

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4853857号
(P4853857)

(45) 発行日 平成24年1月11日(2012.1.11)

(24) 登録日 平成23年11月4日(2011.11.4)

(51) Int.Cl.		F I		
HO 1 L 21/314	(2006.01)	HO 1 L 21/314	A	
HO 1 L 21/31	(2006.01)	HO 1 L 21/31	C	
HO 1 L 23/522	(2006.01)	HO 1 L 21/90	K	
HO 1 L 21/768	(2006.01)			

請求項の数 9 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2005-175548 (P2005-175548)	(73) 特許権者	000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂五丁目3番1号
(22) 出願日	平成17年6月15日(2005.6.15)	(74) 代理人	100096389 弁理士 金本 哲男
(65) 公開番号	特開2006-351806 (P2006-351806A)	(74) 代理人	100101557 弁理士 萩原 康司
(43) 公開日	平成18年12月28日(2006.12.28)	(74) 代理人	100095957 弁理士 亀谷 美明
審査請求日	平成18年6月22日(2006.6.22)	(72) 発明者	石川 拓 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内
審判番号	不服2009-20831 (P2009-20831/J1)		
審判請求日	平成21年10月28日(2009.10.28)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板の処理方法、コンピュータ読み取り可能な記録媒体及び基板処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板が収容された処理容器内に、アセチレンガスと水素ガスを4：3～4：1の容積比で供給し、マイクロ波を用いて当該処理容器内にプラズマを生成して、前記基板上にアモルファスカーボンの絶縁膜を形成し、

前記絶縁膜形成中は、処理容器内の圧力を1.33Pa～4.0Paに維持し、前記基板を80～200に維持することを特徴とする、基板の処理方法。

【請求項2】

前記絶縁膜の形成後に、水素ガスを含む雰囲気内で基板を加熱することを特徴とする、請求項1に記載の基板の処理方法。

【請求項3】

前記絶縁膜の形成後に、350～400の温度で基板を加熱することを特徴とする、請求項2に記載の基板の処理方法。

【請求項4】

前記絶縁膜を形成してから基板を加熱するまでの間は、基板を酸素を含まない雰囲気内に維持することを特徴とする、請求項2または3のいずれかに記載の基板の処理方法。

【請求項5】

ラジアルスロットラインアンテナから放射されたマイクロ波を用いて、前記処理容器内にプラズマを生成することを特徴とする。請求項1～4のいずれかに記載の基板の処理方法

【請求項 6】

前記処理容器内を、プラズマが生成されるプラズマ生成領域と、前記プラズマ生成領域で生成されたプラズマを用いて基板上に前記絶縁膜を形成する成膜領域とに区画し、前記プラズマ生成領域には、プラズマ生成用のプラズマガスを供給し、前記成膜領域には、アセチレンガスと水素ガスを 4 : 3 ~ 4 : 1 の容積比で供給することを特徴とする、請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の基板の処理方法。

【請求項 7】

前記処理容器内の基板にバイアス電圧を印加しない状態で前記処理容器内にプラズマを生成することを特徴とする、請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の基板の処理方法。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の基板の処理方法を、コンピュータに実現させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 9】

請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の基板の処理方法を行う制御部を有する基板処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板の処理方法、コンピュータ読み取り可能な記録媒体及び基板処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば半導体装置や液晶表示装置、有機 EL 素子等の電子デバイスの製造プロセスにおいては、基板上に、例えば配線間を絶縁するための層間絶縁膜が形成される。近年、この配線部の抵抗や容量の一層の低減を図るために、低誘電率の層間絶縁膜の開発が進められている。

【0003】

低誘電率を実現可能な絶縁膜の膜材料として、従来よりフッ素を含有した高分子膜が注目されている。しかしながら、この高分子膜を用いた場合には、膜中のフッ素原子が基板の処理中に周囲の水分と反応し、膜中からフッ化水素ガスを放出して、周辺の膜を破壊し剥離させる恐れがある。そこで、絶縁膜の膜材料として、フッ素を含有した高分子膜に代

【0004】

えて、同程度の低誘電率が得られるアモルファスカーボンを用いることが提案されている。

現在、アモルファスカーボンの成膜方法として、平行平板型のプラズマ CVD 装置を用いて、チャンバ内に環状炭化水素ガスを供給し、チャンバ内にプラズマを生成して成膜するものが提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。この平行平板型の CVD プラズマ装置を用いた成膜方法では、チャンバ内の基板にバイアス電圧を印加し、プラズマ中の荷電粒子を基板の表面に引き込むことによって、基板上に絶縁膜を形成していた。

【0005】

しかしながら、上記成膜方法を用いた場合、絶縁膜の誘電率の値（k 値）が 3 . 5 程度であった。電子デバイスの高速化、低消費電力化を図るためには、より低い誘電率の絶縁膜を実現する必要がある。また、上記成膜方法を用いた場合、膜の耐熱性が悪く、例えば基板の熱処理において、膜厚が変動したり、膜質が劣化することがあった。

【0006】

【特許文献 1】米国特許 5 9 8 1 0 0 0 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、より低誘電率で耐熱性のよいアモルファスカーボンの絶縁膜を形成することをその目的とする。

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するために、本発明によれば、基板が収容された処理容器内に、アセチレンガスと水素ガスを4：3～4：1の容積比で供給し、マイクロ波を用いて当該処理容器内にプラズマを生成して、前記基板上にアモルファスカーボンの絶縁膜を形成し、前記絶縁膜形成中は、処理容器内の圧力を1.33Pa～4.0Paに維持し、前記基板を80～200に維持することを特徴とする、基板の処理方法が提供される。

【0009】

発明者の検証によれば、本発明の基板の処理方法を用いることにより誘電率が2.5程度のアモルファスカーボンの絶縁膜が形成された。また、本発明により、耐熱性が著しく高い絶縁膜が形成された。このように、本発明によれば、従来より低誘電率で耐熱性の高いアモルファスカーボンの絶縁膜を形成でき、また絶縁膜のリーク電流を低減できる。

【0013】

前記絶縁膜の形成後に、水素ガスを含む雰囲気内で基板を加熱してもよい。かかる場合、絶縁膜の誘電率がさらに低減し、またリーク電流が少なく、耐熱性のよい絶縁膜が形成できる。なお、前記絶縁膜の形成後に、350～400の温度で基板を加熱してもよい。また、前記絶縁膜を形成してから基板を加熱するまでの間は、基板を酸素を含まない雰囲気内に維持してもよい。

【0014】

前記基板の処理方法において、ラジアルラインスロットアンテナから放射されたマイクロ波を用いて前記処理容器内にプラズマを生成してもよい。また、前記処理容器内を、プラズマが生成されるプラズマ生成領域と、前記プラズマ生成領域で生成されたプラズマを用いて基板上に絶縁膜を形成する成膜領域とに区画し、前記プラズマ生成領域には、プラズマ生成用のプラズマガスを供給し、前記成膜領域には、アセチレンガスと水素ガスを4：3～4：1の容積比で供給してもよい。

【0015】

前記処理容器内の基板にバイアス電圧を印加しない状態で前記処理容器内にプラズマを生成してもよい。

【0016】

別の観点による本発明によれば、請求項1～7のいずれかに記載の基板の処理方法を、コンピュータに実現させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体が提供される。

【0017】

別の観点による本発明によれば、請求項1～7のいずれかに記載の基板の処理方法を行う制御部を有する基板処理装置が提供される。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、低誘電率で耐熱性のよい絶縁膜が実現されるので、より高速で低消費電力の電子デバイスを製造できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下、本発明の好ましい実施の形態について説明する。図1は、本発明にかかる基板の処理方法が実施される基板処理装置1の構成の概略を示す平面図である。

【0020】

基板処理装置1は、図1に示すように、例えば複数の基板Wをカセット単位で外部から基板処理装置1に対して搬入出したり、カセットCに対して基板Wを搬入出したりするカセットステーション2と、基板Wを枚葉式に処理する複数の各種装置を備えた処理ステーション3とをY方向(図中の左右方向)に一体に接続した構成を有している。

【0021】

カセットステーション2は、カセット載置台4と搬送チャンバ5により構成されている

10

20

30

40

50

。カセット載置台 4 には、複数、例えば 2 つのカセット C を X 方向（図 1 中の上下方向）に並べて載置できる。搬送チャンバ 5 は、例えば多関節ロボットから構成された基板搬送体 6 とプリアライメントステージ 7 を備えている。基板搬送体 6 は、カセット載置台 4 上のカセット C と、プリアライメントステージ 7 と、処理ステーション 3 の後述するロードロック室 30, 31 に対して基板 W を搬送できる。

【0022】

処理ステーション 3 は、その中央部にカセットステーション 2 から Y 方向（図 1 中の左右方向）に向かって直線状に形成された搬送路 8 を備えている。搬送路 8 は、当該搬送路 8 内を密閉可能なケーシング 8a に覆われている。ケーシング 8a には、例えば気体供給装置 20 に連通する給気管 21 が接続されている。気体供給装置 20 は、例えば酸素ガス 10 を含まない気体、例えば不活性気体や窒素ガスを給気管 21 を通じてケーシング 8a 内に供給できる。また、ケーシング 8a には、例えば排気装置 22 に連通する排気管 23 が接続されている。給気管 21 からの給気と排気管 23 からの排気により、ケーシング 8a 内を酸素ガスを含まない気体雰囲気維持できる。

【0023】

搬送路 8 を挟んだ X 方向の両側には、当該搬送路 8 に沿って、例えばロードロック室 30, 31, 絶縁膜形成装置 32, 33, アニール装置 34, 35 がカセットステーション 2 側から順に配置されている。各ロードロック室 30, 31, 絶縁膜形成装置 32, 33 及びアニール装置 34, 35 は、ゲートバルブ 36 を介して搬送路 8 に接続されている。ロードロック室 30, 31 は、カセットステーション 2 の搬送チャンバ 5 に隣接しており、ロードロック室 30, 31 と搬送チャンバ 5 とは、ゲートバルブ 37 を介して接続されている。搬送チャンバ 5 内の基板 W は、例えばロードロック室 30, 31 を経由して搬送路 8 内に搬送できる。 20

【0024】

搬送路 8 内には、Y 方向に向かって延びる搬送レール 38 と、当該搬送レール 38 上を移動自在で、多関節ロボットから構成された基板搬送装置 39 が設けられている。基板搬送装置 39 は、搬送レール 38 上を移動し、各ゲートバルブ 36 を介してロードロック室 30, 31, 絶縁膜形成装置 32, 33 及びアニール装置 34, 35 に対して基板 W を搬送できる。

【0025】

基板処理装置 1 には、例えば各装置 32 ~ 35 における基板の処理プロセスを制御するための制御部 40 が設けられている。制御部 40 は、例えば汎用のコンピュータにより構成されている。制御部 40 には、例えば基板の処理プロセスを実行するためのプログラムが記憶されており、制御部 40 が各装置 32 ~ 35 に対し各処理プロセスに関する指示信号を出力することによって、各装置 32 ~ 35 における基板処理が実行される。制御部 40 には、例えば記憶媒体からプログラムをインストールするインタフェースが設けられており、記憶媒体からインストールされたプログラムにより、各装置 32 ~ 35 の処理プロセスが実行される。 30

【0026】

次に、上述の絶縁膜形成装置 32 の構成について説明する。図 2 は、絶縁膜形成装置 32 の縦断面の構成を模式的に示すものである。絶縁膜形成装置 32 は、マイクロ波によって生成されたプラズマを用いて、基板 W 上にアモルファスカーボンの絶縁膜を成膜するプラズマ CVD (chemical vapor deposition) 装置である。 40

【0027】

絶縁膜形成装置 32 は、図 2 に示すように例えば上面が開いた有底円筒状の処理容器 50 を備えている。処理容器 50 は、例えばアルミニウム合金により形成されている。処理容器 50 は、接地されている。処理容器 50 の底部のほぼ中央部には、例えば基板 W を載置するための載置部としての載置台 51 が設けられている。

【0028】

載置台 51 の内部には、ヒータ 52 が設けられている。ヒータ 52 は、処理容器 50 の 50

外部に設けられた電源 5 3 に接続されており，この電源 5 3 からの給電によって発熱し，載置台 5 1 を所定温度に加熱できる。

【 0 0 2 9 】

例えば処理容器 5 0 の上部開口には，気密性を確保するための O リングなどのシール材 6 0 を介して，石英ガラスなどからなる誘電体窓 6 1 が設けられている。処理容器 5 0 の上部開口は，この誘電体窓 6 1 によって閉鎖されている。誘電体窓 6 1 の上部には，プラズマ生成用のマイクロ波を供給する高周波供給部としてのラジアルラインスロットアンテナ 6 2 が設けられている。

【 0 0 3 0 】

ラジアルラインスロットアンテナ 6 2 は，下面が開口した略円筒状のアンテナ本体 6 3 を備えている。アンテナ本体 6 3 の下面の開口部には，多数のスロットが形成された円盤状のスロット板 6 4 が設けられている。アンテナ本体 6 3 内のスロット板 6 4 の上部には，低損失誘電体材料により形成された遅相板 6 5 が設けられている。アンテナ本体 6 3 の上面には，マイクロ波発振装置 6 6 に通じる同軸導波管 6 7 が接続されている。マイクロ波発振装置 6 6 は，処理容器 5 0 の外部に設置されており，ラジアルラインスロットアンテナ 6 2 に対し，所定周波数，例えば 2 . 4 5 G H z のマイクロ波を発振できる。かかる構成により，マイクロ波発振装置 6 6 から発振されたマイクロ波は，ラジアルラインスロットアンテナ 6 2 内に伝搬され，遅相板 6 5 で圧縮され短波長化された後，スロット板 6 4 で円偏波を発生させ，誘電体窓 6 1 から処理容器 5 0 内に向けて放射される。

【 0 0 3 1 】

処理容器 5 0 の上部の内周面には，プラズマ生成用のガスを供給するガス供給口 7 0 が形成されている。ガス供給口 7 0 は，例えば処理容器 5 0 の内周面に沿って複数箇所に形成されている。ガス供給口 7 0 には，例えば処理容器 5 0 の外部に設置されたガス供給源 7 1 に連通するガス供給管 7 2 が接続されている。本実施の形態において，ガス供給源 7 1 には，希ガスであるアルゴン (A r) ガスが貯留されている。

【 0 0 3 2 】

処理容器 5 0 内の載置台 5 1 とラジアルラインスロットアンテナ 6 2 との間には，例えば外形が略平板形状の原料ガス供給構造体 8 0 が設けられている。原料ガス供給構造体 8 0 は，外形が平面から見て少なくとも基板 W の直径よりも大きい円形状に形成され，載置台 5 1 とラジアルラインスロットアンテナ 6 2 に対向するように設けられている。この原料ガス供給構造体 8 0 によって，処理容器 5 0 内は，ラジアルラインスロットアンテナ 6 2 側のプラズマ生成領域 R 1 と，載置台 5 1 側の成膜領域 R 2 とに区画されている。

【 0 0 3 3 】

原料ガス供給構造体 8 0 は，図 3 に示すように同一平面上で略格子状に配置された一続きに接続された原料ガス供給管 8 1 により構成されている。原料ガス供給管 8 1 は，例えば原料ガス供給構造体 8 0 の外周部分に環状に配置された環状管 8 1 a と，環状管 8 1 a の内側において複数本の縦横の管が互いに直交するように配置された格子状管 8 1 b により構成されている。これらの原料ガス供給管 8 1 は，軸方向から見て縦断面が方形に形成され，総て互いに連通している。

【 0 0 3 4 】

また，原料ガス供給構造体 8 0 は，格子状に配置された原料ガス供給管 8 1 同士の隙間に多数の開口部 8 2 を有している。原料ガス供給構造体 8 0 の上側のプラズマ生成領域 R 1 で生成されたプラズマ中の荷電粒子は，この開口部 8 2 を通過して載置部台 3 側の成膜領域 R 2 に進入する。

【 0 0 3 5 】

原料ガス供給構造体 8 0 の原料ガス供給管 8 1 の下面には，図 2 に示すように多数の原料ガス供給口 8 3 が形成されている。これらの原料ガス供給口 8 3 は，原料ガス供給構造体 8 0 面内において均等に配置されている。なお，この原料ガス供給口 8 3 は，載置台 5 1 に載置された基板 W に対向する領域にのみ均等に配置されていてもよい。原料ガス供給管 8 1 には，処理容器 5 0 の外部に設置された原料ガス供給源 8 4 に連通するガス管 8 5

10

20

30

40

50

が接続されている。原料ガス供給源 84 には、多重結合を有する炭化水素ガス、例えば C_4H_6 （ブチン）ガスが貯留されている。原料ガス供給源 84 からガス管 85 を通じて原料ガス供給管 81 に供給された原料ガスは、各原料ガス供給口 83 から下方の成膜領域 R2 に向けて吐出される。

【0036】

処理容器 50 の底部には、処理容器 50 内の雰囲気気を排気するための排気口 90 が設けられている。排気口 90 には、ターボ分子ポンプなどの排気装置 91 に通じる排気管 92 が接続されている。この排気口 90 からの排気により、処理容器 50 内を所定の圧力に減圧できる。

【0037】

なお、絶縁膜形成装置 33 の構成は、絶縁膜形成装置 32 と同様であり、説明を省略する。

【0038】

アニール装置 34 は、例えば図 4 に示すように略円筒状の処理容器 100 内の上部には、透明な石英ガラス板 101 が水平に渡されている。石英ガラス板 101 と処理容器 100 の天井面との間の空間には、加熱源として例えばランプ 103 が配置されている。処理容器 100 の底面には、処理容器 100 内の中央部において基板 W を支持する支持ピン 104 が設けられている。処理容器 100 の底面には、真空排気手段（図示せず）に通ずる排気口 105 が形成されている。処理容器 100 の側壁における石英ガラス板 101 の下方には、ガス供給口 106 が設けられている。ガス供給口 106 は、ガス供給管 107 を通じて、例えば Ar ガスのガス供給源 108 に連通しており、処理容器 100 内に Ar ガスを供給できる。なお、アニール装置 35 は、アニール装置 34 と同様の構成であるので、説明を省略する。

【0039】

次に、以上のように構成された基板処理装置 1 で行われる参考例としての基板処理について説明する。まず、図 1 に示す基板処理装置 1 の搬送路 8 内は、例えば給気管 21 からの給気と排気管 23 からの排気によって酸素を含まない例えば窒素雰囲気中に維持される。そして、絶縁膜形成前の基板 W を収容したカセット C がカセット載置台 4 に載置されると、当該カセット C 内の基板 W が基板搬送体 6 によって取り出され、プリアライメントステージ 7 に搬送される。プリアライメントステージ 7 において位置合わせの行われた基板 W は、例えば基板搬送体 6 によってゲートバルブ 37 を介してロードロック室 30 に搬送される。ロードロック室 30 の基板 W は、基板搬送装置 39 によって搬送路 8 を通って絶縁膜形成装置 32 に搬送される。

【0040】

絶縁膜形成装置 32 に搬送された基板 W は、図 2 に示すように処理容器 50 内の載置台 51 上に載置される。載置台 51 上に載置された基板 W は、ヒータ 52 の発熱によって、200 以下、例えば 80 程度に加熱される。続いて、排気装置 91 により処理容器 50 内の排気が開始され、処理容器 50 内が例えば 6.67 Pa (50 Torr) 以下、例えば 2.67 Pa (20 Torr) 程度に減圧される。

【0041】

また、処理容器 50 内には、ガス供給口 70 からプラズマ生成領域 R1 に向けてプラズマガスである Ar ガスが供給される。ラジアルラインスロットアンテナ 62 からは、直下のプラズマ生成領域 R1 に向けて、例えば 2.45 GHz のマイクロ波が放射される。このマイクロ波の放射によって、プラズマ励起領域 R1 において Ar ガスがプラズマ化される。このとき、ラジアルラインスロットアンテナ 62 から放射されたマイクロ波は、原料ガス供給構造体 80 で反射し、プラズマ生成領域 R1 内に留まる。この結果、プラズマ生成領域 R1 内には、高密度のプラズマ空間が形成される。なお、この成膜処理において、載置台 51 上に載置された基板 W にはバイアス電圧が印加されていない。

【0042】

一方、プラズマ生成領域 R1 内で生成されたプラズマの荷電粒子は、原料ガス供給構造

10

20

30

40

50

体 8 0 の開口部 8 2 を通過して成膜領域 R 2 に拡散する。成膜領域 R 2 には、原料ガス供給構造体 8 0 の原料ガス供給口 8 3 から原料ガスであるブチンガスが供給される。ブチンガスは、例えばプラズマ生成領域 R 1 から拡散したプラズマエネルギーにより活性化され、基板 W 上には、水素原子と炭素原子からなるアモルファスカーボンの絶縁膜が形成される。

【 0 0 4 3 】

基板 W 上に所定厚さの絶縁膜が形成されると、例えばマイクロ波の放射や、ブチンガス及び Ar ガスの供給が停止され、載置台 5 1 上の基板 W は、基板搬送装置 3 9 によって処理容器 5 0 から搬出される。絶縁膜形成装置 3 2 から搬出された基板 W は、搬送路 8 内を

10

【 0 0 4 4 】

アニール装置 3 4 に搬送された基板 W は、図 4 に示すように支持ピン 1 0 4 上に支持される。排気管 1 0 5 からは排気が行われ、処理容器 1 0 0 内は例えば 1 2 0 P a (9 0 0 m T o r r) に減圧される。ガス供給口 1 0 6 からは、Ar ガスが供給され、処理容器 1 0 0 内が Ar ガスの雰囲気

【 0 0 4 5 】

に維持される。そして、ランプ 1 0 3 からの熱照射によって、基板 W が 3 0 0 ~ 4 0 0 の範囲、例えば 4 0 0 で加熱される。この加熱により、絶縁膜が焼き固められる。

20

【 0 0 4 6 】

所定時間加熱された基板 W は、基板搬送装置 3 9 によってアニール装置 3 4 から搬出され、搬送路 8 を通って例えばロードロック室 3 1 に搬送される。その後、基板 W は、基板搬送体 6 によってカセット載置台 4 上のカセット C 内に収容され、基板処理装置 1 における一連の基板処理が終了する。

【 0 0 4 7 】

ここで、前記参考例としての基板処理により形成された絶縁膜の特性について検証する。まず、前記例の基板処理の条件に従って、原料ガスにブチンガスを用いて成膜処理を行った場合には、絶縁膜の誘電率の値 (k 値) が 2 . 5 程度であった。これは、従来の原料ガスが単結合の C H ₄ (メタン) ガスの場合の k 値 3 . 5 に比べて誘電率が著しく低くなっている。

30

【 0 0 4 8 】

したがって、本例のように、成膜処理時に、原料ガスとしてブチンガスを供給することによって、従来よりも低誘電率で耐熱性のよいアモルファスカーボンの絶縁膜が形成できる。

40

【 0 0 4 9 】

なお、発明者によれば、ブチンガスに代えて多重結合を有する他の炭化水素ガス、例えば C₂H₄ (エチレン) ガスのように 2 重結合を有するもの、或いは C₂H₂ (アセチレン) ガス、C₅H₁₀ (ペンチン) (1 - ペンチン、2 - ペンチン) ガスのように三重結合を有するものであっても、従来よりも低誘電率で耐熱性のよいアモルファスカーボンの絶縁膜が形成されることが確認されている。したがって、成膜時に供給される原料ガスは、ブチンガスに限られず、多重結合を有する他の炭化水素であってもよい。なお、ブチンガスのうち、2 - ブチンガスがより望ましい。

【 0 0 5 0 】

50

以上の例では、処理容器50内に原料ガスとしてブチンガスを供給していたが、三重結合を有する C_2H_2 （アセチレン）ガスに、水素ガスを加えて供給してもよい。本発明の実施の形態においては、例えば図5に示すように絶縁膜形成装置32のガス供給管85には、水素ガスのガス供給源110が接続される。また、ガス供給源84には、アセチレンガスが貯留される。そして、膜形成時には、ガス供給口83から成膜領域R2にアセチレンガスと水素ガスが供給され、基板W上には、水素原子と炭素原子からなるアモルファスカーボンの絶縁膜が形成される。

【0051】

かかる場合、最終的に形成された絶縁膜の誘電率の値（k値）は2.5程度になり、従来に比べて誘電率を著しく低減できる。

10

【0052】

図6は、アセチレンガスに対する水素ガスの混合割合と絶縁膜のリーク電流及びシュリンケイジとの関係を示すグラフである。図6から、アセチレンガスに水素ガスを加えると、リーク電流が低くなることが確認できる。したがって、上記実施の形態のように、成膜時に、原料ガスのアセチレンガスに水素ガスを加えることにより、絶縁膜のリーク電流を低減できる。

【0053】

また、図6から、アセチレンガスに水素ガスを加えれば加えるほどリーク電流は低くなる傾向にあり、アセチレンガスに対して水素ガスを4:1以上の流量比で供給したときに、リーク電流を 1×10^{-7} (A/cm)以下に抑えることができる。その一方で、図6から、水素ガスの割合が増えると、シュリンケイジが下がり耐熱性が低下する傾向にあり、アセチレンガスに対して水素ガスを4:3以下の流量比で供給したときに、シュリンケイジを従来より著しく高い0.875以上に維持できる。したがって、成膜時にアセチレンガスと水素ガスを4:3~4:1程度の流量比（容積比）で供給することによって、シュリンケイジが0.875以上でリーク電流が 1×10^{-7} (A/cm)以下の絶縁膜、つまり耐熱性が極めてよく、リーク電流が極めて少ない絶縁膜を形成できる。なお、好ましくは、アセチレンガスと水素ガスを2:1程度の混合比で供給するとよい。

20

【0054】

上述した成膜時にアセチレンガスと水素ガスを供給する場合において、処理容器50内の圧力を4.0Pa（30mTorr）以下に維持してもよい。図7は、成膜時の処理容器50内の圧力と、シュリンケイジ及び成膜速度（Depo. Rate）との関係を示す実験データである。図7に示すように、成膜時の処理容器50内の圧力を、4.0Pa以下にした場合に、シュリンケイジが0.85以上、成膜速度が 2500×10^{-8} m/min以上になっている。このように、成膜時の処理容器50内の圧力を4.0Pa（30mTorr）以下に維持することにより、耐熱性の高い絶縁膜を短時間で形成できる。なお、処理容器50内の圧力は、1.33Pa（10mTorr）~4.0Pa程度が望ましい。

30

【0055】

以上の実施の形態において、アニール処理時に、処理容器100内にArガスに加えて水素ガスを供給してもよい。かかる場合、例えば図8に示すようにアニール装置34のガス供給管107には、水素ガスのガス供給源120が接続される。そして、アニール処理時には、処理容器100内にガス供給口106からArガスと水素ガスが例えば12:1の容積比で供給される。これにより、基板Wは、水素ガスを含む雰囲気内でアニール処理される。この例のように、アニール処理時に基板Wを水素ガス含有雰囲気に維持した場合、絶縁膜のk値が2.4程度に減少した。また、図9は、この例により形成された絶縁膜についての各印加電圧に対するリーク電流を示すグラフである。図10は、従来のように水素ガスを加えないで形成した絶縁膜の各印加電圧に対するリーク電流を示すグラフである。図9と図10を比較すると、水素ガスを添加した場合の絶縁膜（図9）の方がリーク電流が低くなっていることが分かる。また、発明者の検証によれば、この例によれば、ア

40

50

ニール処理時のシュリンゲイジも0.95程度になる。このように、アニール処理時に基板Wを水素ガスを含んだ雰囲気曝すことにより、低誘電率で、耐熱性がよくリーク電流の少ない絶縁膜を形成できる。

【0056】

以上、本発明の実施の形態の一例について説明したが、本発明はこの例に限らず種々の態様を採りうるものである。例えば本実施の形態で記載したプラズマガスは、Arガスに限られず、キセノンガス、クリプトンガスなどの他のガスを用いてもよい。また、本発明は、上述のマイクロ波を用いた絶縁膜形成装置32に限られず、他の成膜装置、例えば電子サイクロトロン共鳴を利用したプラズマCVD装置、ICPプラズマ装置などを用いた基板処理にも適用できる。本発明は、上記実施の形態のように、プラズマを生成する領域と活性種により基板に成膜を施す成膜領域とが区画されたりリモートプラズマ装置による基板処理に適用するとよい。また、本発明は、半導体ウェハ、LCD基板、有機EL基板、フォトマスク用のガラス基板等の基板に処理に適用できる。

10

【産業上の利用可能性】

【0057】

本発明は、低誘電率で耐熱性のよいアモルファスカーボンの絶縁膜を形成する際に有用である。

【図面の簡単な説明】

【0058】

【図1】実施の形態における基板処理装置の構成の概略を模式的に示す説明図である。

20

【図2】絶縁膜形成装置の構成の概略を示す縦断面の説明図である。

【図3】原料ガス供給構造体の平面図である。

【図4】アニール処理装置の構成の概略を示す縦断面の説明図である。

【図5】水素ガスのガス供給源を備えた絶縁膜形成装置の構成の概略を示す縦断面の説明図である。

【図6】水素ガスの混合比とリーク電流及びシュリンゲイジとの関係を示すグラフである。

【図7】成膜時の処理容器内の圧力と、シュリンゲイジ及び成膜速度をとの関係を示すグラフである。

【図8】水素ガスのガス供給源を備えたアニール処理装置の構成の概略を示す縦断面の説明図である。

30

【図9】アニール処理時に水素ガスを供給した絶縁膜についての各印加電圧に対するリーク電流を示すグラフである。

【図10】従来の基板処理により形成された絶縁膜についての各印加電圧に対するリーク電流を示すグラフである。

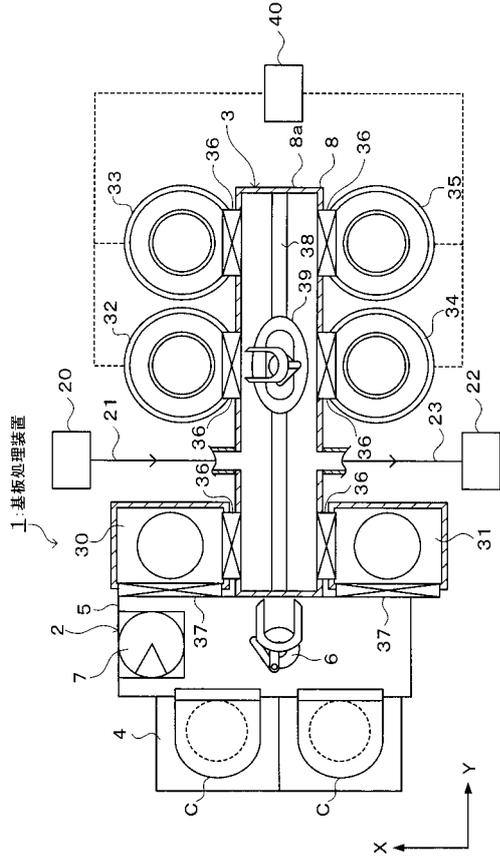
【符号の説明】

【0059】

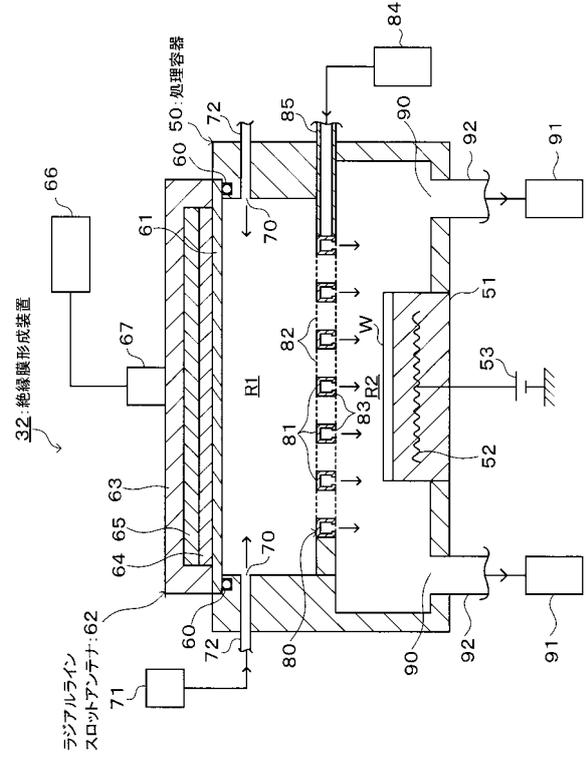
- 1 基板処理装置
- 32 絶縁膜形成装置
- 34 アニール装置
- 50 処理容器
- 62 ラジアルラインスロットアンテナ
- R1 プラズマ生成領域
- R2 成膜領域
- W 基板

40

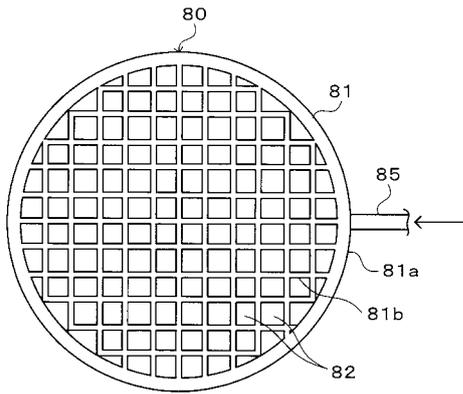
【図1】



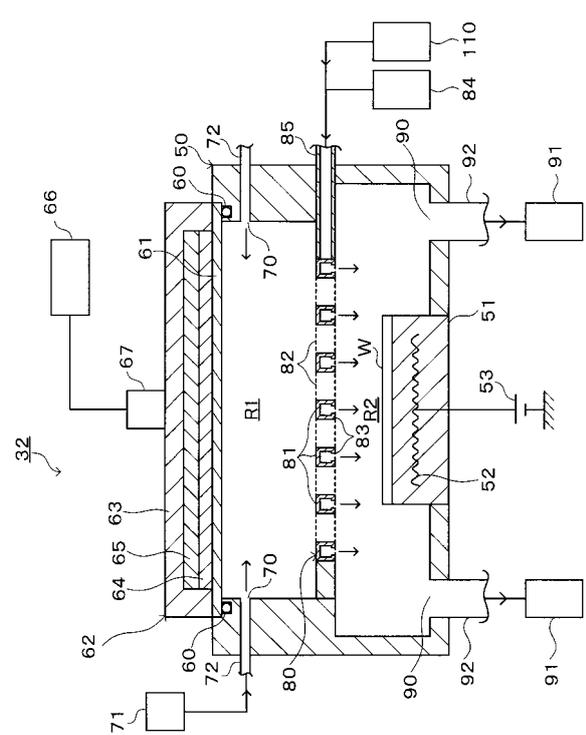
【図2】



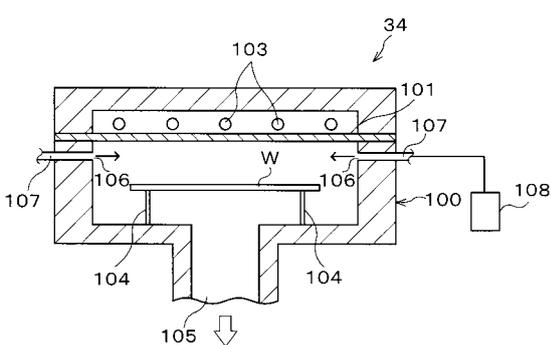
【図3】



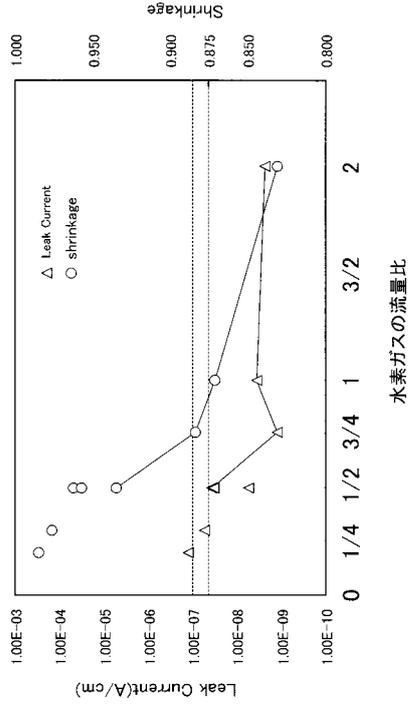
【図5】



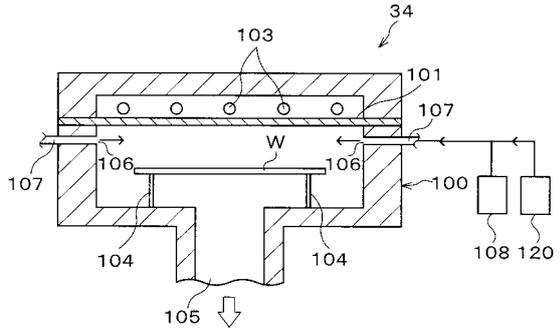
【図4】



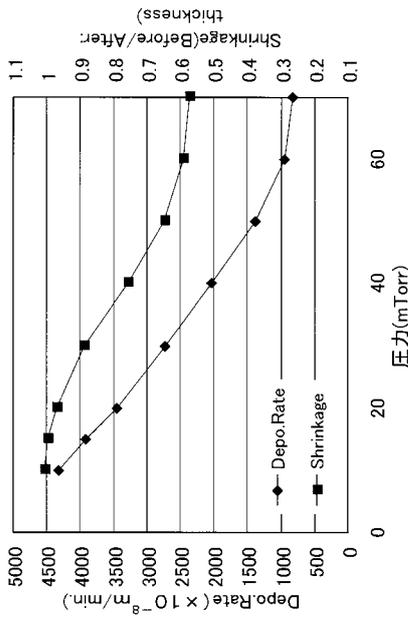
【図6】



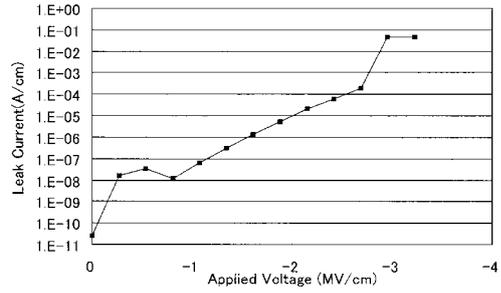
【図7】



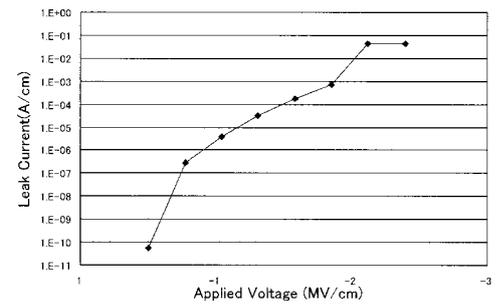
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

合議体

審判長 藤原 敬士

審判官 川村 健一

審判官 鈴木 正紀

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

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01L21/314

H01L21/31

H01L21/768

H01L23/522