

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4578651号
(P4578651)

(45) 発行日 平成22年11月10日(2010.11.10)

(24) 登録日 平成22年9月3日(2010.9.3)

(51) Int.Cl.	F I
H01L 21/3065 (2006.01)	H01L 21/302 I O 1 B
B01J 19/08 (2006.01)	B01J 19/08 H
C23C 16/509 (2006.01)	C23C 16/509
C23C 16/511 (2006.01)	C23C 16/511
H05H 1/46 (2006.01)	H05H 1/46 M

請求項の数 22 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2000-253033 (P2000-253033)	(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12年8月23日(2000.8.23)	(74) 代理人	100070150 弁理士 伊東 忠彦
(65) 公開番号	特開2001-156051 (P2001-156051A)	(72) 発明者	奥水 地塩 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢650番地 東京エレクトロン株式会社内
(43) 公開日	平成13年6月8日(2001.6.8)	(72) 発明者	大藪 淳 山梨県韮崎市藤井町北下条2381-1 東京エレクトロン山梨株式会社内
審査請求日	平成18年8月23日(2006.8.23)	(72) 発明者	竹内 秀樹 山梨県韮崎市藤井町北下条2381-1 東京エレクトロン山梨株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平11-259478		
(32) 優先日	平成11年9月13日(1999.9.13)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理方法およびプラズマ処理装置、プラズマエッチング方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

処理室と、前記処理室中に設けられ、被処理基板を担持する電極と、前記処理室中に設けられたプラズマ発生部とを備えたプラズマ処理装置によるプラズマ処理方法において、前記電極に、プラズマが点火しない第1の周波数の電力を供給し、イオンシースを形成する第1の工程と、

前記プラズマ発生部に、プラズマが点火する第2の周波数の電力を連続波で供給しプラズマを点火する第2の工程とよりなり、

前記第1の工程は、前記第2の工程において前記プラズマ発生部によりプラズマが点火されるよりも前に、前記電極に前記第1の周波数の電力が供給されるように実行されることを特徴とするプラズマ処理方法。

10

【請求項2】

前記第1の工程は、前記プラズマ発生部により前記プラズマが点火されるよりも前に、前記第1の電極に前記第1の周波数の電力が、前記第1の電極の表面にイオンシースが形成されるに十分な大きさを供給されるように実行されることを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理方法。

【請求項3】

前記第1の工程は、前記第2の工程よりも先に開始されることを特徴とする請求項1または2記載のプラズマ処理方法。

【請求項4】

20

前記第 1 の工程は、前記第 2 の工程と同時に開始されることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 5】

前記第 1 の工程は、前記第 2 の工程の開始後、前記プラズマが点火する前に開始されることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 6】

前記第 1 の周波数は、約 13.56 MHz 以下であることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理方法。

【請求項 7】

前記第 1 の周波数は約 2 MHz 以下であることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理方法。

10

【請求項 8】

前記第 2 の周波数は、約 800 kHz であることを特徴とする請求項 1 ~ 7 のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理方法。

【請求項 9】

前記第 2 の周波数は約 60 MHz であることを特徴とする請求項 7 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 10】

前記第 2 の周波数は約 27 MHz であることを特徴とする請求項 8 記載のプラズマ処理方法。

20

【請求項 11】

さらに前記プラズマ発生部への前記第 2 の周波数の電力の供給を遮断する第 3 の工程と、
前記電極への前記第 1 の周波数の電力の供給を遮断する第 4 の工程とを含み、
前記第 3 の工程と前記第 4 の工程とは同時に実行されることを特徴とする請求項 1 ~ 10 のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理方法。

【請求項 12】

さらに前記プラズマ発生部への前記第 2 の周波数の電力の供給を遮断する第 3 の工程と、
前記電極への前記第 1 の周波数の電力の供給を遮断する第 4 の工程とを含み、
前記第 3 の工程は、前記第 4 の工程よりも先に実行されることを特徴とする請求項 1 ~ 10 のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理方法。

30

【請求項 13】

処理室と、前記処理室中に設けられ、被処理基板を担持する電極と、前記処理室中に設けられたプラズマ発生部とを備えたプラズマ処理装置によるプラズマ処理方法において、
前記電極に、プラズマが点火しない交流電力を供給し、イオンシースを形成する第 1 の工程と、
前記プラズマ発生部に、プラズマが点火するマイクロ波電力を連続波で供給し、プラズマを点火する第 2 の工程とよりなり、

前記第 1 の工程は、前記第 2 の工程において前記マイクロ波電力により前記プラズマ発生部においてプラズマが点火されるよりも前に、前記電極に前記交流電力が供給されるように実行されることを特徴とするプラズマ処理方法。

40

【請求項 14】

前記第 1 の工程は、前記プラズマ発生部において前記プラズマが点火されるよりも前に、前記電極に前記交流電力が、前記電極の表面にイオンシースが形成されるに十分な大きさで供給されるように実行されることを特徴とする請求項 13 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 15】

処理室と、前記処理室中に設けられ、被処理基板を担持する電極とを備えたプラズマ処理装置によるプラズマ処理方法において、

前記電極に、プラズマが点火しない第 1 の周波数の電力を供給し、イオンシースを形成

50

する第 1 の工程と、

前記電極に、プラズマが点火する第 2 の周波数の電力を連続波で供給し、プラズマを点火する第 2 の工程とよりなり、

前記第 1 の工程は、前記第 2 の工程において前記プラズマが点火されるよりも前に、前記電極に前記第 1 の周波数の電力が供給されるように実行されることを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 16】

前記第 1 の工程は、前記第 2 の工程において前記プラズマが点火されるよりも前に、前記電極に前記第 1 の周波数の電力が、前記プラズマが点火した場合に前記電極の表面にイオンシースが形成されるに十分な大きさで供給されるように実行されることを特徴とする請求項 15 記載のプラズマ処理方法。

10

【請求項 17】

前記第 1 の工程は、前記第 2 の工程よりも先に開始されることを特徴とする請求項 15 または 16 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 18】

前記第 1 の工程は、前記第 2 の工程と同時に開始されることを特徴とする請求項 15 または 16 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 19】

前記第 1 の工程は、前記第 2 の工程の開始後、前記プラズマが点火するより前に開始されることを特徴とする請求項 15 または 16 記載のプラズマ処理方法。

20

【請求項 20】

処理室を減圧し、処理ガスを導入する工程と、

前記処理室中に設けられ、被処理基板を担持する第 1 の電極に、プラズマが点火しない第 1 の周波数の電力を供給し、イオンシースを形成する第 1 の工程と、

前記処理室中に、前記第 1 の電極に対向するように設けられた第 2 の電極に、プラズマが点火する第 2 の、より高い周波数の電力を連続波で供給し、プラズマを点火する第 2 の工程と、

前記被処理基板のプラズマエッチングを行う工程と、

前記第 2 の周波数の電力を遮断してプラズマを停止する工程と、

前記第 1 の周波数の電力を遮断する工程と、

を含むことを特徴とするプラズマエッチング方法。

30

【請求項 21】

処理室と、前記処理室中に設けられ、被処理基板を担持する第 1 の電極と、前記処理室中に前記第 1 の電極に対向するように設けられた第 2 の電極とを備えたプラズマ処理装置において、

前記第 1 の電極に、プラズマが点火しない第 1 の周波数の電力を供給する第 1 電源と、

前記第 2 の電極に、プラズマが点火する第 2 の、より高い周波数の電力を供給する第 2 の電源とを備え、請求項 1 ~ 12 のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理方法を実施するプラズマ処理装置において、

前記第 1 の電源は、前記第 2 の電源からの前記第 2 の周波数の電力により前記第 2 の電極においてプラズマが点火されるよりも前に、前記第 1 の電極に前記第 1 の周波数の電力を供給することを特徴とするプラズマ処理装置。

40

【請求項 22】

処理室と、前記処理室中に設けられ、被処理基板を担持する電極とを備えたプラズマ処理装置において、

前記電極に、プラズマが点火しない第 1 の周波数の電力を供給する第 1 電源と、

前記電極に、プラズマが点火する第 2 の、より高い周波数の電力を供給する第 2 の電源とを備え、請求項 15 ~ 19 のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理方法を実施するプラズマ処理装置において、

前記第 1 の電源は、前記第 2 の電源からの前記第 2 の周波数の電力により前記第 2 の電

50

極においてプラズマが点火されるよりも前に、前記第 1 の電極に前記第 1 の周波数の電力を供給することを特徴とするプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はプラズマ処理技術に関し、特にプラズマ処理方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

プラズマ処理技術はプラズマエッチング処理技術あるいはプラズマ C V D 処理技術を含み、半導体装置の製造、あるいは液晶表示装置、プラズマ表示装置等の平面表示装置の製造において広く使われている。

10

【0003】

図 1 は、絶縁膜のプラズマエッチングに使われている従来の典型的なプラズマエッチング装置 100 の構成を示す。

【0004】

図 1 を参照するに、プラズマエッチング装置 100 は平行平板型の構成を有し、処理室 101 と、前記処理室 101 中に被処理基板 W を載置する下部電極 102 と、前記下側電極 102 に対向する上側電極 103 とを含む。前記処理室 101 には、 C_4F_8 と Ar および O_2 のガスがエッチングガスとして供給され、前記上側電極 103 に高周波電源 104 から整合器 105 を介して供給された典型的には周波数が 60 MHz の高周波電力により、前記処理室 101 中にプラズマが形成される。一方、前記被処理基板 W 上の絶縁膜をプラズマエッチングする場合には、前記下側電極 102 に低周波電源 108 から整合器 109 を介して周波数が 2 MHz の低周波電力がバイアスとして供給される。前記バイアスとして周波数の低い交流電力を用いた場合、あるいは処理室 101 内の圧力が低い場合には、放電開始電圧が著しく上昇し、プラズマが点火することはない。

20

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

このような従来の平行平板型プラズマエッチング装置 100 により前記被処理基板 W 上に形成された絶縁膜パターンをプラズマエッチングする場合、従来は先に前記高周波電源 104 を駆動し、前記処理室 101 中にプラズマを形成しておいて、次に前記低周波電源 108 を駆動して前記下側電極 102 に低周波バイアスを印加していた。このようにすることで、プラズマの点火に伴い前記下側電極 102 に生じるインピーダンスの急変、およびかかるインピーダンスの急変による前記低周波電源 108 の急激な負荷変動が回避できる。

30

【0006】

しかし、このような従来の平行平板型プラズマエッチング装置 100 により、最近のサブミクロン、あるいはサブクォーターミクロンとよばれる非常に微細な半導体装置を素子として含む基板を処理した場合、基板中の素子がプラズマエッチングの結果損傷し、半導体装置製造の歩留まりが低下してしまうことが見出された。

【0007】

図 2 (A) , (B) は、本発明の発明者が行なったプラズマエッチングの実験で使われた試料の構成を示す。

40

【0008】

図 2 (A) を参照するに、図 1 の基板 W に対応する S i ウェハ上には多数の試験素子 E L が形成されており、各々の試験素子 E L は、図 2 (B) に示すような、前記 S i ウェハ W に対応する S i 基板 41 上に形成される。図 2 (B) を参照するに、前記 S i 基板 41 上には活性領域を画成するフィールド酸化膜 42 が形成されており、前記活性領域上には厚さが 5 nm の熱酸化膜 43 が形成されている。さらに前記熱酸化膜 43 上には、ポリシリコンよりなる電極パターン 44 が形成されている。

【0009】

50

前記試験素子ELとして、前記電極パターン44と前記熱酸化膜43の面積比（アンテナ比）が260,000倍のものを、前記図1のプラズマエッチング装置中において前記下側電極102と上側電極103の間隔を19mmに設定してプラズマエッチングを行なった場合、前記ウェハW上における前記試験素子ELの不良率が35%にも達し、これらの不良試験素子では前記熱酸化膜43の耐圧特性が著しく劣化していることが見出された。また、この特定の例に限らず、図1のプラズマエッチング装置において酸化膜のエッチングを行なった場合、基板中の素子の不良率が高くなる。

【0010】

図3は、前記図2(A)、(B)の基板を使って、前記図1のプラズマエッチング装置においてプラズマエッチングを行なった場合の不良率を示す。ただし図3中、「CW」は連続波を表し、58k、130および260kはアンテナ比を示す。

10

【0011】

図3を参照するに、不良率は前記下側電極102と上側電極103の間隔（Gap）およびアンテナ比に依存して変化するが、通常使われる電極間隔では、実質的な不良率を避けることができない。また、前記電極間隔を同一に設定した場合、不良率はアンテナ比が大きいほど増大する。

【0012】

そこで、本発明は上記の課題を解決した、新規で有用なプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法を提供することを特徴とする。

【0013】

本発明のより具体的な課題は、被処理基板の処理に伴う被処理基板中の素子の不良率を低減できるプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法を提供することにある。

20

【0014】

【課題を解決するための手段】

本発明は上記の課題を、

処理室と、前記処理室中に設けられ、被処理基板を担持する電極と、前記処理室中に設けられたプラズマ発生部とを備えたプラズマ処理装置によるプラズマ処理方法において、前記電極に、プラズマが点火しない第1の周波数の電力を供給し、イオンシースを形成する第1の工程と、

前記プラズマ発生部に、プラズマが点火する第2の周波数の電力を連続波で供給しプラズマを点火する第2の工程とよりなり、

30

前記第1の工程は、前記第2の工程において前記プラズマ発生部によりプラズマが点火されるよりも前に、前記電極に前記第1の周波数の電力が供給されるように実行されることを特徴とするプラズマ処理方法により、または

処理室と、前記処理室中に設けられ、被処理基板を担持する電極と、前記処理室中に設けられたプラズマ発生部とを備えたプラズマ処理装置によるプラズマ処理方法において、前記電極に、プラズマが点火しない交流電力を供給し、イオンシースを形成する第1の工程と、

前記プラズマ発生部に、プラズマが点火するマイクロ波電力を連続波で供給し、プラズマを点火する第2の工程とよりなり、

40

前記第1の工程は、前記第2の工程において前記マイクロ波電力により前記プラズマ発生部においてプラズマが点火されるよりも前に、前記電極に前記交流電力が供給されるように実行されることを特徴とするプラズマ処理方法により、または

処理室と、前記処理室中に設けられ、被処理基板を担持する電極とを備えたプラズマ処理装置によるプラズマ処理方法において、

前記電極に、プラズマが点火しない第1の周波数の電力を供給し、イオンシースを形成する第1の工程と、

前記電極に、プラズマが点火する第2の周波数の電力を供給し、プラズマを点火する第2の工程とよりなり、

前記第1の工程は、前記第2の工程において前記プラズマが点火されるよりも前に、前

50

記電極に前記第 1 の周波数の電力が供給されるように実行されることを特徴とするプラズマ処理方法により、または

処理室を減圧し、処理ガスを導入する工程と、

前記処理室中に設けられ、被処理基板を担持する第 1 の電極に、プラズマが点火しない第 1 の周波数の電力を供給し、イオンシースを形成する第 1 の工程と、

前記処理室中に、前記第 1 の電極に対向するように設けられた第 2 の電極に、プラズマが点火する第 2 の、より高い周波数の電力を連続波で供給し、プラズマを点火する第 2 の工程と、

前記被処理基板のプラズマエッチングを行う工程と、

前記第 2 の周波数の電力を遮断してプラズマを停止する工程と、

前記第 1 の周波数の電力を遮断する工程と、

を含むことを特徴とするプラズマエッチング方法により、または

処理室と、前記処理室中に設けられ、被処理基板を担持する第 1 の電極と、前記処理室中に前記第 1 の電極に対向するように設けられた第 2 の電極とを備えたプラズマ処理装置において、

前記第 1 の電極に、プラズマが点火しない第 1 の周波数の電力を供給する第 1 電源と、

前記第 2 の電極に、プラズマが点火する第 2 の、より高い周波数の電力を連続波で供給する第 2 の電源とを備え、請求項 1 ~ 12 のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理方法を実施するプラズマ処理装置において、

前記第 1 の電源は、前記第 2 の電源からの前記第 2 の周波数の電力により前記第 2 の電極においてプラズマが点火されるよりも前に、前記第 1 の電極に前記第 1 の周波数の電力を供給することを特徴とするプラズマ処理装置により、または

処理室と、前記処理室中に設けられ、被処理基板を担持する電極とを備えたプラズマ処理装置において、

前記電極に、プラズマが点火しない第 1 の周波数の電力を供給する第 1 電源と、

前記電極に、プラズマが点火する第 2 の、より高い周波数の電力を供給する第 2 の電源とを備え、請求項 15 ~ 19 のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理方法を実施するプラズマ処理装置において、

前記第 1 の電源は、前記第 2 の電源からの前記第 2 の周波数の電力により前記第 2 の電極においてプラズマが点火されるよりも前に、前記第 1 の電極に前記第 1 の周波数の電力を供給することを特徴とするプラズマ処理装置により、解決する。

【作用】

本発明によれば、プラズマが点火するよりも前に、被処理基板を担持する第 1 の電極にプラズマの点火を起こさないような、典型的には 2 MHz 以下の低周波バイアスを印加しておくことで、プラズマが点火すると直ちに前記第 1 の電極表面にイオンシースが形成され、プラズマが前記第 1 の電極上の被処理基板に触れることがなくなる。これにより、被処理基板上においてチャージアップの程度の差に起因して生じる電流が流れることがなくなり、前記被処理基板上の半導体装置要素における損傷が減少する。本発明では、プラズマが点火した時点において前記第 1 の電極に前記イオンシースを形成するに十分な低周波バイアスが印加されていればよく、従って前記第 2 の電極に高周波電力を供給し始めるタイミング自体は、プラズマが点火しない限りにおいて、前記低周波バイアスのタイミングよりも前でも、後でも、同時であってもよい。

【0015】

また本発明によれば、プラズマを消火する際にも、前記第 1 の電極に前記低周波バイアスを印加しておき、その状態でプラズマを消火することで、被処理基板がイオンシースにより保護され、その結果、プラズマの収縮および消滅に伴う基板の不均一なチャージアップが回避される。

【0016】

【発明の実施の形態】

[第 1 実施例]

10

20

30

40

50

図4は本発明の第1実施例によるプラズマエッチング装置1の構成を示す。

【0017】

図4を参照するに、プラズマエッチング装置1は、アルミニウム等の導電性材料よりなる処理容器2を有し、前記処理容器2中にはモータ等の昇降機構3により昇降自在なステージ4が設けられる。前記ステージ4はアルミニウム等よりなる複数の部材より被処理基板Wを保持するように構成され、内側に熱媒循環機構等の熱源5が形成されている。かかる熱源5を駆動することにより、前記ステージ4上に保持された被処理基板の処理面温度が所望の温度に設定される。

【0018】

前記熱源5には、図示しない温度制御装置より適当な温度に設定された熱媒が導入管6を介して導入され、前記導入された熱媒は、前記熱源5中を循環した後、熱媒排出管7より外部に排出される。勿論、図示の熱源5の代わりに、冷却ジャケットおよびヒータを前記ステージ4中に設けるようにしてもよい。

【0019】

前記ステージ4は上面中央部に凸部を有する円板形状を有し、前記上面には、典型的には前記被処理基板Wと同程度の大きさの静電チャック8が形成されている。前記静電チャック8は、焼結もしくは溶射成形した絶縁性セラミックからなる層8a, 8bの間にW(タングステン)電極8cを挟持した構成を有し、前記W電極8cに可変電圧源11からハイカットフィルタ10およびリード線9を介して直流高電圧を供給することにより、前記ステージ4上に載置された被処理基板Wを、前記セラミック絶縁層8aに対して静電吸着する。勿論、前記チャック8の代わりに機械的なクランプ等、他の機構により前記被処理基板Wを前記ステージ4上に保持することもできる。

【0020】

図示の例では、前記静電チャック8には同心円状に、伝熱ガス供給孔12が形成されており、前記伝熱ガス供給孔12には伝熱ガス管13より、Heなどの伝熱ガスが供給され、前記伝熱ガスは静電チャック8と被処理基板Wとの間の隙間を充填する。これにより、ステージ4から被処理基板Wへの伝熱効率を高めることが可能になる。

【0021】

前記ステージ4の回りには、前記静電チャック8上に装着された被処理基板Wを囲むように環状のフォーカスリング14が配設される。前記フォーカスリング14は反応性イオンを引き寄せない絶縁性または導電性の材料よりなり、反応性イオンをその内側の被処理基板Wに入射させるように作用する。さらに、前記ステージ4と処理容器2の内壁の間には、複数のバッフル孔が形成された排気リング15が、前記ステージ4を囲み、さらに前記フォーカスリング14の外縁に係合するように配設されている。前記排気リング15を設けることにより、排気流の流れが整流され、前記処理室2から処理ガスが均一に排気される。

【0022】

前記ステージ4には阻止コンデンサを含むインピーダンス整合器17を介して低周波電源18が接続される。典型的には、前記低周波電源18は2MHzの低周波バイアスを前記ステージ4に印加する。なお、前記インピーダンス整合器17とステージ4の間には電力検出器19が設けられ、前記電力検出器19は前記ステージ4に供給される前記低周波バイアスの電力値を検出し、その結果をコントローラ20にフィードバックする。このように、前記ステージ4は、被処理基板Wを担持する下側電極として機能する。ここで、前記低周波電源18が形成する低周波バイアスとは、前記下側電極4に給電されてもプラズマの点火を誘起しないような周波数の交流バイアスのことであり、周波数が前記2MHzに限定されるものではない。

【0023】

一方、前記ステージ4の上方には、前記ステージ4に対向するように上側電極21が、約5~150mmの間隔で離間して形成されている。その際、前記ステージ4は前記昇降機構3により上下に昇降自在に形成されており、前記間隔は、前記昇降機構3を駆動するこ

10

20

30

40

50

とにより、前記被処理基板 W 上の被処理膜の性質・組成に応じて自在に調整することができる。

【 0 0 2 4 】

前記上側電極 2 1 には前記下側電極 4 と同様に、阻止コンデンサを含むインピーダンス整合器 2 8 を介して高周波電源 2 9 が接続されており、前記高周波電源 2 9 は前記処理装置 1 の動作時に前記上部電極 2 1 に典型的には 6 0 M H z の高周波電力を供給する。さらに、図示の例では前記インピーダンス整合器 2 1 と前記上側電極 2 1 との間には電力検出器 3 0 が挿入され、前記高周波電源 2 9 から前記上側電極 2 1 に供給される高周波電力の値を検出する。前記検出器 3 0 の検出結果は前記コントローラ 2 0 にフィードバックされ、前記コントローラ 2 0 は、前記下側検出器 1 9 の検出結果および上側検出器 3 0 の検出結果をもとに、プラズマの点火および停止を制御する。

10

【 0 0 2 5 】

図示の例では、前記上側電極 2 1 には、前記低周波電源 1 8 より、前記低周波バイアスが、インピーダンス整合器 1 7 およびパワースプリッタ 1 7 A を介してさらに印加される。パワースプリッタ 1 7 A としては公知の構成のものが使用でき、説明を省略する。

【 0 0 2 6 】

図 4 よりわかるように、前記上側電極 2 1 は中空の部材より形成されており、前記中空部には処理ガス供給管 2 2 が接続される。一方、前記処理ガス供給管 2 2 には処理ガス源 2 3 より、所定の処理ガス、例えば C 4 F 8 と A r と O 2 の混合ガスが、流量制御装置 2 4 を介して供給される。前記上側電極 2 1 の、前記下側電極 4 に対する対向面上には、処理ガスの均一な拡散を促進するため、多数の小孔を有するパッフル板 2 5 が配設され、さらに前記パッフル板 2 5 の下方には多数の小孔 2 6 を形成された板状の処理ガス導入部 2 7 が配設されている。

20

また、前記処理容器 2 の下方には、真空ポンプを含む排気系に連通する排気口 3 1 が設けられ、前記処理室 2 を、所定の、例えば 2 0 m T o r r の内圧に減圧する。

【 0 0 2 7 】

さらに、前記処理室 2 の一方の側壁面にはゲートバルブ 3 2 を介してロードロック室 3 3 が形成され、前記ロードロック室 3 3 中には搬送アーム 3 4 を備えた搬送機構 3 5 が設けられている。

【 0 0 2 8 】

本発明の発明者は、前記図 1 のプラズマエッチング装置 1 において、先に図 2 (A) , (B) で説明した試験基板を使い、プラズマエッチングに伴う損傷の発生について実験的研究を行なった。先に説明した図 3 も、今回本発明者が行なった実験結果の一つである。

30

【 0 0 2 9 】

図 3 を参照するに、先にも説明したように、不良率は上側電極 2 1 と下側電極 4 との間の電極間隔が増大するにつれて減少する。そこで、本発明者は電極間隔を変化させた場合について、ウェハ面内におけるエッチング速度の分布を求めた。

【 0 0 3 0 】

図 5 (A) , (B) は、それぞれ電極間隔を 2 4 m m および 2 0 m m とした場合の、S i O 2 膜を前記 C 4 F 8 / A r / O 2 エッチングガスでプラズマエッチングした場合の、ウェハ面内中縦方向および横方向に沿った、エッチング速度の分布を示す。

40

【 0 0 3 1 】

図 5 (A) を参照するに、電極間隔を 2 4 m m に設定した場合にはエッチング速度はウェハ中央部で大きく、周辺部で小さい分布を示すが、これはプラズマがウェハ中央部において選択的に作用していることを示唆している。これに対し、図 5 (B) のように電極間隔を 2 0 m m に減少させた場合には、エッチング速度はウェハ中央部でも周辺部でもほぼ一定で、プラズマはウェハ表面にほぼ一様に作用していることを示唆している。

【 0 0 3 2 】

さらに、図 5 (A) , (B) の試料について、ウェハ中の要素の不良率を調べたところ、図 5 (A) のエッチング速度が不均一な場合に不良率が 5 % と低いのに対し、図 5 (B)

50

のエッチング速度が均一な場合に不良率が26%と非常に高いことが見出された。これは、プラズマ処理の際に、プラズマがウェハ面内に一様に作用した場合に不良が発生する機構が存在することを示している。

【0033】

そこで、本発明の発明者は、図4のプラズマエッチング装置1において、前記不良が発生するのが、プラズマの停止時点なのか、点火時点なのかを突き止めるための実験を行なった。

【0034】

図6, 7は、本発明の発明者による実験を示すフローチャートである。このうち、図6は不良の発生がプラズマの停止時に発生しているのか否かを確認する実験、図7は不良の発生がプラズマの点火時に発生しているのか否かを確認する実験を示す。

10

【0035】

先に図3で説明したように、不良率は前記電極間隔を増大させれば減少することが確認されている。そこで、図6の実験では、最初にステップ1において電極間隔を17mmに設定し、次にステップ2においてプラズマを点火しプラズマエッチングを行なう。さらにステップ3において前記電極間隔を30mmまで増大させ、その直後にステップ4においてプラズマを停止させる。ただし、図6に示すように、ステップ2においては前記下側電極4および上側電極21にそれぞれ低周波バイアスおよび高周波電力を供給しており、またステップ4においては前記下側電極4および上側電極21への低周波バイアスおよび高周波電力の供給を、実質的に同時に遮断している。ただしステップ2においては、先に高周波電極を供給しプラズマを点火し、2秒後に低周波電力を供給している。不良が発生するのがプラズマの停止時であれば、図6のように電極間隔を増大させた状態でプラズマを停止させることにより、不良率が減少するはずである。

20

【0036】

結果を見ると、図6の実験では不良率は45%に達し、改善は見られなかった。これは、被処理基板Wにおける不良が、プラズマの停止時に発生しているのではないことを意味している。

【0037】

次に、図7の実験では、最初にステップ11において電極間隔を30mmに設定し、次にステップ12において前記上側電極21に高周波電力を供給し、プラズマを点火する。その際、下側電極4のインピーダンス整合器17は固定しておく。次にステップ13において電極間隔を前記30mmから17mmまで減少させ、ステップ14において下側電極4への低周波バイアスの供給を開始する。

30

さらに、ステップ15において、前記インピーダンス整合器17を駆動し、自動インピーダンス整合を行ない、さらにステップ16においてプラズマエッチングを実行する。

【0038】

図7の実験の結果、45%であった当初の不良率が36%まで減少するのが確認された。これは、ステップ12のプラズマの点火時において電極間隔が大きく設定されていることに起因するものと考えられ、また不良が発生するのがプラズマの点火時であることを確認するものである。

40

【0039】

図6, 7の結果、基板に損傷が入るのがプラズマの点火時であることが確認されたので、次に本発明の発明者は、下側電極に低周波バイアスを印加するタイミングが不良率に及ぼす影響を検討した。

【0040】

図8は、かかる下側電極4への低周波バイアスの印加タイミングの影響を調べるフローチャートである。

【0041】

図8を参照するに、最初にステップ21により前記電極間隔が30mmに設定され、さらにステップ22において前記上側電極21に高周波電力が供給され、プラズマが点火され

50

る。

【0042】

次にステップ23において下側インピーダンス整合器17を固定しておき、この状態で前記下側電極4に低周波バイアスを供給する。さらにステップ24において前記電極間隔を17mmまで減少させ、さらにステップ25において下側インピーダンス整合器17を駆動し、自動インピーダンス整合を行なった後、ステップ26においてプラズマエッチングを実行する。

【0043】

図8の実験の結果、当初45%だった不良率が0%まで改善されることが確認された。図8の結果は、電極間隔を減少させてプラズマエッチングを開始する前に下側電極4に低周波バイアスを供給することが、不良率の改善に決定的に重要であることを示している。

10

【0044】

一方、図8の工程を実際に半導体装置あるいは液晶表示装置の製造工程において実施しようとする、前記下側電極4に低周波バイアスを供給しながら電極間隔を減少させる必要があるため、図1の低周波電源18に大きな反射電力が戻ってしまい、前記低周波電源18が損傷してしまうおそれがある。

【0045】

そこで本実施例では特に図8の結果に鑑み、図4のプラズマエッチング装置1において、プラズマの点火前に前記下側電極4に低周波バイアスが印加されるようにプラズマ処理を実行する。

20

【0046】

図9は、本実施例によるプラズマエッチング方法を示すフローチャートである。

【0047】

図9を参照するに、ステップ31において前記処理室2を約20mTorrまで排気・減圧し、さらに C_4F_8 、Arおよび O_2 よりなるエッチングガスを、それぞれ12SCCM、300SCCMおよび7SCCMの流量で導入する。

【0048】

次にステップ32において前記電極間隔を所望値、図示の例では17mmに設定し、さらにステップ33において下側インピーダンス整合器17を固定し、前記下側電極4に前記低周波電源18より2MHzの低周波バイアスを、約1200Wの電力で供給する。この状態では、処理室2中にはプラズマは形成されていない。

30

【0049】

次に、ステップ34において前記高周波電源29を駆動し、前記上側電極21に前記上側整合器28を介して60MHzの約1500Wの高周波電力を供給し、前記処理室2中においてプラズマを点火する。

【0050】

さらに、ステップ35において前記下側インピーダンス整合器17を駆動し、前記プラズマの点火に伴う下側電極4のインピーダンス変動を、前記インピーダンス整合器17により自動インピーダンス整合を行なうことで補償し、前記下側電極4に前記低周波バイアスを約1200Wの電力で供給し続ける。さらにステップ36において被処理基板Wのプラズマエッチングを、所定の時間にわたり実行する。

40

【0051】

さらにステップ37において、前記高周波電源29および低周波電源18を遮断し、プラズマエッチングを終了する。ステップ37においては、先に前記高周波電源29を遮断することでプラズマを停止し、次に前記低周波電源18を遮断するのが好ましい。あるいは、前記高周波電源29と前記低周波電源18とを同時に遮断してもよい。

【0052】

このようにして図3(A)、(B)の試験基板に対してプラズマエッチングを行なったところ、不良率は当初の45%から0%まで減少しているのが確認された。また、図9の工程では、図8におけるようなプラズマが点火した状態で電極間隔を変化させる工程が含ま

50

れないことに注意すべきである。また、本実施例ではステップ 3 3 の工程において前記下側インピーダンス整合器 1 7 の状態を固定しておくことにより、ステップ 3 4 でプラズマが点火することにより前記下側電極 4 に生じるインピーダンスの急変の問題、およびかかるインピーダンスの急変に伴う低周波電源 1 8 の損傷の問題が回避できる。

【 0 0 5 3 】

図 5 (A) , (B) , 図 6 あるいは図 7 のプラズマ処理工程で不良率が 0 でなく、図 9 のプラズマ処理工程で不良率が 0 % になる機構は現在のところ十分には解明されていないが、おそらく図 1 0 , 1 1 に示すような機構が存在しているものと予想される。このうち、図 1 0 は不良が発生する機構を、図 1 1 は図 9 のプラズマ処理工程で不良が 0 % に減少する機構を示す。図 1 0 , 1 1 中、先に説明した部分に対応する部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

10

【 0 0 5 4 】

図 1 0 (A) を参照するに、この工程では前記下側電極 4 には低周波バイアスを印加しない状態で前記上側電極 2 1 に高周波電力が供給され、プラズマが点火する。プラズマの点火に伴い、プラズマ形成領域は、図 1 0 (A) 中に矢印で示したように前記下側電極 4 に向かって拡大する。図 1 0 (A) では、プラズマ形成領域の中央部が前記下側電極 4 に到達している。

【 0 0 5 5 】

図 1 0 (B) は、図 1 0 (A) で点火したプラズマが安定した状態を示し、プラズマ形成領域は前記下側基板 4 の実質的に全面に到達している。

20

【 0 0 5 6 】

さらに、図 1 0 (C) は、前記下側電極 4 に低周波バイアスが印加された状態を示す。低周波バイアスは、プラズマ中のイオンが追従できるような低い周波数を有するため、前記下側電極 4 表面において正極性と負極性とが繰り返される際に入射電子とイオンの間にローカルバランスが生じ、プラズマの存在しないイオンシースとよばれる領域が、前記下側電極 4 の表面に沿って、前記下側電極上に配設された被処理基板を包むように形成され、前記被処理基板のプラズマエッチングは、図 1 0 (C) の状態で実行される。

【 0 0 5 7 】

図 1 0 (A) ~ (C) に示す従来のプラズマエッチング工程においては、図 1 0 (B) の工程がプラズマを安定させるため数秒間保持されるが、図 1 0 (B) よりわかるように、前記下側電極 4 に到達したプラズマ形成領域中には、略同心円状のプラズマ密度の差異が存在し、その結果被処理基板の中央部は高密度のプラズマに、周辺部は低密度のプラズマにさらされることになるが、おそらくその際に図 1 0 (B) 中に矢印で示した、前記被処理基板中を流れる電流が不良を引き起こすものと考えられる。

30

【 0 0 5 8 】

また、電極間隔が大きい場合には、図 1 0 (A) の状態が処理室 2 中に定常状態として形成されると考えられるが、このような場合には不良率は減少し、同時に被処理基板周辺部のエッチング速度が低下すると予測される。これは、先に説明した図 5 (A) の結果と一致している。

【 0 0 5 9 】

これに対し、図 9 の本発明実施例によるプラズマエッチング方法では、先に下側電極 4 に低周波バイアスが印加されているため、図 1 1 (A) の工程においてプラズマが点火し、プラズマ形成領域が図 1 1 (A) 中の矢印のように拡大し、前記下側電極 4 にまで到達した場合に、図 1 1 (B) に示すように前記下側電極 4 の表面にイオンシースが瞬時に形成される。

40

【 0 0 6 0 】

さらにかかるイオンシースが形成された状態でプラズマ形成領域が拡大する結果、前記イオンシースも径方向に拡大し、図 1 1 (C) に示す定常状態に到達しても、前記プラズマ形成領域が前記下側電極 4 あるいはその上の被処理基板に直接に接触することはなく、被処理基板中を図 1 0 (B) で説明したプラズマ密度の差異に起因する電流が流れ、基板上

50

の半導体素子を損傷させる問題が回避されると考えられる。

【 0 0 6 1 】

このように、本実施例では、上側電極 2 1 に高周波電力を供給することにより処理室 2 中においてプラズマが点火するよりも前に、前記下側電極 4 に、プラズマが点火しないような周波数の低周波バイアスを、プラズマが点火した場合に図 1 1 (B) に示すように前記下側電極 4 の回りに、前記電極 4 上の被処理基板を包むイオンシースが形成されるような電力で供給しておくことにより、プラズマエッチング処理に起因する不良率を実質的に 0 % まで減少させることができる。

【 0 0 6 2 】

その際、前記下側電極 4 に低周波バイアスを供給するタイミングと、前記上側電極 2 1 に高周波電力を供給するタイミングとは、プラズマの点火に先立って必要な低周波バイアスが供給されている限りにおいて、図 1 2 (A) ~ 1 3 (D) に示すように様々に変化させることができる。

【 0 0 6 3 】

図 1 2 (A) では、前記高周波電力および低周波バイアスは、いずれも高周波電源 2 9 および低周波電源 1 8 をターンオンすることにより鋭く立ち上がり、前記高周波電力のオンと実質的に同時にプラズマが点火する。このように前記高周波電力および低周波バイアスが鋭く立ち上がる場合には、前記低周波電源 1 8 をターンオンするタイミングは、前記高周波電源 2 9 をターンオンするタイミングよりも前でなければならない。

【 0 0 6 4 】

これに対し、図 1 2 (B) , (C) では前記低周波バイアスは前記低周波電源 1 8 のターンオンと共に急速に立ち上がるが、前記高周波電力は前記高周波電源 2 9 がターンオンしてもゆっくりとしか立ち上がらない場合である。このような場合には、図 1 2 (B) のように低周波電源 1 8 と高周波電源 2 9 とが同時にターンオンしても、あるいは図 1 2 (C) のように高周波電源 2 9 が低周波電源 1 8 よりも先にターンオンしても、プラズマの点火前に前記下側電極 4 に、プラズマシースを形成するに十分な低周波バイアスを供給することが可能である。

【 0 0 6 5 】

さらに図 1 3 (D) では、最初に前記低周波電源 1 8 を駆動し、前記下側電極 4 に最初レシピで設定される電力 P_2 よりも小さいが、イオンシースが形成されるに十分な電力 P_1 で、低周波バイアスを供給する。次に、前記高周波電源 2 9 を駆動して上側電極 2 1 に高周波電力を供給し、プラズマを点火する。さらに、前記低周波電源 1 8 を制御し、前記低周波バイアスをレシピで設定された前記電力 P_2 に設定する。このような場合にも、プラズマ点火前に前記下側電極 4 に供給される低周波バイアスの電力が P_1 に達している限り、前記低周波バイアスの立ち上げは急峻に行なう必要はなく、図 1 3 (D) 中に破線で示したように緩やかに立ち上げてよい。また、前記上側電極 2 1 に供給される高周波電力も、破線で示すように緩やかに立ち上げてよい。

【 0 0 6 6 】

本実施例によるプラズマエッチング装置において、前記高周波電源 2 9 は 2 7 M H z の高周波電力を供給する装置であり、前記低周波電源 1 8 は 8 0 0 k H z の低周波バイアスを供給する装置であってもよい。また、前記高周波電源 2 9 として、マイクロ波電源を使うことも可能である。

【 0 0 6 7 】

さらに、前記低周波電源 1 8 はプラズマを点火しないような周波数のものであればよく、例えば 1 3 . 5 6 M H z の周波数の電力を供給する高周波電源であっても、プラズマが点火しないような条件下で運転する限り使用が可能である。

[第 2 実施例]

図 1 4 は、本発明の第 2 実施例によるプラズマエッチング装置 4 0 の構成を示す。

【 0 0 6 8 】

図 1 4 を参照するに、プラズマエッチング装置 4 0 は処理室 4 1 中に配設された一対の平

10

20

30

40

50

行平板電極 4 2 A および 4 2 B を備え、前記電極 4 2 A 上に被処理基板 W が保持される。一方、対向する電極 4 2 B は接地されている。ただし図 1 3 中、処理室 4 1 の排気系あるいはガス供給系は、図示を省略してある。

【 0 0 6 9 】

運転時には、最初に処理室 4 1 が排気され、さらにエッチングガスが導入された後、前記電極 4 1 A に周波数 $R f_1$ が 3 . 2 M H z のバイアス電力が、バイアス電源 4 3 を駆動することにより、阻止コンデンサ 4 1 A を介して供給される。

次に、前記電極 4 2 A に前記阻止コンデンサ 4 1 A を介して接続されている高周波電源 4 4 を駆動することにより、前記電極 4 2 A に周波数 $R f_2$ が例えば 2 7 M H z の高周波電力が供給され、前記処理室中においてプラズマが点火される。

その結果、前記電極 4 2 A 上に保持された被処理基板に対してプラズマエッチングが行われる。

【 0 0 7 0 】

本実施例では、プラズマエッチング装置 4 0 の運転時に処理室 4 1 内に外部磁界は印加されないため、前記バイアス電力を前記電極 4 2 A に供給しただけでは、前記処理室 4 1 中においてプラズマは点火されない。一方、先に前記電極 4 2 A に前記バイアス電力を供給した状態において高周波電力を供給すると、最初に前記電極 4 2 A の表面中央部にプラズマ領域が形成され、それが前記電極 4 2 A の周辺部へと拡大するが、前記電極 4 2 A にはバイアス電力が先に供給されているため、前記電極 4 2 A の表面にはプラズマの点火と同時に、先に図 1 1 (B) で説明したのと同様にイオンシースが形成される。かかるイオンシースはプラズマ領域の拡大と共に拡大し、その結果前記電極 4 2 A 上の被処理基板 W がプラズマに曝されることがなくなり、プラズマの点火に伴うチャージアップの不均一に起因する欠陥の形成が回避される。

[第 3 実施例]

図 1 5 は、本発明の第 3 実施例によるプラズマエッチング装置 5 0 の構成を示す。ただし図 1 5 中、先に説明した部分に対応する部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【 0 0 7 1 】

図 1 5 を参照するに、本実施例では前記高周波電源 2 9 からの高周波パワーが整合器 2 8 から直接に前記上部電極 2 1 に供給される。また前記低周波電源 1 8 からのバイアス電力が整合器 1 7 から直接に前記下部電極 4 に供給される。

【 0 0 7 2 】

表 1 は、図 1 5 のプラズマエッチング装置 5 0 の典型的な動作条件を、また図 1 6 は、図 1 5 のプラズマエッチング装置 5 0 を使った本発明の第 3 実施例によるプラズマエッチング工程のうち、プラズマ着火時のプロセスシーケンスを示す。

【 0 0 7 3 】

【 表 1 】

10

20

30

	初期RF印加パワー	最終RF印加パワー
High Freq. RF	500~1000 W	1000~2500 W
Low Freq. RF	200~1000 W	1000~2000 W

C_xF_y (C_4F_8, C_4F_6, C_5F_8) : 10~25 sccm
 Ar : 100~600 sccm
 O_2 : 10~25 sccm

処理容器内圧 1.33~5.62 Pa (10~40 mTorr)
 電極ギャップ 21~45 mm

表1を参照するに、前記処理容器2の内圧は1.33~5.62 Paに設定され、上部電極21と下部電極4との間の電極間隔が21~45 mmに設定される。さらに前記処理容器2に C_xF_y (C_4F_8, C_4F_6, C_5F_8), Arおよび O_2 よりなるエッチングガスを、それぞれ10~25 SCCM, 100~600 SCCMおよび10~25 SCCMの流量で流しながら、図16のタイミングチャートで説明するように、前記下部電極4に供給される周波数が2 MHzの低周波電力のパワーを200~1000 Wの第1の値から1000~2000 Wの第2の値へと段階的に変化させ、また前記上部電極21に供給される周波数が60 MHzの高周波電力のパワーを50~1000 Wの第1の値から1000~2500 Wの第2の値へと段階的に変化させることにより、所望の酸化膜のエッチングがなされる。

【0074】

図16を参照するに、タイミングAにおいて前記低周波電源18が駆動され、2 MHzの低周波電力が前記下部電極4に200~1000 Wのパワー、例えば550 Wのパワーで供給され、前記タイミングAから0.1~1秒(例えば0.5秒)遅れたタイミングBにおいて、60 MHzの高周波電力が前記上部電極21に50~1000 Wのパワー、例えば200 Wのパワーで供給される。この時点、すなわちタイミングBにおいて前記処理室2中にはプラズマが点火するが、先にタイミングAにおいて前記下部電極4に低周波電力が実質的なパワーで供給されているため、前記被処理基板Wの表面にはプラズマシースが形成されている。

【0075】

次に前記タイミングBから0.1~1秒後、例えば0.5秒後のタイミングCにおいて前記上部電極21に供給されるプラズマパワーが1000~2500 Wまで増大され、さらにその0.1~1秒後、例えば1秒後のタイミングDにおいて前記低周波パワーが1000~2000 Wまで増大され、プラズマエッチングが実行される。

【0076】

図17および図18は、図16のプラズマエッチング開始工程に引き続く、プラズマエッチング終了工程の例を示す。

【0077】

図17を参照するに、本実施例では前記上部電極21の高周波パワーと下部電極4の低周波パワーとが同時に遮断されることにより、プラズマエッチング工程が終了する。一方、図18の例では、前記高周波パワーがタイミングFで遮断された後、前記低周波パワーが

10

20

30

40

50

タイミングGで遮断される。

【0078】

図17あるいは18のプラズマエッチング終了工程では、前記処理室2中にプラズマが形成されている限り、前記被処理基板Wの表面には前記低周波バイアスによりイオンシースが形成されているため、高周波パワーの遮断に伴い、前記処理室2中においてプラズマが収縮し、消滅する際にも基板表面に不均一なチャージアップに起因する電流が流れることなく、不良の発生を抑制することが可能である。

【0079】

図19は、図16～図18の条件を含む様々なシーケンスにおいて、先に図2(A)、(B)で説明した試験素子ELをプラズマエッチング処理した場合の歩留りを示す。ただし図19の実験では、前記熱酸化膜43として厚さが4nmのSiO₂膜を使い、アンテナ比は1,000,000倍に設定している。

10

【0080】

図19を参照するに、プラズマを消火する際に図17に示したように上部電極21への高周波電力の供給と下部電極4への低周波電力の供給を同時に行った場合には、プラズマの着火の際に下部電極4への低周波電力の供給を先に行うことで、前記試験素子ELの歩留りを、上部電極21への高周波電力の供給を先に行った場合に比べて40%から100%まで向上させることができる。プラズマ点火時に前記下部電極4への低周波電力の供給を先に行い、プラズマ消火時に上部電極21への高周波電力の供給を、下部電極4への低周波電力の供給よりも先に遮断した場合にも、100%の歩留りを維持することができる。

20

【0081】

また図19より、プラズマ消火時に下部電極4への低周波電力の供給を先に遮断した場合には、歩留りは100%から80%まで低下するのがわかる。このことは、プラズマ消火時にプラズマが収縮して消滅し、その際被処理基板Wの表面にイオンシースが形成されていないければ、チャージアップの不均一に起因する電流が流れ、その結果形成される素子ELが短絡を生じるものと解釈される。

【0082】

このように、プラズマ消火時においても、先に図17あるいは18で説明したように、上部電極21への高周波電力の供給は、下部電極4への低周波電力の供給を継続した状態で、換言するとイオンシースの形成を維持した状態で遮断するのが好ましいことがわかる。

30

【0083】

さらに、本発明によるプラズマ処理方法は、以上に説明したプラズマエッチング方法だけでなく、プラズマCVD装置に対しても適用可能である。

【0084】

以上、本発明を好ましい実施例について説明したが、本発明は上記の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した要旨内において様々な変形・変更が可能である。

【0085】

【発明の効果】

本発明によれば、プラズマが点火するよりも前に、被処理基板を担持する第1の電極にプラズマの点火を起こさないような、典型的には2MHz以下の低周波バイアスを印加しておくことで、プラズマが点火すると直ちに前記第1の電極表面にイオンシースが形成され、プラズマが前記第1の電極上の被処理基板に触れることがなくなる。これにより、被処理基板上にチャージアップをもたらす電流が流れることがなくなり、前記被処理基板上の半導体装置要素における損傷が減少する。本発明では、プラズマが点火した時点において前記第1の電極に前記イオンシースを形成するに十分な低周波バイアスが印加されていればよく、従って前記第2の電極に高周波電力を供給し始めるタイミング自体は、プラズマが点火しない限りにおいて、前記低周波バイアスのタイミングよりも前でも、後でも、同時であってもよい。

40

【0086】

50

また、本発明によれば、プラズマ消火時においても、前記第1の電極にイオンシースを形成するに十分な低周波バイアスを印加した状態でプラズマを消火することで、不均一なチャージアップに伴う電流が被処理基板を流れるのが回避され、半導体装置の製造歩留りが向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来のプラズマエッチング装置の概要を示す図である。

【図2】本発明の基礎となる研究において使われた試験基板の構成を示す図である。

【図3】本発明の基礎となる研究において見出された関係を示す図である。

【図4】本発明の第1実施例において使われるプラズマエッチング装置の構成を示す図である。

10

【図5】(A)、(B)は、本発明の基礎となる研究において見出された関係を示す別の図である。

【図6】本発明の基礎となる研究において行われた実験を説明するフローチャートである。

【図7】本発明の基礎となる研究において行われた別の実験を説明するフローチャートである。

【図8】本発明の基礎となる研究において行われたさらに別の実験を説明するフローチャートである。

【図9】本発明の一実施例によるプラズマエッチング方法を示すフローチャートである。

【図10】(A)~(C)は、本発明の原理を説明する図である。

20

【図11】(A)~(C)は、本発明の原理を説明する別の図である。

【図12】(A)~(C)は、高周波電力と低周波バイアスのタイミングの例を示す図(その1)である。

【図13】(D)は、高周波電力と低周波バイアスのタイミングの例を示す図(その2)である。

【図14】本発明の第2実施例によるプラズマエッチング装置の構成を示す図である。

【図15】本発明の第3実施例によるプラズマエッチング装置の構成を示す図である。

【図16】図15のプラズマエッチング装置における、プラズマ点火時のタイミングを示す図である。

【図17】図15のプラズマエッチング装置における、プラズマ消火時のタイミングの例を示す図である。

30

【図18】図15のプラズマエッチング装置における、プラズマ消火時のタイミングの別の例を示す図である。

【図19】図15のプラズマエッチング装置において、様々なプラズマ点火および消火シーケンスで半導体素子を形成した場合の歩留りを示す図である。

【符号の説明】

1, 40, 50 プラズマエッチング装置

2, 41 処理室

4, 42A 下側電極

17 下側インピーダンス整合器

40

18 低周波電源

19 電力検出器

20 コントローラ

21, 42B 上側電極

23 ガス源

24 流量制御装置

28 上側インピーダンス整合器

29, 43, 44 高周波電源

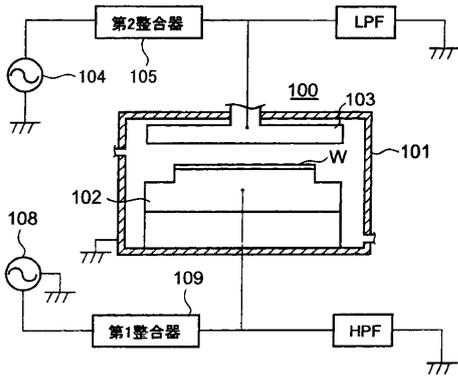
30 電力検出器

W 被処理基板

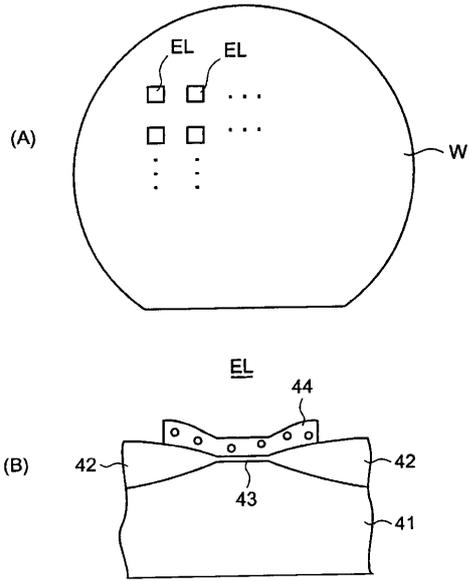
50

【図1】

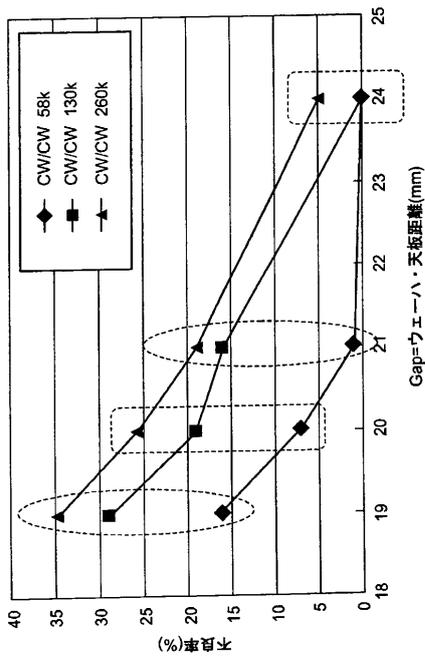
従来のプラズマエッチング装置の概要を示す図



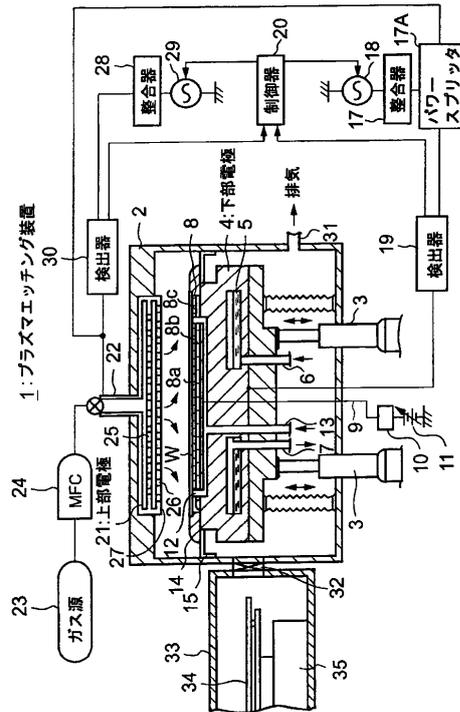
【図2】



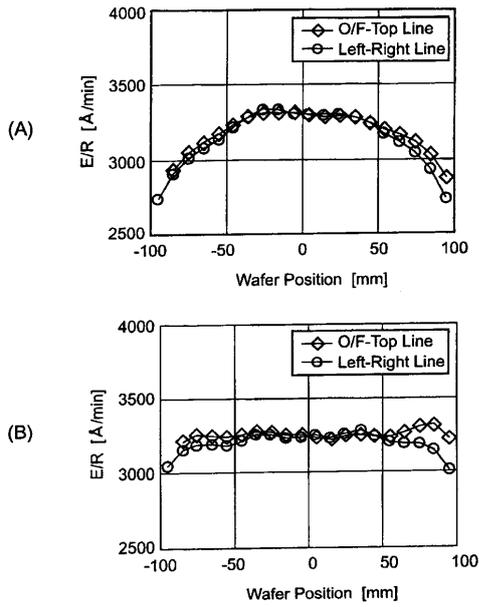
【図3】



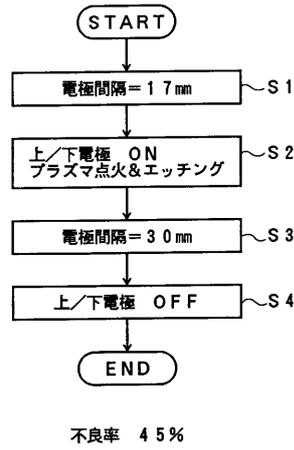
【図4】



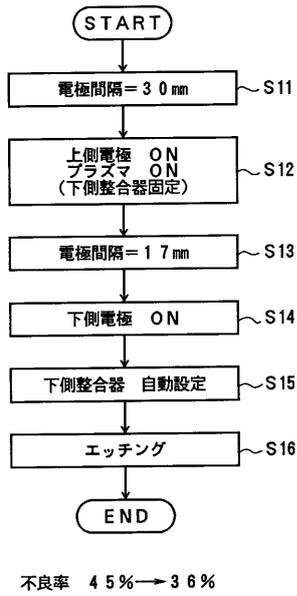
【 図 5 】



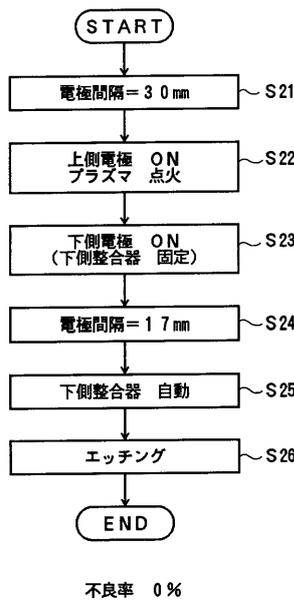
【 図 6 】



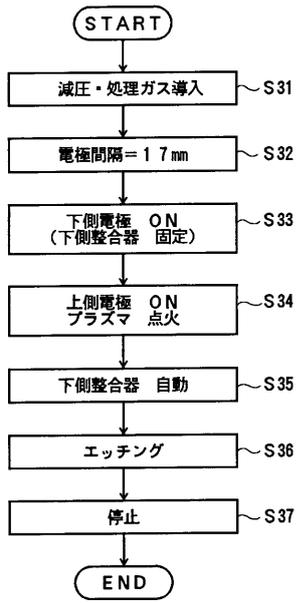
【 図 7 】



【 図 8 】

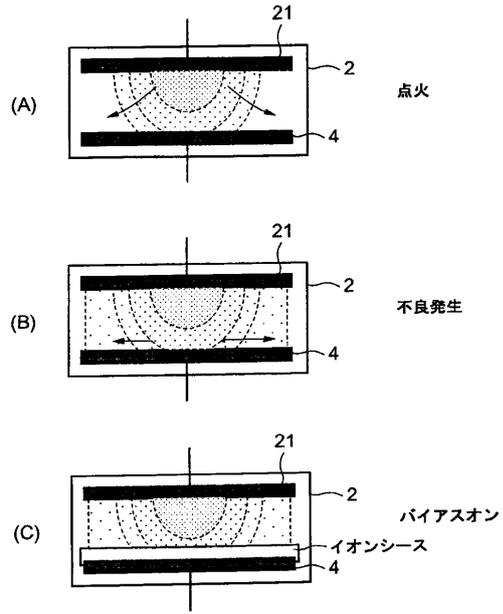


【図9】

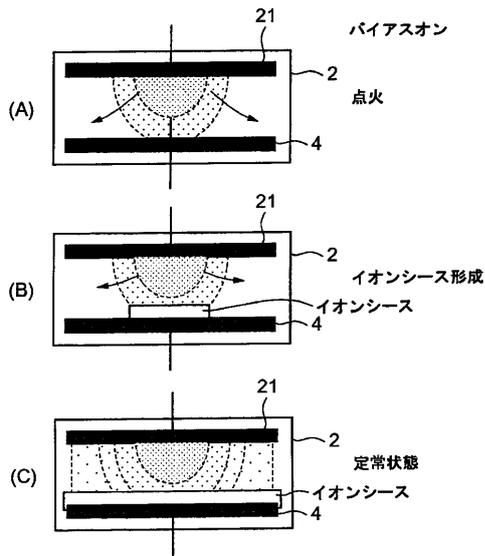


不良率 0%

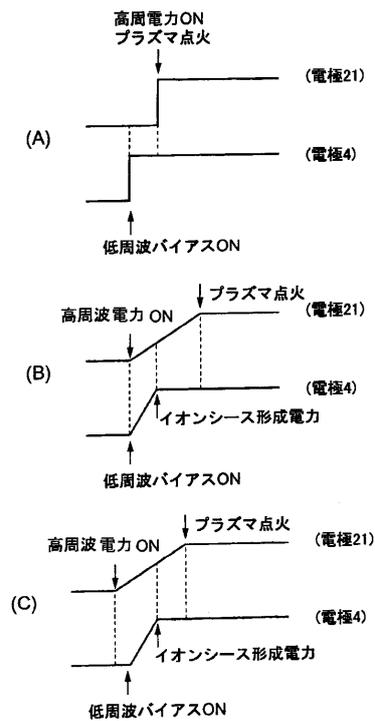
【図10】



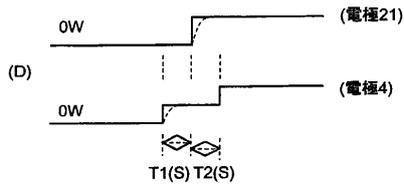
【図11】



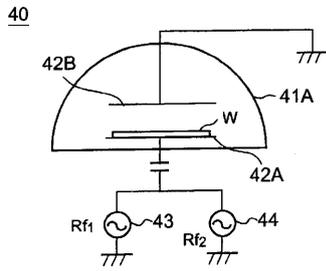
【図12】



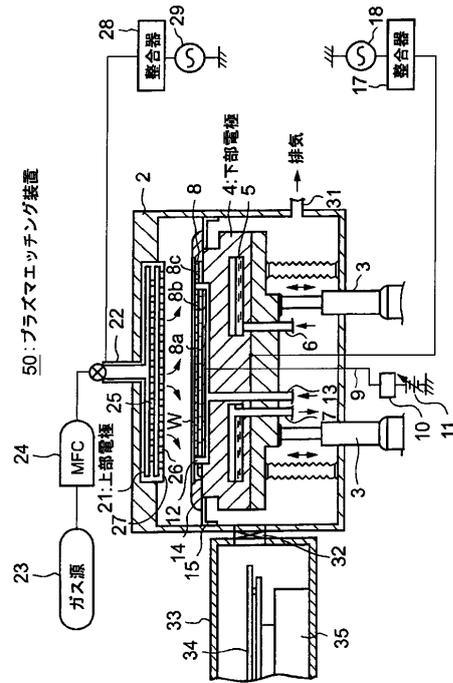
【図13】



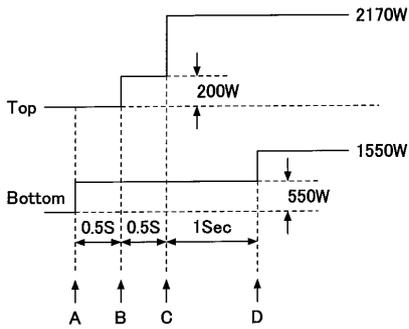
【図14】



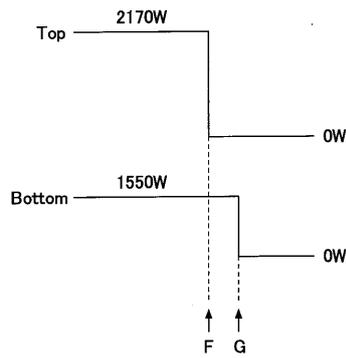
【図15】



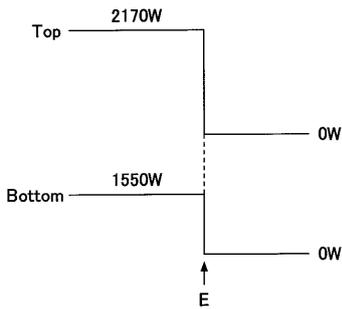
【図16】



【図18】



【図17】



【図19】

		プラズマ消火		
		同時 off	Top 先	Bottom 先
プラズマ点火	Top 先	40%	/	/
	Bottom 先	100%	100%	80%

フロントページの続き

(72)発明者 輿石 公

山梨県韮崎市藤井町北下条2381-1 東京エレクトロン山梨株式会社内

審査官 板谷 一弘

(56)参考文献 国際公開第99/014790(WO, A1)

特開2000-200771(JP, A)

特開平10-241895(JP, A)

特開平10-242130(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/302