

ALE・ALD 技術を用いた微細加工プロセスの開発と今後の展望

Development of state-of-the-art atomic-level process and future outlook

東京エレクトロン宮城株式会社 ○本田 昌伸, 勝沼 隆幸, 熊倉 翔, 木原 嘉英

Tokyo Electron Miyagi Limited, °M. Honda, T. Katsunuma, S. Kumakura, Y. Kihara

E-mail: masanobu.honda@tel.com

半導体デバイスの高集積化に伴い、エッチング加工において超高選択比や原子レベルでのパターン寸法(critical dimension, CD)制御が求められている。これらの要求に応えるため表面反応を原子オーダーで制御する原子層制御技術を用いた新規エッチング技術が開発されている。

Atomic Layer Etching(ALE)のコンセプトを用いて開発された Quasi-ALE では、フルオロカーボン(Fluorocarbon, FC)ラジカル供給とイオン供給量およびイオンエネルギーを時間分離することで各々の独立制御性を高め、超高選択比エッチングや CD loading の無いマスクパターン通りの加工性能を実現させた。¹⁾

また、FC 保護膜を利用せずに高選択比を得る新たなエッチング技術が開発されている。²⁾ 本技術では、被エッチング膜に対してイオン改質を行い、改質された層のみを除去することで異方性と高選択性を実現する。本コンセプトを SiN および SiC エッチングに適用することで、微細パターンの開口部を FC 保護膜で閉塞することなく高選択比加工を実現させた。³⁾

CD 制御技術においては、Atomic Layer Deposition(ALD)とエッチングを融合させた新しいプロセスフローが開発された。¹⁾ ALD プロセスでは、Precursor 吸着過程が Self-limited 反応であることから、パターンのアスペクト比(Aspect ratio, A/R)やウェーハポジションに依らず、均一でコンフォーマルな膜が形成される。このため、ALD をエッチングフローに組み込むことにより、様々なパターンに対して CD loading が発生しない、ウェーハ面内で均一な CD 制御が可能となった。

加えて、ALD プロセスは形状制御においても有用である。ALD を組みあわせることで、ラインパターンの倒壊を防いだり、ビアホール肩部の削れ量を抑制したりするなどの効果を得られる。さらに、高 A/R 構造のホールエッチングにて形状中間部が樽型(ボーイング)となる課題に対して、ALD の Precursor 吸着反応とエッチングを組み合わせ、側壁保護膜を形成しながらエッチングを行うことにより、ボーイングを起こさず垂直に加工できることが確認されている。⁴⁾

先端微細プロセスにおいて要求される、加工形状, CD 寸法を実現するためには表面反応を緻密に制御することが重要である。原理的に表面反応の制御性に優れている ALE, ALD のコンセプトは様々なエッチング工程に応用され、加工性能のさらなる向上に寄与していくと期待される。

1) M. Honda et al., J. Phys. D: Appl. Phys., Vol.50, No.23, (2017)

2) N. Posseme et al., Applied Physics Letters 105 051605 (2014)

3) S. Kumakura et al., Jpn. J. Appl. Phys. 58, SEEB01 (2019)

4) T. Niizeki et al., Proc. of 41st Int. Symp. On Dry Process p201-202, H-3 (2019)