施の形態)

次に、図8(a)、(b)を参照して、本発明の第2の実施の形態に係る半導体装置及びその製造方法を説明する。

【0073】

図8(a)は、本発明の第2の実施の形態に係る半導体装置の製造方法により作成された半導体装置を示す断面図である。同図(b)は同図(a)のI-I線断面図である。下部配線33が埋め込まれた下部配線埋込絶縁膜32と上部配線37が埋め込まれた上部配線埋込絶縁膜35との間に挟まれた配線層間絶縁膜34の成膜ガスとしてHMDSO + N₂O + Heを用いている。

【0074】

まず、図8(a)に示すように、基板(被成膜基板)31上に、膜厚約1 μmのSiO₂膜又はSiOCH膜からなる配線埋込絶縁膜32を形成する。なお、SiOCH膜は膜中にSi, O, C, Hを含む絶縁膜である。

【0075】

続いて、配線埋込絶縁膜32をエッチングして配線溝を形成した後、配線溝の内面に銅拡散防止膜としてTaN膜33aを形成する。次いで、TaN膜33a表面に図示しない銅シード層をスパッタ法により形成した後、メッキ法により銅膜を埋め込む。CMP法(Chemical Mechanical Polishing法)により、配線溝から突出した銅膜及びTaN膜33aを研磨して表面を平坦化する。これにより、銅膜を主とする配線33b及びTaN膜33aからなる下部配線が形成される。

【0076】

次に、HMDSO + N₂O + Heを用いたプラズマCVD法により膜厚数10 nmのPE-CVD SiOCH膜からなる配線層間絶縁膜34を形成する。以下にその詳細を説明する。

【0077】

即ち、配線層間絶縁膜34を形成するには、まず、被成膜基板21を成膜装置101のチャンバ1内に導入し、基板保持具3に保持する。続いて、被成膜基板21を加熱し、温度375℃に保持する。HMDSOを流量50 sccmで、N₂Oガスを流量200 sccmで、Heガスを流量400 sccmで、図1に示すプラズマ成膜装置101のチャンバ1内に導入し、圧力を0.7 Torrに保持する。次いで、下部電極3に周波数380 kHzの低周波電力100乃至150 Wを印加し、上部電極2に周波数13.56 MHzの高周波電力250 W(0.3 W/cm²に相当)を印加する。

【0078】

これにより、HMDSOとN₂OとHeがプラズマ化する。この状態を40秒間保持して、膜厚凡そ100 nmのPE-CVD SiOCH膜からなる低圧絶縁膜34aを形成する。なお、SiOCH膜は膜中にSi, O, Cを含む絶縁膜である。

【0079】

引き続き、同じ反応ガスの組み合わせを用い、かつ同じ流量を保持し、ガス圧力を1.5 Torrに調整し、同じプラズマ励起条件で成膜する。膜厚約500 nmのPE-CVD SiOCH膜からなる高圧絶縁膜34bが形成される。

【0080】

10

20

30

40

50

以上により、低圧絶縁膜 3 4 a と高圧絶縁膜 3 4 b からなる配線層間絶縁膜 3 4 が形成される。

【0081】

次いで、配線層間絶縁膜 3 4 上に SiO_2 膜又は SiOCH 膜 3 2 を形成したときと同じ方法により膜厚約 $1 \mu\text{m}$ の SiO_2 膜又は SiOCH 膜からなる配線埋込絶縁膜 3 5 を形成する。

【0082】

次に、よく知られたデュアルダマシン法により銅膜を主とする接続導体 3 6 と上部配線 3 7 を形成する。なお、図中、符号 3 6 a、3 7 a は TaN 膜であり、符号 3 6 b、3 7 b は銅膜である。

【0083】

次に、全面にバリア絶縁膜 3 8 を形成する。これにより、半導体装置が完成する。

【0084】

以上のように、この第 2 の実施の形態によれば、下部配線 3 3 が埋め込まれた下部配線埋込絶縁膜 3 2 と上部配線 3 7 が埋め込まれた上部配線埋込絶縁膜 3 5 の間に配線層間絶縁膜 3 4 を挟んでなる半導体装置の製造方法において、成膜ガスのガス圧力を 1 Torr 未満で初期成膜し、同じく 1 Torr 以上で残りをプラズマ励起 CVD 法により配線層間絶縁膜 3 4 を形成している。

【0085】

これにより、銅膜 3 3 b に対して密着性が高く、かつ全体として 3 以下の低比誘電率を有する層間絶縁膜 3 4 を形成することができる。

【0086】

以上、第 2 の実施の形態によりこの発明を詳細に説明したが、この発明の範囲は上記実施の形態に具体的に示した例に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の上記実施の形態の変更はこの発明の範囲に含まれる。

【0087】

第 2 の実施の形態で用いた HMDSO の代わりに、第 1 の実施の形態で記載した他のシロキサン結合を有するアルキル化合物の代わりに、メチルシラン ($\text{SiH}_n(\text{CH}_3)_{4-n}$: $n = 0, 1, 2, 3$) を用いることができる。メチルシランの種類は第 1 の実施の形態に示したので、ここでは省略する。

【0088】

また、成膜ガスは、アセチレン (C_2H_2)、メチルシクロヘキサン ($\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_{11}$) 又はシクロヘキサン (C_6H_{12}) のうち何れか一を含むものでもよい。膜の多孔性が増加し、誘電率を更に低下させることができる。

【0089】

また、成膜ガスは、ベンゼン (C_6H_6) を含むものでもよい。

【0090】

また、成膜ガスは、メチルアルコール (CH_3OH) 又はエチルアルコール ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) を含むものでもよい。

【0091】

また、成膜ガスは、ヘリウム (He) の代わりに、アルゴン (Ar) 又は窒素 (N_2) のうち何れか一を含む不活性ガスを加えてもよい。

【0092】

また、バリア絶縁膜 3 8 を下記第 3 の実施の形態のバリア絶縁膜 3 9 a と同じ成膜方法により成膜してもよい。

【0093】

(第 3 の実施の形態)

図 9 (a) は、第 3 の実施の形態である半導体装置の製造方法について示す断面図である。図 9 (b) は、図 9 (a) の II-II 線に沿う断面図である。

【0094】

10

20

30

40

50

図8(a)、(b)と異なるところは、バリア絶縁膜39a、39cを含む層間絶縁膜39のうち、銅膜を主とする配線と接するバリア絶縁膜39aにこの発明の製造方法を適用している点である。

【0095】

以下に、第3の実施の形態である半導体装置の製造方法について説明する。なお、図9(a)、(b)中、図8(a)、(b)中の符号と同じ符号で示すものは図8(a)、(b)中のものと同じものを示すので、説明を省略する。

【0096】

まず、第2の実施の形態と同様な方法で、基板(被成膜基板)31上に、膜厚約1 μ mのSiO₂膜又はSiOCH膜からなる配線埋込絶縁膜32と、配線埋込絶縁膜32の配線溝に銅膜を主とする配線33b及びTa₂N膜33aからなる下部配線とを形成する。

【0097】

次いで、配線層間絶縁膜39のうち銅膜と接するバリア絶縁膜39aをHMDSO + N₂O + NH₃の成膜ガスを用いたプラズマCVD法により形成する。以下にその詳細を説明する。

【0098】

即ち、バリア絶縁膜39aを形成するには、まず、被成膜基板21を成膜装置101のチャンバ1内に導入し、基板保持具3に保持する。続いて、被成膜基板21を加熱し、温度375℃に保持する。HMDSOを流量凡そ50sccmで、N₂Oを流量凡そ200sccmで、NH₃ガスを流量凡そ50sccmで、図1に示すプラズマ成膜装置101のチャンバ1内に導入し、圧力を0.7Torrに保持する。なお、上記成膜ガスにHeガスを加えてもよく、この場合、流量約400sccmとするとよい。

【0099】

次いで、下部電極3に周波数380kHzの低周波電力約150Wを印加する。上部電極2には高周波電力を印加しない。

【0100】

これにより、HMDSOとN₂OとNH₃とがプラズマ化する。この状態を5秒間保持して、膜厚10nmのPE-CVD SiO₂膜からなる低圧絶縁膜39aaを形成する。

【0101】

引き続き、同じ反応ガスの組み合わせを用い、かつ同じ流量を保持し、ガス圧力を1.5Torrに調整し、同じプラズマ励起条件で成膜する。膜厚約90nmのPE-CVD SiOCH膜からなる高圧絶縁膜39abが形成される。

【0102】

以上により、低圧絶縁膜39aaと高圧絶縁膜39abからなるバリア絶縁膜39aが形成される。

【0103】

次いで、通常の良く知られた低誘電率を有する絶縁膜の形成方法により、バリア絶縁膜39a上に低誘電率を有する主絶縁膜39b及びバリア絶縁膜39cを順次形成し、配線層間絶縁膜39を形成する。

【0104】

次に、第2の実施の形態と同様にして、配線層間絶縁膜39上に配線埋込絶縁膜35と、接続導体36と、上部配線37と、バリア絶縁膜38とを順次形成する。

【0105】

以上のように、この実施の形態によれば、銅膜を主とする配線上にバリア絶縁膜39a、39cを含む層間絶縁膜39を形成する際に、バリア絶縁膜39aを形成するため、初期成膜を低圧絶縁膜39aaとして形成し、残りを高圧絶縁膜39abとして形成し、低圧絶縁膜39aaも高圧絶縁膜39abもともに、低周波電力を用いて成膜ガスをプラズマ化している。

【0106】

低周波数の電力による成膜はもともと密着力は大きいですが、成膜初期に低いガス圧の成膜ガスを用いて成膜することで、密着強度をさらに向上させることができる。

10

20

30

40

50

【0107】

以上、第3の実施の形態によりこの発明を詳細に説明したが、この発明の範囲は上記実施の形態に具体的に示した例に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の上記実施の形態の変更はこの発明の範囲に含まれる。

【0108】

第3の実施の形態で用いたHMDSOの代わりに、第1の実施の形態で記載した他のシロキサン結合を有するアルキル化合物でもよいし、メチルシラン($\text{SiH}_n(\text{CH}_3)_{4-n}$: $n = 0, 1, 2, 3$)を用いることができる。メチルシランの種類は第1の実施の形態に示したので、ここでは省略する。

【0109】

また、成膜ガスは、アンモニア(NH_3)又は窒素(N_2)のうち何れか一を含む窒素含有ガスでもよい。

【0110】

また、成膜ガスは、ヘリウム(He)、アルゴン(Ar)又は窒素(N_2)のうち何れか一を含む不活性ガスでもよい。これにより、成膜の所謂白濁を防止することができる。

【0111】

また、層間絶縁膜39のうち、絶縁膜39bは第2の実施の形態の絶縁膜34bの成膜方法により形成してもよい。また、層間絶縁膜39のうち、バリア絶縁膜39cをバリア絶縁膜39aと同じ成膜方法により形成してもよい。但し、上部配線37と接する側を低圧絶縁膜とする。またバリア絶縁膜38をバリア絶縁膜39aと同じ成膜方法により形成してもよい。

【0112】

(第4の実施の形態)

上記実施の形態では、低誘電率を有する主絶縁膜の他に、主絶縁膜の下地のバリア絶縁膜を形成する方法に適用があるが、低誘電率を有する主絶縁膜を形成するだけの目的では、成膜中にガス圧力を変えなくてもよく、シロキサン結合を有するアルキル化合物と、アセチレン(C_2H_2)、メチルシクロヘキサン($\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_{11}$)又はシクロヘキサン(C_6H_{12})のうち何れか一と、酸素含有ガスとを含む成膜ガス、又はシロキサン結合を有するアルキル化合物と、ベンゼン(C_6H_6)と、酸素含有ガスと、不活性ガスとを含む成膜ガスを用いて、同一のガス圧力を保持したまま、所望の主絶縁膜を成膜することができる。

【0113】

図9(a)、(b)を参照して、第4の実施の形態である半導体装置の製造方法について説明する。

【0114】

第3の実施の形態と異なるところは、上下のバリア絶縁膜39a、39cと低誘電率を有する主絶縁膜39bを含む層間絶縁膜39のうち、バリア絶縁膜39a、39cには含まれた、低誘電率を有する主絶縁膜39bにこの発明の製造方法を適用している点である。

【0115】

以下に、第4の実施の形態である半導体装置の製造方法について説明する。主絶縁膜39bの成膜条件は以下の通りである。

【0116】

成膜ガス

HMDSO流量: 50 sccm

N_2O 流量: 200 sccm

C_2H_2 流量: 50 sccm

ガス圧力(パラメータ): 0.9 Torr

プラズマ励起条件

下部電極(第1の電極)

低周波電力(周波数380kHz)(パラメータ): 0W

10

20

30

40

50

上部電極（第２の電極）

高周波電力（周波数 13.56 MHz）：250 W

基板加熱条件：375

まず、第２の実施の形態と同様な方法で、基板（被成膜基板）31上に、膜厚約1 μmのPE-CVD SiO₂膜からなる配線埋込絶縁膜32と、配線埋込絶縁膜32の配線溝に銅膜を主とする配線33b及びTaN膜33aからなる下部配線とを形成する。

【0117】

次いで、第３の実施の形態と同様に、HMDSO + N₂O + NH₃の成膜ガスを用いたプラズマCVD法により、配線層間絶縁膜39のうち銅膜と接するバリア絶縁膜39aを形成する。バリア絶縁膜39aは低圧絶縁膜39aaと高圧絶縁膜39abからなる。

10

【0118】

次いで、上記成膜ガスを用いたプラズマCVD法により、バリア絶縁膜39a上に低誘電率を有する主絶縁膜39b及びバリア絶縁膜39cを順次形成し、配線層間絶縁膜39を形成する。

【0119】

低誘電率を有する主絶縁膜39bを形成するため、まず、被成膜基板21を成膜装置101のチャンバ1内に導入し、基板保持具3に保持する。続いて、被成膜基板21を加熱し、温度375に保持する。HMDSOを流量50 sccmで、N₂Oガスを流量200 sccmで、CH₃C₆H₁₁を流量50 sccmで、図1に示すプラズマ成膜装置101のチャンバ1内に導入し、圧力を0.9 Torrに保持する。次いで、上部電極2に周波数13.56 MHzの高周波電力250 W（0.3 W/cm²に相当）を印加する。このとき、下部電極3には低周波電力を印加しない。

20

【0120】

これにより、HMDSOとN₂OとCH₃C₆H₁₁がプラズマ化する。この状態を40秒間保持して、膜厚凡そ500 nmのPE-CVD SiO₂膜からなる主絶縁膜39bが形成される。

【0121】

次に、第２の実施の形態と同様にして、配線層間絶縁膜39上に配線埋込絶縁膜35と、接続導体36と、上部配線37と、バリア絶縁膜38とを順次形成する。

【0122】

以上、第４の実施の形態によりこの発明を詳細に説明したが、この発明の範囲は上記実施の形態に具体的に示した例に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の上記実施の形態の変更はこの発明の範囲に含まれる。

30

【0123】

第４の実施の形態で用いたHMDSOの代わりに、第１の実施の形態に記載した他のシロキサン結合を有するアルキル化合物でもよいし、メチルシラン（SiH_n(CH₃)_{4-n}：n = 0, 1, 2, 3）を用いることができる。メチルシランの種類は第１の実施の形態に示したので、ここでは省略する。

【0124】

また、成膜ガスは、ヘリウム（He）、アルゴン（Ar）又は窒素（N₂）のうち何れか一を含む不活性ガスでもよい。この場合、アセチレン（C₂H₂）、メチルシクロヘキサン（C₆H₁₂）又はシクロヘキサン（C₆H₁₂）のうち何れか一の代わりに、ベンゼン（C₆H₆）を用いてもよい。

40

【図面の簡単な説明】

【0125】

【図1】本発明の実施の形態である半導体装置の製造方法に用いられるプラズマ成膜装置の構成を示す側面図である。

【図2】本発明の第１の実施の形態である低誘電率絶縁膜の成膜ガスのガス圧力に対する剥離強度の関係を示すグラフである。

【図3】本発明の第１の実施の形態である低誘電率絶縁膜の成膜ガスをプラズマ化する際

50

の基板バイアスための低周波電力に対する剥離強度の関係を示すグラフである。

【図4】本発明の第1の実施の形態である低誘電率絶縁膜の成膜ガスのガス圧力に対する膜硬度及びヤング率の関係を示すグラフである。

【図5】本発明の第1の実施の形態である低誘電率絶縁膜の成膜ガスをプラズマ化する際の基板バイアスための低周波電力に対する膜硬度及びヤング率の関係を示すグラフである。

【図6】本発明の第1の実施の形態である低誘電率絶縁膜の成膜ガスをプラズマ化する際の基板バイアスための低周波電力に対する比誘電率の関係を示すグラフである。

【図7】本発明の第1の実施の形態である成膜手順について示す図である。

【図8】(a)、(b)は、本発明の第2の実施の形態である半導体装置及びその製造方法について示す断面図である。 10

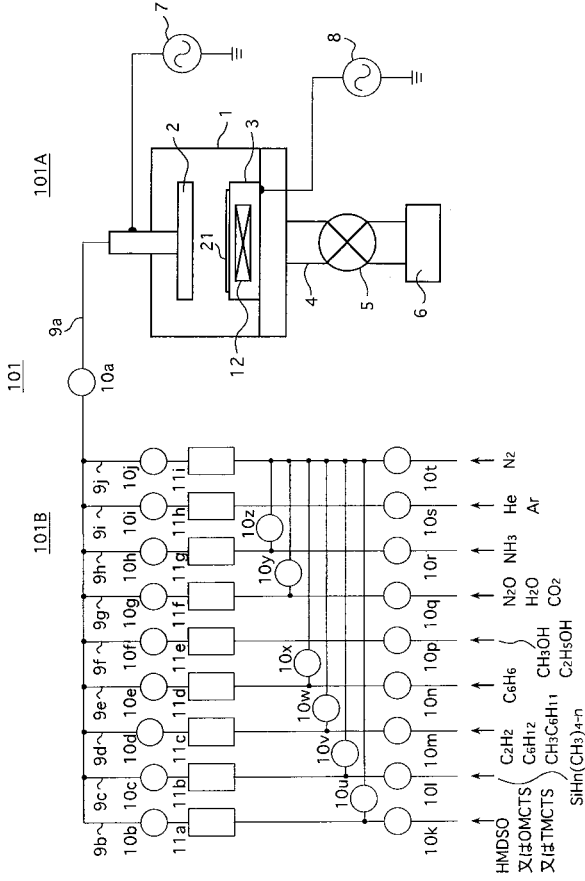
【図9】(a)、(b)は、本発明の第3及び第4の実施の形態である半導体装置及びその製造方法について示す断面図である。

【符号の説明】

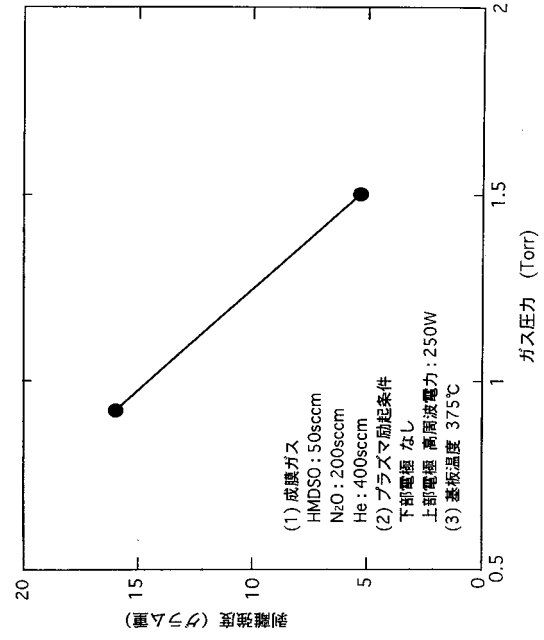
【0126】

- 1 チャンバ
- 2 上部電極
- 3 下部電極
- 4 排気配管
- 5 バルブ 20
- 6 排気装置
- 7 高周波電力供給電源 (RF電源)
- 8 低周波電力供給電源
- 9 a 配管
- 9 b ~ 9 j 分岐配管
- 10 a ~ 10 n , 10 p ~ 10 z 開閉手段
- 11 a ~ 11 i 流量調整手段
- 12 ヒータ
- 21 被成膜基板
- 31 基板 30
- 32 下部配線埋込絶縁膜 (SiO₂膜又はSiOCH膜)
- 33 下部配線
- 33 a、36 a、37 a TaN膜
- 33 b、36 b、37 b 銅膜
- 34、39 配線層間絶縁膜
- 34 a、39aa 低圧絶縁膜
- 34 b、39ab 高圧絶縁膜
- 35 上部配線埋込絶縁膜 (SiO₂膜又はSiOCH膜)
- 36 接続導体
- 37 上部配線 40
- 38、39 a、39 c バリア絶縁膜
- 39 b 主絶縁膜
- 101 A 成膜部
- 101 B 成膜ガス供給部

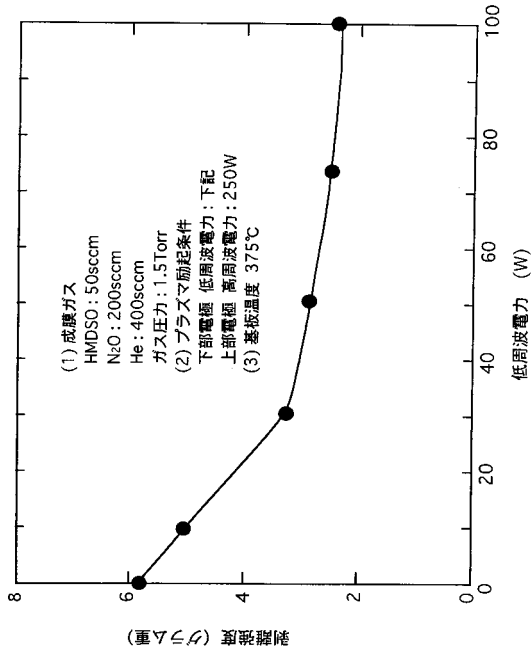
【 図 1 】



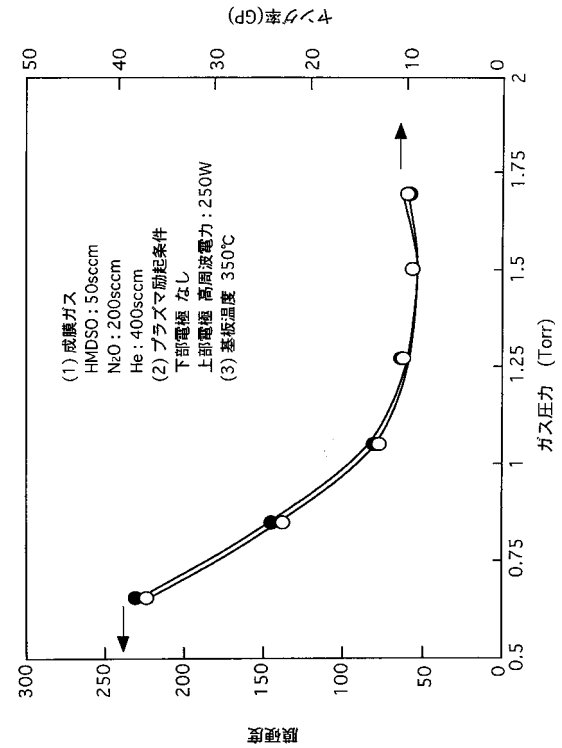
【 図 2 】



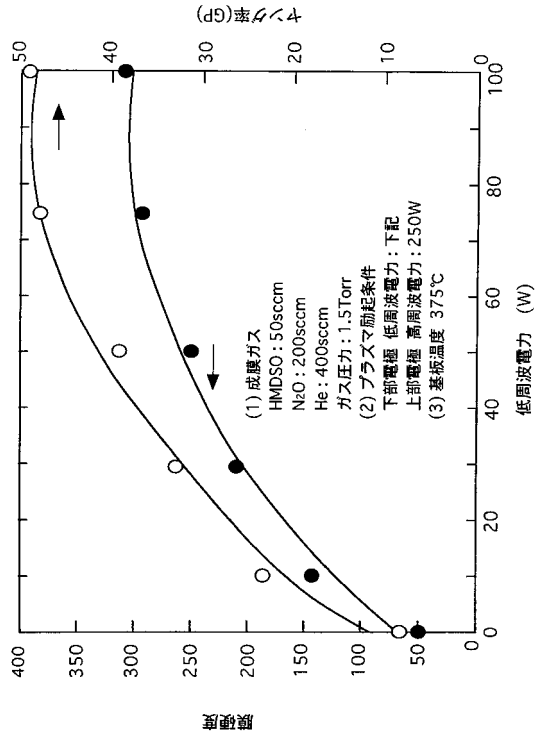
【 図 3 】



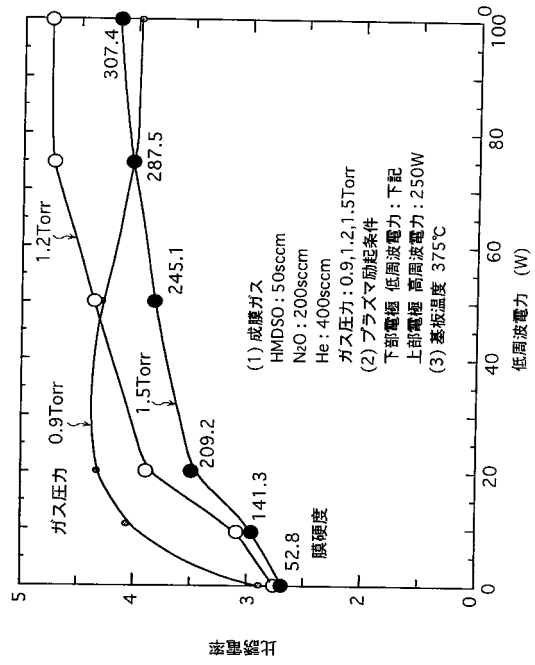
【 図 4 】



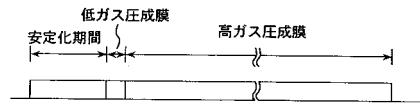
【 図 5 】



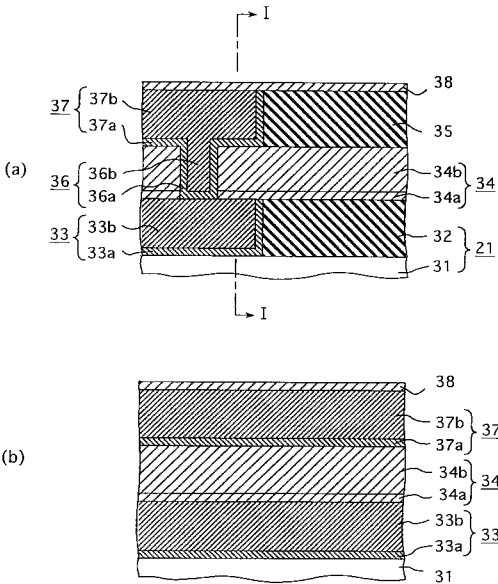
【 図 6 】



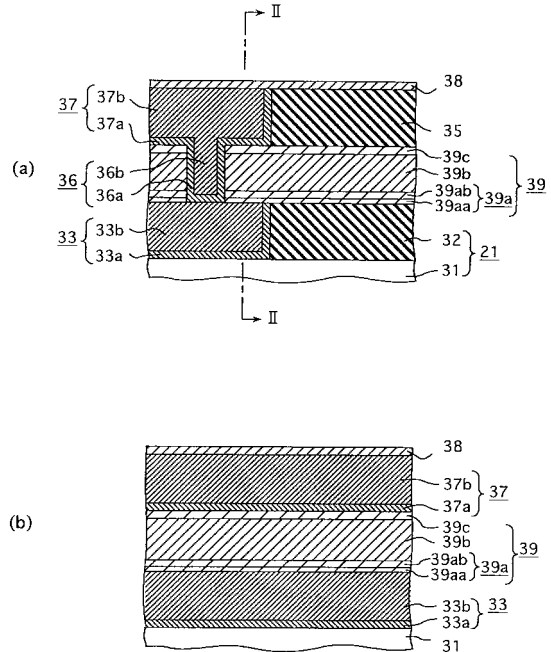
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

- (72)発明者 小竹 勇一郎
東京都港区港南2丁目16番6号 キヤノン販売株式会社内
- (72)発明者 猪鹿倉 博志
東京都港区港南2丁目16番6号 キヤノン販売株式会社内
- (72)発明者 鈴木 智美
東京都港区港南2丁目16番6号 キヤノン販売株式会社内
- (72)発明者 前田 和夫
千葉県市川市二俣717番地30号 アベックスビル4階 株式会社半導体プロセス研究所内
- Fターム(参考) 5F033 HH11 HH32 JJ01 JJ11 JJ32 KK11 KK32 MM01 MM02 MM12
MM13 NN06 NN07 PP15 PP26 QQ09 QQ48 RR01 RR04 RR29
SS01 SS15 TT01 XX14 XX24
5F058 AC03 AF01 AH02 BA10 BC02 BC11 BF07 BF27 BF36 BJ02