

先端電子デバイスエッチング技術とその将来展望

Challenges of leading-edge technology of plasma processing

日立ハイテクノロジーズ ○田中基裕, 安井尚輝, 森本未知数, 伊澤勝

Hitachi High-Technologies ○Motohiro Tanaka, Naoki Yasui, Michikazu Morimoto, Masaru Izawa

E-mail: tanaka-motohiro@sme.hitachi-hitec.com

半導体デバイスは、微細化に加えてブースト技術を適用し性能を向上させてきたが、近年ではさらに新チャンネル材料および新構造の採用が進んでいる。またモバイル機器の省電力への要求がドライバとなり、ロジックデバイスにおいてはスイッチング特性に優れる FinFET が実用化された。また、3D-NAND や不揮発性メモリが DRAM 代替メモリとして検討されている。これらのデバイス製造においては、より高精度・高アスペクト加工が要求される。FinFET の例では、5nm ノードにおける Fin 幅は 3.7nm となり [1]、エッチングにおいて原子レベルの形状制御が求められる。将来のナノスケールデバイスを実現するエッチング技術は、wiggling や面荒れ、エッチ後の材料表面劣化を抑制しつつ、同時に現実的な生産性を有していることが必要である。このようなデバイス動向を背景に、90 年代に提案された時間変調技術や原子層エッチング技術 [2-8] が、微細化に対応する技術として再び注目されている。

以上の要求に対し、エッチング装置はケミストリを最適化すると同時に、形状制御技術としては特に RF バイアス、プラズマソースおよびガスの時間変調技術によって、微細加工への適用を進めてきた。例えばエッチングにおけるパターン粗密差である RIE-lag と選択比とはトレードオフの関係にあるが、その制御ノブとして、RF バイアスの時間変調技術が開発され、デバイス製造において適用されている [5]。さらに微細化するデバイス製造への要求を満たすため、プラズマソースおよびガスの時間制御技術 [2] が検討されている。

Fig.1 は、ソースとバイアスの同期時間変調 [9] を、DSA エッチングに適用した例であり、CW 条件 (a) に対し、時間変調の適用によって wiggling の著しい改善がみられる (b)。時間変調を採用することで低圧力下でもプラズマ中での電離や解離が抑制され、ポリスチレン表面における応力増加が減じられたと考えられる。

Fig.2 はガスの時間変調を Fin エッチングに適用した例である [10]。連続ガス条件 (a) に比較

して、ガス時間変調を適用し放電を維持しながらエッチングステップと側壁保護ステップとを周期的に繰り返すことで (b)、垂直性、選択比、エッチング底面の平坦度が改善した。

今後、デバイスに用いられる材料や構造はますます複雑になり、原子レベルのエッチング制御が必要となる。その実現にはより低いイオンエネルギーの制御や、過度な反応性を抑制するための低解離プラズマ制御が必須である。我々はプラズマ、バイアス、ガスの複合時間変調技術がこれらの要求を満たし、原子レベルエッチングを実現する基盤技術となると考える。

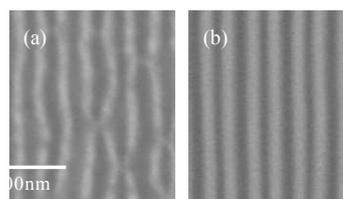


Fig. 1 Top view image after DSA mask etching.

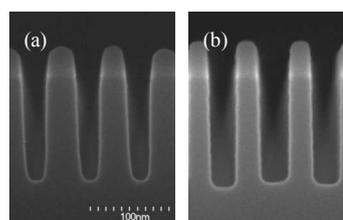


Fig. 2. Cross sectional SEM image after fin etching.

参考文献

- [1] ITRS 2013.
- [2] K. Tsujimoto *et al.*, Proc. DPS, p.30 (1986).
- [3] S.Samukawa *et al.*, APL **63**, 2044 (1993).
- [4] N. Kofuji *et al.*, Proc. DPS, p.39 (1995).
- [5] T.Ono *et al.*, JJAP. **38**, 5292 (1999).
- [6] H. Sakaue *et al.*, JJAP. **29**, 2648 (1990).
- [7] Y. Horiike *et al.*, J. Vac. Sci. Technol. A8, 1844 (1990).
- [8] H. Nishino *et al.*, J. Appl. Phys. **74**, 1345 (1993).
- [9] M. Morimoto *et al.*, SPIE 2014 [9054-18]
- [10] M. Tanaka *et al.*, JSAP Autumn meeting, 19p-S10-7, 2014.