

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第1区分

【発行日】平成26年4月10日(2014.4.10)

【公表番号】特表2013-535074(P2013-535074A)

【公表日】平成25年9月9日(2013.9.9)

【年通号数】公開・登録公報2013-049

【出願番号】特願2013-514413(P2013-514413)

【国際特許分類】

H 05 H 1/46 (2006.01)

C 23 C 16/507 (2006.01)

H 01 L 21/3065 (2006.01)

H 01 L 21/265 (2006.01)

【F I】

H 05 H 1/46 L

H 05 H 1/46 M

C 23 C 16/507

H 01 L 21/302 101 C

H 01 L 21/265 F

【手続補正書】

【提出日】平成26年2月24日(2014.2.24)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板にプラズマ処理を施す方法であって、

イオン化エネルギーが互いに異なる第1の種および第2の種を含む供給ガスをプラズマ源に近接して導入する段階と、

少なくとも、第1のパルス期間において第1の電力レベルを持ち、第2のパルス期間において第2の電力レベルを持つマルチレベルRF電力波形を前記プラズマ源に供給する段階と、

前記第1のパルス期間において前記供給ガスのうち前記第1の種をイオン化する段階と、

前記第2のパルス期間において前記第2の種をイオン化する段階と、  
前記第1のパルス期間において前記基板にバイアスを供給する段階と  
を備え、

前記第1の電力レベルおよび前記第2の電力レベルは、互いに異なる  
方法。

【請求項2】

前記第2のパルス期間において前記基板にバイアスを供給する段階をさらに備える請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記第1の電力レベルは、前記第1の種をイオン化するのに必要な電力レベルよりは高いが、前記第2の種をイオン化するために必要な別の電力レベルよりは低い請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記第2の電力レベルは、前記基板にバイアスがかかっていない場合に印加される請求項1に記載の方法。

【請求項5】

前記第1の種は、処理種を含む請求項1に記載の方法。

【請求項6】

前記処理種は、Se、およびP、B、Ge、Si、NおよびAsのうち少なくとも1つを含み、

前記第2の種は、H、C、O、He、NeおよびArのうち少なくとも1つを含む請求項5に記載の方法。

【請求項7】

前記処理種は、前記基板をエッティングするエッチャントである請求項6に記載の方法。

【請求項8】

前記第2のパルス期間のうち少なくとも一部において前記基板にバイアスをかける段階をさらに備える

請求項1に記載の方法。

【請求項9】

前記第1のパルス期間において前記処理種の第1のイオンを前記基板に対して選択的に方向付ける段階と、

前記第2のパルス期間において前記基板に向けて前記第2の種の不活性種の第2のイオンを方向付ける段階と

をさらに備える請求項5から7のいずれか一項に記載の方法。

【請求項10】

前記第2の電力レベルは、前記プラズマを安定化させるのに十分なRF電力レベルである請求項1に記載の方法。

【請求項11】

基板を処理する方法であって、

第1の種および第2の種を含む供給ガスをプラズマ源の近傍に導入する段階と、

第1の期間において第1の電力レベルを前記プラズマ源に印加して前記第1の種を選択的にイオン化する段階と、

第2の期間において前記プラズマ源に第2の電力レベルを印加して前記第2の種をイオン化する段階と、

前記第1の期間において基板に向けて前記第1の種のイオンを方向付ける段階とを備え、

前記第1の種は、前記第2の種よりもイオン化工エネルギーが低く、

前記第1の電力レベルは、前記第1の種をイオン化するために必要な電力レベルよりは高いが、前記第2の種をイオン化するために必要な別の電力レベルよりは低く、

前記第2の電力レベルは、前記第2の種をイオン化するために必要な前記別の電力レベルよりも高い方法。

【請求項12】

前記第2の期間において前記基板に向けて前記第2の種のイオンを方向付ける段階をさらに備える請求項11に記載の方法。

【請求項13】

前記第1の期間において前記第1の種のイオンを前記基板に注入する段階と、

前記第2の期間において前記第2の種のイオンを前記基板に注入する段階と

をさらに備える請求項12に記載の方法。

【請求項14】

前記第1の種は、P、B、Ge、Si、N、Se、およびAsのうち少なくとも1つを含み、

前記第2の種は、H、C、O、He、NeおよびArのうち少なくとも1つを含む請求項13に記載の方法。

**【請求項 1 5】**

前記第1の期間において前記基板にバイアスをかける段階と、  
前記第2の期間において前記基板にバイアスをかける段階と  
をさらに備える請求項12に記載の方法。

**【請求項 1 6】**

前記第2の期間において前記基板にバイアスをかけることなく前記第1の期間において前記基板にバイアスをかける段階をさらに備える請求項11に記載の方法。

**【請求項 1 7】**

基板に近接して配置されているプラズマ源と、前記プラズマ源に電気結合されているRF電源と、前記基板に電気結合されているバイアス電源とを備える装置で基板にプラズマ処理を施す方法であって、

少なくとも第1の種および第2の種を含む供給ガスを前記プラズマ源の近傍に導入する段階と、

第1の期間において第1の電力レベルを持ち、第2の期間において第2の電力レベルを持つRF波形を前記RF電源で生成する段階と、

前記第1の期間および前記第2の期間において前記プラズマ源に前記RF波形を印加してプラズマを生成する段階と、

第1のバイアスレベルおよび第2のバイアスレベルを持つバイアス波形を前記バイアス電源で生成する段階と、

前記バイアス波形を前記基板に印加して、前記プラズマから前記基板へ向けてイオンを方向付ける段階と

を備え、

前記第2の期間は、前記第1の期間より後であり、

前記第1のバイアスレベルは、ゼロバイアスレベルである方法。

**【請求項 1 8】**

前記第2の電力レベルは、前記第1の電力レベルよりも高い請求項17に記載の方法。

**【請求項 1 9】**

前記第1のバイアスレベルは、前記第1の期間において、前記基板に印加される請求項18に記載の方法。

**【請求項 2 0】**

前記第2のバイアスレベルは、前記第2の期間の後に、前記基板に印加される請求項18に記載の方法。

**【請求項 2 1】**

前記第2のバイアスレベルは、前記第2の期間において、前記基板に印加される請求項18に記載の方法。

**【請求項 2 2】**

前記第2のバイアスレベルは、前記第1の期間において、前記基板に印加される請求項21に記載の方法。

**【請求項 2 3】**

前記RF波形はさらに、第3の期間において第3の電力レベルを含み、

前記第3の電力レベルは、前記第1の電力レベルおよび前記第2の電力レベルよりも低く、

前記第3の期間は、前記第2の期間より後であり、

前記第1のバイアスレベルは、前記第3の期間において、前記基板に印加される請求項17に記載の方法。

**【請求項 2 4】**

前記プラズマは、前記第3の期間において、消滅させない請求項23に記載の方法。

**【手続補正2】**

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0036

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0036】

しかし、今日では、比較的高いデューティーサイクル（つまり、約2%を上回るデューティーサイクル）のパルス状動作モードでプラズマ処理を行うことが求められている。このように高いデューティーサイクルは、所望のスループットを実現し、一部の最新型デバイスで必要となるエッチングレート、成膜レートおよびドーピングレベルを維持するためには必要である。例えば、一部の最新型デバイスについては、2%を超えるデューティーサイクルでプラズマドーピングを行うことによって、ポリシリコンゲートドーピングおよびカウンタドーピングを実行することが望ましい。また、処理スループットを許容可能な水準まで高めるためには、2%を超えるデューティーサイクルで多くのプラズマエッチング処理および成膜処理を実行することが望ましい。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0052

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0052】

一部の実施形態によると、チャンバ102は、金属汚染を防止または大幅に低減するために配置されているライナー125を含む。ライナー125は、プラズマ中のイオンがプラズマチャンバ102の金属内壁に衝突することによって金属がスパッタリングされるが、この金属からプラズマチャンバ102の内側を高低線上で保護する。このようなライナーは、米国特許出願第11/623,739号（出願日：2007年1月16日、発明の名称：「金属汚染を低減するためのライナーを備えたプラズマ源」）に記載されている。当該出願は、本願の譲受人に譲渡されている。米国特許出願第11/623,739号の明細書は全て、参照により本願に組み込まれる。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0083

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0083】

波形300はさらに、波形300の電力が第1の電力レベル $P_{RF1}$  302に等しい期間に対応する第1のパルス期間 $T_{p1}$  306と、波形の電力が第2の電力レベル $P_{RF2}$  304に等しい期間に対応する第2のパルス期間 $T_{p2}$  308とを含む。波形300の合計多重振幅パルス期間 $T_{Total}$  310は、第1のパルス期間 $T_{p1}$  306と第2のパルス期間 $T_{p2}$  308との合計である。例えば、一実施形態によると、第1および第2のパルス期間 $T_{p1}$  306、 $T_{p2}$  308は共に、30 - 500 μsの範囲内であり、合計多重振幅パルス期間 $T_{Total}$  310は、60 μs - 1msの範囲内である。他の実施形態によると、合計多重振幅パルス期間 $T_{Total}$  310は、1ms以上のオーダであってよい。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0118

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0118】

第2のRF電力パルス704によって第2のRF電力期間 $t_{p2}$ においてプラズマが生成されると、第2のバイアスパルス705を基板146（図1A）に印加することによって、このプラズマから基板146へとイオンが誘引される。例えば、負のバイアス $V_2$ を

印加することによって、正電荷イオンが誘引され、正電荷イオンが基板 146 に注入される。この結果、基板 146 および、当該基板 146 上に配置または成膜されている任意のその他の材料もまた、正に帯電するとしてよい。このため、アーク放電が発生するとしてよい。アーク放電は、デューティーサイクルまたは処理システム内の圧力が大きくなると、悪化するとしてよい。RF 電力波形 700 およびバイアス電圧波形 701 を印加することによって、デューティーサイクルまたは圧力が大きくなつたとしても、アーク放電が回避されるとしてよい。具体例を挙げると、300 ワットの第 2 のパルス 704 と、600 ワットの第 3 のパルス 706 とを含む RF 電力波形 700 がアンテナ 126 および 128 (図 1A) に印加され、基板 146 にイオンが注入される。システム 100 内では圧力が 6 mTorr となっている。注入時間 (つまり、 $t_{b_2}$ ) を 30 μs から 80 μs へと大きくしたにもかかわらず、アーク放電は観察されなかつた。別の例を挙げると、基板 146 を、システム 100 内の圧力が約 10 mTorr であるシステム内で処理した。この例では、スループットをさらに高めるべく圧力を高くした。第 2 および第 3 のパルス 704 および 706 を持つ RF 電力波形 700 は、アンテナ 126 および 128 の少なくとも一方に印加された。第 2 のパルス 704 は、電力レベルが 200 ワット であり、第 3 のパルス 706 は、30 μs の間にわたつて電力レベルが 600 ワットであつた。注入時間が (つまり、 $t_{b_2}$ ) 90 μs と長くなつたにもかかわらず、アーク放電は観察されなかつた。

#### 【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0121

【補正方法】変更

【補正の内容】

#### 【0121】

第 1 の RF パルス 802 は、第 1 の電力レベル  $P_{RF1}$  を持つとしてよく、第 2 の RF 電力パルス 804 は、第 2 の電力レベル  $P_{RF2}$  を持つとしてよく、第 3 のパルス 806 は、第 3 の電力レベル  $P_{RF3}$  を持つとしてよい。本実施形態によると、第 1 の電力レベル  $P_{RF1}$  は、略 0 であつてよい。これに代えて、第 1 の電力レベル  $P_{RF1}$  は、0 より大きいとしてもよい。一方、第 2 の電力レベル  $P_{RF2}$  は、第 1 の電力レベル  $P_{RF1}$  よりも高いが、第 3 の電力レベル  $P_{RF3}$  よりも低い。

#### 【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0123

【補正方法】変更

【補正の内容】

#### 【0123】

図示されているように、第 1 の RF 電力期間  $t_{p_1}$  および第 3 の RF 電力期間  $t_{p_3}$  は、第 1 のバイアス期間  $t_{b_1}$  と一致しているとしてよい。一方、第 2 の RF 電力期間  $t_{p_2}$  は、第 2 のバイアス期間  $t_{b_2}$  と一致するとしてよい。言い換えると、第 2 のバイアス電圧パルス 805 は、第 2 の RF 電力パルス 804 と同期している。第 2 のバイアス電圧パルス 805 と共に、第 2 の RF 電力パルス 804 を印加した後しばらく経過すると、第 1 のバイアス電圧パルス 803 と共に、第 3 の RF 電力パルス 806 が印加される。図中では、第 3 の RF 電力パルス 806 および第 1 のバイアス電圧 803 を同時に印加する様子が図示されている。しかし、当業者であれば、ある程度の遅延が発生し得ること、および、第 3 の RF 電力パルス 806 および第 1 のバイアスパルス 803 の一方が、第 3 の RF 電力パルス 806 および第 1 のバイアスパルス 803 の他方が印加された後で印加され得ることを認めるであろう。

#### 【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0135

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0135】

図9Aを参照すると、RF波形900は、第1および第2のRF電力期間 $t_{p_1}$ および $t_{p_2}$ において印加される第1および第2のRF電力パルス902および904を含むとしてよい。図示されているように、第1のRF電力パルス902は、第2のRF電力パルス904よりも前にあるとしてよい。所望される場合には、追加で第1および第2のRF電力パルス902および904を、この順序、または、別の順序で供給するとしてよい。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0136

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0136】

第1のRFパルス902は、第1の電力レベル $P_{RF1}$ であるとしてよく、第2のRF電力パルス904は、第2の電力レベル $P_{RF2}$ であるとしてよい。本実施形態によると、第1の電力レベル $P_{RF1}$ は、0より大きいとしてよい。一方、第2の電力レベル $P_{RF2}$ は、第1の電力レベル $P_{RF1}$ よりも大きいとしてよい。第1のRF電力パルス902で生成するプラズマと比較すると、第2のRF電力パルス904で生成するプラズマは、特性が異なるとしてよい。例えば、第2のRF電力パルス904で生成するプラズマは、イオン密度 $N_{i1}$ および電子密度 $N_{e1}$ という特性を持つとしてよく、イオン密度 $N_{i2}$ および電子密度 $N_{e2}$ は、第1のRF電力パルス902で生成されるプラズマの $N_{i1}$ および $N_{e1}$ よりも高いとしてよい。また、第2のRF電力パルス904で生成するプラズマの電子温度 $T_{e1}$ が、第1のRF電力パルス902で生成するプラズマの電子温度 $T_{e1}$ よりも高いとしてよい。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0138

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0138】

図示しているように、第2のRF電力パルス904は、第1のバイアス期間 $t_{b_1}$ において印加されるとしてよい。一方、第1のRF電力パルス902は、第2のバイアス期間 $t_{p_2}$ において印加されるとしてよい。言い換えると、第2のRF電力パルス904は、基板146に第1の電圧レベル $V_1$ で印加されると、印加される。一方、第1のRF電力パルス902は、基板146に第2の電圧レベル $V_2$ が印加されると、印加される。