

【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6部門第2区分

【発行日】平成31年2月7日(2019.2.7)

【公表番号】特表2018-508815(P2018-508815A)

【公表日】平成30年3月29日(2018.3.29)

【年通号数】公開・登録公報2018-012

【出願番号】特願2017-538246(P2017-538246)

【国際特許分類】

G 03 F 7/20 (2006.01)

G 03 F 7/40 (2006.01)

【F I】

G 03 F 7/20 501

G 03 F 7/20 521

G 03 F 7/40

【手続補正書】

【提出日】平成30年12月20日(2018.12.20)

【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】

基板上にパターニングフィーチャーを提供することと、

第1の露光中に第1のイオン種を前記パターニングフィーチャー内に注入することと、

第2の露光中に第2のイオン種を前記パターニングフィーチャー内に注入することと、
を含み、

前記パターニングフィーチャーは側壁を有し、

前記第1のイオン種は第1の注入深さを有し、

前記第2のイオン種は、前記第1の注入深さよりも小さい第2の注入深さを有する、
基板を加工する方法。

【請求項2】

前記パターニングフィーチャーが第1のパターニングフィーチャーであり、

前記側壁が第1の側壁プロファイルを有し、

該第1の側壁プロファイルは、第2のパターニングフィーチャー上に形成された第2
の側壁プロファイルよりも、リエントラント性が低く、前記第2の側壁プロファイルは、
前記第2の露光を用いた前記第2のイオン種によって注入され、且つ前記第1の露光を用
いた前記第1のイオン種で注入されていない、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記第1の露光が前記第2の露光より前に行われる、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記第1の露光が前記第2の露光と同時に行われる、請求項1に記載の方法。

【請求項5】

前記第2のイオン種が3ダルトン超の質量を含む、請求項1に記載の方法。

【請求項6】

前記第2のイオン種が、前記パターニングフィーチャーの内側部分内の第2の密度よりも大きい第1の密度を有する前記パターニングフィーチャーの外側部分内に緻密層を生成するように構成される、請求項1に記載の方法。

【請求項 7】

前記第1のイオン種が、水素イオン、ヘリウムイオン、炭素イオン、ホウ素イオン又は窒素イオンを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 8】

前記パターニングフィーチャーが、中間層に隣接して配置されたフォトレジストフィーチャーであり、

前記第1の注入深さが、前記第1のイオン種の少なくとも一部を前記中間層内に配置するように構成される、請求項1に記載の方法。

【請求項 9】

前記第1のイオン種及び前記第2のイオン種が同じイオン種を含み、

前記第1の露光が第1のイオンエネルギーを含み、且つ、前記第2の露光が前記第1のイオンエネルギーよりも小さい第2のイオンエネルギーを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 10】

前記パターニングフィーチャーが、パターン化された反射防止コーティング(ARC)フィーチャーであり、

前記パターン化されたARCフィーチャーを形成するために、パターン化されたフォトレジストフィーチャーを、ARC層が該パターン化されたフォトレジストフィーチャーの下に配置されたときに、エッチングすることを更に含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 11】

第1の露光で第1の種を提供することと、

第2の露光中に第2の種をパターニングフィーチャー内に注入することと、を含み、

前記第1の種は、前記パターニングフィーチャーを第1の深さまで貫通するように構成され、且つ、前記パターニングフィーチャーを軟化させるように更に構成され、前記第2の種は、前記第1の深さよりも小さい浅型注入深さを有するイオンを含み、

前記第2の種は、前記パターニングフィーチャーの内側部分内の第2の密度よりも大きい第1の密度を有する前記パターニングフィーチャーの外側部分内に緻密層を生成するように構成される、側壁を有するパターニングフィーチャーを加工する方法。

【請求項 12】

前記パターニングフィーチャーが第1のパターニングフィーチャーであり、

前記側壁が第1の側壁プロファイルを有し、

該第1の側壁プロファイルは、第2のパターニングフィーチャー上に形成された第2の側壁プロファイルよりも、リエントラント性が低く、前記第2の側壁プロファイルは、前記第2の露光を用いた前記イオンによって注入され、且つ前記第1の露光を受けていない、請求項11に記載の方法。

【請求項 13】

前記第1の露光が、イオン、真空紫外線及び電子：のうち少なくとも一つを含む、請求項11に記載の方法。

【請求項 14】

前記第1の露光が第1のイオンを含み、

前記イオンが前記第1のイオンよりも大きい質量を有する第2のイオンを含み、

前記第1のイオンが、前記第2のイオンの前記浅型注入深さよりも大きい深型注入深さを有する、請求項11に記載の方法。

【請求項 15】

基板上にフォトレジストフィーチャーを提供することと、

第1のイオン種を前記フォトレジストフィーチャー内に注入することと、

前記第1のイオン種を注入後、第2のイオン種を前記フォトレジストフィーチャー内に注入することと、を含み、

前記第1のイオン種が、第1の注入深さを生成するように構成された第1のイオンエネルギーを有し、

前記第2のイオン種が、前記第1の注入深さよりも小さい第2の注入深さを有し、

前記第1のイオン種及び前記第2のイオン種を注入後、前記フォトレジストフィーチャーがシェル及び内側部分を含み、

前記シェルが、前記内側部分よりも、高密度で且つより架橋されている、
基板をパターニングする方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0006】

更なる実施形態では、基板をパターニングする方法は、前記基板上にフォトレジストフィーチャーを提供することと、第1のイオン種を前記フォトレジストフィーチャー内に注入することと、前記第1のイオン種を注入後、第2のイオン種を前記フォトレジストフィーチャー内に注入することとを含み、ここで前記第1のイオン種が、第1の注入深さを生成するように構成された第1のイオンエネルギーを有し、前記第2のイオン種が、前記第1の注入深さよりも小さい第2の注入深さを有し、前記第1のイオン種及び第2のイオン種を注入後、前記フォトレジストフィーチャーがシェル及び内側部分を含み、前記シェルが前記内側部分よりも高密度で且つより架橋されている。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0014】

特定の実施形態では、第2の露光で提供される上記第2のイオンは、上記第1のイオンよりも高い質量を有していてもよい。例示的な第2のイオンとしては、アルゴンなどの不活性ガスイオン、シリコンイオン、シリコン含有イオン又は炭素が挙げられる。第2のイオンの他の例としては、クリプトンイオン、キセノンイオン、又はゲルマニウムイオンが挙げられる。上記実施形態はこの文脈に制限されない。例えば、一実施形態では、炭素が20keVのエネルギーにて注入される第1のイオンとして使用され得ると共に、炭素が1keVにて注入される第2のイオンとしても使用される。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0032

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0032】

多重露光方法の例示的な実施形態では、第1の露光は、水素又はヘリウムのイオンなどの比較的軽いイオンを含んでもよく、イオン線量は $1 \times 10^{14} / \text{cm}^2 \sim 2 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ の範囲にわたって、より具体的には $1 \times 10^{14} / \text{cm}^2 \sim 5 \times 10^{15} / \text{cm}^2$ の範囲で、1keV～20keVのイオンエネルギーで提供される。第2の露光は、第2のイオン種に対する露光を含んでもよく、第2のイオン種は3ダルトンより大きい質量を含む。例えば、第2の露光は、アルゴンイオン又はシリコンイオンなどの比較的重いイオンを含んでもよく、イオン線量は $1 \times 10^{15} / \text{cm}^2 \sim 3 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ の範囲にわたって、より具体的には $5 \times 10^{15} / \text{cm}^2 \sim 3 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ の範囲で、0.5keV～3keVのイオンエネルギーで提供される。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0034

【補正方法】変更

【補正の内容】**【0034】**

続く図面では、本開示内容の実施形態に従った、フォトレジストフィーチャーの加工の実験例が示されている。図2A～2Bは、本開示内容の追加の実施形態に従った、フォトレジストフィーチャーを加工する方法による2つの異なる例における、例示的なフォトレジスト構造の断面顕微鏡写真を示している。図2Cは、単独注入プロセスを使用した加工後におけるフォトレジスト構造の断面顕微鏡写真を示している。図2Aでは、フォトレジストフィーチャー200は約70nmの幅W1を有する。当該レジストフィーチャーのプロファイルは、わずかにリエントラントしている（内側に凹んでいる）。図2Bには、本開示内容の実施形態に従った多重露光後でフォトレジストフィーチャー200を加工することを表すフォトレジストフィーチャー210が示されている。この例では、フォトレジストフィーチャー210に、ビームラインイオン注入装置内でH⁺イオンの第1の露光を施し、また、それに続いてSiイオンの第2の露光を施した。明白なことに、ライン幅又は幅W2はW1よりも小さい。加えて、フォトレジストフィーチャー210のプロファイルは滑らかで凸状である。図2Cには、水素イオンへの露光を省くことを除いて、図2Bと同じ処理の下でのシリコンイオンへの露光後にフォトレジストフィーチャー200を加工することを表すフォトレジストフィーチャー220が示されている。この例では、フォトレジストフィーチャー220のプロファイルは、幅W3として示されているように、縮小された幅を示している。加えて、フォトレジストフィーチャー220は、「マッシュルーム」形状をもたらしてフォトレジストフィーチャー220に対する不良なエッチング特性を生じるネッキングによって特徴づけられる、リエントラント性（内側への凹み）プロファイルを示す。このように、フォトレジストフィーチャー210の幅は、フォトレジストフィーチャー210の上部からフォトレジストフィーチャー210の下部にわたって減少しないので、フォトレジストフィーチャー210の側壁プロファイルは、フォトレジストフィーチャー220の側壁プロファイルよりもリエントラント性が低い（内側への凹みが小さい）とみなされ得る。明白なことに、フォトレジストフィーチャー220の幅は、フォトレジストフィーチャー220の上部から下部にわたって減少している。

【手続補正6】**【補正対象書類名】明細書****【補正対象項目名】0039****【補正方法】変更****【補正の内容】****【0039】**

様々な実施形態では、過剰なスパッタリング及びエッチングを回避するために、第1の露光で提供する水素イオンなどのイオンの線量を制御してもよい。このことは、フリーラジカルもまたフォトレジストフィーチャー上に衝突し得るプラズマツールによって第1の露光を提供する際に、特に有用となるかも知れない。イオンエネルギー及び他の加工パラメータもまた、種の種類を第1の露光においてフォトレジストフィーチャーに提供される水素種などに最適化するために、プラズマツール内で注意深く制御してもよい。例えば、プラズマを基礎とするツール内では、H⁺イオンに加えて二量体(H₂⁺)及び三量体(H₃⁺)がよく生成されるので、ビームラインイオン注入装置を用いて行われた純粋なH⁺注入と比較して、フォトレジストフィーチャー内部に異なるイオンプロファイルを作製する。様々な実施形態において、ガス流量及び高周波電力(RF power)といった注入パラメータの選択は、異なる水素イオンの比率をえるように選んでもよい。例えば、二量体及び三量体は、それらの増加した質量が原因で、所定の注入エネルギーに対するH⁺ほどは深くフォトレジストフィーチャー内に貫通しないので、H⁺に対するH₂⁺及びH₃⁺の濃度を下げるこことは有用であり得る。従って、プラズマツール内においてH₂⁺及びH₃⁺を用いてフォトレジストフィーチャーを加工することにより与えられ得る深い注入と関連した恩恵は、より少ないかも知れず、従って、上記プラズマツール内の加工パラメータを適切に選択することにより、H₂⁺及びH₃⁺を用いたフォトレジストフィーチャーの加工を低減でき

るかも知れない。