

明 細 書

発明の名称：エッチング方法

技術分野

[0001] 本発明の実施形態は、エッチング方法に関するものである。

背景技術

[0002] 半導体素子といったデバイスの更なる微細化を実現するためには、これまでのフォトリソグラフィ技術を用いた微細加工により得られる限界寸法よりも小さな寸法をもったパターンを形成する必要がある。このような寸法のパターンを形成するための一手法として、次世代露光技術であるEUV (extreme ultraviolet) の開発が進められている。EUVでは、従来のUV光源波長に比べて著しく短い波長の光を用いており、例えば13.5nmと非常に短い波長の光を用いている。このため、EUVには量産化に向けた技術障壁がある。例えば、EUVは、露光時間が長い等の課題を有している。したがって、より微細化されたデバイスを提供し得る別の製造方法の開発が望まれている。

[0003] 従来のリソグラフィ技術に代わる技術として、秩序パターンを自発的に組織化する自己組織化 (self-assembled) 材料の一つである自己組織化ブロック・コポリマー (BCP: block copolymer) を用いて、パターンを形成する技術が着目されている。このような技術は、特許文献1及び2に記載されている。

[0004] 特許文献1に記載された技術では、互いに混和しない二つ以上のポリマー・ブロック成分A、Bを含有したブロック・コポリマーを含む、ブロック・コポリマー層が下地層上に塗布される。そして、ポリマー・ブロック成分A、Bを自発的に相分離させるために、熱処理 (アニーリング) が行われる。これによってポリマー・ブロック成分Aを含む第1の領域、及び、ポリマー・ブロック成分Bを含む第2の領域を有する秩序パターンが得られる。また、特許文献2では、ビアの形成方法として、ブロック・コポリマーのパター

ン化加工が提案されている。特許文献2に記載されたパターン化加工では、相分離したブロック・コポリマー層の第1の領域及び第2の領域のうち、第2の領域を除去することにより、パターンが得られる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2007-208255号公報

特許文献2：特開2010-269304号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、特許文献1及び2に記載された技術では、ブロック・コポリマーのパターン化によって得られるマスクを用いて被エッチング層をエッチングすると、マスクのパターンが変形することがある。

[0007] したがって、ブロック・コポリマーのパターン化によって得られるマスクが、被エッチング層のエッチングによって変形することを抑制することが求められている。

課題を解決するための手段

[0008] 一側面においては、被処理体の被エッチング層をエッチングする方法が提供される。この方法は、被エッチング層上に設けられた中間層上に第1のポリマー及び第2のポリマーを含む自己組織化可能なブロック・コポリマー層を形成する工程（a）と、ブロック・コポリマー層から第1のポリマーを含む第1の領域及び第2のポリマーを含む第2の領域を形成するよう被処理体を処理する工程（b）と、工程（b）の後、第2の領域及び該第2の領域の直下の中間層をエッチングしてマスクを形成する工程（c）と、工程（c）の後、被処理体を収容したプラズマ処理装置の処理容器内において四塩化ケイ素ガス及び酸素ガスを含む処理ガスのプラズマを生成して、マスク上に保護膜を形成する工程（d）と、工程（d）の後に、被エッチング層をエッチングする工程（e）と、を含む。

- [0009] 上記一側面に係る方法では、工程（d）において生成されるプラズマ中の酸素及びシリコンに基づく酸化シリコンを含有する保護膜が、マスク上に形成される。この保護膜により、工程（e）のエッチングからマスクが保護される。したがって、被エッチング層のエッチングによってマスクが変形することを抑制するが可能となる。
- [0010] 一形態において、被エッチング層はシリコンを含有する層であり、工程（e）では、処理容器内においてフルオロカーボンガス及びフルオロハイドロカーボンガスのうち少なくとも一種を含む処理ガスのプラズマが生成されてもよい。この形態によれば、フッ素の活性種によって被エッチング層をエッチングすることが可能である。また、マスクから露出された被エッチング層の表面上に工程（d）によって堆積した保護膜を除去することも可能となる。
- [0011] また、別の一側面においては、被処理体の被エッチング層をエッチングする別の方法が提供される。この方法は、被エッチング層上に設けられた中間層上に第1のポリマー及び第2のポリマーを含む自己組織化可能なブロック・コポリマー層を形成する工程（a）と、ブロック・コポリマー層から第1のポリマーを含む第1の領域及び第2のポリマーを含む第2の領域を形成するように被処理体を処理する工程（b）と、工程（b）の後、第2の領域及び第2の領域の直下の中間層をエッチングしてマスクを形成する工程（c）と、マスクを形成する工程の後、被エッチング層をエッチングする工程（f）と、を含む。この方法のエッチング対象である被エッチング層は、酸化シリコン又は窒化シリコンを含有する層である。被エッチング層をエッチングする工程（f）では、プラズマ処理装置の処理容器内において、フルオロカーボンガス及びフルオロハイドロカーボンガスのうち少なくとも一種を含み、且つ、臭化水素ガスを含むガスのプラズマが生成される。
- [0012] 上記別の一側面に係る方法では、工程（f）で用いられるガスに含まれる臭化水素ガスに含まれる原子又は分子の活性種からS i B r Oといった成分を含む保護膜が形成される。また、B rの活性種によりマスクが改質、即ち

、硬化される。その結果、被エッチング層のエッチングによってマスクが変形することを抑制するが可能となる。

[0013] また、上述した方法の一形態においては、第1のポリマーはポリスチレンであり、前記第2のポリマーはポリメチルメタクリレートであってもよい。

発明の効果

[0014] 以上説明したように、一側面及び種々の形態によれば、ブロック・コポリマーのパターン化によって得られるマスクが、被エッチング層のエッチングによって変形することを抑制することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]一実施形態に係るエッチング方法を示す流れ図である。

[図2]図1に示す各工程において作成される生産物の断面を示す図である。

[図3]図1に示す各工程において作成される生産物の断面を示す図である。

[図4]図1に示す各工程において作成される生産物の断面を示す図である。

[図5]ブロック・コポリマーの自己組織化を説明するための図である。

[図6]プラズマ処理装置の一実施形態を概略的に示す図である。

[図7]別の実施形態に係るエッチング方法を示す流れ図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、図面を参照して種々の実施形態について詳細に説明する。なお、各図面において同一又は相当の部分に対しては同一の符号を附することとする。

[0017] 図1は、一実施形態に係るエッチング方法を示す流れ図である。また、図2、図3、及び図4は、図1に示す各工程において作成される生産物の断面を示す図である。図1に示すように、一実施形態に係るエッチング方法MT1は、工程ST1、工程ST2、工程ST3、工程ST4、工程ST5、及び工程ST6を含んでいる。方法MT1では、まず、工程ST1において、被処理体（以下、「ウエハ」という）Wの表面に中間層NLが形成される。

[0018] 図2の（a）に示すように、ウエハWは、基板Sb、及び、被エッチング層ELを含んでいる。基板Sbは、例えば、シリコンから構成されている。被エッチング層ELは、基板Sb上に設けられている。被エッチング層EL

は、シリコンを含有する層である。例えば、被エッチング層E Lは、S i N層、シリコン酸化層、又は、シリコンを含有するレジスト層であり得る。また、被エッチング層E Lは、例えば、1 5～2 0 n mの膜厚を有し得る。

[0019] 図2の(a)に示すように、工程S T 1では、被エッチング層E L上に、有機膜O Lが塗布される。有機膜O Lは、例えば、スチレンとメタクリル酸メチルのブロック共重合体である。次いで、塗布後にウエハWが熱処理される。この熱処理の温度の適正值は有機膜O Lの種類に依存するが、通常2 0 0℃～3 0 0℃程度である。例えば、当該熱処理の温度は、例えば、2 5 0℃である。この熱処理により、図2の(b)に示すように、有機膜O Lは全体的に縮み、有機膜O Lから中間層N Lと変質層R Lが形成される。なお、変質層R Lは、有機膜O L中のカーボンが変質した層である。

[0020] 次いで、図2の(c)に示すように、変質層R Lが、現像処理によって化学的に除去される。これにより、被エッチング層E L上に中間層N Lが形成される。この中間層N Lの表面は、疎水でも親水でもない中性の状態を有する。後述するブロック・コポリマー層中のポリマーは、ポリマー長が短いと強い親水性を有し、ポリマー長が長いと強い疎水性を有する。このようにポリマーには親水性の強い種類と疎水性の強い種類があるため、中性の表面を有する中間層N Lを形成することにより、ポリマーを所望の形状に相分離させることが可能となる。

[0021] 方法M T 1では、次いで、工程S T 2が行われる。工程S T 2では、ブロック・コポリマーがウエハWの表面、即ち、中間層N Lの表面に塗布される。ブロック・コポリマーは、例えば、スピンコート法といった種々の方法により塗布され得る。これにより、図3の(a)に示すように、中間層N Lの表面上に、ブロック・コポリマー層B C Lが形成される。

[0022] ブロック・コポリマーは、自己組織化(S e l f - A s s e m b l e d)ブロック・コポリマーであり、第1のポリマー及び第2のポリマーを含んでいる。一実施形態においては、ブロック・コポリマーは、ポリスチレン-ブロック-ポリメチルメタクリレート(P S - b - P M M A)である。P S -

b-PMMAは、第1のポリマーとしてポリスチレン（PS）を含み、第2のポリマーとしてポリメチルメタクリレート（PMMA）を含む。

[0023] ここで、ブロック・コポリマー及びその自己組織化について、PS-b-PMMAを例にとって、図5を参照しつつ説明する。PS及びPMMAは共に、一つの分子の直径が0.7 nmの高分子である。互いに混和しないPS及びPMMAを含有したブロック・コポリマーを中間層NL上に塗布してブロック・コポリマー層BCLを形成した後、ウエハWを常温（25℃）から300℃以下の温度で熱処理（アニール）すると、ブロック・コポリマー層BCLにおいて相分離が生じる。一般的には、アニールは、200℃～250℃の温度範囲内で行われる。一方、300℃より高温で熱処理が行われると、ブロック・コポリマー層BCLの相分離は発生せず、PS及びPMMAがランダムに配置される。また、相分離後に温度を常温に戻してもブロック・コポリマー層BCLは相分離状態を保つ。

[0024] 各ポリマーのポリマー長が短いと相互作用(斥力)は弱くなり、かつ親水性が強くなる。一方、ポリマー長が長いと相互作用(斥力)は強くなり、かつ疎水性が強くなる。このようなポリマーの性質を利用して、例えば、図5の（a）及び図5の（b）に示したように、PS及びPMMAの相分離構造を作成することができる。図5の（a）は、ポリマーAとポリマーBが略同じポリマー長を有するときの相分離構造を示している。一例においては、ポリマーAは、PSであり、ポリマーBは、PMMAである。図5の（a）に示す場合には、各ポリマーの相互作用は同じであるから、ブロック・コポリマー層BCLを250℃程度で熱処理すると、ポリマーAとポリマーBは自己組織化してライン状に相分離する。即ち、ポリマーAがライン状の第1の領域を形成し、第1の領域間においてポリマーBがライン状の第2の領域を形成する。この相分離構造を利用して、例えば、ポリマーBを含む第2の領域を除去すると、ラインアンドスペース(L/S)の周期パターンを形成することができる。この周期パターンは、半導体素子といったデバイス製造用のパターンとして適用され得る。

[0025] また、図5の(b)は、ポリマーAとポリマーBのポリマー長が大きく異なるとき、即ち、ポリマーAのポリマー長がポリマーBのポリマー長より長い場合の相分離構造を示している。図5の(b)に示す場合には、ポリマーAの相互作用(斥力)が強く、ポリマーBの相互作用(斥力)が弱い。このようなブロック・コポリマー層BCLを250℃程度で熱処理すると、ポリマー間の相互作用の強弱に起因して、ポリマーAが外側、ポリマーBが内側に自己組織化する。即ち、ポリマーBが円柱状に自己組織化して第2の領域を形成し、当該円柱状の領域を囲むようにポリマーAが自己組織化して第1の領域を形成する。このような第1の領域及び第2の領域を含む相分離構造を利用して、例えば、第2の領域を除去すると、ホールの周期パターンを形成することができる。この周期パターンも半導体素子といったデバイス製造用のパターンとして適用され得る。

[0026] 再び図1を参照する。方法MT1の工程ST3では、ブロック・コポリマー層BCLの相分離のための処理が行われる。一実施形態の工程ST2では、ウエハWを200℃～300℃の温度で加熱することにより、ブロック・コポリマー層BCLに相分離を生じさせる。この工程ST3により、図3の(b)に示すように、ブロック・コポリマー層BCLにおいて、第1のポリマーを含む第1の領域R1及び第2のポリマーを含む第2の領域が形成される。上述したように、第1の領域R1及び第2の領域R2は、交互に設けられたラインパターンであってもよい。或いは、第2の領域R2は円柱状の領域であり、第1の領域R1が円柱状の第2の領域R2を囲んでいてもよい。

[0027] 続く工程ST4に先だって、ウエハWはプラズマ処理装置内に搬送される。図6は、方法MT1の実施に用いることが可能なプラズマ処理装置の一実施形態を概略的に示す図である。図6に示すプラズマ処理装置1は、容量結合型の平行平板プラズマ処理装置であり、略円筒形のチャンバ(処理容器)10を有している。チャンバ10は接地されている。チャンバ10の内面には、アルマイト処理(陽極酸化処理)が施されている。また、このチャンバ10は接地されている。

- [0028] チャンバ 10 の底部には、セラミックなどの絶縁板 12 を介して円柱状のサセプタ支持台 14 が配置されている。サセプタ支持台 14 の上には、例えばアルミニウムから構成されたサセプタ 16 が設けられている。
- [0029] サセプタ 16 の上面には、ウエハ W を静電吸着力で保持するための静電チャック 18 が設けられている。この静電チャック 18 は、導電膜からなるチャック電極 20 を一対の絶縁層又は絶縁シートの上に挟み込んだものである。電極 20 には直流電源 22 がスイッチ 24 を介して電氣的に接続されている。このプラズマ処理装置 1 では、直流電源 22 からの直流電圧により、ウエハ W を静電気力で静電チャック 18 に吸着保持することができる。静電チャック 18 の周囲且つサセプタ 16 上には、エッチングの面内均一性を向上させるためのフォーカスリング 26 が配置されている。フォーカスリング 26 は、例えば、シリコン製である。また、サセプタ 16 及びサセプタ支持台 14 の側面には、例えば石英製の円筒状の内壁部材 28 が貼り付けられている。
- [0030] サセプタ支持台 14 の内部には、冷媒室 30 が設けられている。冷媒室 30 は、例えば、サセプタ支持台 14 内において環状に延在している。この冷媒室 30 には、外付けのチラーユニットから配管 32 a, 32 b を介して所定温度の冷媒、例えば冷却水 c w が循環供給される。プラズマ処理装置 1 では、冷媒 c w の温度を制御することにより、サセプタ 16 上のウエハ W の温度が制御される。さらに、伝熱ガス供給機構（図示せず）からの伝熱ガス、例えば H e ガスが、ガス供給ライン 34 を介して静電チャック 18 の上面とウエハ W の裏面との間に供給される。
- [0031] また、サセプタ 16 には、プラズマ生成用の第 1 高周波電源 36、イオン引き込み用の第 2 高周波電源 38 がそれぞれ整合器 40, 42 及び給電棒 44, 46 を介して電氣的に接続されている。
- [0032] 第 1 高周波電源 36 は、プラズマ生成に適した周波数、例えば 40 MHz の第 1 周波数の電力を発生する。なお、第 1 周波数は、60 MHz 或いは 100 MHz といった周波数であってもよい。一方、第 2 高周波電源 38 は、

サセプタ 16 上のウエハ W にプラズマのイオンを引き込むのに適した比較的
低周波の周波数、例えば 13 MHz の第 2 周波数の電力を発生する。

[0033] サセプタ 16 の上方には、当該サセプタと平行に対面するように上部電極
48 が設けられている。この上部電極 48 は、電極板 50 及び当該電極板 50
を着脱可能に支持する電極支持体 52 から構成されている。電極板 50 に
は、多数のガス孔 50a が形成されている。電極板 50 は、例えば、Si、
SiC といった半導体材料から構成され得る。また、電極支持体 52 は、例
えば、アルミニウムから構成され、その表面にはアルマイト処理が施されて
いる。これら電極板 50 及び電極支持体 52 は、チャンバ 10 の上部にリン
グ状の絶縁体 54 を介して取り付けられている。リング状絶縁体 54 は、例
えば、アルミナから構成され得る。かかる上部電極 48 とサセプタ 16 との
間には、プラズマ生成空間、即ち、処理空間 S が設定される。

[0034] 電極支持体 52 には、ガスバッファ室 56 が形成されている。また、電極
支持体 52 には、ガスバッファ室 56 と電極板 50 のガス孔 50a とを連通
させる多数のガス通気孔 52a が形成されている。ガスバッファ室 56 には
、ガス供給管 58 を介してガス供給源 60 が接続されている。ガス供給管 5
8 には、マスフローコントローラ (MFC) 62 および開閉バルブ 64 が設
けられている。ガス供給源 60 から処理ガスがガスバッファ室 56 に導入さ
れると、電極板 50 のガス孔 50a からサセプタ 16 上のウエハ W に向けて
処理空間 S に処理ガスがシャワー状に噴出される。このように、上部電極 4
8 は処理空間 S に処理ガスを供給するためのシャワーヘッドを兼ねている。

[0035] サセプタ 16 及びサセプタ支持台 14 とチャンバ 10 の側壁との間に形成
される環状の空間は、排気空間となっている。この排気空間の底には、チャ
ンバ 10 の排気口 72 が設けられている。排気口 72 には、排気装置 76 が
接続されている。排気装置 76 は、ターボ分子ポンプなどの真空ポンプを有
しており、チャンバ 10 の室内、特に処理空間 S を所望の真空度まで減圧で
きるようになっている。また、チャンバ 10 の側壁にはウエハ W の搬入出口
78 を開閉するゲートバルブ 80 が取り付けられている。

[0036] 制御部 88 は、CPU (Central Processing Unit)、ROM (Read Only Memory)、RAM (Random Access Memory) を有し、CPU は、例えば RAM に記憶された各種レシピに従ってプロセスの実行を制御する。

[0037] このプラズマ処理装置 1 においてウエハ W を処理する際には、先ずゲートバルブ 80 が開口され、搬送アーム上に保持されたウエハ W がチャンバ 10 内に搬入される。そして、ウエハ W は、静電チャック 18 上に載置される。ウエハ W の搬入後、ゲートバルブ 80 が閉じられ、ガス供給源 60 から処理ガスが所定の流量及び流量比でチャンバ 10 内に導入され、排気装置 76 によりチャンバ 10 内の圧力が設定値に減圧される。さらに、第 1 高周波電源 36 から高周波電力がサセプタ 16 に供給され、必要に応じて第 2 高周波電源 38 からも高周波バイアス電力がサセプタ 16 に供給される。これにより、シャワーヘッドからシャワー状に導入された処理ガスが励起されてプラズマが生成される。このプラズマ中のラジカル、イオンといった活性種によってウエハ W が処理される。

[0038] 再び図 1 を参照する。方法 MT 1 の工程 ST 4 では、マスクが形成される。このため、プラズマ処理装置を用いて、ブロック・コポリマー層 BCL の第 2 の領域 R2、及び、当該第 2 の領域 R2 の直下の中間層 NL がエッチングされる。工程 ST 4 をプラズマ処理装置 1 で実施する場合には、ガス供給源 60 から処理ガスがチャンバ 10 内に供給され、排気装置 76 によりチャンバ 10 内の圧力が設定値に減圧される。また、第 1 高周波電源 36 から高周波電力がサセプタ 16 に供給される。なお、工程 ST 4 では、必要に応じて、第 2 高周波電源 38 からの高周波バイアス電力がサセプタ 16 に供給されてもよい。工程 ST 4 において用いられる処理ガスは、第 2 のポリマーを含む第 2 の領域 R2 及びその直下の中間層 NL をエッチングするための処理ガスであるので、酸素を含み得る。例えば、この処理ガスは、 O_2 ガスを含み得る。また、当該処理ガスは、Ar ガスといった希ガス、或いは、 N_2 ガスといった不活性ガスを更に含んでいてもよい。

- [0039] 工程 S T 4 では、酸素の活性種によって有機材料から構成されたブロック・コポリマー層 B C L がその表面からエッチングされる。ここで、第 1 のポリマーから構成された第 1 の領域 R 1 よりも第 2 のポリマーから構成された第 2 の領域 R 2 のエッチングレートが高い。したがって、工程 S T 4 によって、第 2 の領域 R 2 が選択的にエッチングされる。また、第 2 の領域 R 2 が除去されることによって露出した中間層 N L の一部がエッチングされる。かかる工程 S T 4 により、ウエハ W は、図 3 の (c) に示した状態となる。即ち、第 1 の領域 R 1 及びその直下の中間層 N L を含むマスク M K が形成される。
- [0040] 次いで、図 1 に示すように、方法 M T 1 では、工程 S T 5 が行われる。工程 S T 5 では、マスク M K 上に保護膜 P F が形成される。このため、工程 S T 5 では、プラズマ処理装置内において、四塩化ケイ素ガス (SiCl_4) 及び酸素ガス (O_2) を含む処理ガスのプラズマが生成され、当該プラズマにウエハ W が晒される。このプラズマは、ケイ素の活性種及び酸素の活性種を含むので、工程 S T 5 により、図 4 の (a) に示すように、酸化シリコンから構成された保護膜 P F がマスク M K 上に形成される。なお、工程 S T 5 で用いられる処理ガスは、A r ガスといった希ガスを更に含んでもよい。
- [0041] 工程 S T 5 をプラズマ処理装置 1 で実施する場合には、ガス供給源 6 0 から四塩化ケイ素ガス及び酸素ガスを含む処理ガスがチャンバ 1 0 内に供給され、排気装置 7 6 によりチャンバ 1 0 内の圧力が設定値に減圧される。また、第 1 高周波電源 3 6 から高周波電力がサセプタ 1 6 に供給される。また、工程 S T 5 では、必要に応じて、第 2 高周波電源 3 8 からの高周波バイアス電力がサセプタ 1 6 に供給されてもよい。
- [0042] 次いで、方法 M T 1 では、工程 S T 6 が行われる。工程 S T 6 では、マスク M K の開口に露出した被エッチング層 E L がエッチングされる。このため、工程 S T 6 では、プラズマ処理装置内において、フルオロカーボンガスを含む処理ガスのプラズマが生成され、当該プラズマにウエハ W が晒される。このプラズマは、フッ素の活性種を含むので、工程 S T 6 により、マスク M

Kの開口に露出した被エッチング層E L上の保護膜P F、及びその直下の被エッチング層E Lがエッチングされる。かかる工程S T 6により、ウエハWは、図4の(b)に示した状態となる。即ち、マスクMKのパターンが被エッチング層E Lに転写される。なお、工程S T 6で用いられる処理ガスは、C F₄ガスといったフルオロカーボンガスに加えて、又は、これに代えて、C H F₃ガスといったハイドロフルオロカーボンガスを含んでいてもよい。また、この処理ガスは、A rガスといった希ガスを更に含んでいてもよい。

[0043] 工程S T 6をプラズマ処理装置1で実施する場合には、ガス供給源6 0からフルオロカーボンガスを含む処理ガスがチャンバ1 0内に供給され、排気装置7 6によりチャンバ1 0内の圧力が設定値に減圧される。また、第1高周波電源3 6から高周波電力がサセプタ1 6に供給される。また、工程S T 6では、必要に応じて、第2高周波電源3 8からの高周波バイアス電力がサセプタ1 6に供給されてもよい。

[0044] 以上説明した方法M T 1では、被エッチング層E Lのエッチングの前に、保護膜P FがマスクMK上に形成される。この保護膜P Fにより、工程S T 6のエッチングからマスクMKを保護することが可能である。即ち、工程S T 6のエッチングによるマスクMKの燃れといった変形を抑制することが可能となる。

[0045] 以下、別の実施形態に係るエッチング方法について説明する。図7は、別の実施形態に係るエッチング方法を示す流れ図である。図7に示す方法M T 2は、工程S T 5を含んでおらず、工程S T 6に代わる工程S T 6 2を含んでいる点において、方法M T 1とは異なっている。工程S T 6 2では、プラズマ処理装置内において、フルオロカーボンガス及びフルオロハイドロカーボンガスのうち少なくとも一種を含み、且つ、臭化水素ガスを含むガスのプラズマが生成される。フルオロカーボンガスは、例えばC F₄ガスであり、フルオロハイドロカーボンガスは、例えば、C H F₃ガスである。

[0046] 工程S T 6 2では、生成されたプラズマに、工程S T 4後の状態のウエハWが晒される。工程S T 6 2では、臭化水素ガスのプラズマに含まれる原子

又は分子の活性種から SiBrO といった成分を含む保護膜が、マスク MK 上に形成される。また、Br の活性種によってマスク MK が改質、即ち、硬化される。また、工程 ST 6 2 において生成されるプラズマはフッ素の活性種を含むので、工程 ST 6 と同様に被エッチング層 EL がエッチングされる。したがって、工程 ST 6 2 によれば、マスク MK を保護しつつ、被エッチング層 EL のエッチングを進行させることができる。故に、工程 ST 6 2 によれば、エッチングによるマスク MK の燃れといった変形を抑制することが可能となる。

[0047] 以上、実施形態について説明してきたが、上述した実施形態に限定されることなく種々の変形態様を構成可能である。例えば、工程 ST 4, ST 5, ST 6, ST 6 2 に用いることができるプラズマ処理装置は、容量結合型のプラズマ処理装置に限定されるものではない。例えば、これらの工程には、誘導結合型のプラズマ処理装置、又は、マイクロ波といった表面波をプラズマ源とするプラズマ処理装置を用いることが可能である。

符号の説明

[0048] 1…プラズマ処理装置、10…チャンバ、16…サセプタ、18…静電チャック、36…第1高周波電源、38…第2高周波電源、48…上部電極、W…ウエハ、EL…被エッチング層、NL…中間層、BCL…ブロック・コポリマー層、R1…第1の領域、R2…第2の領域、MK…マスク、PF…保護膜。

請求の範囲

[請求項1]

被処理体の被エッチング層をエッチングする方法であって、

前記被エッチング層上に設けられた中間層上に第1のポリマー及び第2のポリマーを含む自己組織化可能なブロック・コポリマー層を形成する工程と、

前記ブロック・コポリマー層から前記第1のポリマーを含む第1の領域及び前記第2のポリマーを含む第2の領域を形成するよう前記被処理体进行处理する工程と、

前記被処理体进行处理する工程の後、前記第2の領域及び該第2の領域の直下の中間層をエッチングしてマスクを形成する工程と、

前記マスクを形成する工程の後、前記被処理体を収容したプラズマ処理装置の処理容器内において四塩化ケイ素ガス及び酸素ガスを含む処理ガスのプラズマを生成して、前記マスク上に保護膜を形成する工程と、

前記保護膜を形成する工程の後に、前記被エッチング層をエッチングする工程と、

を含む方法。

[請求項2]

前記被エッチング層は、シリコンを含有する層であり、

前記被エッチング層をエッチングする工程では、前記処理容器内においてフルオロカーボンガス及びフルオロハイドロカーボンガスのうち少なくとも一種を含む処理ガスのプラズマが生成される、

請求項1に記載の方法。

[請求項3]

被処理体の被エッチング層をエッチングする方法であって、

前記被エッチング層上に設けられた中間層上に第1のポリマー及び第2のポリマーを含む自己組織化可能なブロック・コポリマー層を形成する工程と、

前記ブロック・コポリマー層から前記第1のポリマーを含む第1の領域及び前記第2のポリマーを含む第2の領域を形成するよう前記被

処理体を処理する工程と、

前記被処理体を処理する工程の後、前記第2の領域及び該第2の領域の直下の中間層をエッチングしてマスクを形成する工程と、

前記マスクを形成する工程の後、前記被エッチング層をエッチングする工程と、

を含み、

前記被エッチング層は、酸化シリコン又は窒化シリコンを含有する層であり、

前記被エッチング層をエッチングする工程では、プラズマ処理装置の処理容器内において、フルオロカーボンガス及びフルオロハイドロカーボンガスのうち少なくとも一種を含み、且つ、臭化水素ガスを含むガスのプラズマが生成される、

方法。

[請求項4]

前記第1のポリマーはポリスチレンであり、前記第2のポリマーはポリメチルメタクリレートである、請求項1～3の何れか一項に記載の方法。