

Dual Time-Modulationプラズマにおけるエッチング 形状決定機構の研究

森本, 未知数

<https://hdl.handle.net/2324/7329495>

出版情報 : Kyushu University, 2024, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :



氏 名 : 森本 未知数

論 文 名 : Dual Time-Modulation プラズマにおけるエッチング形状決定機構
の研究

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

2次元構造の MOSFET(金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ)が、半導体デバイスに長い間、広く使用されてきた。半導体デバイスの普及に伴い、高速化、省電力化の要求にこたえるため、デバイスの微細化を半導体メーカーは進めてきた。しかしながら、微細化が進みにつれ、MOSFETには課題が見えてきた。微細化によりゲート長が小さくなるとゲート電圧でチャンネルを閉じて、電子がチャンネル下部を流れ、リーク電流が増える短チャンネル効果が発生し、デバイス性能を向上できないという問題に直面した。

この課題を解決するために、3次元構造トランジスタである FinFET (Fin-based Field effect Transistor) が開発され、高性能ロジックデバイスに適用された。更なる高性能化のため、FinFET デバイスの微細化が進められている。しかしながら、FinFET の微細化には多くの課題がある。特にエッチング工程においては、微細化に伴い、パターンのアスペクト比が高くなり、エッチング技術に高い加工精度と選択性が求められる。プラズマエッチングにおいて異方性形状加工を行うためにはイオンエネルギーの制御が不可欠である。高アスペクトパターンのエッチング加工では、パターン底へイオンを到達させるため、高いイオンエネルギーが必要となる。しかしながら、イオンエネルギーを高くするとイオン衝撃によるスパッタリング効果が促進され、エッチングの材料選択性(選択比)が低くなる。よって、エッチング形状の異方性と選択比はトレードオフの関係にあり、改善を行う必要がある。

この課題に対処するため、パルス技術を用いたエッチングが注目されている。イオンの加速電圧を間欠制御する Time-Modulation (TM) バイアスやプラズマをパルス化するパルスプラズマが研究されてきた。しかしながら、プラズマエッチングにおける反応の複雑性から、パルスパラメータの役割や最適化手法に関しては十分に解明されていない。そのため、半導体デバイス製造でのエッチング形状の制御を行う際、パラメータの最適化に時間がかかるという課題がある。

本論文では、TM バイアスとパルスプラズマを制御する Dual Time-Modulation プラズマを用いて、poly-Si ゲートエッチングおよび Si₃N₄ エッチングにおけるパルスパラメータとエッチング特性の関係を詳細に調査し、Dual Time-Modulation プラズマでのエッチング形状決定機構を明らかにすることを目的とした。

本論文は、6章から構成されている。

第1章では、本研究の背景および FinFET エッチングの課題を述べ、この問題を解決するためのパルス技術を用いたエッチング手法について説明した。

第2章では、パルス技術を用いたエッチングを評価するために用いた実験装置及び実験方法について説明をおこなった。

第3章では、TMバイアスを用いた poly-Si ゲートエッチングについて、パターン間形状差(I-D CD loading)の低減とゲート酸化膜選択比向上の評価及びメカニズム検討を行った結果について述べた。エッチング形状のパルスパラメータ依存性やエッチング反応生成物のシミュレーション、モデリングからパルスバイアスによる I-D CD loading 低減メカニズムを考察した。

第4章では、パルスプラズマを用いた poly-Si ゲートエッチングについて、ゲート酸化膜選択比の改善効果を検証した。パルスプラズマを用いることで高ゲート酸化膜選択比を得られる V_{pp} のウィンドウが広がることを確認。プラズマ発光解析やパターン底のゲート酸化膜上のデポ分析を行い、メカニズムを検討した。

第5章では、パルスプラズマを用いた高選択 Si_3N_4 エッチングについてメカニズムを検討した。パルスプラズマで $V_{pp}:240V$ にて無限大の Si 選択比が得られた。高 Si 選択比エッチングのメカニズムを明らかにするため、プラズマ発光解析やウエハ上デポの分析を行い、パルスプラズマの効果を示した。

第6章では、本研究によって得られた結論をまとめ、今後の課題について述べた。