

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4270632号
(P4270632)

(45) 発行日 平成21年6月3日(2009.6.3)

(24) 登録日 平成21年3月6日(2009.3.6)

(51) Int.Cl.	F I	
HO 1 L 21/768 (2006.01)	HO 1 L 21/90	P
HO 1 L 21/28 (2006.01)	HO 1 L 21/28	L
HO 1 L 21/3065 (2006.01)	HO 1 L 21/302	1 O 5 A
HO 1 L 21/312 (2006.01)	HO 1 L 21/312	C
HO 1 L 21/336 (2006.01)	HO 1 L 29/78	3 O 1 Y
請求項の数 12 (全 65 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願平11-66293	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成11年3月12日(1999.3.12)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2000-260870(P2000-260870A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成12年9月22日(2000.9.22)	(74) 代理人	100058479
審査請求日	平成15年6月2日(2003.6.2)		弁理士 鈴江 武彦
		(74) 代理人	100084618
			弁理士 村松 貞男
		(74) 代理人	100092196
			弁理士 橋本 良郎
		(74) 代理人	100091351
			弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100070437
			弁理士 河井 将次
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 ドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

シリコンとシリコンとの結合を主鎖に有する有機シリコン膜を半導体基板上に形成する工程、

前記有機シリコン膜をドライエッチングする工程、および

少なくとも酸素、窒素、水素、及び炭素のいずれかの元素を前記有機シリコン膜に導入することにより、前記有機シリコン膜をシリコン酸化膜及びシリコン窒化膜のいずれかに変化させて、前記半導体基板上に形成する二重溝配線の上下の各配線層における配線溝を含む層間絶縁膜を形成する工程を具備し、

前記有機シリコン膜を変化させる工程は、

前記元素又はその混合物からなるイオンを用いた反応性イオンエッチング法、アッシング法、及びイオン注入法のいずれかの方法、あるいは、

前記元素、又は、その混合物からなるガス雰囲気中で熱処理することにより行われ、

前記層間絶縁膜を形成する工程は、半導体基板上の第1の絶縁膜にコンタクトホールを形成する工程と、

前記コンタクトホールを埋め込むように前記第1の絶縁膜の上部全面に有機シリコン膜を塗布する工程と、

前記有機シリコン膜を選択的にドライエッチングすることにより、前記コンタクトホールの開口部を含む前記上の配線層の配線溝形成部分、及び前記コンタクトホールの内部における前記有機シリコン膜を除去する工程と、

前記除去工程後の有機シリコン膜を、シリコン酸化膜及びシリコン窒化膜のいずれかからなる第2の絶縁膜に変化させる工程と、
を含むことを特徴とするドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法。

【請求項2】

シリコンとシリコンとの結合を主鎖に有する有機シリコン膜を半導体基板上に形成する工程、

前記有機シリコン膜をドライエッチングする工程、および
少なくとも酸素、窒素、水素、及び炭素のいずれかの元素を前記有機シリコン膜に導入することにより、前記有機シリコン膜をシリコン酸化膜及びシリコン窒化膜のいずれかに変化させて、前記半導体基板上に形成する二重溝配線の上下の各配線層おける配線溝を含む層間絶縁膜を形成する工程を具備し、

前記有機シリコン膜を変化させる工程は、
前記元素又はその混合物からなるイオンを用いた反応性イオンエッチング法、アッシング法、及びイオン注入法のいずれかの方法、あるいは、

前記元素、又は、その混合物からなるガス雰囲気中で熱処理することにより行われ、
前記層間絶縁膜を形成する工程は、

前記下の配線層が形成された半導体基板上の第1の絶縁膜の上部全面に前記有機シリコン膜を塗布する工程と、

前記有機シリコン膜に、前記下の配線層における金属配線の上面に達するコンタクトホールを形成する第1の選択的ドライエッチング工程と、

前記コンタクトホールを備えた有機シリコン膜を、シリコン酸化膜及びシリコン窒化膜のいずれかからなる第2の絶縁膜に変化させる工程と、

前記コンタクトホールを埋め込むように前記第2の絶縁膜の上部全面に有機シリコン膜を塗布する工程と、

前記コンタクトホールの開口部を含む前記上の配線層の配線溝形成部分、及び前記コンタクトホールの内部における前記有機シリコン膜を除去することにより、前記第2の絶縁膜に形成されたコンタクトホールに接続された上の配線層の配線溝を形成する第2の選択的ドライエッチング工程と、

前記上の配線層の配線溝を備えた有機シリコン膜を、シリコン酸化膜及びシリコン窒化膜のいずれかからなる第3の絶縁膜に変化させる工程と、

を含むことを特徴とするドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法

【請求項3】

シリコンとシリコンとの結合を主鎖に有する有機シリコン膜を半導体基板上に形成する工程、

前記有機シリコン膜をドライエッチングする工程、および
少なくとも酸素、及び炭素のいずれかの元素を前記有機シリコン膜に導入することにより、前記有機シリコン膜をシリコン酸化膜に変化させて、前記半導体基板上に形成する二重溝配線の上下の各配線層における配線溝を含む層間絶縁膜を形成する工程を具備し、

前記層間絶縁膜を形成する工程は、
前記下の配線層が形成された半導体基板上の絶縁膜の上に第1のシリコン酸化膜を形成する工程と、

前記第1のシリコン酸化膜の上に、有機シリコン膜からなるドライエッチングのストッパーを形成する工程と、

前記ストッパーに前記下の配線層に達するコンタクトホールを形成するための開口部を設ける工程と、

前記開口部を設けた前記ストッパーを埋め込むように、第2のシリコン酸化膜を形成する工程と、

前記開口部に合わせて上の配線層の配線溝を形成するためのエッチングマスクを形成する工程と、

前記エッチングマスクと前記開口部を設けた前記ストッパーとを用いて前記第1、第2

10

20

30

40

50

のシリコン酸化膜を引き続き選択的にドライエッチングする工程と、

前記第 1、第 2 のシリコン酸化膜のドライエッチング後に、酸素と二酸化炭素との混合ガスを用いたアッシングを行い、前記有機シリコン膜をシリコン酸化膜に変化させる工程と

を含むことを特徴とするドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法。

【請求項 4】

前記有機シリコン膜からなるドライエッチングのストップは、前記第 1、第 2 のシリコン酸化膜を引き続き選択的にドライエッチングする工程を経た後、有機シリコン酸化膜に変化され、前記層間絶縁膜の一部として一体化される工程を含むことを特徴とする請求項 3 記載のドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法。

10

【請求項 5】

半導体基板上に、少なくともシリコンとシリコンとの結合を主鎖に有する有機シリコン膜を塗布し、レジストをマスクとして前記半導体基板上の素子領域を覆うように前記有機シリコン膜をパターン形成する工程と、前記パターン形成された有機シリコン膜と前記レジストとをマスクとして半導体基板に分離溝を形成し、前記有機シリコン膜に窒素を導入することにより前記有機シリコン膜をシリコン窒化膜に変化する工程と、を含むことを特徴とするドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法。

【請求項 6】

前記分離溝が形成された半導体基板の上部全面に、前記分離溝を埋め込むように前記有機シリコン膜をさらに塗布する工程と、前記シリコン窒化膜を抑制層として前記有機シリコン膜の表面を平坦化する工程と、前記分離溝を埋め込む有機シリコン膜に酸素を導入することにより、前記有機シリコン膜をシリコン酸化膜に変化させる工程と、を含むこと特徴とする請求項 5 記載のドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法。

20

【請求項 7】

半導体基板上にゲート絶縁膜を形成し、前記ゲート絶縁膜上に少なくとも 1 層の金属膜を形成する工程と、

前記金属膜上に、少なくともシリコンとシリコンとの結合を主鎖に有する有機シリコン膜を塗布し、レジストをマスクとして前記金属膜で覆われた半導体基板上のゲート電極形成領域に前記有機シリコン膜をパターン形成する工程と、

前記パターン形成された有機シリコン膜と前記レジストとをマスクとして、前記ゲート電極形成領域に前記金属膜からなるゲート電極をパターン形成する工程と、

30

前記有機シリコン膜に窒素を導入することにより前記パターン形成された有機シリコン膜をシリコン窒化膜とする工程と、

を含むことを特徴とするドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法。

【請求項 8】

半導体基板上にゲート絶縁膜を形成し、前記ゲート絶縁膜上に少なくとも 1 層の金属膜を形成し、前記金属膜で覆われた半導体基板のゲート電極形成領域に前記金属膜からなるゲート電極をパターン形成する工程と、

前記ゲート電極をシリコン窒化膜で被覆し、前記シリコン窒化膜に積層して前記半導体基板の上部全面に前記ゲート電極を埋め込むように絶縁膜を堆積する工程と、

40

前記絶縁膜の表面を平坦化し、この平坦化された絶縁膜上に、少なくともシリコンとシリコンとの結合を主鎖に有する有機シリコン膜を塗布する工程と、

前記ゲート電極に隣接するソース又はドレイン形成領域のいずれかと、前記ゲート電極の前記ソース又はドレイン側の一部とを覆う前記有機シリコン膜をレジストをマスクとするドライエッチングを用いて選択的に除去することにより、前記絶縁膜に達するコンタクトホールを前記有機シリコン膜に形成する工程と、

前記レジストと前記有機シリコン膜とをマスクとするドライエッチングを用いて前記絶縁膜をさらにエッチングすることにより、前記コンタクトホールの底部に前記シリコン窒化膜を露出する工程と、

前記エッチングをさらに進めて前記シリコン窒化膜とゲート絶縁膜とを除去することに

50

より、前記半導体基板上のソース又はドレイン形成領域のいずれかの表面を自己整合的に露出する工程と、

前記有機シリコン膜を、 O_2 アッシングによりシリコン酸化膜に変化させることにより前記有機シリコン膜を前記絶縁膜と一体化し、前記コンタクトホールを配線の接続に用いる工程と、

を含むことを特徴とするドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法。

【請求項 9】

半導体基板上にゲート絶縁膜を形成し、前記ゲート絶縁膜上に少なくとも 1 層の金属膜を形成し、前記金属膜で覆われた半導体基板のゲート電極形成領域に前記金属膜からなるゲート電極をパターン形成する工程と、

前記ゲート電極をシリコン窒化膜で被覆し、前記シリコン窒化膜に積層して第 1 のシリコン酸化膜をさらに被覆する工程と、

前記半導体基板の上部全面に、少なくともシリコンとシリコンとの結合を主鎖に有する有機シリコン膜を塗布し、前記ゲート電極に隣接するソース又はドレイン形成領域と前記ゲート電極の前記ソース又はドレイン形成領域側の一部とを覆う前記有機シリコン膜を、レジストをマスクとするドライエッチングを用いて選択的に除去することにより前記有機シリコン膜に前記第 1 のシリコン酸化膜に達するコンタクトホールを形成する工程と、

前記有機シリコン膜に酸素を導入することにより前記有機シリコン膜を第 2 のシリコン酸化膜に変化し、前記第 2 のシリコン酸化膜をマスクとしてドライエッチングすることにより前記コンタクトホールの底面に露出した前記第 1 のシリコン酸化膜を除去する工程と

、前記第 1 のシリコン酸化膜の除去により露出した前記シリコン窒化膜と前記ゲート絶縁膜とをさらに除去することにより、前記半導体基板上に形成されたソース又はドレイン形成領域のいずれかの表面を自己整合的に露出し、前記コンタクトホールを配線の接続に用いる工程と、

を含むことを特徴とするドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法。

【請求項 10】

分離溝が形成され、前記分離溝以外の領域にシリコン窒化膜が形成された半導体基板の上部全面に、前記分離溝を埋め込むように、少なくともシリコンとシリコンとの結合を主鎖に有する有機シリコン膜を塗布する工程と、

前記シリコン窒化膜を抑制層として前記有機シリコン膜の表面を平坦化する工程と、

前記分離溝を埋め込む有機シリコン膜に酸素を導入することにより、前記有機シリコン膜をシリコン酸化膜に変化させる工程とを具備することを特徴とするドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法。

【請求項 11】

半導体基板上に、少なくともシリコンとシリコンとの結合を主鎖に有する有機シリコン膜を塗布し、レジストをマスクとして前記半導体基板上の素子領域を覆うように前記有機シリコン膜をパターン形成する工程と、

前記パターン形成された有機シリコン膜と前記レジストとをマスクとして半導体基板に分離溝を形成し、前記有機シリコン膜に窒素を導入することにより、前記有機シリコン膜をシリコン窒化膜に変化させる工程と、

前記分離溝が形成された前記半導体基板の上部全面に、前記分離溝を埋め込むように前記有機シリコン膜を塗布する工程と、

前記シリコン窒化膜を抑制層として前記有機シリコン膜の表面を平坦化する工程と、

前記分離溝を埋め込む有機シリコン膜に酸素を導入することにより、前記有機シリコン膜をシリコン酸化膜に変化させる工程とを具備することを特徴とするドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法。

【請求項 12】

半導体基板上に、少なくともシリコンとシリコンとの結合を主鎖に有する有機シリコン膜を形成する工程と、

前記有機シリコン膜をドライエッチングする工程、および少なくとも酸素、窒素、水素、及び炭素のいずれかの元素を前記有機シリコン膜に導入することにより、前記有機シリコン膜をシリコン酸化膜またはシリコン窒化膜に変化させて半導体層に絶縁物となる部分を形成する工程を具備し、

前記有機シリコン膜を変化させる工程は、これらの元素又はその混合物からなるイオンを用いた反応性イオンエッチング法、アッシング法、及びイオン注入法のいずれかの方法、あるいは、前記元素、又は、その混合物からなるガス雰囲気中で熱処理することにより行われ、

前記絶縁物からなる半導体装置の部分は、第1の絶縁膜に設けられた溝であり、

前記溝を形成する工程は、

半導体基板上に第1の絶縁膜を形成する工程と、

前記第1の絶縁膜の上部全面に有機シリコン膜を塗布する工程と、

前記有機シリコン膜を選択的にドライエッチングして前記第1の絶縁膜の上面を露出することにより、前記溝が形成される有機シリコン膜の部分を除去する工程と、

除去工程後の前記有機シリコン膜を、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜およびシリコン酸窒化膜のいずれかからなる第2の絶縁膜に変化させる工程と、

を具備することを特徴とするドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法に係り、特にポリシラン等の有機シリコン膜を用いた二重溝配線の層間絶縁膜の形成方法、コンタクトホール、配線溝の形成方法、深いトレンチマスクの形成方法、反射防止膜の剥離方法等に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

多層配線を有する半導体装置の製造工程において、例えばシリコン酸化膜、シリコン窒化膜等からなる多層絶縁膜上にレジストをマスクとしてコンタクトホール等をパターン形成する工程が多く用いられる。

【0003】

従来、R I E (Reactive Ion Etching)等のドライエッチングを用いて、このようなシリコン酸化膜、及びシリコン窒化膜の選択エッチングを行うとき、レジストとシリコン酸化膜とのエッチング選択比(エッチング速度の比)は大きくできるのでシリコン酸化膜の選択エッチングは容易であるが、レジストとシリコン窒化膜の間ではエッチング選択比を大きくすることができないため、レジストをマスクとしてシリコン窒化膜を選択的にエッチングすることは非常に困難であった。

【0004】

また、近年大規模な半導体記憶装置の製造に当り、極めて多数の微細なトレンチキャパシタを高密度に集積することが必要となり、このため開口部の寸法に比べて深さが極めて大きい(以下高アスペクト比と呼ぶ)トレンチを、異方性ドライエッチングを用いて半導体

基板に形成することが重要な技術の1つとなっている。

【0005】

半導体基板に高アスペクト比のトレンチを形成する際、異方性ドライエッチングの絶縁膜マスクにも高アスペクト比の開口部を形成しなければならない。前記絶縁膜マスクの開口部の形成には従来レジストマスクが使用されてきたが、高アスペクト比の開口部を形成するためには、大電力の高周波により励起されたガスプラズマを長時間に亘ってレジストに照射する必要がある。

【0006】

このためレジスト開口部に凹凸状の変形を生じ、半導体基板に内面が平滑で加工精度の高い多数のトレンチを高い歩留まりで形成することはいちじるしく困難であった。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 7 】

また微細加工技術の進展に伴い、リソグラフィ工程の解像度を高めるためレジストの膜厚は薄くしなければならないが、ドライエッチングに際していわゆる膜減りを生じるため前記トレンチの形成はさらに困難であった。

【 0 0 0 8 】

また通常半導体装置の製造方法において、半導体基板上にパターン形成されたシリコン窒化膜をエッチングマスクとして素子分離用の分離溝を形成し、この分離溝を埋め込むように素子分離用の厚いシリコン酸化膜を形成し、シリコン窒化膜をストッパー（抑制層）として表面研磨することにより、分離溝が酸化膜で満たされるように平坦化する素子領域平坦化工程が用いられてきた。

10

【 0 0 0 9 】

表面研磨による素子領域平坦化工程において、素子領域が密な部分ではシリコン窒化膜ストッパーが多く存在するので、分離溝が丁度シリコン酸化膜で満たされるように良好な表面平坦化がなされるが、素子領域が疎な部分では窒化膜のストッパーが少ないので、平坦化工程においてシリコン酸化膜が過剰に研磨されて凹状となり、素子領域の平坦化形成がウエハ全面に亘って均一に行われないう問題があった。

【 0 0 1 0 】

このため、全面にさらにポリシリコン膜を堆積して平坦化加工を行い、エッチングマスクとして疎部分にポリシリコン膜を残留させる等の対策がとられる。しかし、この平坦化工程で疎部分のシリコン酸化膜に割れを生じることがあり、後に素子領域上の前記シリコン窒化膜ストッパーと前記ポリシリコンマスクとを剥離する際、シリコン基板が深くえぐられるという問題を生じていた。

20

【 0 0 1 1 】

また従来ゲート電極加工に際して、ゲート電極形成用の金属膜の上にシリコン窒化膜を形成し、シリコン窒化膜上のゲート電極形成領域にレジストをパターン形成し、このレジストをマスクとして窒化膜をパターン形成し、レジストマスク剥離の後パターン形成されたシリコン窒化膜をマスクとして、前記金属膜をゲート電極として加工する方法がとられてきた。

【 0 0 1 2 】

このときウエハ一面内に凹凸があれば、シリコン窒化膜マスクをパターン形成する際、ウエハの表面の凸部ではパターン形成のエッチングが過剰となって下地の金属膜にまでエッチングが及び、良好なゲート電極加工ができなくなるという問題があった。

30

【 0 0 1 3 】

また自己整合型コンタクト（以下SAC；Self-Align Contactと呼ぶ）形成のエッチング工程では、ゲート電極間を埋める層間絶縁膜にコンタクトホール開口を行うが、このとき、コンタクトホール開口部の下部にゲート電極の上面と側面とが交わる稜線が露出するようになる。

【 0 0 1 4 】

シリコン酸化膜からなる層間絶縁膜にコンタクトホールを開口するエッチング工程において、ゲート電極がエッチングされるのを防止するため、ゲート電極は通常シリコン酸化膜とのエッチング選択比が大きいシリコン窒化膜（エッチングストッパー）で被覆される。しかし、シリコン窒化膜の酸化膜に対するエッチング選択比は平坦部では高い値が得られるが、稜線部では平坦部の約1/3に低下する。

40

【 0 0 1 5 】

このため従来SAC形成工程において、コンタクトホール開口時にゲート電極の稜線部がエッチングされてゲート金属が露出し、コンタクトホールに配線用の金属を埋め込む際、ゲート電極の短絡不良を生じる原因となっていた。このため特にゲート電極のアスペクト比（ゲート長とゲート高さとの比）が大きいE² PROMの製造工程では、SACの形成はいちじるしく困難であることが知られている。

【 0 0 1 6 】

50

近年微細加工技術の進展に伴い、層間絶縁膜の高アスペクト比のエッチングが多く要求されるが、このときシリコン窒化膜との間でエッチング選択比がとれる条件でシリコン酸化膜の高アスペクト比のドライエッチングを行えば、エッチングの進行中にフロロカーボン等の残渣が開口部に残留して、エッチングが途中で停止することが知られている。

【0017】

また多層配線の形成技術として、2層の溝配線（この分野でDual-Damascene構造と呼ばれる。Damasceneは象眼加工を意味する。）が多く用いられるようになったが、2層溝配線の層間絶縁膜の加工には2層の金属配線を埋め込むための溝加工と、2層の金属配線間を接続するコンタクトホール形成とを組み合わせた高アスペクト比で、かつ、微細なドライエッチング加工技術が求められる。

10

【0018】

従来、層間絶縁膜の溝加工において、ウエー八面内の溝の深さを一定値に制御することがいちじるしく困難であり、これを実現するためにはシリコン酸化膜からなる層間絶縁膜中にシリコン窒化膜を挿入して、このシリコン窒化膜をドライエッチングのストッパーとする方法がとられてきた。特に加工形状が複雑な2重溝配線ではコンタクトホール形成後、上層の溝配線の深さ制御を行うためにもシリコン窒化膜のストッパーが必要であった。

【0019】

しかし、このようにすれば、配線の近傍にシリコン酸化膜に比べて誘電率の値が大きいシリコン窒化膜が含まれるため、配線容量が大きくなり半導体装置の動作速度を低下させる。また溝加工の際、シリコン酸化膜からなる層間絶縁膜の部分エッチングを生じ、イオンが溝の底部の角の部分に集中し、溝の角にトレンチングと呼ばれる形状を発生させる。このため配線溝への配線金属の埋め込みが困難になっていた。

20

【0020】

また、従来DRAM(Dynamic Random Access Memory)とロジックとを1チップ上に混載したLSIでは、DRAM部とロジック部とのデザインルールの相違から、ロジック部の合わせ幅(フリッジ)がDRAM部の合わせ幅の1/4程度となっている。

【0021】

例えば2重溝配線の層間絶縁膜にコンタクトホールを形成するとき、下層溝配線の上部のシリコン窒化膜エッチングストッパーに対して高い選択性を示すドライエッチング条件を用いて、シリコン酸化膜からなる層間絶縁膜にコンタクトホールを形成し、シリコン窒化膜を除去した後、コンタクトホール及び上層の配線溝に配線用の金属を埋め込む工程が行われる。

30

【0022】

このとき、特に合わせマージンの小さいロジック部では、コンタクトホールの開口の一部が下層配線上を覆うシリコン窒化膜ストッパーの外部に外れることがあり、このため、下層配線の側面を埋めるシリコン酸化膜からなる層間絶縁膜が、コンタクトホール形成工程で削られるボーダーレスエッチングを生じ易く、配線金属の埋め込み不良や短絡不良を生じる欠点があった。

【0023】

また従来リソグラフィ工程において、レジストの下に反射防止膜としてポリシランが用いられるが、パターン形成後O₂アッシングを用いてレジストを剥離する際、ポリシランが酸化して剥離し難くなるという現象があった。

40

【0024】

【発明が解決しようとする課題】

上記したように、従来のドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法には高アスペクト比のエッチングが困難であること、素子領域に粗密がある場合にウエー八全面に亘って平坦化することが困難であること、微細なゲート電極形成に際して表面の凹凸が加工不良の原因になること、SACのコンタクトホール形成において、ゲート電極の稜線部で短絡不良を生じやすいこと等の問題があった。

【0025】

50

このほか、層間絶縁膜の高アスペクト比のエッチングの際、ドライエッチングの残渣によりエッチングが途中で停止する欠点があること、2重溝配線の層間絶縁膜形成において、溝加工の深さの均一化やボーダレスエッチング回避のためエッチングストッパーとしてシリコン窒化膜を積層する必要があり、これが半導体装置の動作速度を低下させる原因になること、また溝加工に際してトレンチングを生じ、配線金属の埋め込み不良の原因になること、メモリ・ロジック混載LSIの製造に際してロジック部分の合わせマージンが小さいため、特にボーダレスエッチングを生じやすいこと、レジストの反射防止膜として用いるポリランの剥離が困難であること等、多くの課題が含まれていた。

【0026】

本発明は上記の課題を解決すべくなされたもので、ポリシラン等の有機シリコン膜を用いた半導体基板上的多層絶縁膜の形成方法、剥離方法、及びエッチングマスクの形成方法を提供することにより、上記の課題を解決することを目的としている。

10

【0027】

【課題を解決するための手段】

本発明のドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法は、塗布することにより容易に平坦面を形成することができ、かつドライエッチング加工、及び平坦化加工が容易なポリシラン等の有機シリコン膜をシリコン酸化膜やシリコン窒化膜等の絶縁膜、配線に用いる金属膜等と積層し、又はこれらの構成要素の一部をなすように半導体基板上に形成し、前記絶縁膜部分を加工形状を改善するエッチングの抑制層等として役立てながら、有機シリコン膜を微細加工することにより、例えば構造の複雑な2重溝配線の層間絶縁膜の加工部分を形成し、その後この有機シリコン膜に例えば酸素を導入することにより、有機シリコン膜を有機シリコン酸化膜等からなる絶縁膜に変化させ、所望の半導体装置の構成要素を提供しようとするものである。

20

【0028】

このようにして、従来のドライエッチングで困難であった配線溝の形状や深さの制御、高アスペクト比のコンタクトホール形成、ボーダレスエッチングの回避、平坦化工程における問題点の改善、反射防止膜として用いたポリシランの新たな剥離方法を提供することを特徴とする。

【0029】

具体的には本発明のドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法は、シリコンとシリコンとの結合を主鎖に有する有機シリコン膜を半導体基板上に形成し、前記有機シリコン膜をドライエッチングして、前記ドライエッチングされた有機シリコン膜を絶縁膜に変化させて半導体装置の絶縁物からなる部分を形成することを特徴とする。

30

【0030】

好ましくは、本発明のドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法は、前記有機シリコン膜をドライエッチングした後、少なくとも酸素、窒素、水素、及び炭素のいずれかの元素を前記有機シリコン膜に導入することにより、前記有機シリコン膜を有機シリコン酸化膜、無機シリコン酸化膜、シリコン酸化膜、及びシリコン窒化膜のいずれかに変化することを特徴とする。

【0031】

また、好ましくは前記少なくとも酸素、窒素、水素、及び炭素のいずれかの元素を前記有機シリコン膜に導入する工程は、これらの元素又はその混合物からなるイオンを用いた反応性イオンエッチング法、アッシング法、及びイオン注入法のいずれかの方法を用いて行うことを特徴とする。

40

【0032】

また、好ましくは前記少なくとも酸素、窒素、水素、及び炭素のいずれかの元素を前記有機シリコン膜に導入する工程は、前記元素、又は、その混合物からなるガス雰囲気中で熱処理することにより行うことを特徴とする。

【0033】

また、好ましくは前記半導体装置の絶縁物からなる部分は、少なくとも前記半導体基板表

50

面と二重溝配線における下の配線層との間、及び前記二重溝配線の上下の各配線層における金属配線の間、及び前記二重溝配線の上下の配線層の間のいずれかであることを特徴とする。

【0034】

また、好ましくは前記有機シリコン膜は絶縁膜に積層して形成され、前記有機シリコン膜のドライエッチングにおいて、前記絶縁膜が前記ドライエッチングの抑制層として用いられることを特徴とする。

【0035】

また、好ましくは前記半導体装置の絶縁物からなる部分は、前記半導体基板上に形成する二重溝配線のコンタクトホール、及び前記二重溝配線の上下の各配線層における配線溝を含む層間絶縁膜であることを特徴とする。

10

【0036】

また、好ましくは前記コンタクトホールを形成する工程は、前記下の配線層の上部全面に前記有機シリコン膜を塗布する工程と、この有機シリコン膜を選択的にドライエッチングすることにより前記有機シリコン膜に前記下の配線層における金属配線の上面に達するコンタクトホールを形成する工程と、前記コンタクトホール形成後の有機シリコン膜を有機シリコン酸化膜、無機シリコン酸化膜、シリコン酸化膜、及びシリコン窒化膜のいずれかからなる絶縁膜に変化させる工程とを含むことを特徴とする。

【0037】

また、好ましくは前記下の配線層は、半導体基板上の絶縁膜に埋め込まれた溝配線からなり、前記コンタクトホールの形成の際、前記絶縁膜の上面がボータレスエッチングを抑制することを特徴とする。

20

【0038】

また、好ましくは前記配線溝を形成する工程は、半導体基板上の絶縁膜の上部全面に有機シリコン膜を塗布する工程と、前記有機シリコン膜を選択的にドライエッチングすることにより前記有機シリコン膜の配線溝の形成部分を除去する工程と、前記除去工程後の有機シリコン膜を有機シリコン酸化膜、無機シリコン酸化膜、シリコン酸化膜、及びシリコン窒化膜のいずれかからなる絶縁膜に変化させる工程とを含むことを特徴とする。

【0039】

また、好ましくは前記層間絶縁膜を形成する工程は、半導体基板上の絶縁膜にコンタクトホールを形成する工程と、前記コンタクトホールを埋め込むように前記絶縁膜の上部全面に有機シリコン膜を塗布する工程と、前記有機シリコン膜を選択的にドライエッチングすることにより、前記コンタクトホールの開口部を含む前記上の配線層の配線溝形成部分、及び前記コンタクトホールの内部における前記有機シリコン膜を除去する工程と、前記除去工程後の有機シリコン膜を有機シリコン酸化膜、無機シリコン酸化膜、シリコン酸化膜、及びシリコン窒化膜のいずれかからなる絶縁膜に変化させる工程とを含むことを特徴とする。

30

【0040】

また、好ましくは前記有機シリコン膜の除去工程において、前記半導体基板上の絶縁膜の上面が前記ドライエッチングを制御することにより前記有機シリコン膜が選択的にエッチングされることを特徴とする。

40

【0041】

また、好ましくは前記層間絶縁膜を形成する工程は、前記下の配線層が形成された半導体基板上の第1の絶縁膜の上部全面に前記有機シリコン膜を塗布する工程と、前記有機シリコン膜に前記下の配線層における金属配線の上面に達するコンタクトホールを形成する第1の選択的ドライエッチング工程と、前記コンタクトホールを備えた有機シリコン膜を有機シリコン酸化膜、無機シリコン酸化膜、シリコン酸化膜、及びシリコン窒化膜のいずれかからなる第2の絶縁膜に変化させる工程と、前記コンタクトホールを埋め込むように前記第2の絶縁膜の上部全面に有機シリコン膜を塗布する工程と、前記コンタクトホールの開口部を含む前記上の配線層の配線溝形成部分、及び前記コンタ

50

クトホールの内部における前記有機シリコン膜を除去することにより、前記第2の絶縁膜に形成されたコンタクトホールに接続された上の配線層の配線溝を形成する第2の選択的ドライエッチング工程と、前記上の配線層の配線溝を備えた有機シリコン膜を有機シリコン酸化膜、無機シリコン酸化膜、シリコン酸化膜、及びシリコン窒化膜のいずれかからなる第3の絶縁膜に変化させる工程とを含むことを特徴とする。

【0042】

また、好ましくは本発明のドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法は、前記第1の絶縁膜が前記第1のドライエッチング工程における前記下の配線層周辺部分に生じるボラレスエッチングを抑制し、前記第2の絶縁膜が前記上の配線層の配線溝を形成する第2の選択的ドライエッチング工程を制御することを特徴とする。

10

【0043】

また、好ましくは前記層間絶縁膜を形成する工程は、前記下の配線層が形成された半導体基板上の絶縁膜の上に第1の有機シリコン酸化膜、あるいは無機シリコン酸化膜、あるいはシリコン酸化膜のいずれかを形成する工程と、前記第1の有機シリコン酸化膜、あるいは無機シリコン酸化膜、あるいはシリコン酸化膜のいずれかの上に有機シリコン膜からなるドライエッチングのストッパーを形成する工程と、前記ストッパーに前記下の配線層に達するコンタクトホールを形成するための開口部を設ける工程と、

前記開口部を設けた前記ストッパーを埋め込むように第2の有機シリコン酸化膜、あるいは無機シリコン酸化膜、あるいはシリコン酸化膜のいずれかを形成する工程と、前記開口部に合わせて上の配線層の配線溝を形成するためのエッチングマスクを形成する工程と、前記エッチングマスクと前記開口部を設けた前記ストッパーとを用いて前記第1、第2の有機シリコン酸化膜、あるいは無機シリコン酸化膜、あるいはシリコン酸化膜のいずれかを引き続き選択的にドライエッチングする工程とを含むことを特徴とする。

20

【0044】

また、好ましくは前記有機シリコン膜からなるドライエッチングのストッパは、前記第1、第2の有機シリコン酸化膜、あるいは無機シリコン酸化膜、あるいはシリコン酸化膜のいずれかを引き続き選択的にドライエッチングする工程を経た後有機シリコン酸化膜に変化され、前記層間絶縁膜の一部として一体化される工程を含むことを特徴とする。

【0045】

本発明のドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法は、少なくともシリコンとシリコンとの結合を主鎖に有する有機シリコン膜を半導体基板上に形成し、少なくとも前記有機シリコン膜の表面に、選択的に酸素、窒素、水素、及び炭素のいずれかの元素を導入する工程と、前記有機シリコン膜の表面をマスクとして選択的にドライエッチングすることにより、前記半導体装置の絶縁物からなる部分を形成する工程と、

30

前記有機シリコン膜をドライエッチングした後、少なくとも酸素、窒素、水素、及び炭素のいずれかの元素を前記有機シリコン膜の内部に導入することにより、前記有機シリコン膜の表面と前記有機シリコン膜の内部とを共に有機シリコン酸化膜、無機シリコン酸化膜、シリコン酸化膜、及びシリコン窒化膜のいずれかとして一体化する工程とを含むことを特徴とする。

【0046】

好ましくは、本発明のドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法は、前記有機シリコン膜の表面をマスクとして選択的にドライエッチングすることにより、前記マスクの開口部周辺の縁が丸く加工されることを特徴とする。

40

【0047】

また、本発明のドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法は、少なくともシリコンとシリコンとの結合を主鎖に有する有機シリコン膜を半導体基板上に形成し、少なくとも前記有機シリコン膜の表面に、選択的に酸素、窒素、水素、及び炭素のいずれかの元素を導入する工程と、前記有機シリコン膜の表面をマスクとして選択的にドライエッチングすることにより前記半導体装置の絶縁物からなる部分を形成する工程と、

前記有機シリコン膜をドライエッチングした後、少なくとも酸素、窒素、水素、及び炭素

50

のいずれかの元素を前記有機シリコン膜の内部に導入することにより前記有機シリコン膜の表面と前記有機シリコン膜の内部とを互いに異種の有機シリコン酸化膜、無機シリコン酸化膜、シリコン酸化膜、及びシリコン窒化膜のいずれかとする工程と、前記有機シリコン膜の表面と内部との選択比エッチングを用いて前記マスクを除去する工程とを含むことを特徴とする。

【0048】

好ましくは、本発明のドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法は、有機シリコン膜を用いて半導体基板上の絶縁膜の上面にフォトリソグラフィ工程における反射防止膜を形成し、前記フォトリソグラフィ工程の後、前記有機シリコン膜に酸素、窒素、水素、及び炭素のいずれかの元素を導入することにより前記反射防止膜を有機シリコン酸化膜、無機シリコン酸化膜、シリコン酸化膜、及びシリコン窒化膜のいずれかとし、前記反射防止膜を前記絶縁膜と一体化することを特徴とする。

10

【0049】

また、本発明のドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法は、有機シリコン膜を用いて半導体基板上の絶縁膜の上面にフォトリソグラフィ工程における反射防止膜を形成し、前記フォトリソグラフィ工程の後、前記有機シリコン膜に酸素、窒素、水素、及び炭素のいずれかの元素を導入することにより前記反射防止膜を有機シリコン酸化膜、無機シリコン酸化膜、シリコン酸化膜、及びシリコン窒化膜のいずれかとし、前記工程後の反射防止膜と前記絶縁膜との選択的なエッチングを用いて前記反射防止膜をエッチング除去することを特徴とする。

20

【0050】

また、本発明のドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法は、半導体基板に熱酸化膜を形成する工程と、前記熱酸化膜上に有機シリコン膜を塗布し前記有機シリコン膜上にシリコン酸化膜を形成する工程と、前記シリコン酸化膜と有機シリコン膜とからなる多層膜に前記半導体基板表面に達する開口部を形成する工程と、前記工程後の前記有機シリコン膜に窒素を導入することにより前記有機シリコン膜をシリコン窒化膜に変化させる工程と、前記シリコン酸化膜と前記シリコン窒化膜とからなる多層膜をマスクとして前記半導体基板にトレンチを形成する工程とを含むことを特徴とする。

【0051】

また、本発明のドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法は、半導体基板に有機シリコン膜を塗布し、レジストをマスクとして前記半導体基板の素子領域を覆うように前記有機シリコン膜をパターン形成する工程と、前記パターン形成された有機シリコン膜と前記レジストとをマスクとして半導体基板に分離溝を形成し、前記有機シリコン膜に窒素を導入することにより前記有機シリコン膜をシリコン窒化膜に変化する工程とを含むことを特徴とする。

30

【0052】

好ましくは、本発明のドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法は、前記分離溝が形成された半導体基板の上部全面に前記分離溝を埋め込むように前記有機シリコン膜をさらに塗布する工程と、前記シリコン窒化膜を抑制層として前記有機シリコン膜の表面を平坦化する工程と、前記分離溝を埋め込む有機シリコン膜に酸素を導入することにより、前記有機シリコン膜をシリコン酸化膜、有機シリコン酸化膜、及び無機シリコン酸化膜のいずれかに変化する工程とを含むことを特徴とする。

40

【0053】

また、本発明のドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法は、半導体基板にゲート絶縁膜を形成し、前記ゲート絶縁膜上に少なくとも1層の金属膜を形成する工程と、前記金属膜上に有機シリコン膜を塗布し、レジストをマスクとして前記金属膜で覆われた半導体基板のゲート電極形成領域に前記有機シリコン膜をパターン形成する工程と、前記パターン形成された有機シリコン膜と前記レジストとをマスクとして、前記ゲート電極形成領域に前記金属膜からなるゲート電極をパターン形成する工程と、前記有機シリコン膜

50

に窒素を導入することにより前記パターン形成された有機シリコン膜を窒化膜とする工程とを含むことを特徴とする。

【0054】

また、本発明のドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法は、半導体基板上にゲート絶縁膜を形成し、前記ゲート絶縁膜上に少なくとも1層の金属膜を形成し、前記金属膜で覆われた半導体基板のゲート電極形成領域に前記金属膜からなるゲート電極をパターン形成する工程と、前記ゲート電極をシリコン窒化膜で被覆し、前記半導体基板の上部全面に前記ゲート電極を埋め込むように第1の絶縁膜を堆積する工程と、前記第1の絶縁膜の表面を平坦化し、この平坦化された第1の絶縁膜上に有機シリコン膜を塗布する工程と、前記ゲート電極に隣接するソース又はドレイン形成領域のいずれかと前記ゲート電極の前記ソース又はドレイン側の一部とを覆う前記有機シリコン膜を、レジストをマスクとするドライエッチングを用いて選択的に除去することにより、前記第1の絶縁膜に達するコンタクトホールを前記有機シリコン膜に形成する工程と、前記レジストと前記有機シリコン膜とをマスクとするドライエッチングを用いて前記第1の絶縁膜をさらにエッチングすることにより、前記コンタクトホールの底部に前記シリコン窒化膜を露出する工程と、前記エッチングをさらに進めて前記シリコン窒化膜とゲート絶縁膜とを除去することにより、前記半導体基板上のソース又はドレイン形成領域のいずれかの表面を自己整合的に露出する工程と、前記有機シリコン膜を有機シリコン酸化膜、無機シリコン酸化膜、シリコン酸化膜、及びシリコン窒化膜のいずれかからなる第2の絶縁膜に変化させることにより前記有機シリコン膜を前記第1の絶縁膜と一体化し、前記コンタクトホールを配線の接続に用いる工程とを含むことを特徴とする。

10

20

【0055】

また、本発明のドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法は、半導体基板上にゲート絶縁膜を形成し、前記ゲート絶縁膜上に少なくとも1層の金属膜を形成し、前記金属膜で覆われた半導体基板のゲート電極形成領域に前記金属膜からなるゲート電極をパターン形成する工程と、前記ゲート電極をシリコン窒化膜で被覆し、前記シリコン窒化膜に積層して第1のシリコン酸化膜をさらに被覆する工程と、前記半導体基板の上部全面に有機シリコン膜を塗布し、前記ゲート電極に隣接するソース又はドレイン形成領域と前記ゲート電極の前記ソース又はドレイン形成領域側の一部とを覆う前記有機シリコン膜を、レジストをマスクとするドライエッチングを用いて選択的に除去することにより、前記有機シリコン膜に前記第1のシリコン酸化膜に達するコンタクトホールを形成する工程と、前記有機シリコン膜に酸素を導入することにより、前記有機シリコン膜を第2のシリコン酸化膜に変化し、前記第2のシリコン酸化膜をマスクとしてドライエッチングすることにより前記コンタクトホールの底面に露出した前記第1のシリコン酸化膜を除去する工程と、前記第1のシリコン酸化膜の除去により露出した前記シリコン窒化膜と前記ゲート絶縁膜とをさらに除去することにより、前記半導体基板上に形成されたソース又はドレイン形成領域のいずれかの表面を自己整合的に露出し、前記コンタクトホールを配線の接続に用いる工程とを含むことを特徴とする。

30

【0056】

また、本発明のドライエッチング方法は、半導体装置の絶縁物からなる部分を形成するドライエッチング方法であって、少なくともシリコンとシリコンとの結合を主査に有する有機シリコン膜を半導体基板上に形成し、少なくとも前記有機シリコン膜をドライエッチングすることにより前記半導体装置の絶縁物からなる部分を形成する工程と、前記工程後の有機シリコン膜を、少なくとも O_2 又は N_2 又は H_2 ガス中における熱処理、 O_2 又は N_2 又は H_2 プラズマ中における熱処理、 O_2 又は N_2 又は H_2 イオンの注入と熱処理のいずれかの方法を用いて処理することにより、前記加工部分を有機シリコン酸化膜、無機シリコン酸化膜、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜のいずれかからなる絶縁膜に変化させることを特徴とする。

40

【0057】

50

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。図1乃至図3を用いて本発明の第1の実施の形態を説明する。図1乃至図3は、二重溝配線の形成に必要なコンタクトホールを含む層間絶縁膜の構造と、ドライエッチングによる形成方法、及びその問題点を説明する図である。

【0058】

ここで二重溝配線の層間絶縁膜には、第1層の溝配線を形成するための第1の溝加工と、第2層の溝配線を形成するための第2の溝加工と、第1、第2の溝加工部分を相互に接続するコンタクトホール加工とが施される。以下、層間絶縁膜における溝加工部分を配線溝とよぶことにする。

10

【0059】

図1(a)に示すように、シリコン基板1の上に絶縁膜2を形成し、絶縁膜2に設けた第1の配線溝を埋め込むように、シリコン窒化膜4で周辺を被覆した金属配線3が形成される。絶縁膜2の材料には通常シリコン酸化膜が用いられる。絶縁膜2の表面は、シリコン窒化膜4をストッパー（研磨工程の抑制層）としてCMP(Chemical Mechanical Polish)により平坦化する。なお、図1(a)に示す第1層の溝配線の形成工程については、第1の実施の形態とは直接関連しないので詳細な説明を省略する。

【0060】

次に図1(b)に示すように、平坦化された絶縁膜2の上にさらに同じ絶縁材料からなる絶縁膜を積層してその表面を平坦化し、RIEによる異方性エッチングを用いてコンタクトホール5を形成する。このときシリコン窒化膜4はエッチングストッパー（エッチングの抑制層）となる。

20

【0061】

次に図1(c)に示すように、全面にポリシラン6を塗布する。このポリシラン6の厚さは第2の配線溝の深さと等しくなるようにする。ポリシラン6は流動性があるので、コンタクトホール5の内部はポリシラン6で埋め込まれ、また塗布工程でポリシラン6の表面は十分に平坦化され、ウエハ全面に亘って第2の配線溝の深さを一定にすることができる。

【0062】

次に、ポリシラン6に第2の配線溝を形成するためレジスト7を塗布し、第2の配線溝を形成するための開口部を設ける。このレジスト7をマスクとして、絶縁膜2に対するポリシラン6のエッチング選択比が大きい条件で、RIEによるポリシラン6の異方性エッチングを行えば、図2(d)に示すように、絶縁膜2、及びシリコン窒化膜4をエッチングストッパーとして、コンタクトホール5の形状に何等の影響を与えることなく第2の配線溝8を形成することができる。

30

【0063】

このとき用いたRIEのエッチング条件は、チャンバー内の圧力75mTorr、高周波電力300W、Cl₂/O₂混合ガスの流量比75/10sccmであった。この条件で、シリコン酸化膜(SiO₂)からなる絶縁膜2とポリシラン6との間に100程度の高いエッチング選択比の値が得られた。

40

【0064】

ポリシラン6は容易に、かつ精密にRIEで異方性エッチングされ、またシリコン窒化膜4との間にも50程度のエッチング選択比がとれるので、シリコン窒化膜4を残してコンタクトホール5の内部を埋めるポリシラン6を完全に除去することができる。

【0065】

次に、O₂アッシング工程を用いてレジスト7を除去する。このときシリコン基板1の温度が250程度になり、熱拡散によりポリシラン6に酸素が導入されることによりポリシラン6がシリコン酸化膜に変化し、絶縁膜2の一部となる。このとき、ポリシランから変化したシリコン酸化膜は、酸化の程度が強ければSiO₂に近い結晶構造を示すようになり、電氣的にもSiO₂からなる絶縁膜とみなすことができる。

50

【 0 0 6 6 】

このようにして、図 2 (e) に示すようにポリシラン 6 が絶縁膜 2 の一部となり、コンタクトホール 5 と第 2 の配線溝 8 とを備えた二重溝配線の層間絶縁膜 2 が高い精度で形成される。

【 0 0 6 7 】

次に図 2 (f) に示すように、シリコン窒化膜に対する R I E エッチングの条件で金属配線 3 の上部を被覆するシリコン窒化膜 4 を除去し、コンタクトホール 5 と第 2 の配線溝 8 とを埋め込むように金属配線の材料を堆積する。金属配線の材料としては A l - C u 、及び C u を使用することができる。その後、絶縁膜 2 をストッパーとして、過剰に堆積した金属配線除去部 3 a を C M P により除去すれば、加工形状が精密に制御された良好な二重溝配線を形成することができる。

10

【 0 0 6 8 】

次に、ここに示した二重溝配線の層間絶縁膜形成方法の他の重要な利点について、図 3 を用いて説明する。図 3 (a) に示すように、絶縁膜 2 のコンタクトホール 5 を形成する際、エッチングマスクの合わせずれを生じた場合について詳細に説明する。

【 0 0 6 9 】

従来、S i O₂ 等からなる絶縁膜の表面を C M P により平坦化する際、例えば、エッチングストッパーの面内分布に粗密があれば、ウエハ全面に亘って均一な平坦化加工を行うことが困難となる。

【 0 0 7 0 】

したがって、図 3 (a) までのコンタクトホール 5 の形成工程において、コンタクトホール形成前の絶縁膜 2 の厚さには、ある程度のばらつきが含まれる。

20

【 0 0 7 1 】

このように、厚さの値にばらつきのある絶縁膜に対して、金属配線 3 を被覆する窒化膜 4 に確実に到達するようコンタクトホール 5 を形成するためには、規定の厚さよりも 2 0 % 乃至 3 0 % 過剰に異方性 R I E を進めなければならない。

【 0 0 7 2 】

このため、もしエッチングマスクの合わせずれを生じた場合には、ずれた部分ではシリコン窒化膜 4 がエッチングストッパーとして働かないので、図 3 (a) に示すような過剰なエッチングを生じ、配線不良の原因となる。このように、コンタクトホールの底部に生じた過剰なエッチングをボーダレスエッチングとよぶ。

30

【 0 0 7 3 】

従来、二重溝配線の層間絶縁膜形成方法において、当初から絶縁膜 2 の厚さを図 2 (e) に示す厚さとし、シリコン窒化膜 4 が露出するまでコンタクトホール 5 を異方性 R I E で形成し、さらに第 2 の配線溝 8 を異方性 R I E で形成していた。

【 0 0 7 4 】

このため、コンタクトホール 5 形成時の絶縁膜 2 の厚さが厚くなり、したがって、前記過剰に進める異方性 R I E の量も大となる。さらに、配線溝 8 形成時の異方性 R I E が加えられるため、ボーダレスエッチングは 2 回の異方性 R I E を受けることになる。したがって前記ボーダレスエッチングの発生は、二重溝配線の層間絶縁膜形成工程における重要な問題点のひとつとなっていた。

40

【 0 0 7 5 】

ここに示した第 1 の実施の形態では、第 2 の配線溝 8 がポリシラン 6 を用いて形成されるため、コンタクトホール 5 形成時の絶縁膜 2 の厚さが小さく、したがって、図 3 (a) に示す絶縁膜 2 のボーダレスエッチングが抑制される。さらに、配線溝 8 は、加工の容易なポリシランを用いて行われ、絶縁膜 2 との間のエッチング選択比が大きいので、図 3 (b) に示すようにコンタクトホール 5 のポリシランを除去する異方性 R I E 工程においてボーダレスエッチングが進行する恐れはない。

【 0 0 7 6 】

次に図 3 (c) に示すように、O₂ アッシングによるレジスト 7 の除去とポリシラン 6 の

50

酸化とを同時に行い、金属配線の材料を埋め込み平坦化すればボータレスエッチングの小さい二重溝配線を形成することができる。

【0077】

本第1の実施の形態は、DRAM部分とロジック部分とを1チップ上に搭載したメモリ・ロジック混載LSIの製造方法として特に有用である。さきにのべたように、ロジック部分の合わせマージンはメモリ部に比べて小さいので、ボータレスエッチングはロジック部で生じ易いが、第1の実施の形態を用いれば、この場合でも高い歩留まりでメモリ・ロジック混載LSIを製造することができる。

次に、図4、図5に基づき本発明の第2の実施の形態について説明する。図4(a)に示すように、絶縁膜2に第1層の溝配線を形成し、シリコン窒化膜4をストッパーとして平坦化した後、全面にポリシラン6を塗布する。レジスト7と異方性RIEとを用いてポリシラン6にコンタクトホール5を形成し、O₂アッシングによりレジスト7を除去すると同時に、ポリシラン6をシリコン酸化膜からなる絶縁膜2に変化させ、第1の実施の形態で説明した図1(b)に示す絶縁膜2の形状とする。これを用いて図1(c)以降の工程を進めることができる。

第2の実施の形態において、コンタクトホール5のレジストマスク7を形成する際、合わせずれを生じた場合を図5に示す。第2の実施の形態では、図5(a)に示すような合わせずれを生じててもコンタクトホール5がポリシラン6に形成されるため、絶縁膜2との間に十分なエッチング選択比をとることができる。

【0078】

このため、絶縁膜2がエッチングストッパーとなって異方性RIEの制御性が高められ、ボータレスエッチングを回避することができる。

【0079】

次に図5(b)に示すように、O₂アッシング工程でレジスト7を剥離すると同時にポリシラン6をシリコン酸化膜に変化させ、これを絶縁膜2の一部とした後、金属配線4の上部を覆うシリコン窒化膜4を除去すれば、図3(c)以降の第1の実施の形態の二重溝配線の形成工程を引き続き適用することができる。

【0080】

図5(b)では、図3(c)のようなボータレスエッチングが全く生じないことに特徴がある。コンタクトホール5を埋める金属配線の材料と、第1層の金属配線3との接続面積は小さくなるが、ボータレスエッチングによる配線不良を大幅に軽減することができる。

【0081】

第2の実施の形態を用いれば、メモリ・ロジック混載LSIにおけるボータレスエッチングによるロジック部の歩留まり低下が大幅に抑制されることはいうまでもない。

【0082】

なお、第2の実施の形態は二重溝配線のコンタクトホール5の形成方法として説明したが、必ずしもこれに限定されるものではない。通常が多層配線のコンタクトホール形成においても同様の方法を用いることができる。

【0083】

次に、図6を用いて、本発明の第3の実施の形態について説明する。第3の実施の形態では、図4(a)の絶縁膜2がポリシラン6からなることが、第2の実施の形態と異なる。

【0084】

図6(a)に示すように、シリコン基板1にポリシラン6を塗布する。このシリコン基板1は、ウエハ工程終了後のものであって半導体装置の各種の構成要素が作り込まれているために、通常その表面には複雑な段差が形成されている。

【0085】

しかし、ポリシラン6は流動性があるため、塗布により段差が埋め込まれると同時に、特に表面研磨をしなくてもウエハ全面に亘って均一なドライエッチング加工を行うに十分な表面の平坦性を備えている。

【0086】

10

20

30

40

50

次に、レジスト（図示せず）をマスクとして異方性 R I E を行い、第 1 の配線溝をポリシラン 6 に形成する。さきにのべように、ポリシランは異方性 R I E が容易であり、かつ表面が平坦であるため、特にエッチングストッパーがなくても単に R I E 条件を制御するだけで、実用上均一とみなせる深さの第 1 の配線溝を形成することができる。

【 0 0 8 7 】

シリコン窒化膜 3 の被覆工程と金属配線 4 の埋め込み工程、及びポリシラン 6 の上に残留した余分の金属配線材料とシリコン窒化膜とを除去する工程等を組み合わせて図 6 (a) に示す第 1 層の溝配線を形成する。

【 0 0 8 8 】

なお図 6 (a) において、ポリシラン 6 は第 1 の配線溝のパターン形成に用いたレジスト（図示せず）を O_2 アッシング除去する工程でシリコン酸化膜に変化するが、第 2 の実施の形態との相違を示すためにポリシラン 6 として図示されている。

10

【 0 0 8 9 】

次に図 6 (b) に示すように、前記シリコン酸化膜からなる絶縁膜 2 と窒化膜 4 を被覆した金属配線 3 の上にポリシラン 6 を塗布し、コンタクトホール開口位置に合わせてレジスト 7 をパターン形成する。

【 0 0 9 0 】

次に図 6 (c) に示すように、レジスト 7 をマスクとして窒化膜 4 に達するコンタクトホール 5 をポリシラン 6 に形成する。 O_2 アッシングでレジスト 7 を除去すると同時にポリシラン 6 をシリコン酸化膜からなる絶縁膜 2 に変化させ、金属配線 3 の上の窒化膜 4 を除去すれば、図 6 (d) に示すように、第 2 の実施の形態で説明した図 4 (b) の絶縁膜 2 の構造を全てポリシラン 6 を材料として形成することができる。

20

【 0 0 9 1 】

絶縁膜 2 に変化したポリシラン 6 は、一体の絶縁膜 2 と同様の加工特性を備えているため、図 1 (c) 以降の第 1 の実施の形態の製造方法を引き続き適用することができる。

【 0 0 9 2 】

第 3 の実施の形態において、図 6 (a) の第 1 層の溝配線をポリシランで形成する効果は、シリコン基板 1 の表面に段差があってもポリシランの平坦な表面が得られることにある。従来のように絶縁膜 2 を堆積する方法では、下地に段差があれば絶縁膜 2 の表面にも段差を生じるので、幅と深さが均一な第 1 の配線溝を形成することができなかつた。

30

【 0 0 9 3 】

絶縁膜 2 を厚く堆積し C M P で平坦化すれば第 1 の配線溝の形状は改善されるが、研磨に用いるストッパーの粗密等の問題が残り、ウエハ全面に亘って平坦化することは通常困難である。ポリシラン 6 を塗布すればこの問題を極めて容易に回避することができる。なお本第 3 の実施の形態において、ボータレスエッチングに関し第 2 の実施の形態と同様の効果が得られることはいうまでもない。

【 0 0 9 4 】

次に、図 7 乃至図 9 を用いて本発明の第 4 の実施の形態を説明する。従来、高アスペクト比のコンタクトホール加工、または配線溝加工において、異方性 R I E のマスクとして用いるレジストの膜減りを生じてレジストの残膜が薄くなり、マスクとして役立たなくなることが問題とされてきた。

40

【 0 0 9 5 】

これを回避するため、レジストを用いてコンタクトホール開口部の逆パターンを形成し、露出した開口外部のポリシラン表面を O_2 R I E または、 O_2 のイオン注入によりシリコン酸化膜からなる絶縁膜に変化させ、この絶縁膜をマスクにしてポリシランを開口することにより、良好なコンタクトホールや配線溝を形成することが可能である。

【 0 0 9 6 】

すなわち図 7 (a) に示すように、シリコン基板 1 の上の絶縁膜 2、及び窒化膜 4 で被覆された金属配線 3 からなる第 1 層の溝配線の上にポリシラン 6 を塗布し、コンタクトホールの形成位置を覆うようにレジスト 7 をパターン形成する。

50

次にレジスト7をマスクとして、 O_2 R I E 装置を用いて O_2 イオンをポリシラン6の表面に導入する。引き続き O_2 アッシングでレジスト7を除去すれば、図7(b)に示すように、ポリシラン6の表面にシリコン酸化膜からなる絶縁膜2が形成される。なお、このレジスト7の O_2 アッシングは、レジスト7の除去に必要な最小限度にとどめ、レジスト7の下部に覆われていたポリシラン6の表面がシリコン酸化膜に変化しないようにする。

【0097】

さきにのべたように、絶縁膜2に対するポリシラン6のエッチング選択比は大きくすることができ、レジスト7を剥離した後、図7(c)に示すように、絶縁膜2をマスクとする異方性R I Eを行えば、窒化膜4をエッチングストッパーとしてポリシラン6にコンタクトホール5を形成することができる。

10

【0098】

引き続き、R I Eと同一チャンバー内で O_2 アッシングと同様な処理を行えば、ポリシラン6に開口したコンタクトホール5の内面から O_2 が導入され、ポリシラン6全体をシリコン酸化膜からなる絶縁膜に変化することができる。

【0099】

このようにして、図8(d)に示すように、第1の配線溝の形成に用いた絶縁膜2と、コンタクトホール5の形成と、エッチングマスクとして用いた絶縁膜とを、全てシリコン酸化膜からなる一体の絶縁膜2として形成することができる。

このとき、エッチングマスクとして用いた絶縁膜2aの開口部周辺の縁の部分が異方性R I Eで丸く加工される。この丸い加工部分が過度に生じて構造上の問題となる場合には、図8(d)に示すように、C M Pを用いて絶縁膜2a部分を研磨除去すればよい。

20

【0100】

しかし、図8(d)の絶縁膜2のコンタクトホールが高アスペクト比である場合には、コンタクトホールに金属配線材料を埋め込む際、開口部周辺の縁に生じた丸い加工部分が埋め込みを円滑化する効果があることに注目しなければならない。

【0101】

次に図8(e)に示すように、コンタクトホールを埋め込むように全面にポリシラン6を塗布し、レジスト7を用いて、第2の配線溝の開口部を覆うように逆のパターニングを行う。このレジスト7をマスクとして、 O_2 R I E 装置を用いて酸素をポリシラン6の表面に導入する。

30

【0102】

次に図7(b)、図7(c)の工程を、図8(f)、図9(g)に示すように繰り返し、引き続き同一チャンバー内で O_2 アッシングと同様な処理を行えば、図9(h)に示すように、全てシリコン酸化膜からなる二重溝配線の層間絶縁膜2をシリコン基板1の上に形成することができる。

【0103】

次に図9(i)に示すように、金属配線3の上部のシリコン窒化膜4を除去し、コンタクトホール5と第2の配線溝8とを埋め込むように金属配線の材料を堆積する。金属配線の材料としてはAl-Cu、及びCuを使用することができる。その後、絶縁膜2をストッパーとして過剰に堆積した金属配線除去部3aをC M Pにより除去すれば、加工形状が精密に制御された良好な二重溝配線を形成することができる。

40

【0104】

このとき異方性R I Eにより、エッチングマスクとして用いた絶縁膜2aの開口部周辺の縁の丸い加工部分が過度に生じて構造上の問題となる場合には、C M Pをさらに進めて絶縁膜除去部2aを研磨除去すれば良い。

【0105】

しかし、図9(h)に示す第2の配線溝8が高アスペクト比である場合には、この配線溝に金属配線材料を埋め込む際、開口部周辺に生じた図9(g)の絶縁膜除去部2aが、前記埋め込み工程を円滑化する効果があることに注目しなければならない。

【0106】

50

次に、図10を用いて本発明の第5の実施の形態について説明する。図10(a)において、コンタクトホール5を埋め込むようにポリシラン6を全面に塗布する工程までは、図8(e)に示す第4の実施の形態と同様である。

【0107】

前記第4の実施の形態では、ポリシラン6の第2の配線溝8の開口部を覆うようにレジスト7を逆パターンングにより形成したが、第5の実施の形態では、ポリシラン6を全面に塗布した後、レジスト7を用いて配線溝8の形成位置を開口する通常のパターンングを行う。

【0108】

第2層の溝配線が加工の容易なポリシラン6を用いて形成されるので、異方性RIEにおけるレジストマスクの膜減りが小さい。このため図10(b)に示すように、レジスト7を第2の配線溝形成のエッチングマスクとして用いることができる。

10

【0109】

図10(c)に示すように、レジスト7の O_2 アッシング除去工程と同時にポリシラン6をシリコン酸化膜からなる絶縁膜2に変化させれば、シリコン基板1の上の二重溝配線の層間絶縁膜2を一体のシリコン酸化膜からなる絶縁膜にすることができる。

【0110】

なお異方性RIEにおいて、レジスト7の開口周辺の縁に生じる丸い加工部分はレジスト7と共に除去されるので、丸い部分が加工形状として望ましくない場合にはこの方法が有用である。引き続き図2(f)の金属配線材料の埋め込み工程を付加すれば、二重溝配線を形成することができる。

20

【0111】

前記第1乃至第5の実施の形態では、シリコン酸化膜からなる絶縁膜の形成方法として O_2 プラズマを用いたRIE、又は O_2 イオンの注入を用いることをのべたが、必ずしもこれに限定されるものではない。

【0112】

その他 O_2 雰囲気中における熱酸化、 O_3 プラズマを用いたアッシング、紫外線光照射、及び硫酸と過酸化水素とを混合した水溶液中への浸漬等により、ポリシランをシリコン酸化膜からなる絶縁膜に変化させることができる。

【0113】

ポリシラン等の有機シリコン膜は、酸化の程度により酸化膜中にカーボンが残留した有機シリコン酸化膜からカーボンは除去されているが、結晶構造は SiO_2 に比べて不規則性を含み、かつOH基のある無機シリコン酸化膜から、さらに熱処理が進められて結晶構造が SiO_2 と同程度にされたシリコン酸化膜まで種々の段階の絶縁膜に変化させることができる。

30

【0114】

例えば第1層の溝配線、及びコンタクトホールを有機シリコン酸化膜を用いて形成した後、有機シリコンを塗布して第2の配線溝を形成し、 O_2 単体のガス中でアッシングする際、温度制御を行って有機シリコンにカーボンを残すこと、又は、 O_2 と CO_2 の混合ガス雰囲気中で熱処理することにより、第2の配線溝を形成する有機シリコンを有機シリコン酸化膜と同程度の誘電率を有する有機膜系のシリコン酸化膜に変化させることができる。

40

【0115】

また、ポリシラン等の有機シリコンに対して、 O_2 と CO_2 混合ガス雰囲気中での熱処理、又はCOを用いたRIE、又はCOのイオン注入を行うことにより、有機シリコン酸化膜と同程度の誘電率を有する有機膜系のシリコン酸化膜を形成することができる。

【0116】

また、ポリシラン等の有機シリコンに対して、 H_2 単体のガス、 H_2 と O_2 との混合ガスによるアッシング、RIE、イオン注入、又は熱処理することにより無機シリコン酸化膜を形成することができる。

【0117】

50

また、ポリシラン等の有機シリコンに対して、 N_2 単体のガス、 N_2 と O_2 との混合ガス雰囲気中で熱処理すること、又はこれらのガスを用いてアッシング、RIE、又はイオン注入することにより、シリコン酸化窒化膜、シリコン窒化膜を形成することができる。

【0118】

これらの各種の有機膜系のシリコン酸化膜、シリコン酸化窒化膜、シリコン窒化膜は、いずれも本発明のコンタクトホールや配線溝のドライエッチング加工等に用いることができる。

【0119】

次に、図11を用いて本発明の第6の実施の形態について説明する。第6の実施の形態では、図11(a)に示すように、二重溝配線の層間絶縁膜形成において、第1層の溝配線とコンタクトホール形成までが有機シリコン酸化膜2bを用いて行なわれる。有機シリコン酸化膜2bの形成方法は、図6(a)乃至図6(d)を用いて第3の実施の形態でのべた方法と同様に行われるため、詳細な説明を省略する。

10

【0120】

図11(a)に示すように、前記有機シリコン酸化膜2bの上に、コンタクトホールを埋め込むようにポリシラン6を塗布し、レジスト7を用いて第2の配線溝の形成部分を開口する。次に図11(b)に示すように、レジスト7をエッチングマスクとして異方性RIEを用いて、ポリシラン6に第2の配線溝8を形成し、さらにコンタクトホール5を満たすポリシラン6を窒化膜4が露出するまで除去する。

【0121】

引き続き O_2 と CO_2 との混合ガスを用いたアッシングを行い、レジスト7を除去すると同時に、ポリシラン6が有機シリコン酸化膜2bの一部として等しい誘電率を持つよう変化させる。このようにして、全て一体の有機シリコン酸化膜からなる二重溝配線の層間絶縁膜を形成することができる。

20

【0122】

次に、図12を用いて本発明の第7の実施の形態について説明する。第7の実施の形態では、第2の配線溝形成のためのエッチングストッパーとなるポリシラン6aを埋め込むように、二重溝配線の層間絶縁膜全体が有機シリコン酸化膜2bを用いて形成される。

【0123】

図12(a)に示すように、ポリシラン6aからなるエッチングストッパーにはあらかじめ開口部が設けられ、コンタクトホール形成のためのエッチングマスクとしても役立てられる。さらに有機シリコン酸化膜2bの上に反射防止膜としてポリシラン6を塗布し、レジスト7を用いて第2の配線溝の形成領域に開口部を設ける。

30

【0124】

次に図12(b)に示すように、RIEを用いてポリシラン6からなる反射防止膜を除去し、引き続き有機シリコン酸化膜2bに対するRIE条件を用いて窒化膜4に達する異方性エッチングを行えば、1回のRIE工程でコンタクトホール5と配線溝8とを形成することができる。

【0125】

このとき、 $C_4F_8 / CO / Ar / O_2$ 混合ガスの流量比を10 / 50 / 200 / 8 s c c mとし、圧力40 m T o r r、高周波電力1400 W印加のRIE条件で異方性エッチングすれば、ポリシラン6の有機シリコン酸化膜に対するエッチング選択比を10以上とすることができるので、ポリシラン6をコンタクトホール5のエッチングマスクとすると同時に、第2の配線溝8形成のエッチングストッパーとして用いることができる。

40

【0126】

次に図12(c)に示すように、金属配線3の上部を被覆するシリコン窒化膜4を除去した後、 O_2 と CO_2 との混合ガスを用いてアッシングを行い、レジスト7を除去すると同時にポリシラン6、6aが有機シリコン酸化膜2bの一部として等しい誘電率を示すように変化させる。このようにして、全て一体の有機シリコン酸化膜からなる二重溝配線の層間絶縁膜を形成することができる。

50

【 0 1 2 7 】

上記第7の実施の形態において、ポリシラン6 aを埋め込むように有機シリコン酸化膜2 bを形成しなければならない。すなわち、有機シリコン酸化膜2 bの形成過程でポリシラン6 aの酸化を防ぐ必要がある。ポリシラン6 aの酸化防止のためには、例えばポリシラン6 aの表面を薄いプラズマSiO₂膜で覆う等の中間処理を加えてO₂の侵入に対するバリアを形成すればよい。

【 0 1 2 8 】

薄いSiO₂膜は、図12(b)の工程でポリシラン6 aの表面から除去されるので、図12(c)の工程でポリシラン6 aが有機シリコン酸化膜の一部に変化する妨げにはならない。

10

【 0 1 2 9 】

第7の実施の形態では、層間絶縁膜の材料として有機シリコン酸化膜を用いる場合について説明したが、必ずしも有機シリコン酸化膜に限定されるものではない。層間絶縁膜の材料として無機シリコン酸化膜、シリコン酸化膜を用いる際、同様にポリシラン6 aをエッチングストッパー及びエッチングマスクとして使用することができる。

【 0 1 3 0 】

このとき、反射防止膜6としてポリシランを用いるが、必ずしもポリシランに限定されるものではなく、例えば有機膜系の反射防止膜を用いてもよい。有機膜系の反射防止膜を用いればレジスト7をアッシングにより除去する際、反射防止膜も共に除去することができる。

20

【 0 1 3 1 】

次に、図13を用いて、本発明の第8の実施の形態について説明する。第8の実施の形態では、ポリシランをシリコン窒化膜に変化させ、高アスペクト比のコンタクトホール形成のマスクとして用いる。

【 0 1 3 2 】

図13(a)に示すように、第1層の溝配線を絶縁膜2を用いて形成し、その上に再度、絶縁膜2を堆積して、第1の溝配線を厚い絶縁膜2で埋め込み、表面を平坦化する。次にポリシラン6を塗布し、その上に高アスペクト比のコンタクトホール開口用のレジスト7をパターン形成する。ポリシラン6はレジスト7を開口するリソグラフィ工程の露光の反射防止膜である。

30

【 0 1 3 3 】

次に、レジスト7をエッチングマスクとして、異方性RIEにより絶縁膜2にコンタクトホール5を形成し、金属配線3を被覆する窒化膜4を露出させる。このとき窒化膜4は異方性RIEのストッパーとなる。

【 0 1 3 4 】

引き続き図13(b)に示すように、レジストマスク7をN₂アッシングにより除去すると同時にポリシラン6からなる反射防止膜をシリコン窒化膜4に変化させる。このシリコン窒化膜4と金属配線3を被覆するシリコン窒化膜4とをホット燐酸処理、あるいはCDE(Chemical Dry Etching)によりエッチング除去すれば、図13(c)に示すように、第1層の金属配線3に達する高アスペクト比のコンタクトホール5が得られる。

40

【 0 1 3 5 】

第8の実施の形態は、従来O₂アッシングでレジスト7を除去する際、表面に残留して除去が困難であったポリシラン6からなる反射防止膜を、N₂アッシングでレジスト7を除去すると同時にシリコン窒化膜に変化し、ウェットエッチング、あるいはCDEにより容易に除去する点に特徴がある。

【 0 1 3 6 】

次に、図14を用いて本発明の第9の実施の形態について説明する。第9の実施の形態は第8の実施の形態の変形例であり、高アスペクト比のコンタクトホールを直接シリコン基板1に達するように形成する場合を示している。

【 0 1 3 7 】

50

図14(a)に示すように、シリコン基板1の上に直接厚い絶縁膜2を形成し、ポリシラン6からなる反射防止膜を塗布し、その上にコンタクトホール5の開口部を設けたレジスト7をパターン形成する。

【0138】

このレジスト7をエッチングマスクとして、異方性RIEを用いてシリコン基板1の表面に達するコンタクトホール5を形成し、引き続き図14(b)に示すように、N₂アッシングによりレジスト7を除去し、同時にポリシラン6からなる反射防止膜を窒化膜4に変化する。

【0139】

窒化膜4に変化した反射防止膜をホット燐酸処理で除去すれば、図14(c)に示すシリコン基板の表面に達する高アスペクト比のコンタクトホールを形成することができる。

【0140】

次に、図15を用いて本発明の第10の実施の形態について説明する。第10の実施の形態はコンタクトホール5を形成後、ポリシラン6からなる反射防止膜を絶縁膜2の一部とする点が第8の実施の形態と異なる。

【0141】

図15(a)に示すように、シリコン基板1の上に直接厚い絶縁膜2を形成し、ポリシラン6からなる反射防止膜を塗布し、その上にコンタクトホール5の開口部を設けたレジスト7をパターン形成する。

【0142】

このレジスト7をエッチングマスクとして、異方性RIEを用いてシリコン基板1の表面に達するコンタクトホール5を開口し、引き続き図15(b)に示すように、O₂アッシングによりレジスト7を除去すると同時にポリシラン6をシリコン酸化膜に変化すれば、反射防止膜を絶縁膜2の一部とすることができる。第10の実施の形態において、はじめにシリコン基板1の上に形成する絶縁膜2として、ポリシランを酸化した絶縁膜を用いれば、図15(b)におけるシリコン基板1に達するコンタクトホールが反射防止膜を含めて一体のシリコン酸化膜からなる絶縁膜として形成することができる。

【0143】

なお、シリコン基板1の上に形成する絶縁膜2としてポリシランから変化したシリコン窒化膜を用い、レジスト7をN₂アッシングにより除去すれば、反射防止膜として用いたポリシラン6がシリコン窒化膜に変化するので、前記コンタクトホールを反射防止膜を含めて一体のシリコン窒化膜からなる絶縁膜として形成することができる。

【0144】

第10の実施の形態では、シリコン基板1に達するコンタクトホールを形成する場合について説明したが、同様にして第1層の溝配線へのコンタクトホールを形成することができる。

【0145】

次に、図16を用いて本発明の第11の実施の形態について説明する。図16(a)に示すように、シリコン基板1の上に厚い絶縁膜2を形成し、ポリシラン6からなる反射防止膜を塗布し、コンタクトホール5の開口部を設けたレジスト7をパターン形成した後、レジスト7をマスクとして異方性RIEによりポリシラン6を開口する。引き続き図16(b)に示すように、N₂アッシングを行ってレジスト7を除去すると同時に、ポリシラン6をシリコン窒化膜に変化させる。次に、図16(c)に示すように、シリコン窒化膜4をマスクとして異方性RIEによりシリコン基板1に達する高アスペクト比のコンタクトホールを形成する。

【0146】

直接レジストマスクを用いて、異方性RIEによる高アスペクト比のコンタクトホール加工を行えばレジストマスクの膜減りを生じるが、第11の実施の形態に示すように、シリコン窒化膜4を異方性RIEのマスクとして用いればSiO₂等からなる絶縁膜2との間で高いエッチング選択比がとれるので、前記膜減りの問題を回避することができる。

10

20

30

40

50

【0147】

図16(c)において、絶縁膜2の上のシリコン窒化膜4はホット燐酸で除去してもよいし、絶縁膜2をポリシランから変化したシリコン窒化膜として絶縁膜2の一部として一体化してもよい。このときシリコン窒化膜4の開口部周辺に生じた丸い加工部分は、コンタクトホール5に金属配線材料を円滑に埋め込むのに役立つ。

【0148】

次に、図17を用いて本発明の第12の実施の形態について説明する。図17(a)に示すように、シリコン基板1に厚いシリコン酸化膜からなる絶縁膜2を形成し、その上にポリシラン6からなる反射防止膜を塗布する。レジスト7を用いて、コンタクトホール開口部を覆うようにレジスト7の逆パターンを形成する。次に N_2 を用いたRIEにより、ポリシラン6の露出した表面をシリコン窒化膜4に変化させた後、レジスト7を除去する。

【0149】

次に図17(b)に示すように、シリコン窒化膜4をマスクとして異方性RIEを行い、ポリシラン6とシリコン酸化膜からなる絶縁膜2にシリコン基板1に達するコンタクトホールを開口する。

【0150】

引き続き O_2 アッシングと同様な処理を行って、ポリシラン6をシリコン酸化膜に変化させれば、図17(c)に示すように、ポリシラン6は前記絶縁膜2の一部として一体化される。

【0151】

ホット燐酸を用いてマスクとして用いたシリコン窒化膜4を除去すれば、シリコン酸化膜からなる絶縁膜2にシリコン基板1に達する高アスペクト比のコンタクトホールが形成される。第12の実施の形態でも、高アスペクト比のコンタクトホールのエッチングマスクとしてシリコン窒化膜が使用されるので、膜減りの問題を生じる恐れはない。

【0152】

次に、図18を用いて本発明の第13の実施の形態について説明する。図18(a)に示すように、シリコン基板1の上に厚い有機シリコン酸化膜2bを形成し、ポリシラン6からなる反射防止膜とコンタクトホール5の形成部を開口したレジスト7とを設ける。引き続きレジスト7を異方性RIEのマスクとして、シリコン基板1に達するコンタクトホールを形成した後、図18(b)に示すように O_2 アッシングによりレジスト7を除去する。

【0153】

この O_2 アッシング工程で、ポリシラン6はシリコン酸化膜からなる絶縁膜2に変化する。このとき有機シリコン酸化膜2bとシリコン酸化膜からなる絶縁膜2との間には、希弗酸に対するエッチング選択性があるので、図18(c)に示すように、ポリシラン6から変化したシリコン酸化膜からなる絶縁膜2のみを希弗酸を用いて容易に除去することができる。

【0154】

前記第11乃至第13の実施の形態では、シリコン基板1に達するコンタクトホールを形成する場合について説明したが、同様にして第1層の溝配線へのコンタクトホールが形成されることはいうまでもない。

【0155】

以上の第1乃至第13の実施の形態においては、主として二重溝配線の層間絶縁膜やコンタクトホールの加工部分にポリシラン等の有機シリコン膜を用いる方法について説明したが、必ずしもこれに限定されるものではない。ポリシラン等の有機シリコン膜は、ドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法としてさらに広く適用し得ることを以下の実施の形態を例として説明する。

【0156】

図19、図20を用いて第14の実施の形態について説明する。第14の実施の形態は、素子分離領域と素子領域との平坦化形成工程にポリシランを用いた例である。

【0157】

図19(a)に示すように、シリコン基板1にポリシラン6を塗布し、MOS(Metal-Oxide-Semiconductor)トランジスタ等を形成する素子領域を覆うようにレジスト7をパターン形成する。次に、流量75sccmのCl₂と、流量10sccmのO₂との混合ガスを用いて、圧力75mTorr、高周波電力300W印加の条件で、図19(b)に示すように、レジスト7をマスクとする異方性RIEによりポリシラン6とシリコン基板1とをエッチングする。

【0158】

引き続き図19(c)に示すように、N₂アッシングを行ってレジスト7を除去すると同時に、ポリシラン6をシリコン窒化膜4に変化させる。次に図20(d)に示すように、シリコン基板1に形成された素子分離用の分離溝を埋め込むように全面にポリシラン6を塗布する。

10

【0159】

ポリシラン6は流動性があるので、塗布によりポリシラン6の表面は平坦化されるが、さらにCMPによりシリコン窒化膜4をストッパーとしてシリコン窒化膜の上の過剰のポリシラン6を除去し、前記分離溝の開口部が丁度ポリシランで平坦に満たされるようにする。

【0160】

次に図20(e)に示すように、O₂アッシングと同様な処理をすれば、分離溝を満たすポリシラン6をシリコン酸化膜からなる絶縁膜2に変化することができる。上記の例では分離溝の埋め込みにポリシランを用いたが、必ずしもポリシランに限定されるものではない。塗布により成膜される有機、及び無機シリコン酸化膜でも同様に分離溝の埋め込みに用いることができる。

20

【0161】

さきにのべたように、従来、分離溝の形成工程には、ポリシランに比べて加工が困難なSiO₂からなる絶縁膜を厚く堆積し、分離溝に沿って大きな凹凸面となった絶縁膜の表面をSi₃N₄からなるシリコン窒化膜をストッパーとしてCMPにより平坦化する方法が用いられてきた。したがってストッパーで覆われた素子領域の分布の粗密により、例えばストッパーが粗に分布するフィールド領域では研磨が過度に進行し、表面が凹面状になるという問題を生じていた。

【0162】

しかし、第14の実施の形態では、SiO₂の代わりに極めて研磨容易なポリシランを塗布することにより、その表面を当初から平坦にすることができ、またシリコン窒化膜上に僅かに残留する薄膜状のポリシランのみをCMPにより除去すればよいのでCMP後の表面平坦性は従来の方法に比べて大幅に改善される。次に、図21を用いて本発明の第15の実施の形態について説明する。第15の実施の形態は、シリコン基板1に形成されたMOSトランジスタのゲート電極間に設けられた、ソース/ドレイン拡散層9に達するコンタクトホールを自己整合的に形成するSACのドライエッチング加工部分に、本発明のポリシランを用いる方法を示すものである。

30

【0163】

図21(a)に示すように、MOSトランジスタのソース/ドレイン拡散層9が形成されたシリコン基板1の上にゲート酸化膜10を形成し、このゲート酸化膜10の上にポリシリコン11とタングステン12とシリコン窒化膜4とを積層し、パターン形成することによりMOSトランジスタのゲート電極を形成し、このゲート電極の周囲をシリコン窒化膜4で被覆する。

40

【0164】

次に、前記ゲート電極が形成されたシリコン基板1の全面に、例えばSiO₂からなる絶縁膜2を堆積し、CMPによりその表面を平坦化する。この平坦化された絶縁膜上にさらにポリシラン6を塗布し、セルフアラインコンタクトホールの形成部分を開口したレジスト7をパターン形成する。

【0165】

50

次に図 2 1 (b) に示すように、異方性 R I E によりレジスト 7 をマスクとしてポリシラン 6 を開口する。さらに図 2 1 (c) に示すように、ゲート電極周囲を被覆するシリコン窒化膜 4 からなるエッチングストッパーに達するまで、セルフアラインコンタクトホール 1 3 を異方性 R I E により形成する。

【 0 1 6 6 】

このとき、セルフアラインコンタクトホール 1 3 の内部に露出したゲート電極の稜線部分では、前記ゲート電極の周囲を覆う窒化膜 4 のシリコン酸化膜 2 に対するエッチング選択比が低下するため、セルフアラインコンタクトホール 1 3 の異方性 R I E で、図 2 1 (c) に示すように、前記窒化膜 4 の稜線部分の角が削られるようになる。

【 0 1 6 7 】

このゲート電極の角の削れは、ゲート電極最上層のシリコン窒化膜ストッパー 4 により保護されるので、ポリシラン 6 に比べて加工困難な絶縁膜 2 のエッチング深さが小さい場合には問題とならない。

【 0 1 6 8 】

すなわち、第 1 5 の実施の形態において、絶縁膜 2 を薄くしてその上にポリシラン 6 を積層することにより、ゲート電極の稜線部が露出するまでの絶縁膜 2 のエッチング深さを最小にしている。

【 0 1 6 9 】

第 1 5 の実施の形態では、図 2 1 (d) に示すように、 O_2 アッシングによりレジスト 7 を除去すると同時にポリシラン 6 をシリコン酸化膜として絶縁膜 2 の一部となるように変化させ、ソース/ドレイン拡散層 9 を覆うシリコン窒化膜 4 とゲート酸化膜 1 0 とを除去し、金属配線材料をセルフアラインコンタクトホール 1 3 に埋め込むことにより、ソース/ドレイン拡散層 9 に接続された S A C が形成される。

【 0 1 7 0 】

ここで、図 2 1 (a) に示す絶縁膜 2 の厚さが従来のようにポリシラン 6 との合計値まで厚くされれば、ポリシラン 6 に比べて絶縁膜 2 をエッチングするのにより強力な異方性 R I E が必要となるので、ゲート電極の稜線部の削れ量が増加しゲート電極のポリシリコン 1 2 が露出すれば、金属配線材料をセルフアラインコンタクトホール 1 3 に埋め込む工程でゲート電極とソース/ドレイン拡散層 9 とが短絡することになる。

【 0 1 7 1 】

すなわち第 1 5 の実施の形態では、絶縁膜 2 とポリシラン 6 とを積層し、後にポリシラン 6 を絶縁膜 2 の一部となるよう変化させ、実質的に絶縁膜 2 の異方性 R I E による加工量を減少させ、ゲート電極とソース/ドレイン拡散層 9 とが短絡するのを回避して半導体装置の歩留まりを向上させることに特徴がある。

【 0 1 7 2 】

次に、図 2 2 、図 2 3 を用いて本発明の第 1 6 の実施の形態について説明する。図 2 2 (a) に示すように、ソース/ドレイン拡散層 9 を備えたシリコン基板 1 の上にゲート酸化膜 1 0 を形成し、ポリシリコン 1 1 、タングステン 1 2 、シリコン窒化膜 4 を積層したゲート電極をパターン形成した後、ゲート電極の周囲をシリコン窒化膜 4 で被覆する。ここまでの工程は前記図 2 1 (a) と同様である。

【 0 1 7 3 】

次に図 2 2 (b) に示すように、ゲート電極を被覆するシリコン窒化膜 4 の上にさらにシリコン酸化膜 1 0 を被覆する。この工程後のシリコン基板 1 の上部全面にポリシラン 6 を厚く塗布する。第 1 6 の実施の形態では、ゲート電極を埋め込む絶縁膜がほぼポリシラン 6 からなることに特徴がある。

【 0 1 7 4 】

セルフアラインコンタクトの形成位置に、レジスト 7 の開口部をパターン形成し、レジスト 7 をマスクとして、厚いポリシラン膜 6 にセルフアラインコンタクトホール 1 3 を開口する。このとき、ポリシラン 6 は、異方性 R I E により容易に除去できるので、ゲート電極を被覆するシリコン酸化膜 1 0 がストッパーとなり、ゲート電極稜線部の削れを完全に

10

20

30

40

50

回避し、半導体装置の歩留まりを向上することができる。

【0175】

次に図22(c)に示すように、 O_2 アッシングによりレジスト7を除去すると同時にポリシラン6をシリコン酸化膜に変化させる。

【0176】

次に図23(d)に示すように、ゲート電極を被覆する酸化膜10をエッチングにより除去する。このときゲート電極を被覆するシリコン窒化膜4の稜線部の削れを最大限に抑制するため、シリコン酸化膜エッチングはシリコン窒化膜との選択比が高いRIE条件で行う。なおポリシラン6から変化した絶縁膜2とゲート電極を被覆する酸化膜10の間にはエッチング選択比がとれるので、このようにして前記酸化膜10のみをエッチング除去

10

【0177】

さらに図23(e)に示すように、異方性RIEを用いてソース/ドレイン拡散層を覆うシリコン窒化膜4とゲート酸化膜10とを除去する。このときゲート電極の稜線部分を覆うシリコン窒化膜に多少の削れを生じるが、ドライエッチング量が僅かであるため、ゲート電極とソース/ドレイン拡散層9との間に短絡不良を生じる恐れはない。

【0178】

次に、図24を用いて本発明の第17の実施の形態を説明する。第17の実施の形態は第16の実施の形態の変形例である。図24(a)に示すように、図22(a)の工程を経たシリコン基板1の上のゲート電極に、さらに厚いシリコン酸化膜10を被覆し、図24

20

【0179】

次に、図24(c)に示すように厚いポリシラン6を塗布し、セルフアラインコンタクト形成部分を開口したレジスト7をパターン形成する。このレジスト7をマスクとして異方性RIEを用いてポリシラン6にセルフアラインコンタクトホール13を形成する。このポリシランの異方性RIEにおいて、ゲート側壁の酸化膜がエッチングストッパーとなるのでゲート電極稜線部の削れは生じない。次に O_2 アッシングにより、レジスト7を除去すると同時にポリシラン6をシリコン酸化膜からなる絶縁膜2に変化する。その後の工程は図22(c)以降と同様にして、ソース/ドレイン拡散層9に接続されたSACが形成

30

【0180】

なお上記の説明では、図24(b)においてゲート電極を覆う厚いシリコン酸化膜10をエッチバックして、図24(b)のゲート側壁のシリコン酸化膜10としたが、必ずしもエッチバックする必要はなく、エッチング条件を最適化すれば、厚いシリコン酸化膜10のままでも同様の効果を得ることができる。

【0181】

次に、図25を用いて本発明の第18の実施の形態について説明する。第18の実施の形態では、ポリシランを配線溝の加工に適用する例を示す。図25(a)に示すように、シリコン基板1の上にシリコン酸化膜からなる絶縁膜2を形成し、この絶縁膜2の上にポリシラン6を塗布する。

40

【0182】

ポリシラン6の上の配線溝の形成位置にレジスト7を開口し、このレジスト7をマスクとして、図25(b)に示すように、異方性RIEを用いて配線溝8を形成する。このときシリコン酸化膜からなる絶縁膜2に対するポリシラン6のエッチング選択比が非常に高いことから、絶縁膜2は異方性RIEのストッパーとなり、一定深さの配線溝8が形成される。

【0183】

次に図25(c)に示すように、 O_2 アッシングを行ってレジスト7を除去すると同時に、ポリシラン6をシリコン酸化膜からなる絶縁膜2の一部に変化させる。さきののべたよ

50

うにポリシラン 6 は塗布により平坦化し、異方性 R I E の条件を制御すれば、必ずしも絶縁膜 2 からなるエッチングストッパーがなくてもポリシラン 6 に配線溝 8 を形成することができる。

【 0 1 8 4 】

しかし、一般に第 1 層の溝配線はもっとも微細化が要求され、また一定以上のアスペクト比（配線幅と高さとの比）が必要な場合には、第 1 8 の実施の形態に示すようにエッチングストッパーとして絶縁膜 2 を用いた方が良好な結果が得られる。

【 0 1 8 5 】

なお第 1 8 の実施の形態において、エッチングストッパーとしてシリコン酸化膜を用いたが、有機シリコン酸化膜、無機シリコン酸化膜を用いても同様な結果がえられる。このとき下地に合わせてポリシランの種類を選択すればさらに良好な結果が得られる。

10

【 0 1 8 6 】

次に、図 2 6、図 2 7 を用いて、本発明の第 1 9 の実施の形態について説明する。第 1 9 の実施の形態は、シリコン基板への深いシリコントレンチ形成に用いる高アスペクト比の絶縁膜マスクの開口部形成方法を示すものである。

【 0 1 8 7 】

図 2 6 (a) に示すように、シリコン基板 1 の上にエッチングストッパーとして熱酸化膜 1 0 を形成し、その上に下層のポリシラン 6 を塗布する。下層のポリシラン 6 に上に、例えばシリコン酸化膜からなる絶縁膜 2 を堆積した後、反射防止膜として再度上層のポリシラン 6 を塗布し、深いトレンチの形成位置を覆うようにレジスト 7 の逆パターンを形成する。このレジスト 7 をマスクとして N₂ R I E 又は N₂ イオン注入を行い、露出した上層のポリシラン 6 の表面をシリコン窒化膜 4 に変化させる。

20

【 0 1 8 8 】

レジスト 7 の除去後、シリコン窒化膜 4 をマスクとしてシリコン窒化膜に対するポリシランのエッチング選択比が高い、Cl₂ / O₂ の流量比 7 5 / 1 0 s c c m、圧力 7 5 m T o r r、高周波電力 3 0 0 W 印加の条件で異方性 R I E を行い、まず反射防止膜となる上層のポリシラン 6 を開口する。

【 0 1 8 9 】

引き続きシリコン窒化膜 4 に対して、シリコン酸化膜からなる絶縁膜 2 のエッチング選択比が高い C₄ F₈ / C O / A r の流量比 1 0 / 5 0 / 2 0 0 s c c m、圧力 4 0 m T o r r、高周波電力 1 4 0 0 W 印加の条件で異方性 R I E を行い、図 2 6 (b) に示すように下層のポリシラン 6 までのトレンチ 1 4 a を形成する。

30

【 0 1 9 0 】

このエッチング条件ではポリシラン 6 とのエッチング選択比がとれるので、下層のポリシラン 6 がエッチングストッパーとなり、トレンチ 1 4 a を制御性良く形成することができる。

【 0 1 9 1 】

次に、シリコン窒化膜 4 及びシリコン酸化膜 1 0 に対する下層のポリシラン 6 のエッチング選択比が高い条件で、図 2 6 (c) に示すように、シリコン熱酸化膜 1 0 をエッチングストッパーとしてトレンチ 1 4 b を形成する。

40

【 0 1 9 2 】

引き続き前記シリコン窒化膜に対するシリコン熱酸化膜 1 0 のエッチング選択比が高い条件を用いて、図 2 7 (d) に示すように、シリコン熱酸化膜 1 0 を除去する。このときシリコン基板 1 の表面がストッパーとなり、シリコン表面までのトレンチ 1 4 c を制御性良く形成することができる。

【 0 1 9 3 】

最後に図 2 7 (e) に示すように、N₂ 雰囲気中の熱処理により上層と下層のポリシラン 6 をシリコン窒化膜 4 に変化させる。このようにしてシリコン基板 1 の上に、熱酸化膜 1 0 を介して上下に窒化膜 4 で挟まれた絶縁膜 2 に高アスペクト比のトレンチが形成された深いトレンチマスク 1 4 を形成することができる。なおこの最後の処理は、シリコン熱酸

50

化膜 10 の除去前に行うことも可能である。また上層のシリコン窒化膜 4 は除去してもよい。

【0194】

第 19 の実施の形態に示した深いトレンチマスクの形成方法は、異方性 R I E の途中で、数回のエッチングストッパーによる加工制御が行われる点に特徴がある。この方法によれば、従来不可能であった深さまで高い精度でエッチングマスクにトレンチ加工を施すことができる。

【0195】

なお最後に行う N₂ 雰囲気中の熱処理に代えて、異方性 R I E に用いた条件を N₂ 流量 100 s c c m、圧力 150 m T o r r、高周波電力 100 W 印加に変更し、N₂ ラジカルの多い条件にして引き続き処理すればポリシラン 6 がシリコン窒化膜に変化し、工程数の削減に役立てることができる。

10

【0196】

次に、図 28 を用いて本発明の第 20 の実施の形態について説明する。図 28 (a) に示すように、シリコン基板 1 の上にエッチングストッパーとして熱酸化膜 10 を形成し、下層のポリシラン 6 を塗布し、シリコン酸化膜からなる絶縁膜 2 を堆積する。さらに反射防止膜として上層のポリシラン 6 を塗布し、トレンチの形成部分を開口したレジスト 7 をパターン形成する。次にレジスト 7 をエッチングマスクとして反射防止膜となる上層のポリシラン 6 を開口する。

【0197】

引き続き図 28 (b) に示すように、N₂ アッシングによりレジスト 7 を除去すると同時に上層のポリシラン 6 をシリコン窒化膜 4 に変化させ、この窒化膜 4 をマスクとして異方性 R I E により下層のポリシラン 6 に達するトレンチ 14 a を形成する。

20

【0198】

次に図 28 (c) に示すように、異方性 R I E の条件を切り換えて熱酸化膜 10 をエッチングストッパーとして下層のポリシラン 6 にトレンチ 14 b を形成する。引き続き N₂ アッシングと同様な処理を行い、下層のポリシラン 6 をシリコン窒化膜に変化させる。最後にシリコン熱酸化膜 10 を除去すればシリコン基板 1 の表面に達する深いトレンチマスクを形成することができる。なお、ここで N₂ アッシングはシリコン熱酸化膜 10 の除去後に行ってもよい。

30

【0199】

第 20 の実施の形態において、ドライエッチング条件の切替えは第 19 の実施の形態に準じて行うことができる。また各層がエッチングストッパーとして働くために、第 19 の実施の形態と同様に、高い制御性で高アスペクト比のエッチングマスクを形成することができる。

【0200】

次に、図 29 を用いて本発明の第 21 の実施の形態について説明する。第 21 の実施の形態は、半導体基板 1 の上に M O S トランジスタのゲート電極をパターン形成する際、ポリシラン 6 を用いる工程を示すものである。

【0201】

図 29 (a) に示すように、シリコン基板 1 の表面に熱酸化膜 10 からなるゲート絶縁膜を形成し、その上にゲート電極材料としてポリシリコン 11 とタンゲステン 12 からなる膜を形成する。その全面にポリシラン 6 を塗布し、さらにゲート電極形成部分を覆うようにレジスト 7 をパターン形成する。

40

【0202】

次に図 29 (b) に示すように、このレジスト 7 をエッチングマスクとして異方性 R I E を行い、ポリシリコン 11 とタンゲステン 12 とポリシラン 6 とからなる積層膜をゲート電極としてパターン形成する。

【0203】

引き続き図 29 (c) に示すように、N₂ アッシングを行ってレジスト 7 を除去すると同

50

時にゲート電極の最上層にパターン形成されたポリシラン 6 をシリコン窒化膜 4 に変化させる。このシリコン窒化膜 4 を備えたゲート電極マスクとして、イオン注入と熱処理によりソース/ドレイン拡散層 9 を自己整合的に形成し、シリコン基板上の MOS トランジスタを得ることができる。なおゲート電極のポリシリコン 11 とタングステン 12 とは、熱処理によりタングステンシリサイドとされる。

【0204】

従来ポリシリコンとタングステンとシリコン窒化膜とからなる積層膜をゲート電極としてパターン形成するには、まずレジストをマスクとしてシリコン窒化膜をパターン形成し、次にこのシリコン窒化膜をマスクとしてタングステンとポリシリコンとパターン形成するという 2 段階の工程が必要であった。

10

【0205】

第 21 の実施の形態では Cl_2 / O_2 の流量比 75 / 10 sccm、圧力 75 mTorr、高周波電力 300 W 印加のポリシラン 6 に対するエッチング条件で、同時にタングステン 12 とポリシリコン 11 とをパターン形成することができるので工程数の削減になり、制御性よくゲート電極を加工することができる。このときタングステンシリサイドの形成を先に行って、ポリシリコンとタングステンシリサイドとを同時にパターン形成することも可能である。

【0206】

以上の各実施の形態における RIE やアッシング工程に使用したドライエッチング装置の構成を図 30 に示す。このドライエッチング装置は真空チャンパー 15 と、シリコンウエハ等の被処理物 16 と、この被処理物の載置台 17 と、対向電極 18 と、ガス導入管 19 と、排気口 20 と、高周波源 21 と、磁石 22 とから構成される。

20

【0207】

載置台 17 は温度調節機構を有し、被処理物 16 の温度を制御することができる。また対向電極 18 をなす真空チャンパーの天壁にはガス導入管 19 が接続されている。ガス導入管 19 から真空チャンパーにガスが導入され、排気口 20 の弁により圧力が調整される。

【0208】

圧力が安定化した後、載置台 17 下の高周波源 17 から高周波を印可し、真空チャンパー内にプラズマを発生させる。また真空チャンパーの外周部には磁石 22 が設けられ、真空中に高密度な磁界を作ると同時にプラズマ中のイオンに異方性を付与し被処理物 16 をエッチングする。

30

【0209】

図 29 に示すドライエッチング装置はマグネトロン RIE 装置であるが、これほか ECR (Electron Cycrotron Resonance)、ヘリコン、誘導結合型プラズマ等の他のドライエッチング装置を使用することも可能である。

【0210】

最後にポリシラン等を用いた塗布法による有機シリコン膜の形成方法について詳細に説明する。まずシリコンとシリコンとの結合を主鎖とする有機シリコン化合物（請求項において有機シリコンと総称する）を有機溶剤に溶解して溶液材料を作成する。

【0211】

シリコンとシリコンとの結合を主鎖とする有機シリコン化合物としては、例えば一般式 ($SiR_{11}R_{12}$) で表わされるポリシランがあげられる。ここで R_{11} 、 R_{12} は水素原子または炭素数 1 乃至 20 の置換もしくは非置換の脂肪族炭化水素、又は芳香族炭化水素等を示す。

40

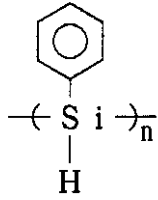
【0212】

ポリシランは単独重合体又は共重合体のいずれでもよい。また 2 種以上のポリシランが酸素原子、窒素原子、脂肪族基、芳香族基を介して互いに結合した構造を有するものでもよい。有機シリコン化合物の具体例を化 1 乃至化 15 に示す。

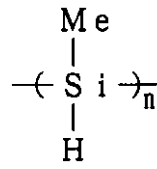
【0213】

【化 1】

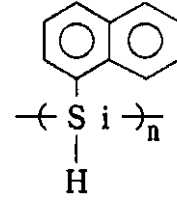
50



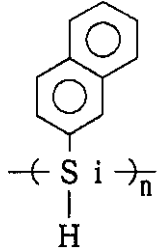
[1-1]



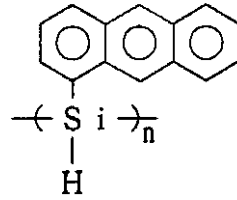
[1-2]



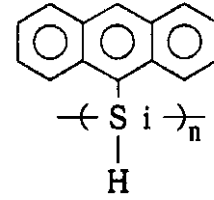
[1-3]



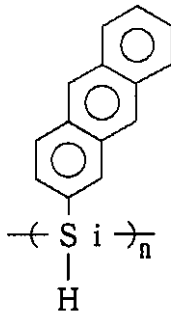
[1-4]



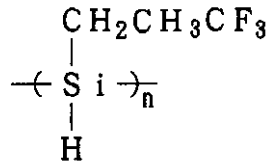
[1-5]



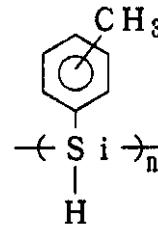
[1-6]



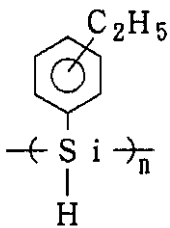
[1-7]



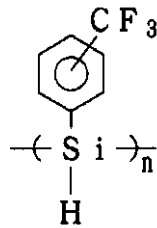
[1-8]



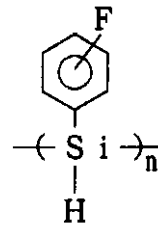
[1-9]



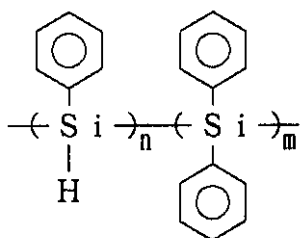
[1-10]



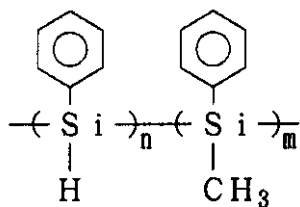
[1-11]



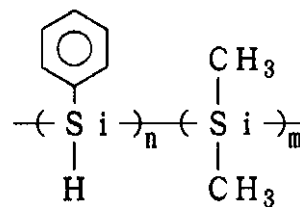
[1-12]



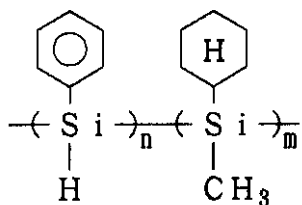
[1-13]



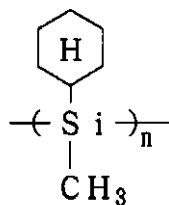
[1-14]



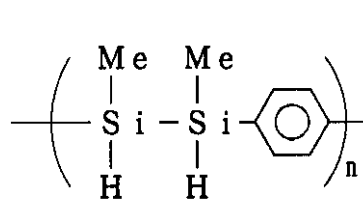
[1-15]



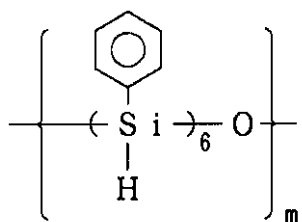
[1-16]



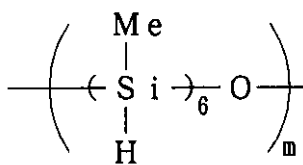
[1-17]



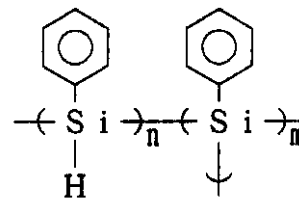
[1-18]



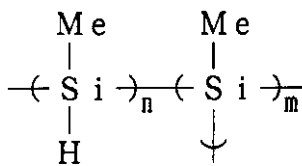
[1-19]



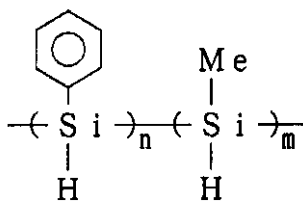
[1-20]



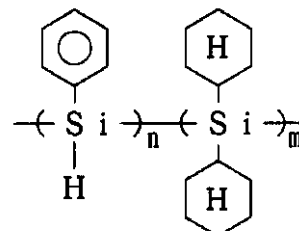
[1-21]



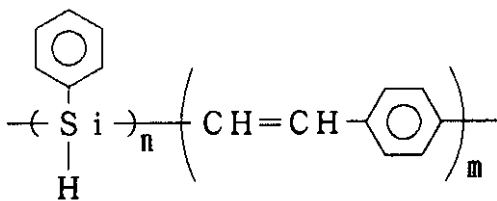
[1-22]



[1-23]



[1-24]



[1-25]

【0215】

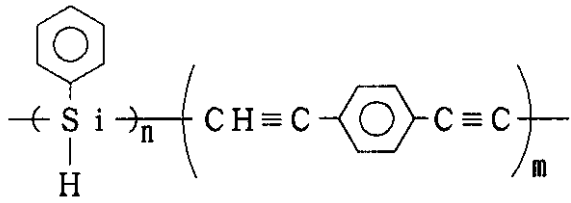
【化3】

10

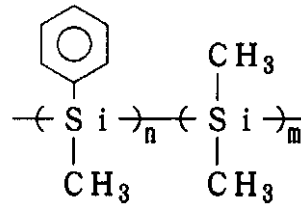
20

30

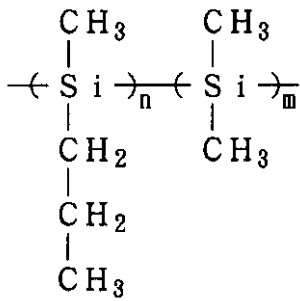
40



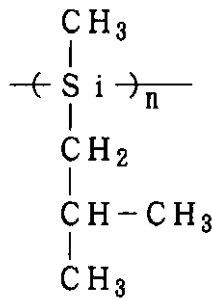
[1 - 26]



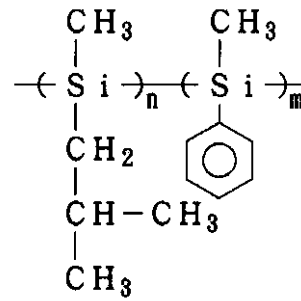
[1 - 27]



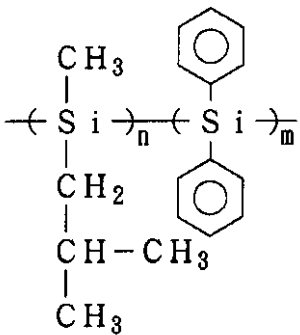
[1 - 28]



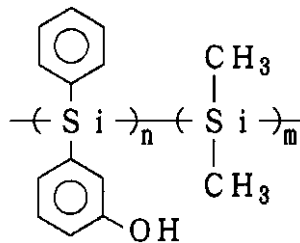
[1 - 29]



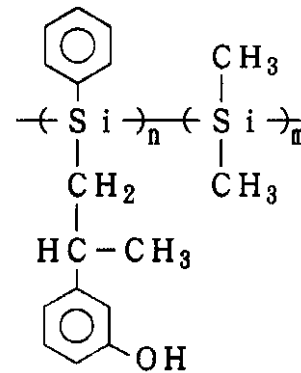
[1 - 30]



[1 - 31]



[1 - 32]



[1 - 33]

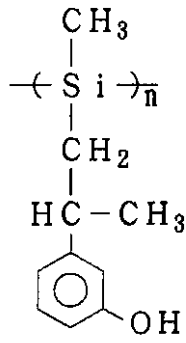
10

20

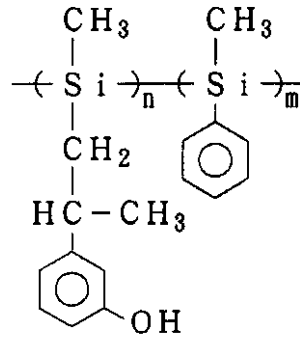
30

【 0 2 1 6 】

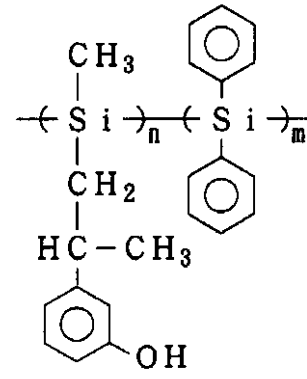
【 化 4 】



[1-34]

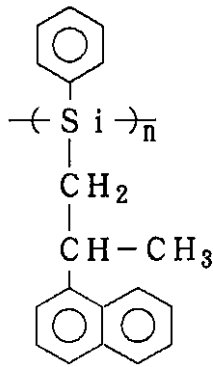


[1-35]

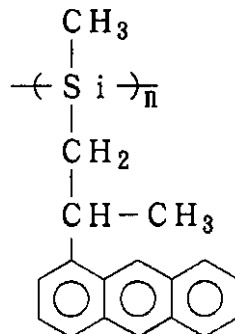


[1-36]

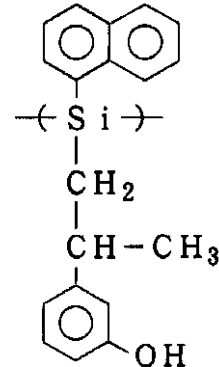
10



[1-37]

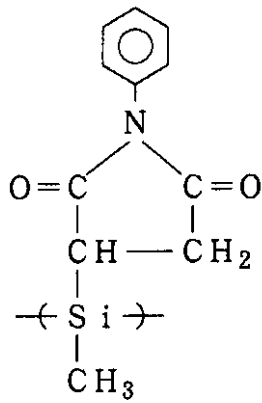


[1-38]

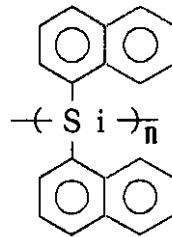


[1-39]

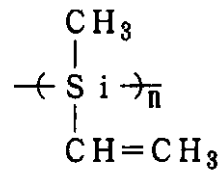
20



[1-40]



[1-41]

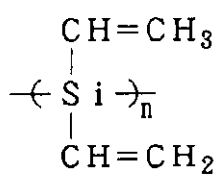


[1-42]

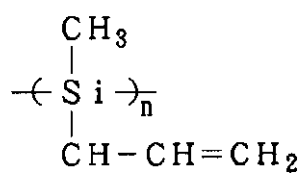
30

【0217】
【化5】

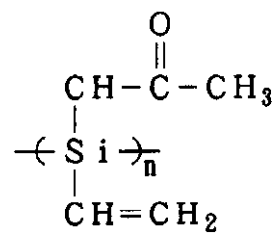
40



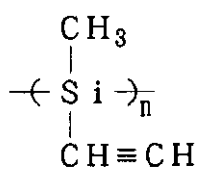
[1-43]



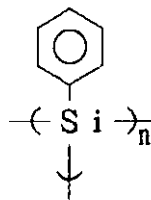
[1-44]



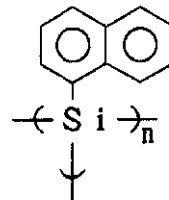
[1-45]



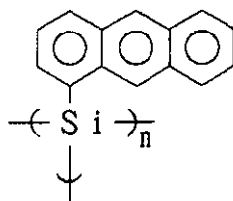
[1-46]



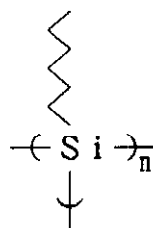
[1-47]



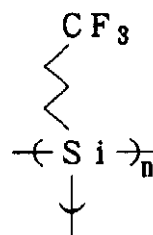
[1-48]



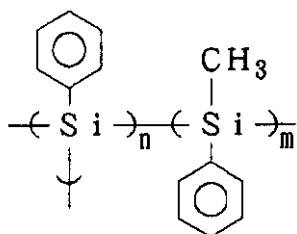
[1-49]



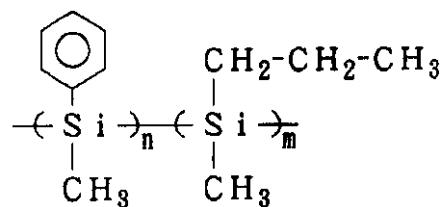
[1-50]



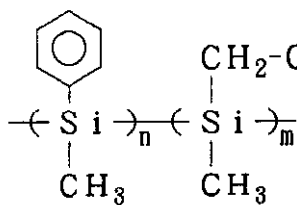
[1-51]



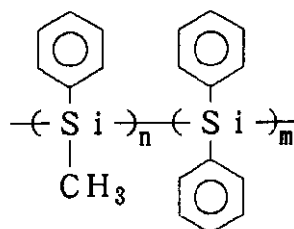
[1-52]



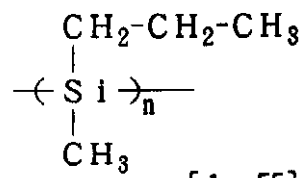
[1-53]



[1-54]



[1-56]



[1-55]

【0218】

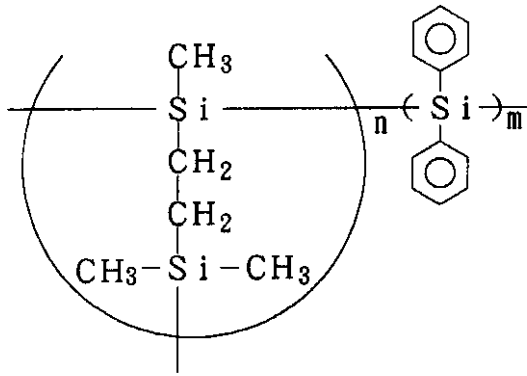
【化6】

10

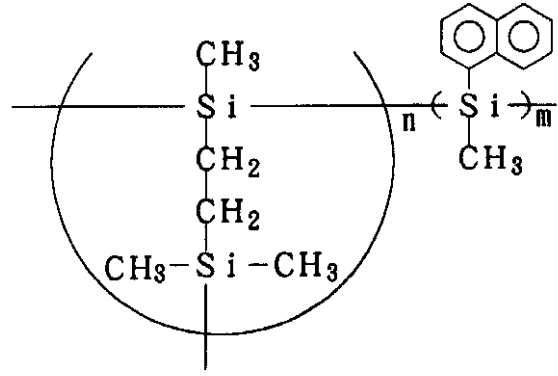
20

30

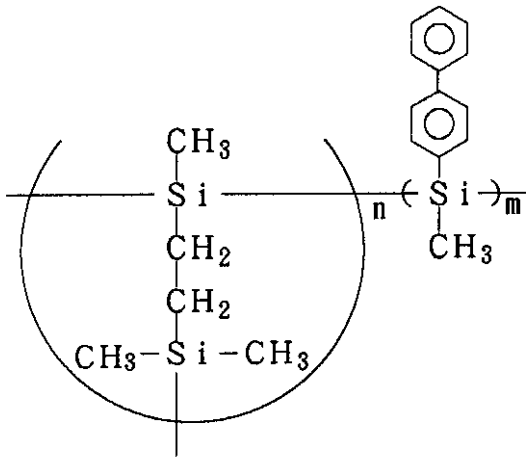
40



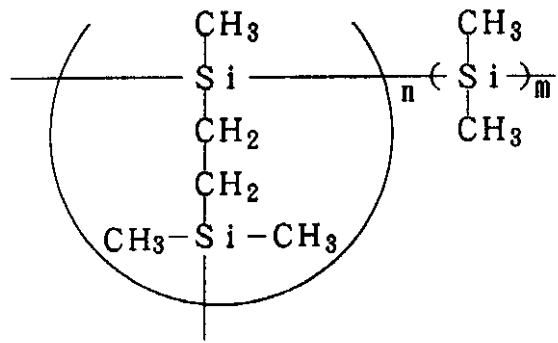
[1-57]



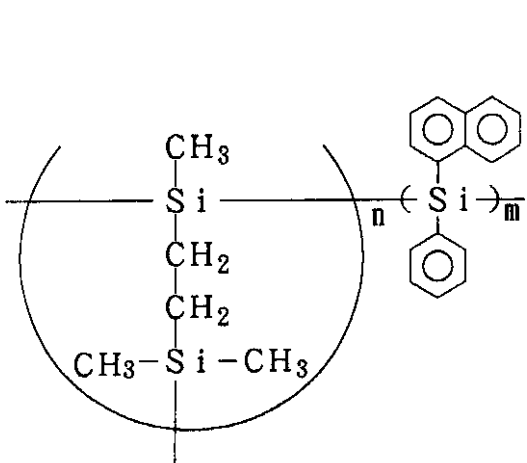
[1-58]



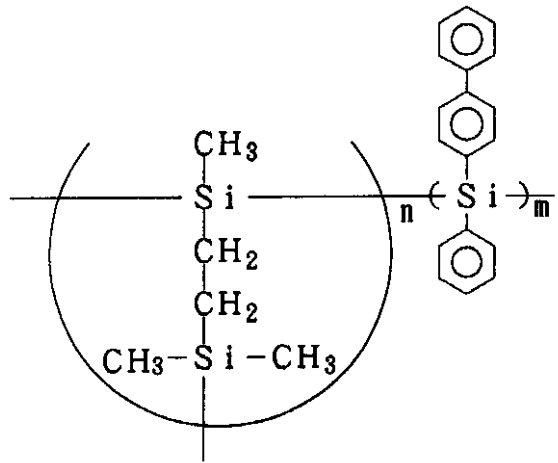
[1-59]



[1-60]



[1-61]



[1-62]

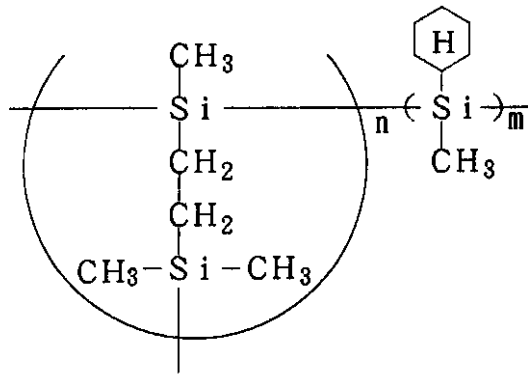
【0219】
【化7】

10

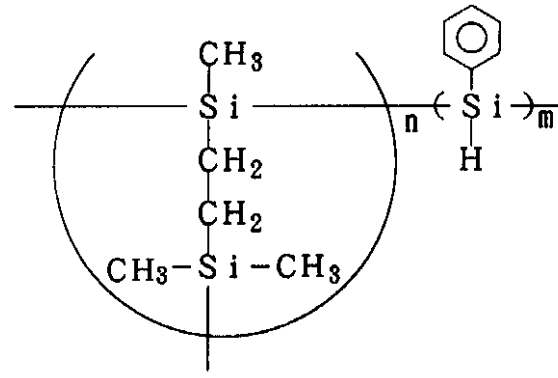
20

30

40

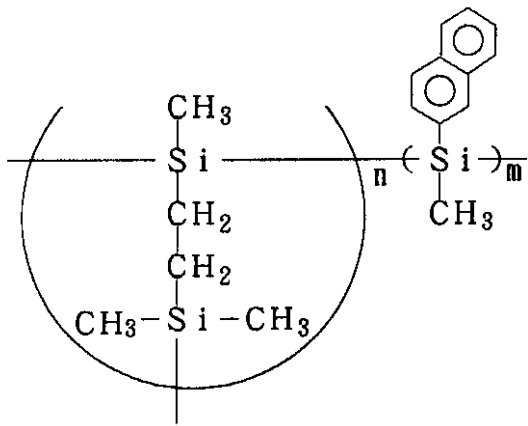


[1-63]

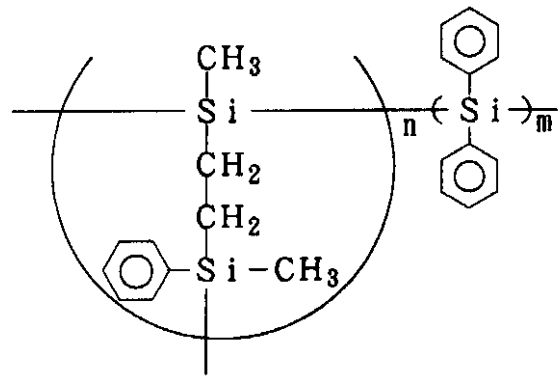


[1-64]

10

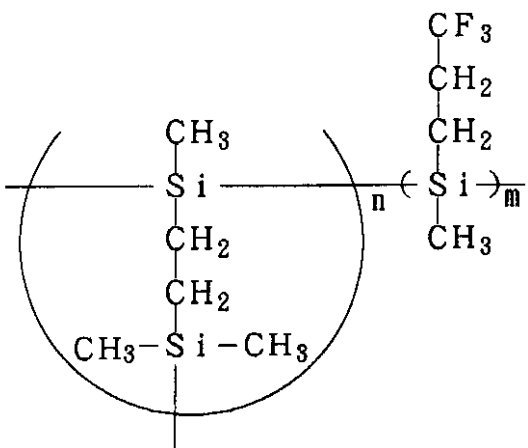


[1-65]

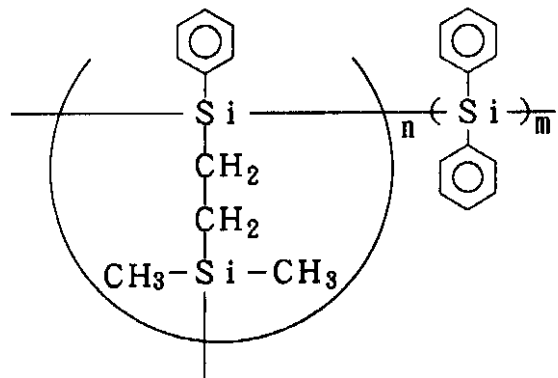


[1-66]

20



[1-67]



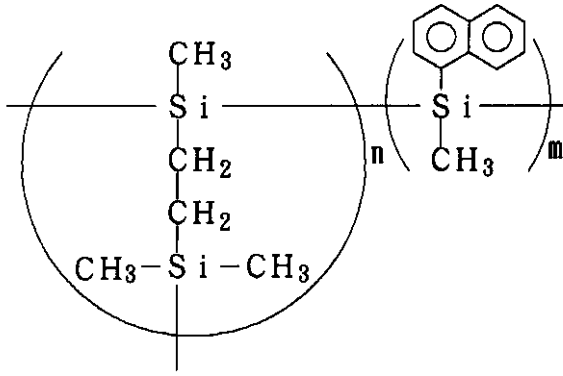
[1-68]

30

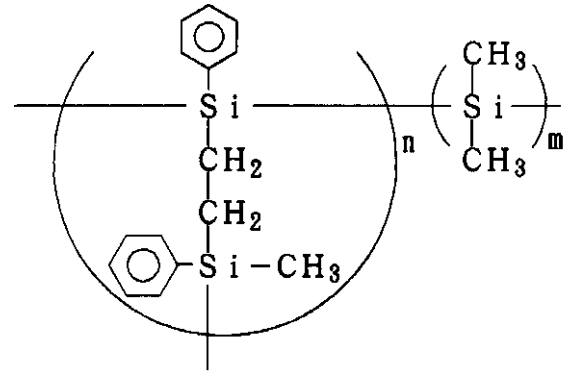
40

【0220】

【化8】

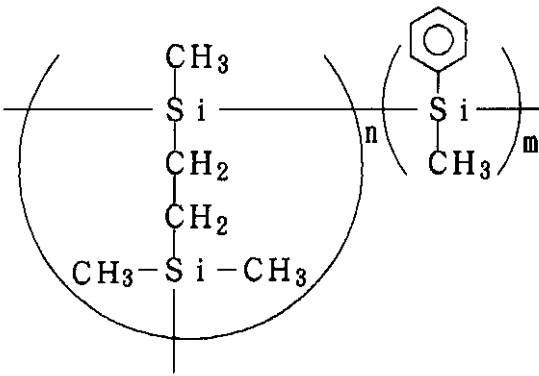


[1-69]

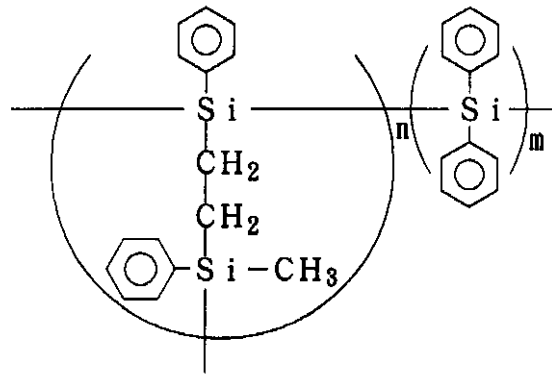


[1-70]

10

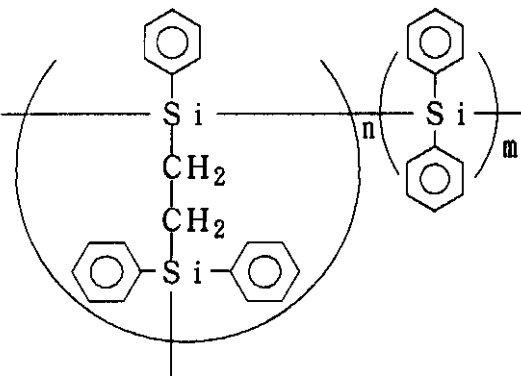


[1-71]

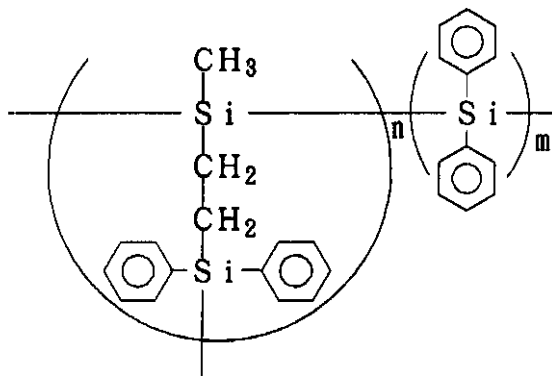


[1-72]

20



[1-73]



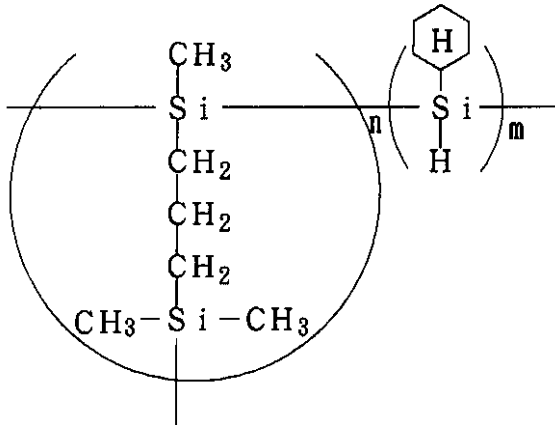
[1-74]

30

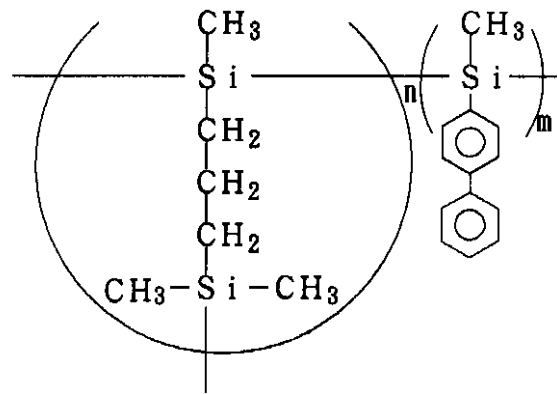
40

【0221】

【化9】

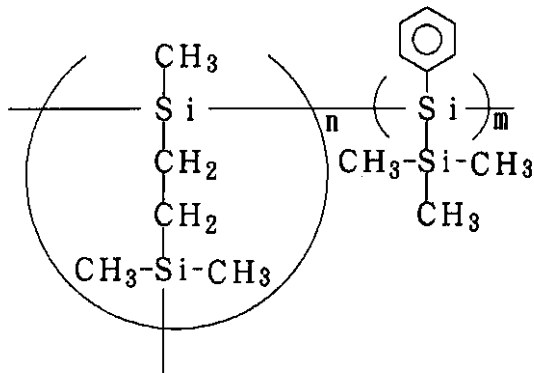


[1-75]

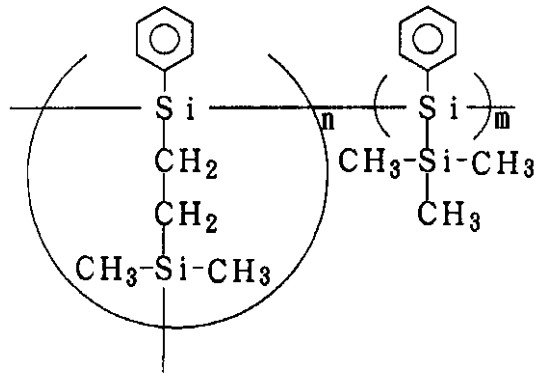


[1-76]

10

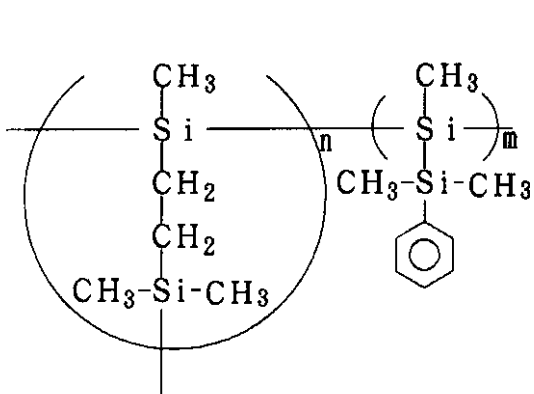


[1-77]

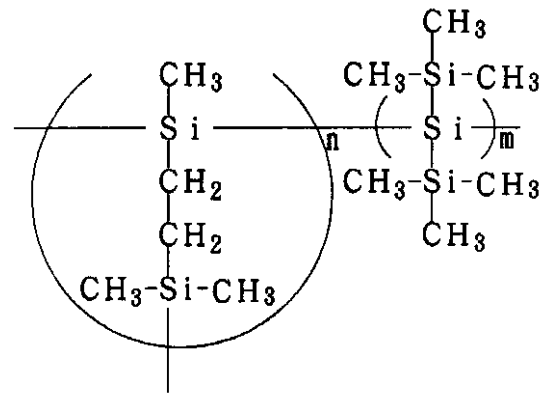


[1-78]

20



[1-79]



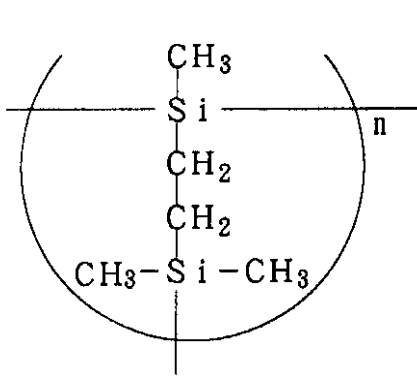
[1-80]

30

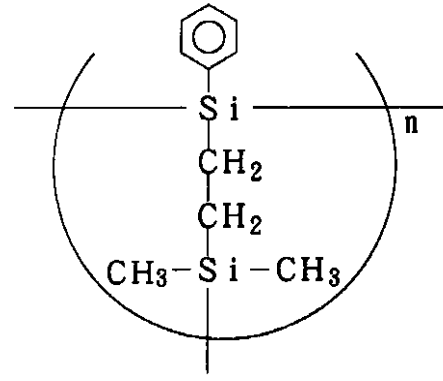
40

【0222】

【化10】

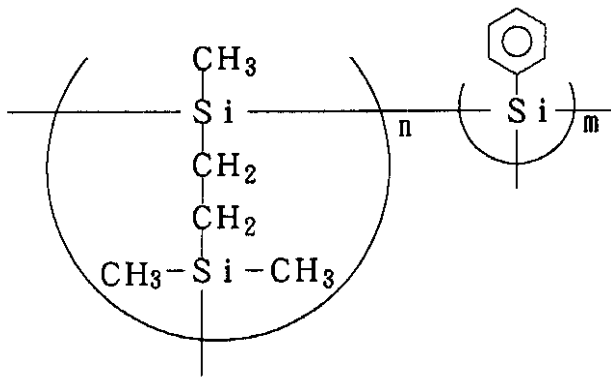


[1-81]



[1-82]

10

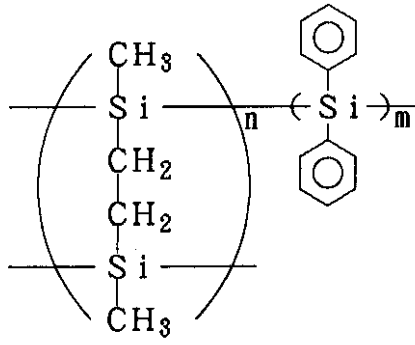


[1-83]

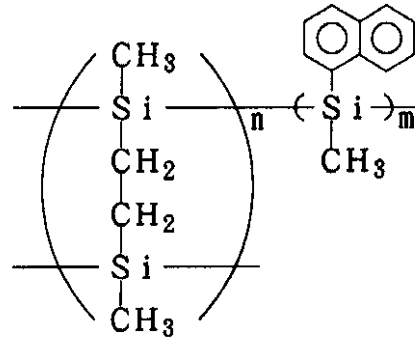
20

【0223】

【化11】

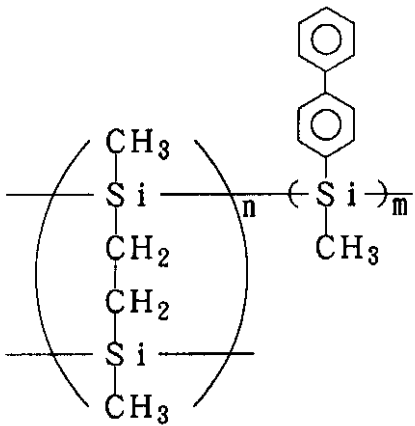


[1-84]

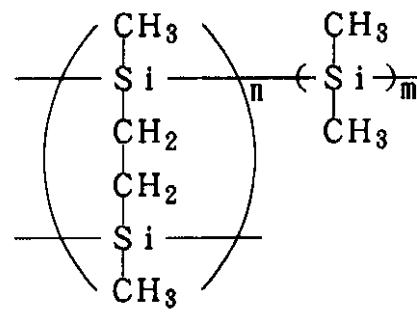


[1-85]

10

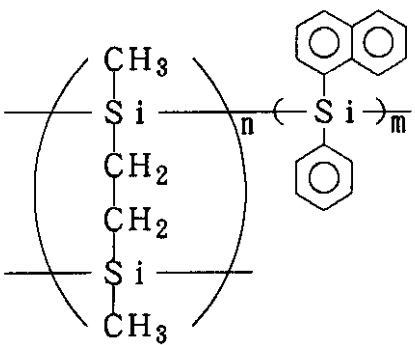


[1-86]

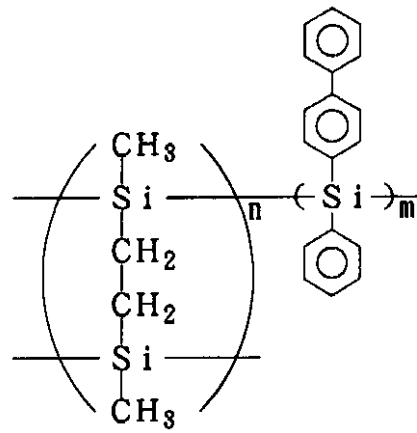


[1-87]

20



[1-88]



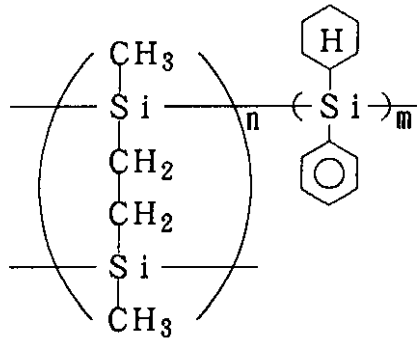
[1-89]

30

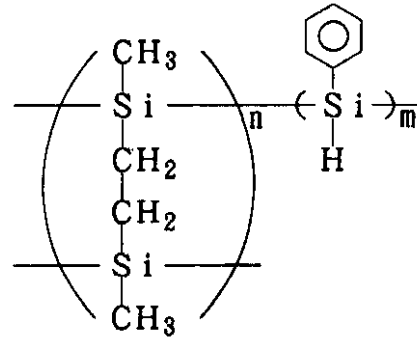
40

【0224】

【化12】

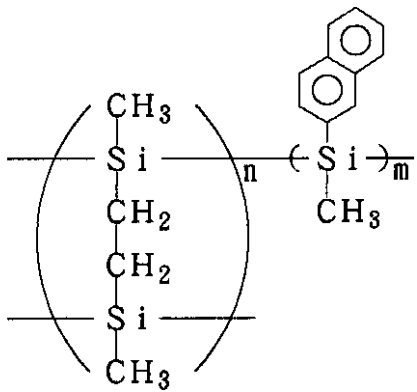


[1-90]

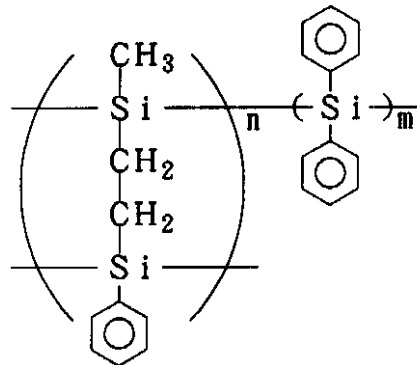


[1-91]

10

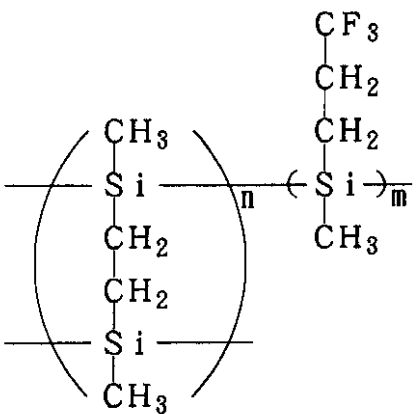


[1-92]

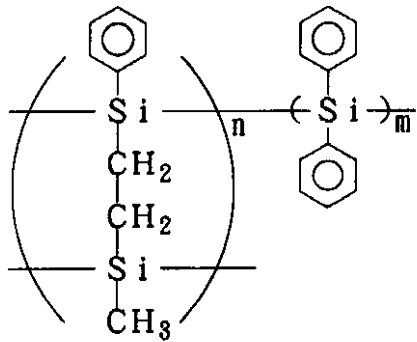


[1-93]

20



[1-94]



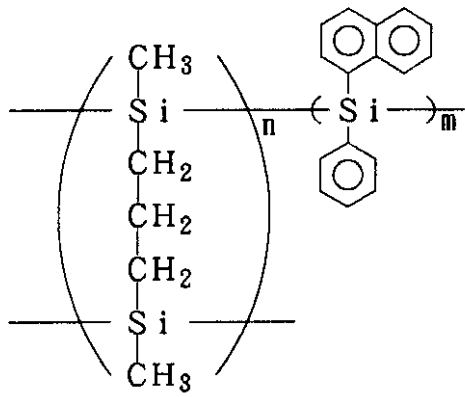
[1-95]

30

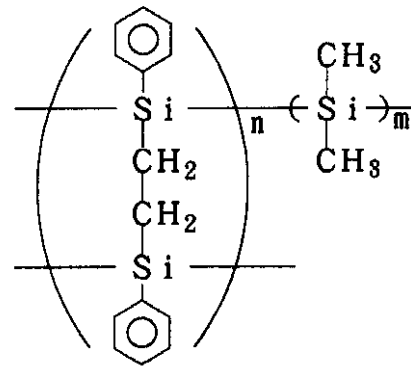
40

【0225】

【化13】

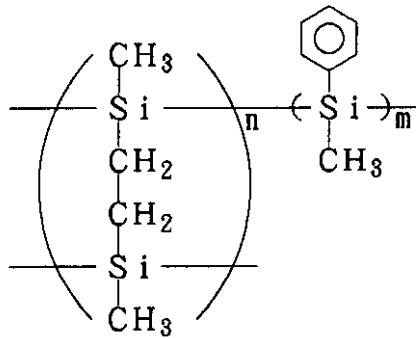


[1-96]

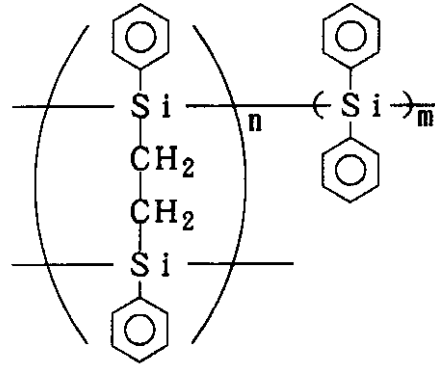


[1-97]

10

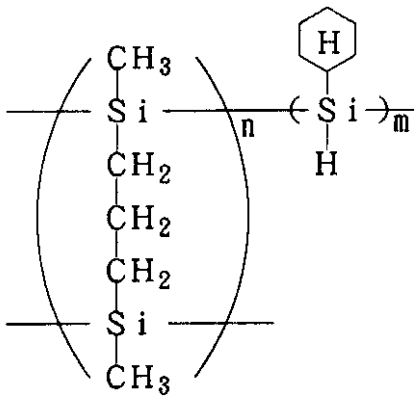


[1-98]

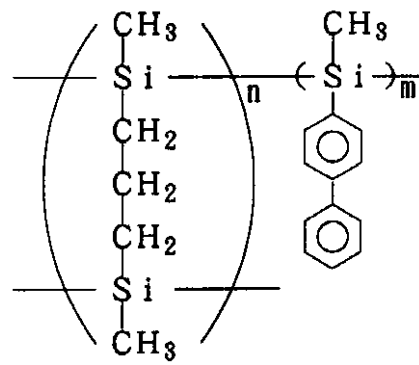


[1-99]

20



[1-100]



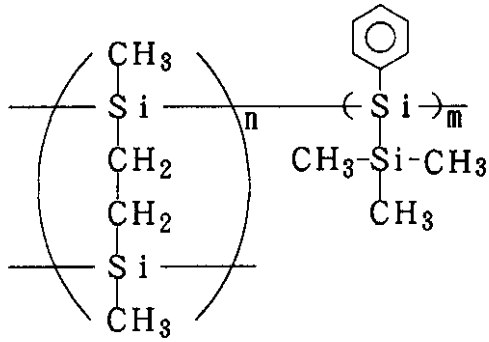
[1-101]

30

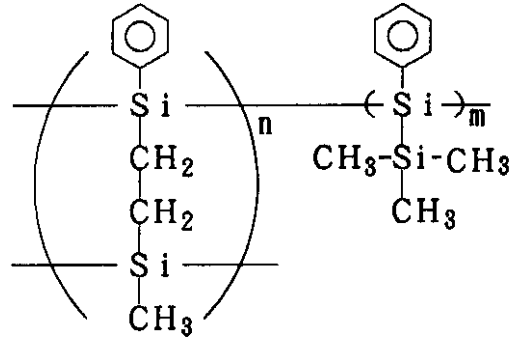
40

【0226】

【化14】

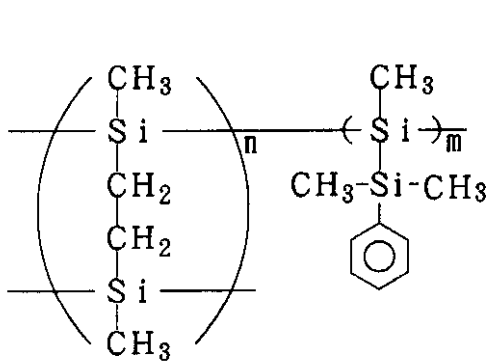


[1-102]

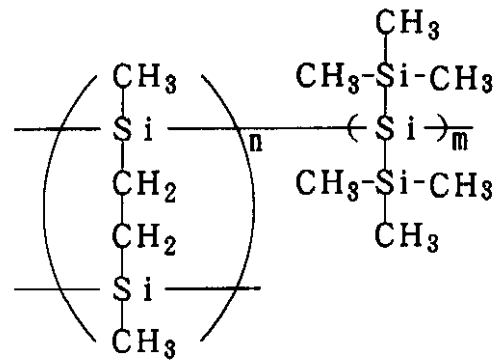


[1-103]

10

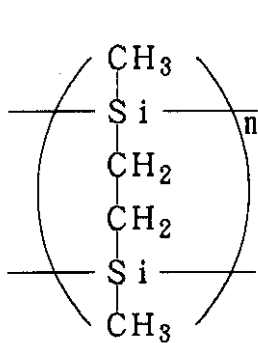


[1-104]

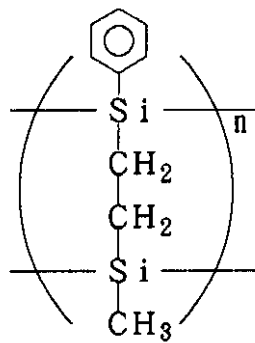


[1-105]

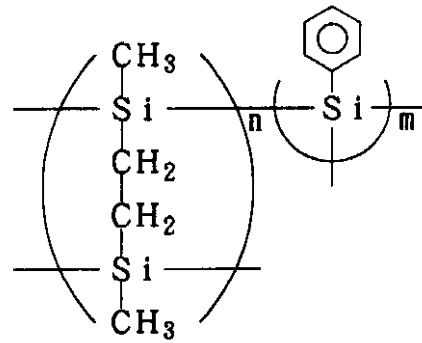
20



[1-106]



[1-107]



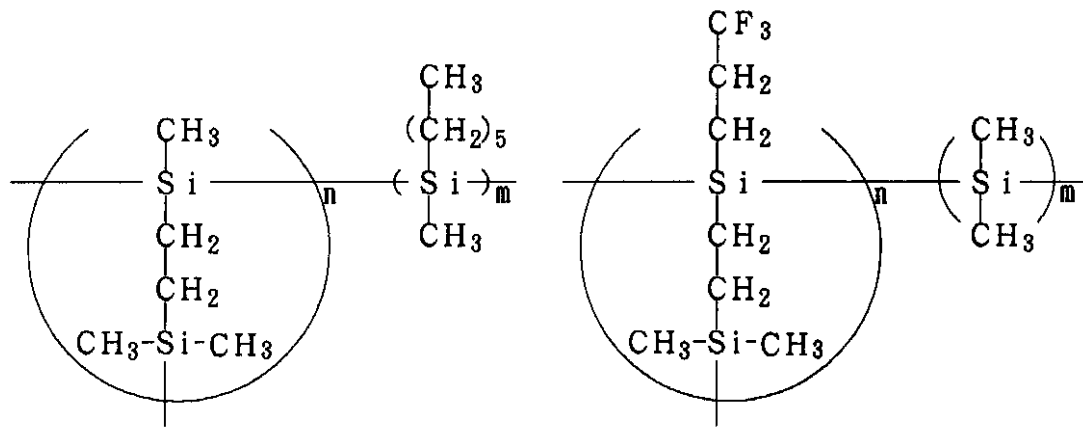
[1-108]

30

【0227】

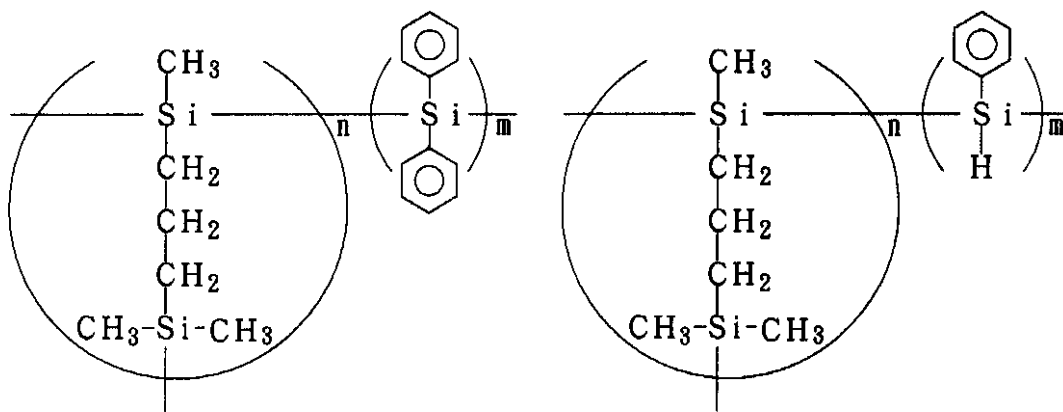
【化15】

40



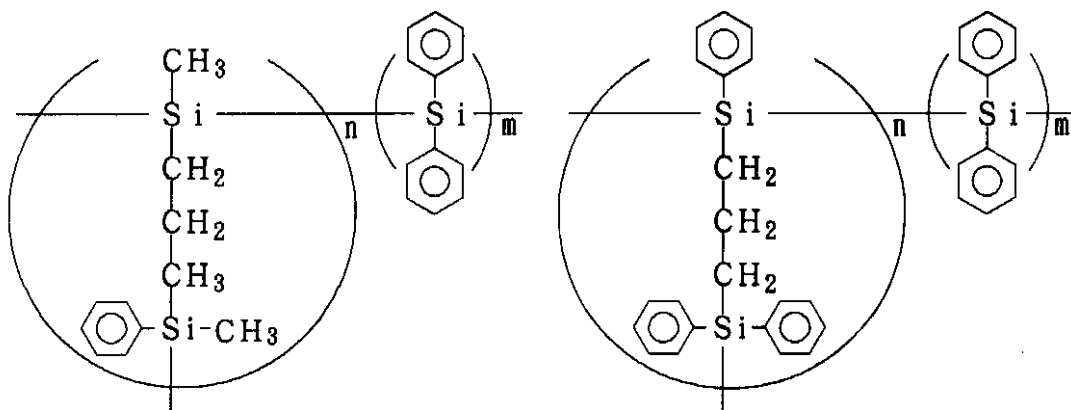
[1-109]

[1-110]



[1-111]

[1-112]



[1-113]

[1-114]

【0228】

なお式中の m 、 n は正の整数である。これらの化合物の重量平均分子量の値は特に限定されるものではないが、200乃至100,000の範囲内であることが望ましい。その理由は、分子量が200未満では有機シリコン膜がレジストの溶剤に溶解してしまい、一方100,000を超えれば有機溶剤に溶解し難く溶液材料の作成が困難になるためである。

10

20

30

40

50

【0229】

有機シリコン化合物は一種類に限定されるものではなく、数種類の化合物を混合して用いてもよい。また必要に応じて貯蔵安定性をはかるために、熱重合防止剤、シリコン系絶縁膜への密着性を向上させるための密着性向上剤、シリコン系絶縁膜からレジスト膜中への反射光の防止に役立つ紫外光の吸収染料、ポリサルフォン、ポリベンズイミダゾールなどの紫外光を吸収するポリマー、導電性物質、光、熱で導電性が生じる物質、又は有機シリコン化合物を架橋させる架橋剤を添加してもよい。

【0230】

導電性物質としては、例えば有機スルホン酸、有機カルボン酸、多価アルコール、多価チオール（例えばヨウ素、臭素）、 SbF_5 、 PF_5 、 BF_5 、 SnF_5 などがあげられる。

10

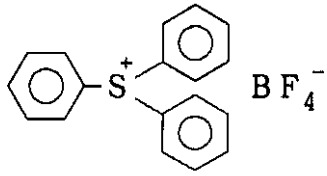
【0231】

光、熱等のエネルギーで導電性が生じる物質としては、炭素クラスタ（ C_{60} 、 C_{70} ）、シアノアントラセン、ジシアノアントラセン、トリフェニルピリウム、テトラフルオロポレート、テトラシアノキノジメタン、テトラシアノエチレン、フタルイミドトリフレート、パークロロペンタシクロドデカン、ジシアノベンゼン、ベンゾニトリル、トリクロロメチルトリアジン、ベンゾイルペルオキシド、ベンゾフェノンテトラカルボン酸、*t*-ブチルペオキシドなどがあげられる。具体的には次の化合物があげられる。

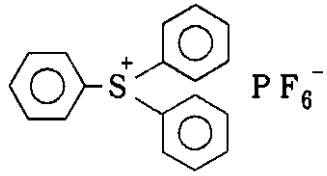
【0232】

【化16】

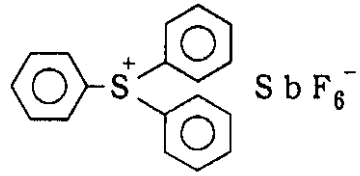
20



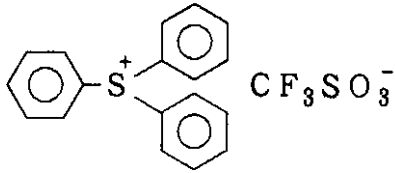
[2-1]



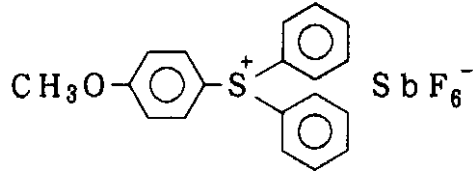
[2-2]



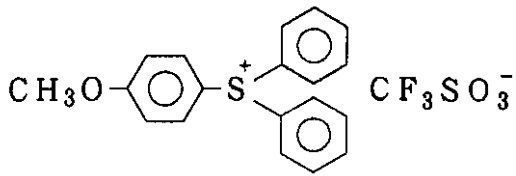
[2-3]



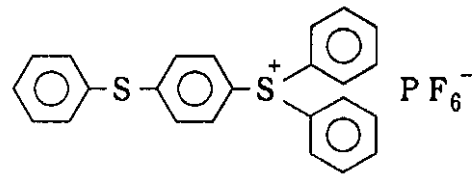
[2-4]



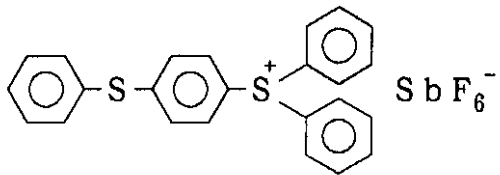
[2-5]



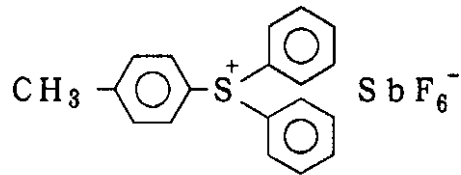
[2-6]



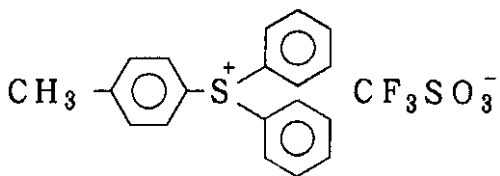
[2-7]



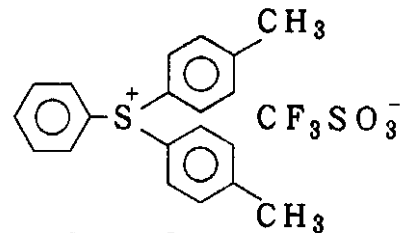
[2-8]



[2-9]



[2-10]



[2-11]

【 0 2 3 3 】

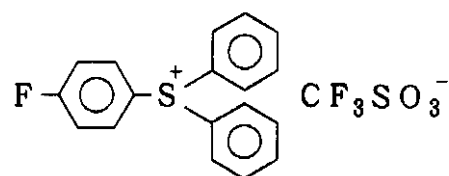
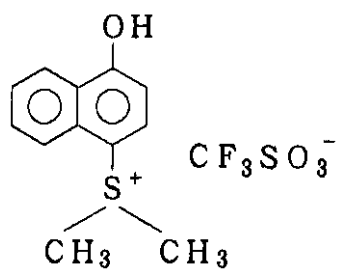
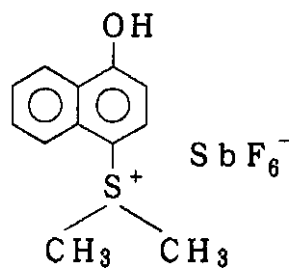
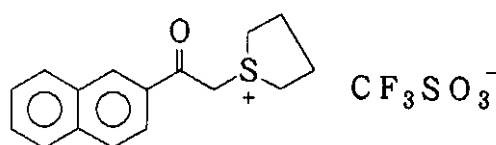
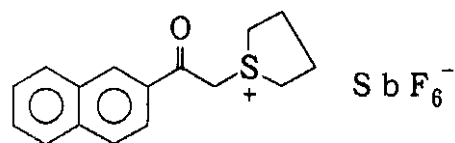
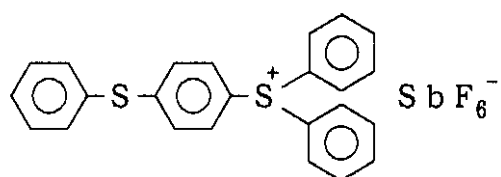
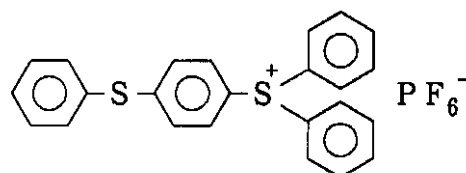
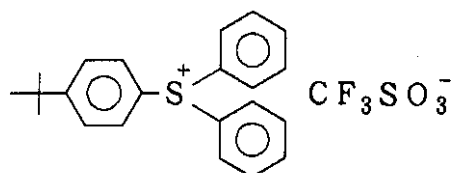
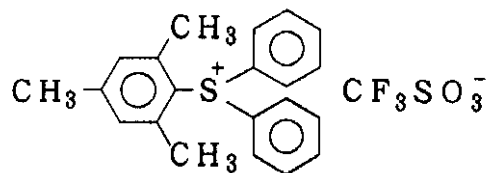
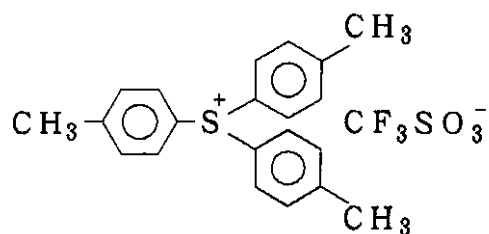
【 化 1 7 】

10

20

30

40



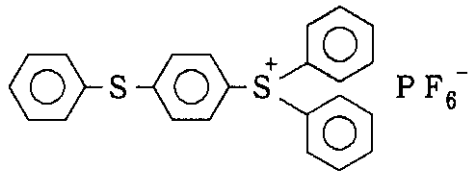
【 0 2 3 4 】
【 化 1 8 】

10

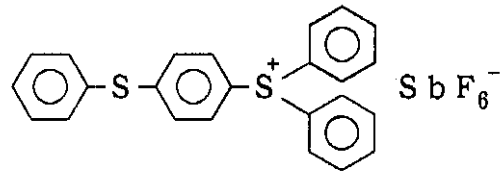
20

30

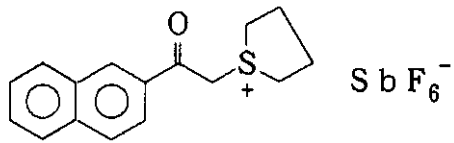
40



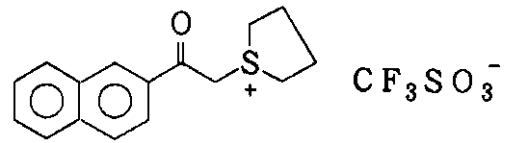
[2 - 22]



[2 - 23]

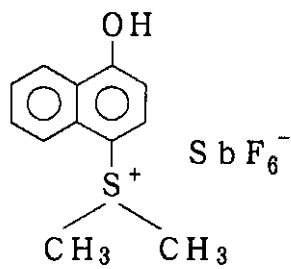


[2 - 24]

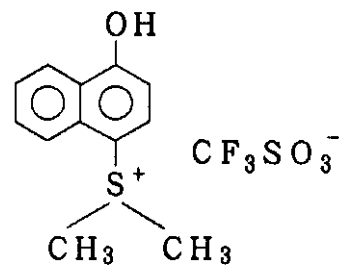


[2 - 25]

10

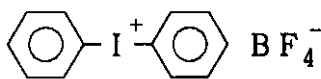


[2 - 26]

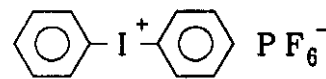


[2 - 27]

20

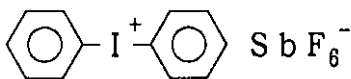


[2 - 28]

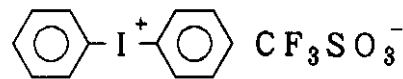


[2 - 29]

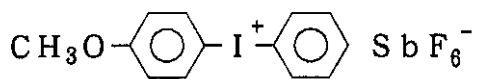
30



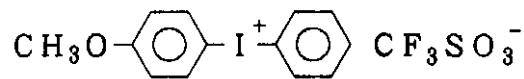
[2 - 30]



[2 - 31]



[2 - 32]

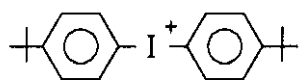


[2 - 33]

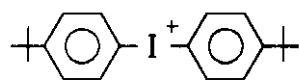
40

【 0 2 3 5 】

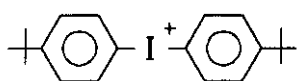
【 化 1 9 】



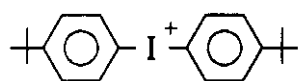
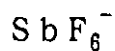
[2 - 34]



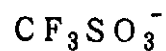
[2 - 35]



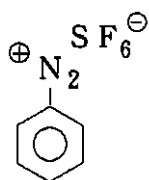
[2 - 36]



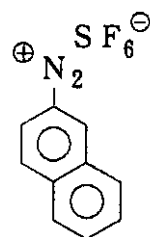
[2 - 37]



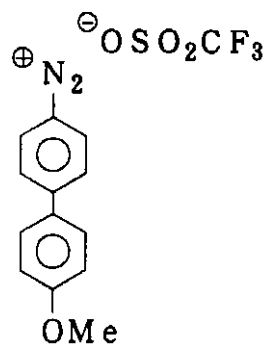
10



[2 - 38]

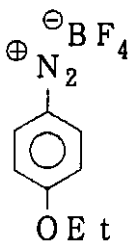


[2 - 39]

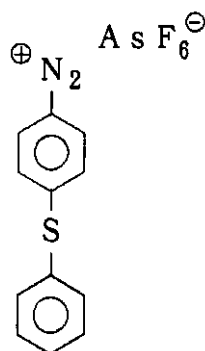


[2 - 40]

20

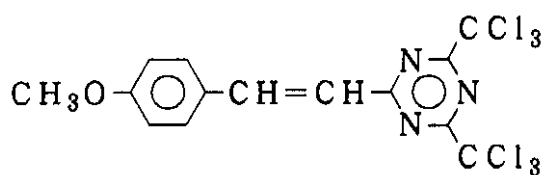


[2 - 41]

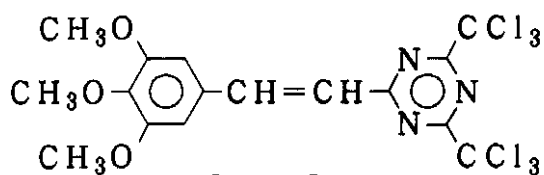


[2 - 42]

30



[2 - 43]

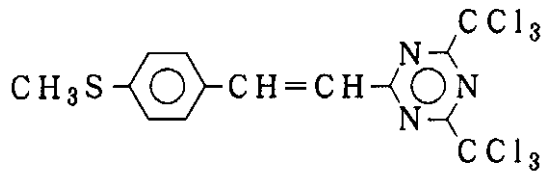


[2 - 44]

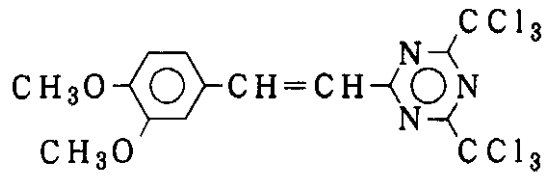
40

【 0 2 3 6 】

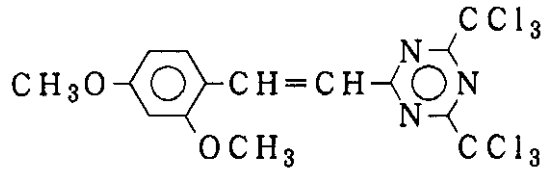
【 化 2 0 】



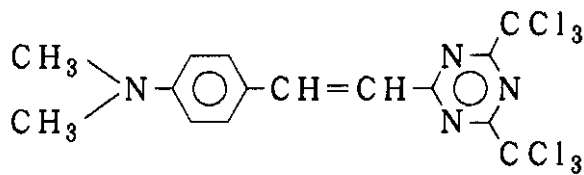
[2 - 45]



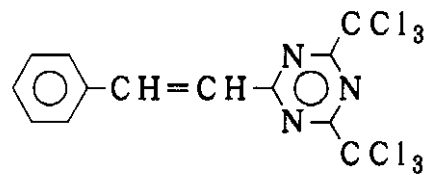
[2 - 46]



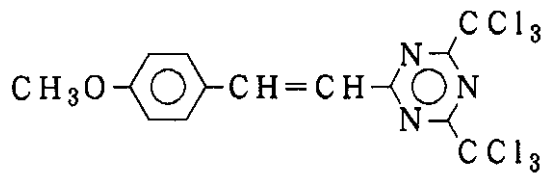
[2 - 47]



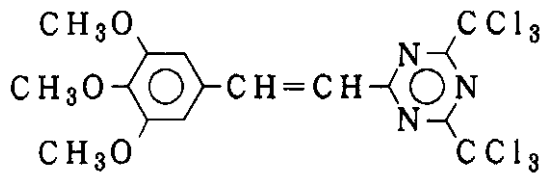
[2 - 48]



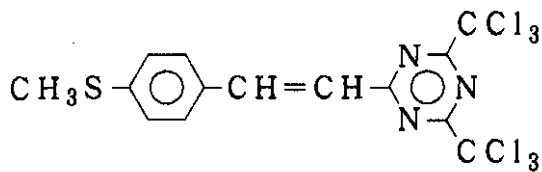
[2 - 49]



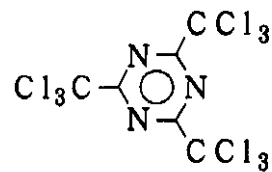
[2 - 50]



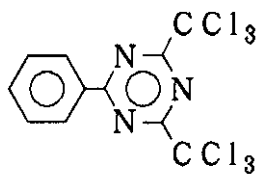
[2 - 51]



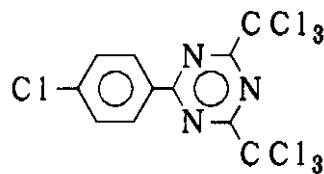
[2 - 52]



[2 - 53]



[2 - 54]



[2 - 55]

10

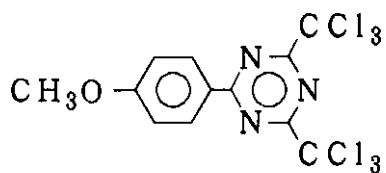
20

30

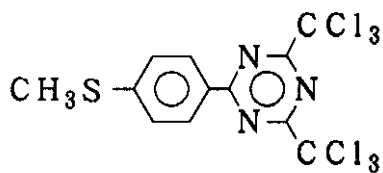
40

【 0 2 3 7 】

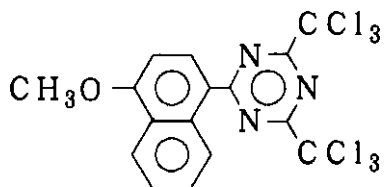
【 化 2 1 】



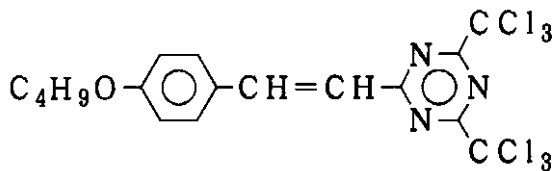
[2 - 56]



[2 - 57]

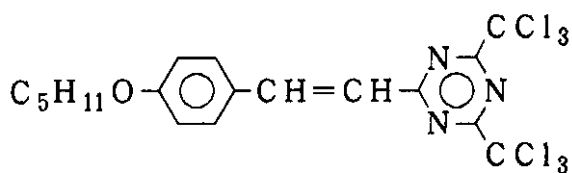


[2 - 58]



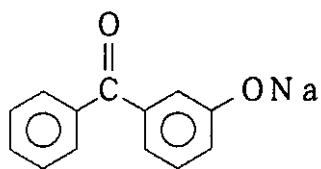
[2 - 59]

10

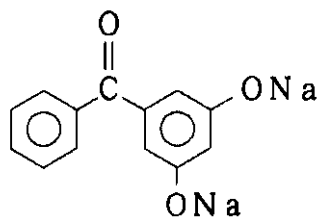


[2 - 60]

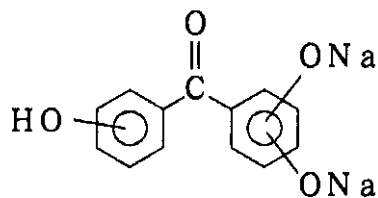
20



[2 - 61]

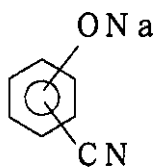


[2 - 62]

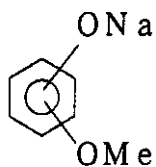


[2 - 63]

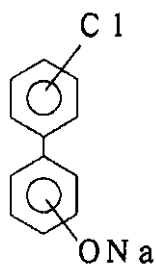
30



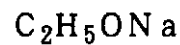
[2 - 64]



[2 - 65]



[2 - 66]

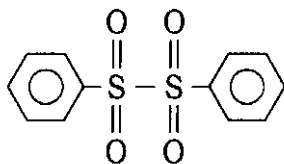


[2 - 67]

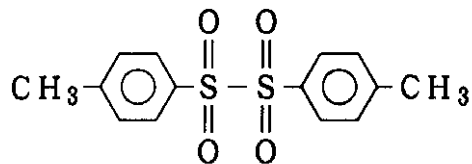
40

【 0 2 3 8 】

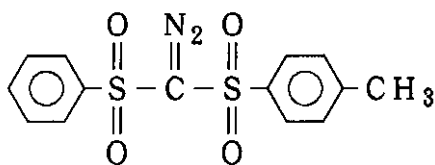
【 化 2 2 】



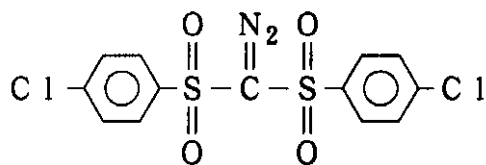
[2 - 68]



[2 - 69]

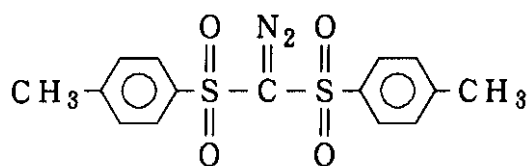


[2 - 70]

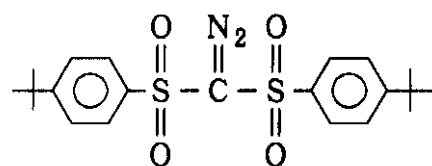


[2 - 71]

10

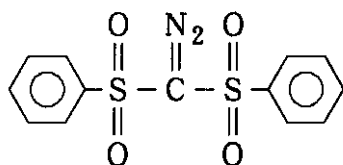


[2 - 72]

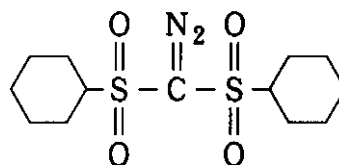


[2 - 73]

20

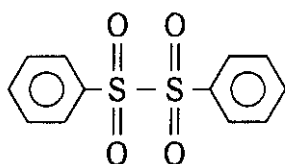


[2 - 74]

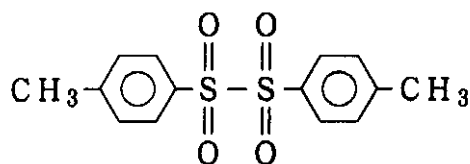


[2 - 75]

30



[2 - 76]

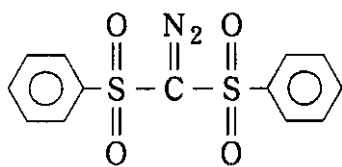


[2 - 77]

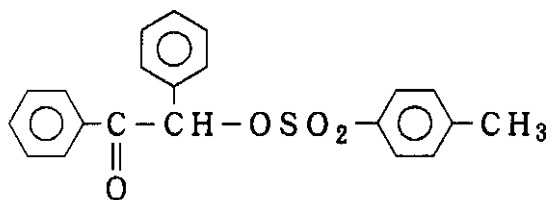
40

【 0 2 3 9 】

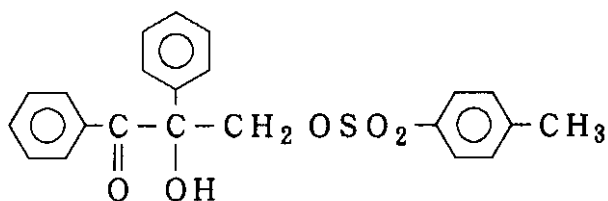
【 化 2 3 】



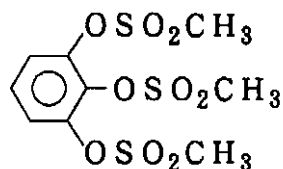
[2 - 78]



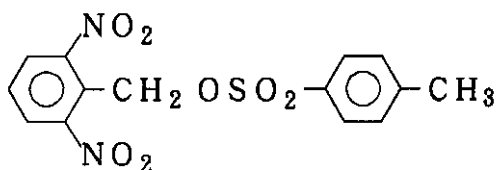
[2 - 79]



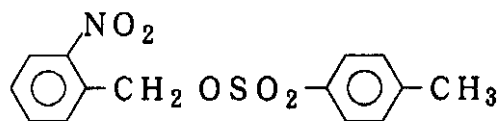
[2 - 80]



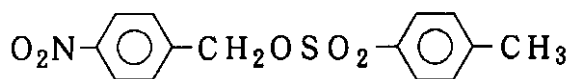
[2 - 81]



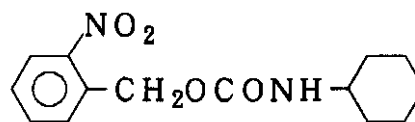
[2 - 82]



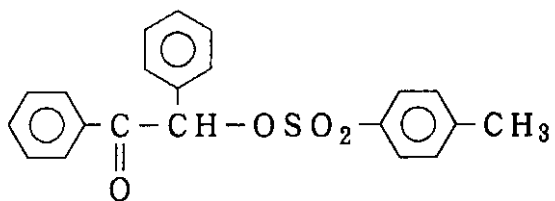
[2 - 83]



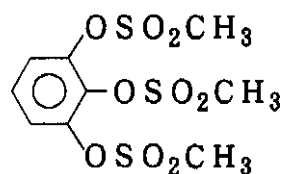
[2 - 84]



[2 - 85]



[2 - 86]



[2 - 87]

【 0 2 4 0 】

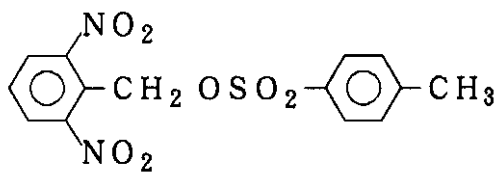
【 化 2 4 】

10

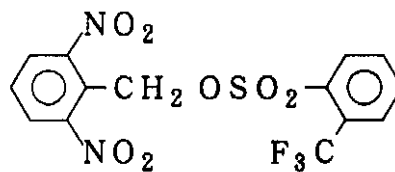
20

30

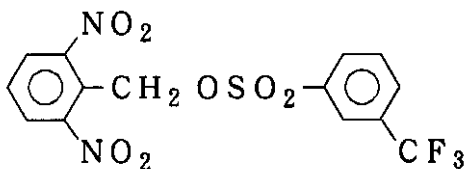
40



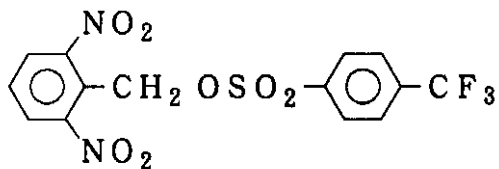
[2 - 88]



[2 - 89]

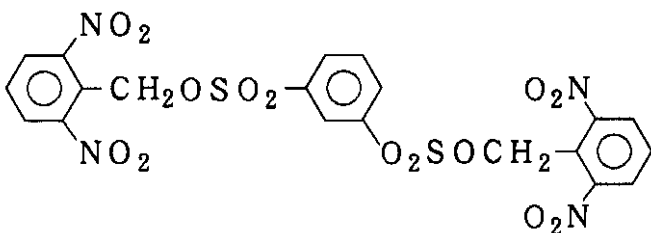


[2 - 90]



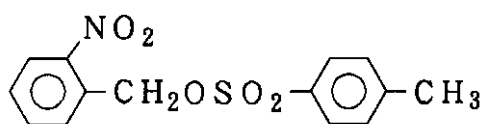
[2 - 91]

10

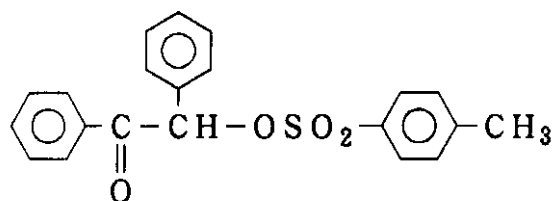


[2 - 92]

20

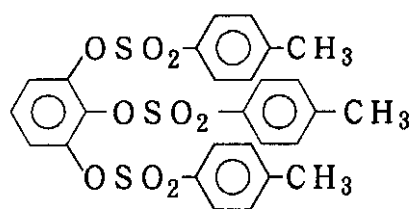


[2 - 93]

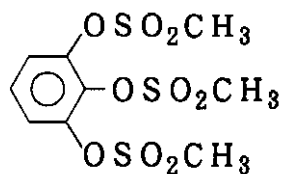


[2 - 94]

30



[2 - 95]

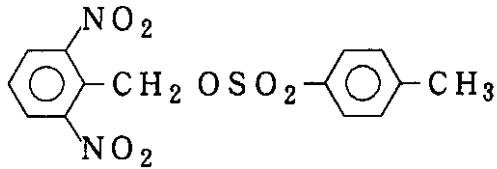


[2 - 96]

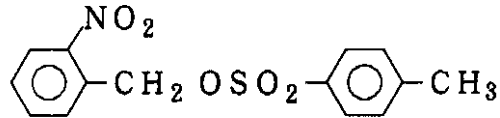
40

【 0 2 4 1 】

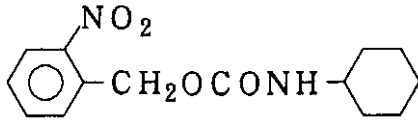
【 化 2 5 】



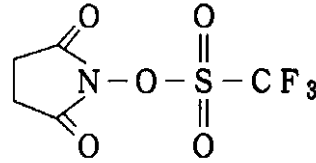
[2 - 97]



[2 - 98]

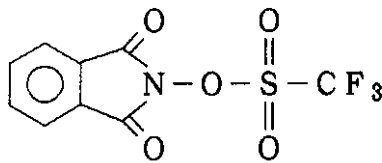


[2 - 99]

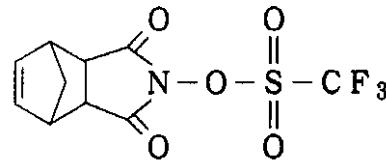


[2 - 100]

10

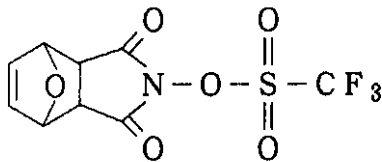


[2 - 101]

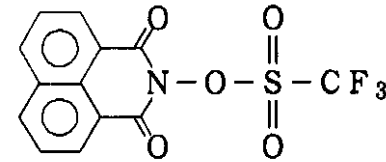


[2 - 102]

20

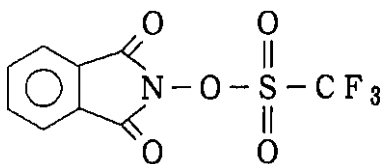


[2 - 103]

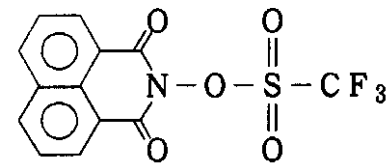


[2 - 104]

30



[2 - 105]



[2 - 106]

【 0 2 4 2 】

架橋剤としては、例えば多重結合を有する有機ケイ素化合物や、アクリル系の不飽和化合物があげられる。溶剤としては、極性の有機溶剤でも無極性の有機溶剤でもよく、具体的には乳酸エチル（EL）、エチル - 3 - エトキシプロピオネート（EEP）、プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート（PGMEA）、プロピレングリコールモノメチルエーテル（PGME）等や、シクロヘキサノン、2 - ヘプタノン、3 - ヘプタノン、アセチルアセトン、シクロペンタノンなどのケトン類、プロピレングリコールモノエチルエーテルアセテート、エチルセロソルブアセテート、メチルセロソルブアセテート、メチル - 3 - メトキシプロピオネート、エチル - 3 - メトキシプロピオネート、メチル - 3 - エトキシプロピオネート、ビルビン酸メチル、ビルビン酸エチルなどのエステル類、ジエチレングリコールジメチルエーテル、プロピレングリコールジメチルエーテルなどのエーテル類、乳酸メチル、グリコール酸エチルなどのグリコール酸エステル誘導体などがあ

40

50

げられるが、これらに限定されるものではない。

【0243】

以上の方法で塗布材料を作成し、シリコン系絶縁膜上に、例えばスピンコーティング法等を用いて溶液材料を塗布した後、加熱して溶剤を気化することにより有機シリコン膜を形成する。この段階でレジストに対して十分なエッチング選択比を示すガラス転移温度が得られればよいが、レジストに対して十分なエッチング選択比が得られない場合には、さらに塗膜に対して加熱、又はエネルギービームを照射して塗膜を架橋させる。

【0244】

エネルギービームとしては、例えば、紫外光、X線、電子線、イオン線などをあげることができる。特に加熱とエネルギービームの照射とを同時に行うことにより架橋反応の進行を早め、実用的な処理時間の範囲内でガラス転移温度をいちじるしく向上させることができる。

【0245】

なお加熱、あるいはエネルギービームの照射で、シリコンとシリコンとの結合を主鎖とする有機シリコン化合物中における主鎖をなすシリコンとシリコンとの結合が開裂し、酸素と結合することにより酸化し易くなってレジストとシリコン有機膜とのエッチング選択比が低下する場合が生じる。このような場合には加熱及びエネルギービームの照射を空気より酸素濃度が低い雰囲気中で行うことが望ましい。

【0246】

なお本発明は上記の実施の形態に限定されることはない。例えば、以上の説明において、主としてシリコン酸化膜からなる絶縁膜とポリシランとを積層し、ポリシランをシリコン酸化膜又はシリコン窒化膜に変化する例について説明したが、同様の方法を組み合わせればシリコン窒化膜からなる絶縁膜とポリシランとを積層し、ポリシランをシリコン酸化膜又はシリコン窒化膜に変化することによりシリコン窒化膜からなる絶縁膜の一部にすること、又はポリシランをシリコン酸化膜に変化することによりシリコン窒化膜からなる絶縁膜から除去することも可能である。

【0247】

また第1乃至第6の実施の形態において、二重溝配線の層間膜の形成にポリシランを用いるドライエッチング加工方法を説明したが、必ずしも二重溝配線の層間膜に限定されるものではない。一般に多重の溝配線に対して同様な方法が適用可能であることはいうまでもない。その他本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

【0248】

【発明の効果】

上述したように本発明のドライエッチングを用いた半導体装置の製造方法によれば、ポリシラン等からなる有機シリコン膜を半導体装置の絶縁膜の一部として形成し、この有機シリコン膜からなる加工部分をドライエッチングを用いて加工し、その後この加工部分を酸化物又は窒化物とすることにより前記有機シリコン膜から加工部分を絶縁膜の一部として一体化することが可能になる。また同様の方法を用いれば、従来困難であった反射防止膜の除去を容易にすることができる。

【0249】

また、前記有機シリコン膜の表面領域を選択的に酸化物または窒化物に変化し、これをマスクとしてドライエッチングを行い、その後前記有機シリコン膜を絶縁膜の一部になるように処理することにより、従来のレジストマスクに比べて高アスペクト比のコンタクトホール等を形成することが可能になる。

【0250】

これらの有機シリコン膜を組み合わせたドライエッチング方法を適用することにより、従来困難であった二重溝配線の層間絶縁膜、配線溝、及び二重溝配線のコンタクトホールの加工を容易にすることができる。またシリコン基板への深いトレンチ形成に必要な、絶縁膜を用いた高アスペクト比のエッチングマスクを形成することができる。

【0251】

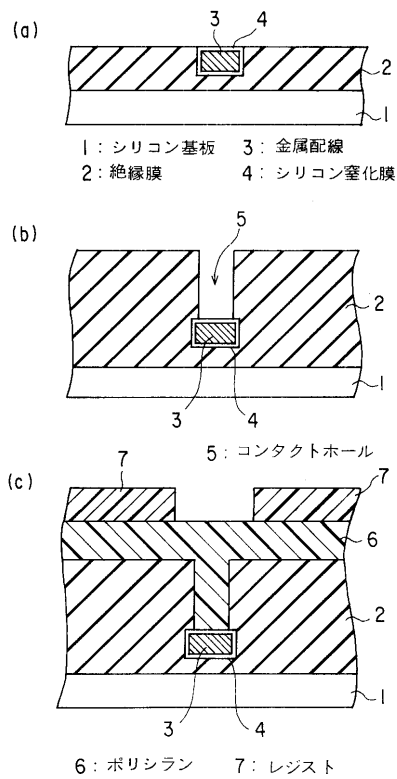
このほか、高密度の半導体集積回路を高い歩留まりで製造する際の鍵となる素子領域と素子分離領域の平坦化加工、SACの形成、微細なゲート電極のパターニング等に広く応用することができる。

【図面の簡単な説明】

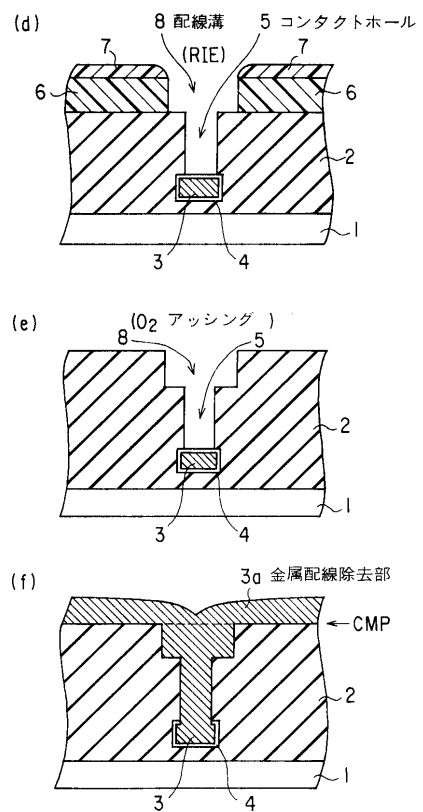
- 【図1】本発明の第1の実施の形態の半導体装置の製造方法を示す工程断面図。
 【図2】第1の実施の形態の半導体装置の製造方法の続きを示す工程断面図。
 【図3】第1の実施の形態の半導体装置の製造方法の効果を示す工程断面図。
 【図4】本発明の第2の実施の形態の半導体装置の製造方法を示す工程断面図。
 【図5】第2の実施の形態の半導体装置の製造方法の効果を示す工程断面図。
 【図6】本発明の第3の実施の形態の半導体装置の製造方法を示す工程断面図。 10
 【図7】本発明の第4の実施の形態の半導体装置の製造方法を示す工程断面図。
 【図8】第4の実施の形態の半導体装置の製造方法の続きを示す工程断面図。
 【図9】第4の実施の形態の半導体装置の製造方法の続きを示す工程断面図。
 【図10】本発明の第5の実施の形態の半導体装置の製造方法を示す工程断面図。
 【図11】本発明の第6の実施の形態の半導体装置の製造方法を示す工程断面図。
 【図12】本発明の第7の実施の形態の半導体装置の製造方法を示す工程断面図。
 【図13】本発明の第8の実施の形態の半導体装置の製造方法を示す工程断面図。
 【図14】本発明の第9の実施の形態の半導体装置の製造方法を示す工程断面図。
 【図15】本発明の第10の実施の形態の半導体装置の製造方法を示す工程断面図。
 【図16】本発明の第11の実施の形態の半導体装置の製造方法を示す工程断面図。 20
 【図17】本発明の第12の実施の形態の半導体装置の製造方法を示す工程断面図。
 【図18】本発明の第13の実施の形態の半導体装置の製造方法を示す工程断面図。
 【図19】本発明の第14の実施の形態の半導体装置の製造方法を示す工程断面図。
 【図20】第14の実施の形態の半導体装置の製造方法の続きを示す工程断面図。
 【図21】本発明の第15の実施の形態の半導体装置の製造方法を示す工程断面図。
 【図22】本発明の第16の実施の形態の半導体装置の製造方法を示す工程断面図。
 【図23】第16の実施の形態の半導体装置の製造方法の続きを示す工程断面図。
 【図24】本発明の第17の実施の形態の半導体装置の製造方法を示す工程断面図。
 【図25】本発明の第18の実施の形態の半導体装置の製造方法を示す工程断面図。
 【図26】本発明の第19の実施の形態の半導体装置の製造方法を示す工程断面図。 30
 【図27】第19の実施の形態の半導体装置の製造方法の続きを示す工程断面図。
 【図28】本発明の第20の実施の形態の半導体装置の製造方法を示す工程断面図。
 【図29】本発明の第21の実施の形態の半導体装置の製造方法を示す工程断面図。
 【図30】本発明の半導体装置の製造方法に用いたドライエッチング装置を示す図。
- 【符号の説明】
- 1 ... シリコン基板
 2 ... 絶縁膜
 2 a ... 絶縁膜除去部
 2 b ... 有機シリコン酸化膜
 3 ... 金属配線 40
 3 a ... 金属配線除去部
 4 ... シリコン窒化膜
 5 ... コンタクトホール
 6 ... ポリシラン
 7 ... レジスト
 8 ... 配線溝
 9 ... ソース/ドレイン拡散層
 10 ... 酸化膜
 11 ... ポリシリコン
 12 ... タングステン 50

- 1 3 ... セルフアラインコンタクトホール
- 1 4 ... 深いトレンチマスク
- 1 4 a ... 下層ポリシランまでのトレンチ
- 1 4 b ... 熱酸化膜までのトレンチ
- 1 4 c ... シリコン表面までのトレンチ
- 1 5 ... 真空チャンバー
- 1 6 ... 被処理物
- 1 7 ... 載置台
- 1 8 ... 対向電極
- 1 9 ... ガス導入管
- 2 0 ... 排気口
- 2 1 ... 高周波源
- 2 2 ... 磁石

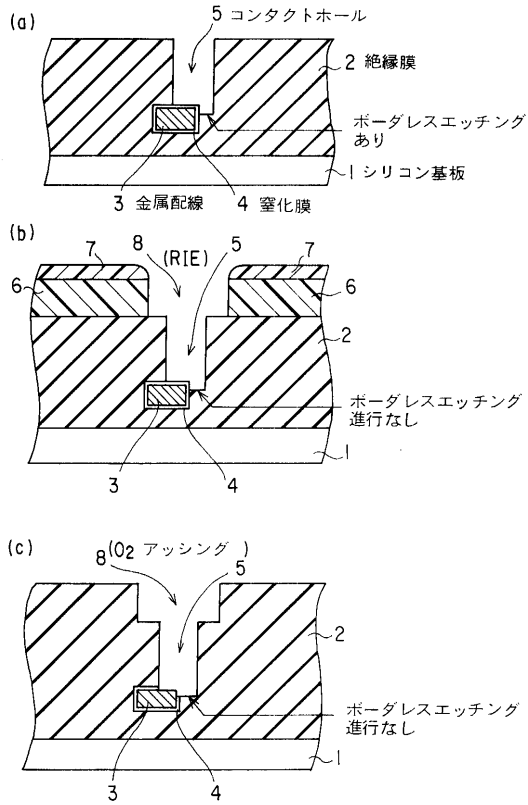
【 図 1 】



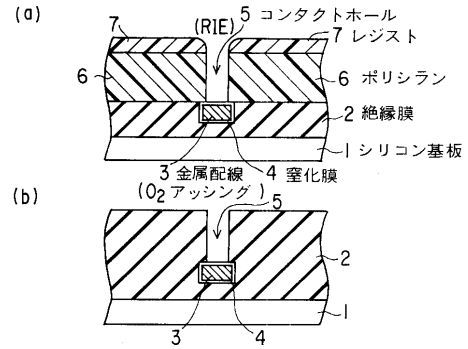
【 図 2 】



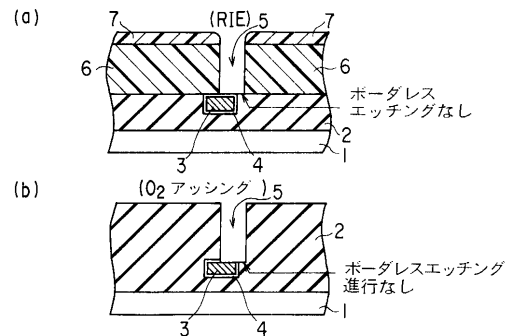
【図3】



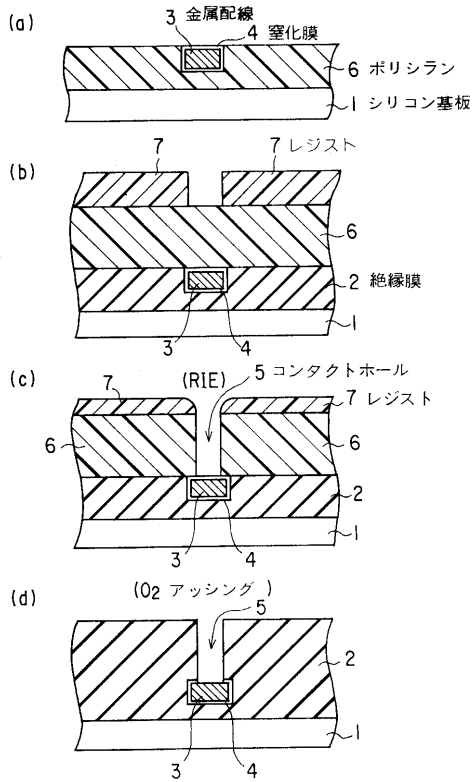
【図4】



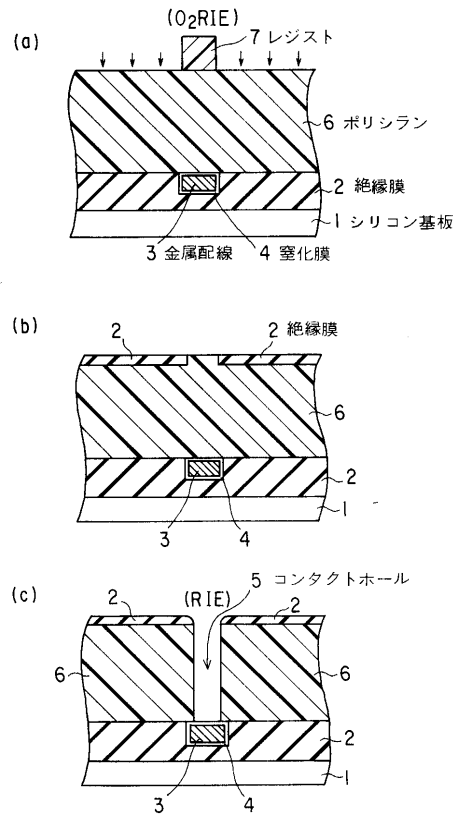
【図5】



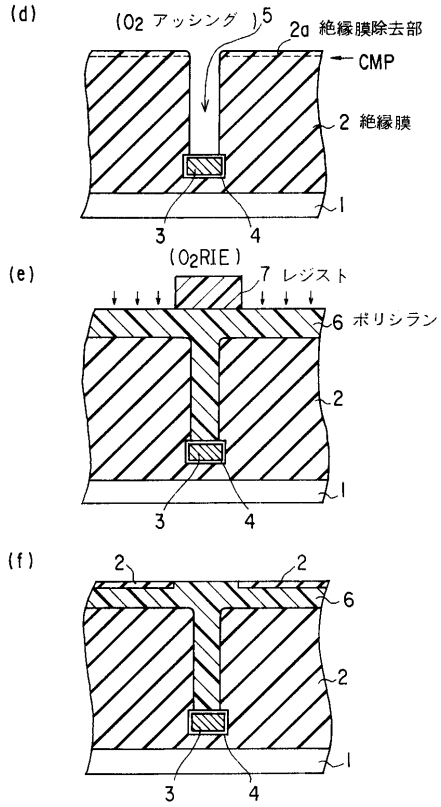
【図6】



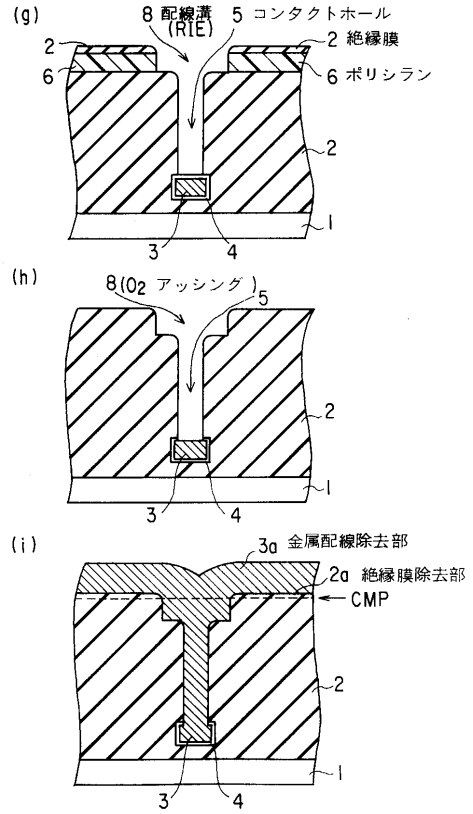
【図7】



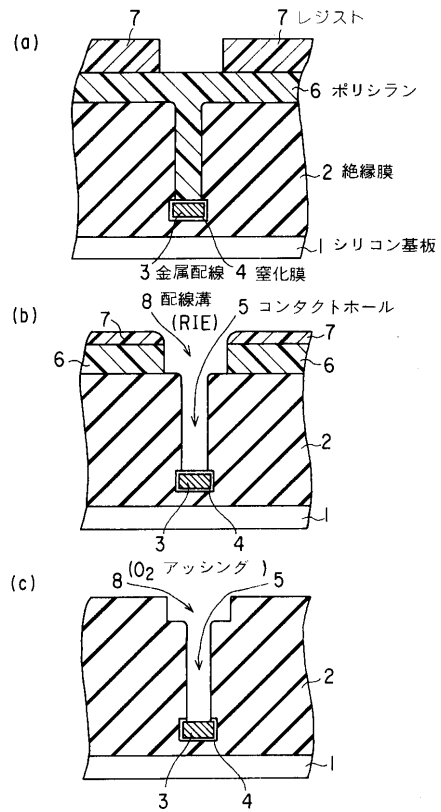
【 図 8 】



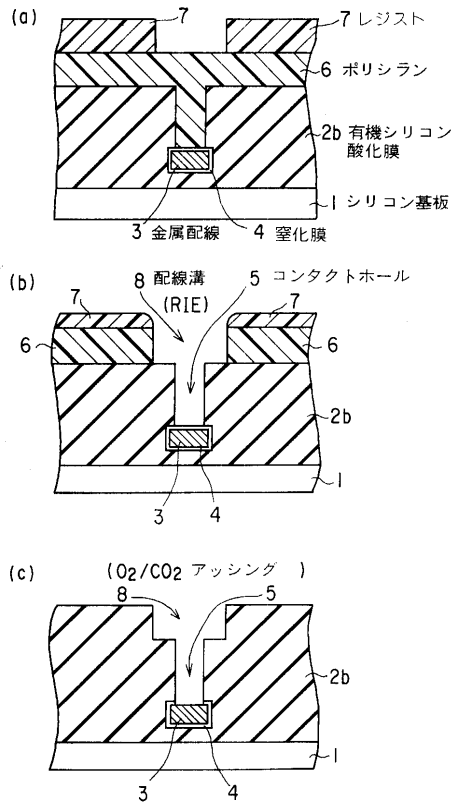
【 図 9 】



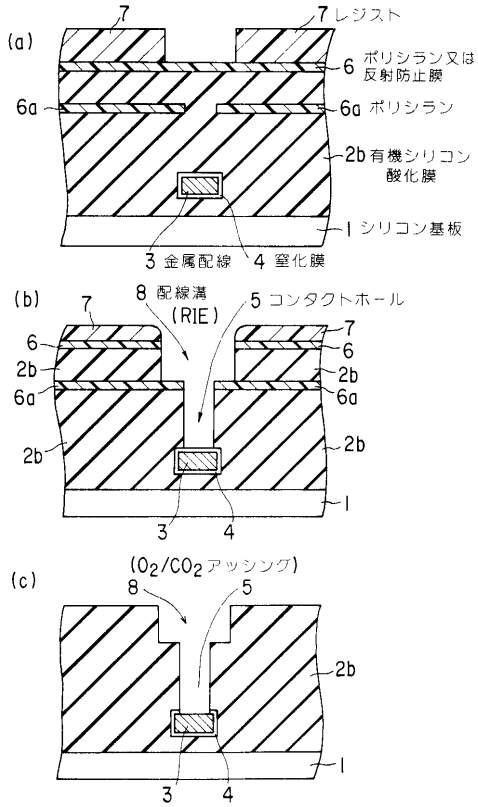
【 図 10 】



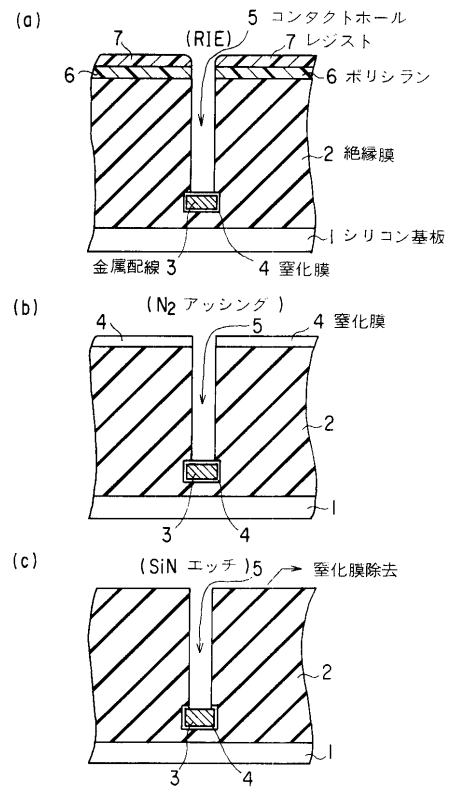
【 図 11 】



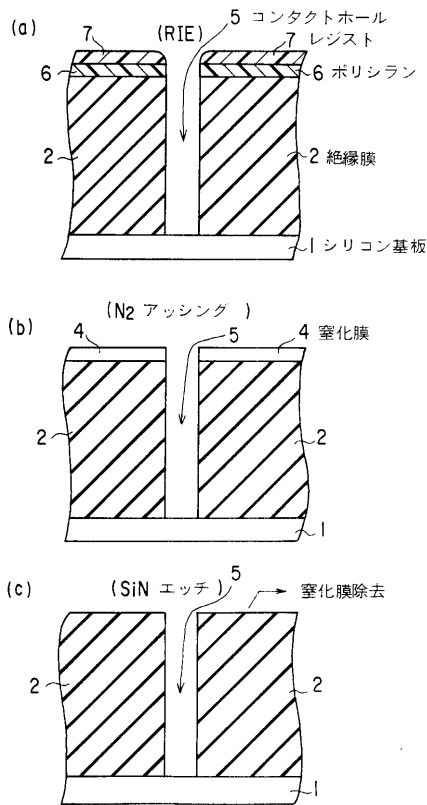
【図12】



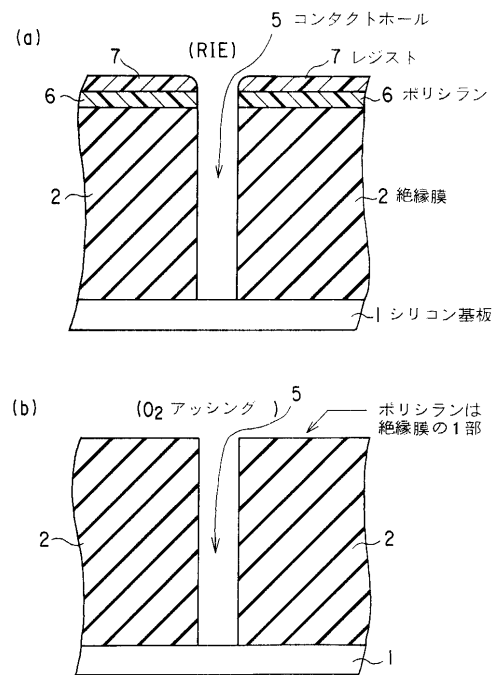
【図13】



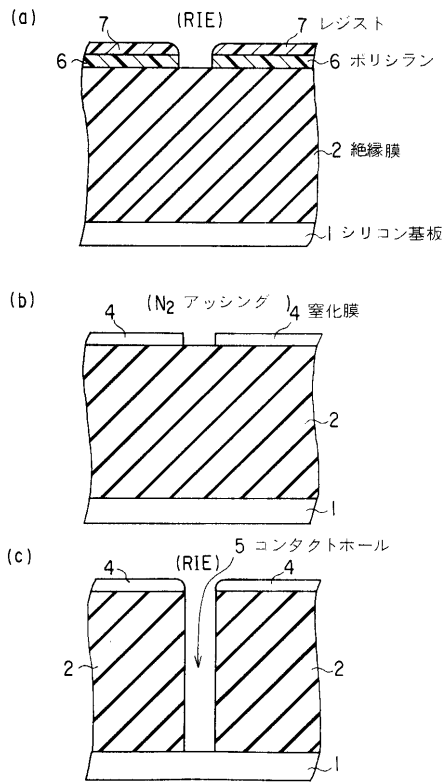
【図14】



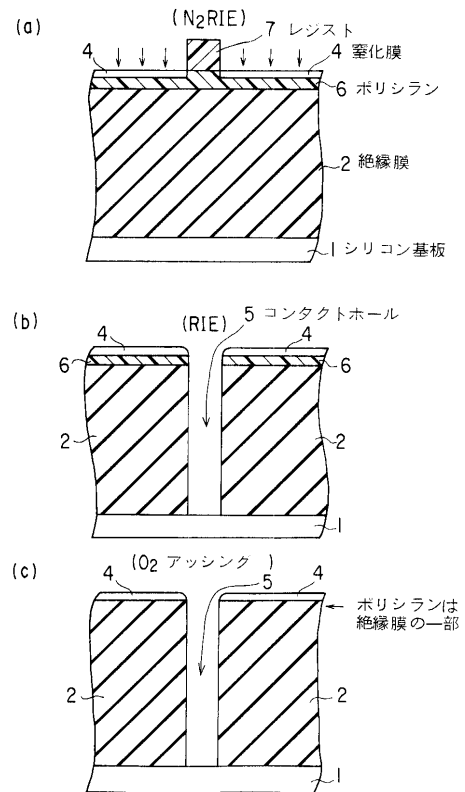
【図15】



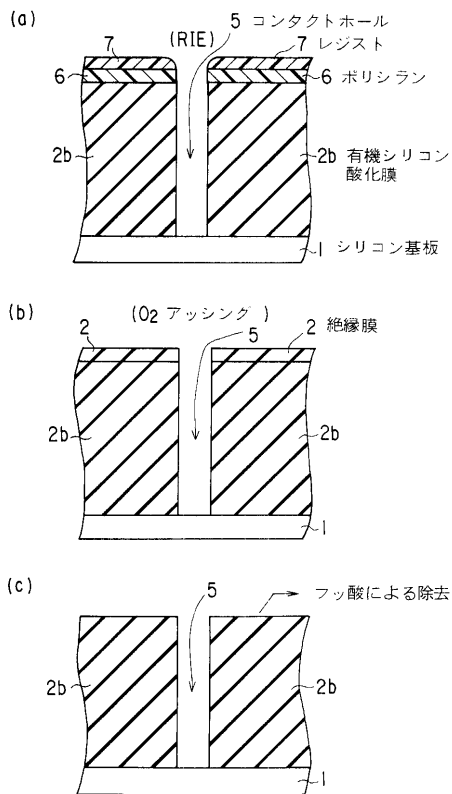
【図16】



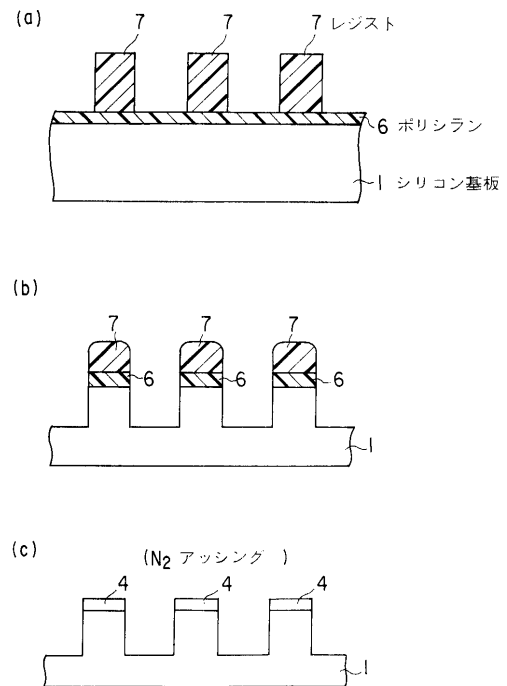
【図17】



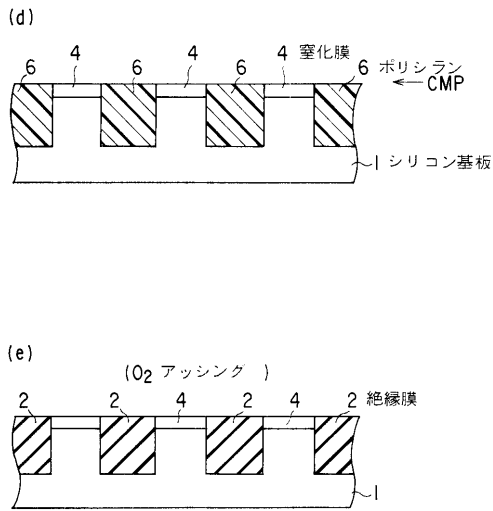
【図18】



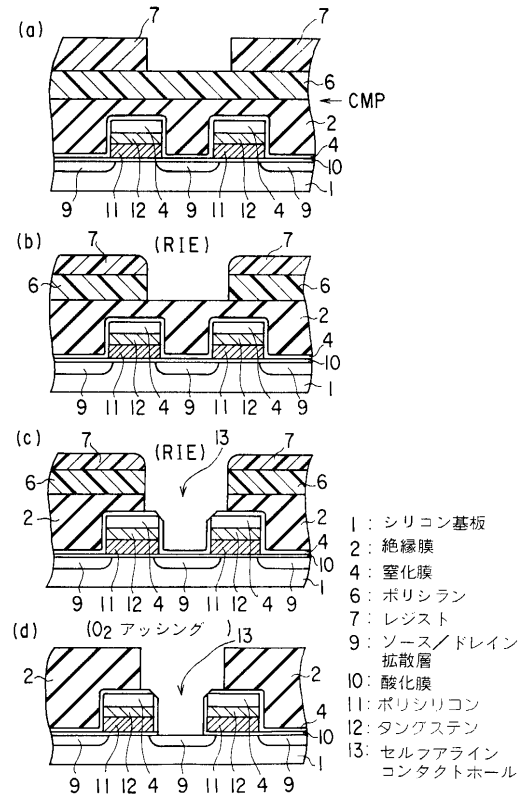
【図19】



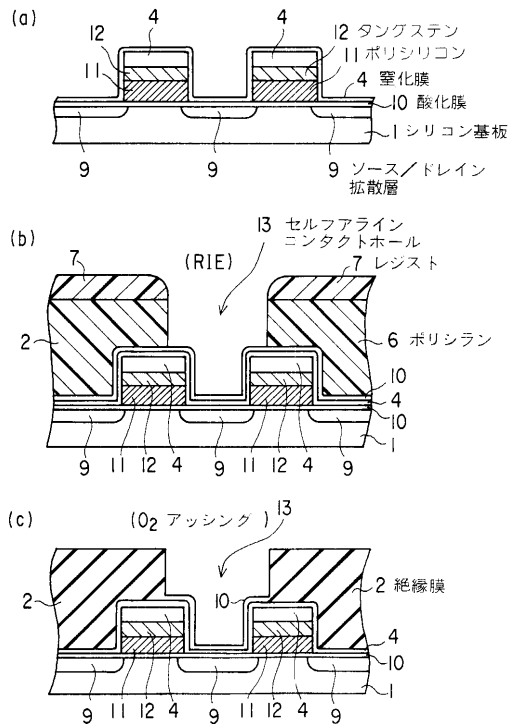
【図20】



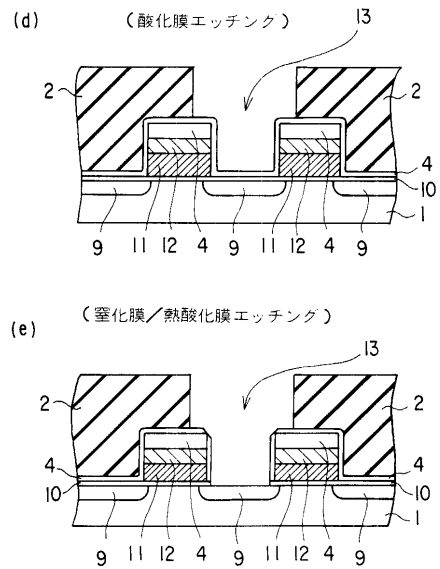
【図21】



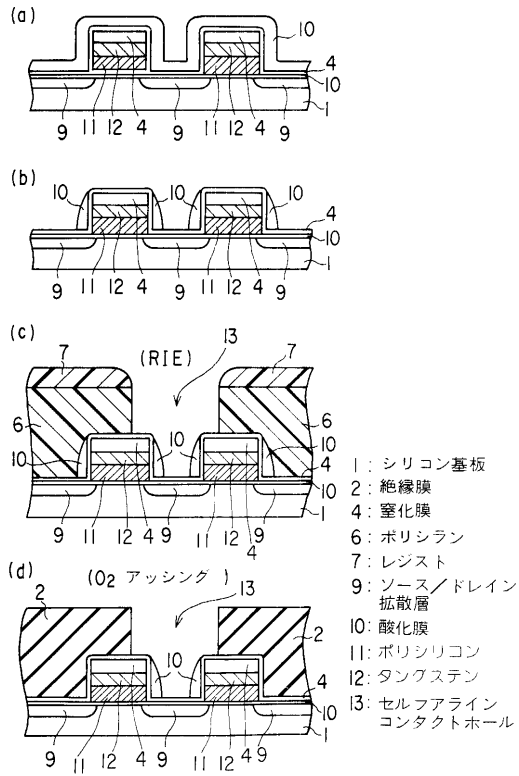
【図22】



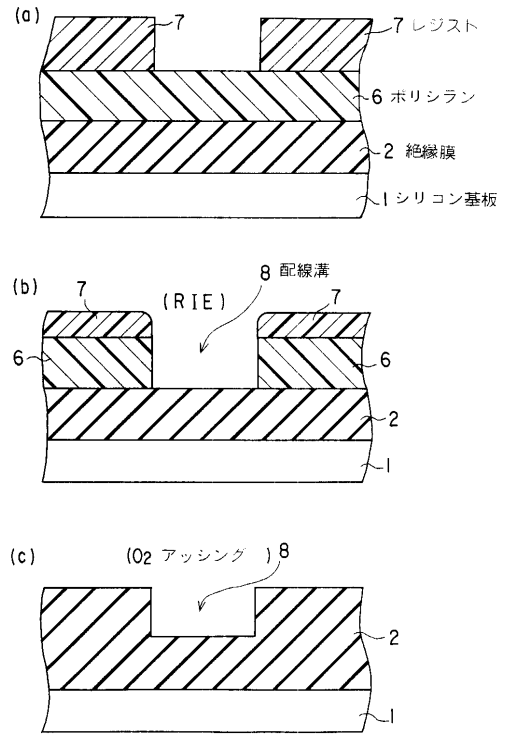
【図23】



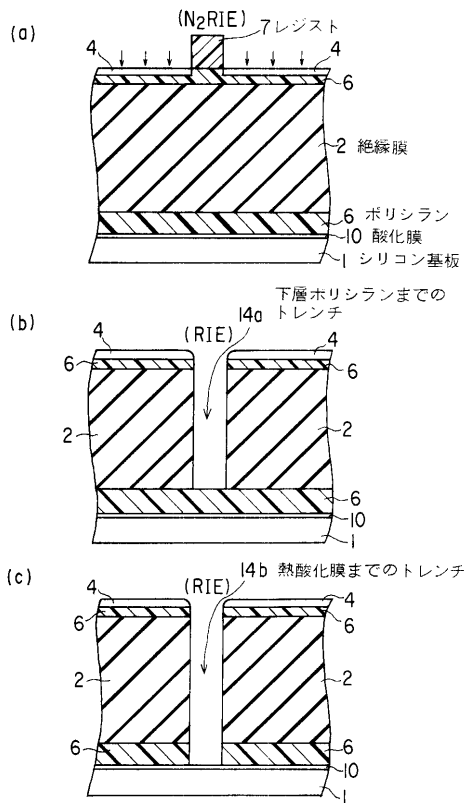
【図24】



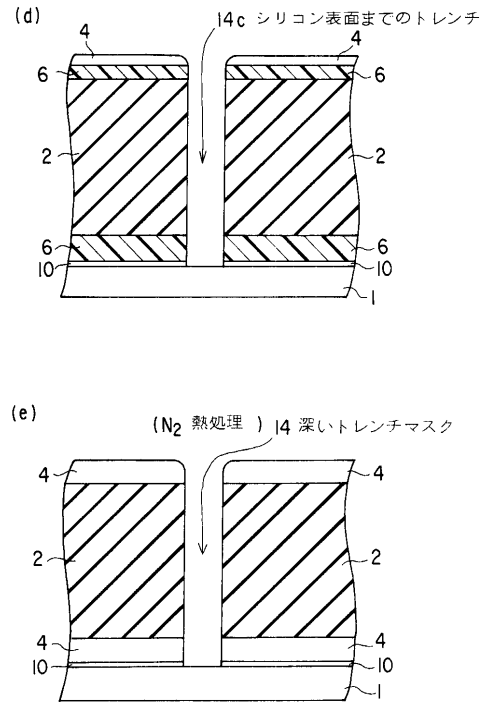
【図25】



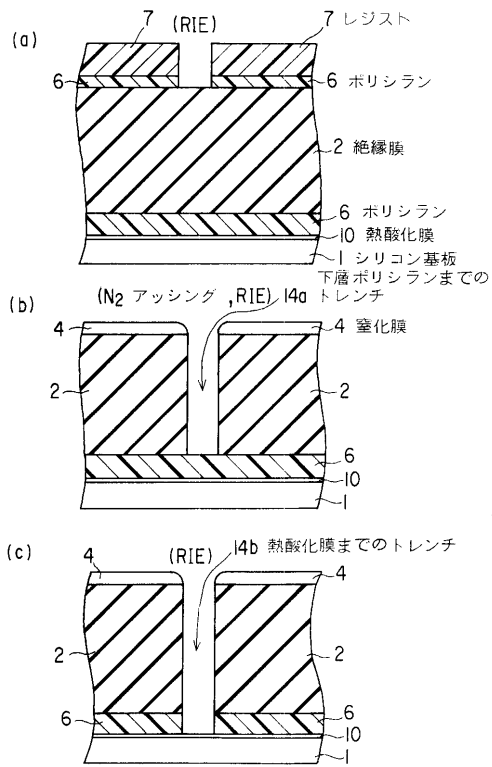
【図26】



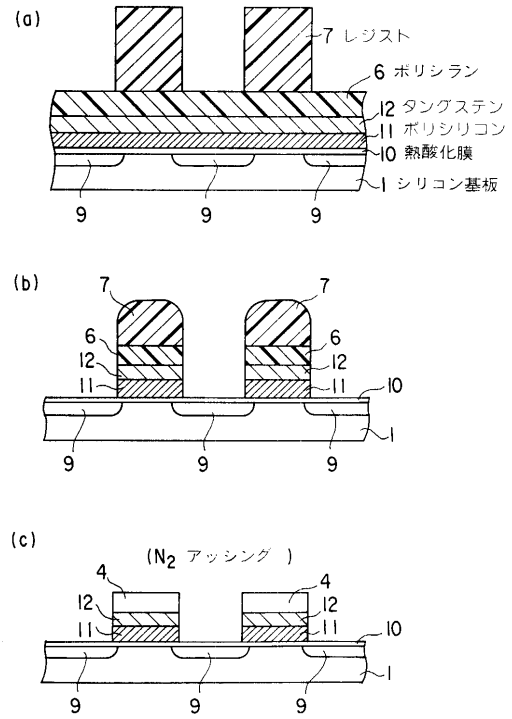
【図27】



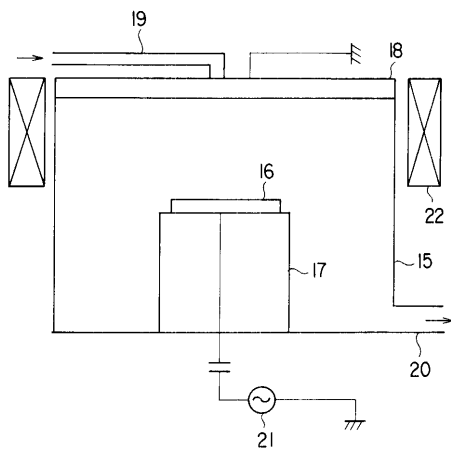
【図28】



【図29】



【図30】



- 15: 真空チャンバー
- 16: 被処理物
- 17: 載置台
- 18: 対向電極
- 19: ガス導入管
- 20: 排気口
- 21: 高周波源
- 22: 磁石

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 L 29/78 (2006.01) H 0 1 L 21/76 L
H 0 1 L 21/76 (2006.01)

(72)発明者 瀬田 渉二
神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝横浜事業所内
(72)発明者 関根 誠
神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝横浜事業所内
(72)発明者 中村 直文
神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝横浜事業所内

審査官 長谷山 健

(56)参考文献 特開平 0 8 - 2 0 4 0 0 1 (J P , A)
特開平 0 5 - 0 5 5 3 8 7 (J P , A)
特開平 0 2 - 1 0 6 9 4 8 (J P , A)
特開平 1 0 - 2 0 9 1 3 4 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 0 0 3 9 5 8 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01L 21/768
H01L 21/28
H01L 21/3065
H01L 21/312
H01L 21/336
H01L 21/76
H01L 29/78