ドライエッチング技術の進展と今後の展望

Progress and future prospects in dry etching technology ナノテクリサーチ ⁰野尻一男 Nanotech Research [°]Kazuo Nojiri E-mail: nanotechrc.nojiri@gmail.com

半導体が「産業の米」と言われてから久しいが、高度情報化社会、そして AI の時代を迎え、半導体 デバイスはその中枢を担う基幹製品として必要不可欠なものとなってきている。筆者が半導体業界に 入った 1975 年当時は、5µm プロセスである 16K ビット DRAM の生産がようやく始まったところであ った。そして 2019 年現在、5nm ロジックの試作が行われている。この 45 年間のデバイスの微細化・ 高集積化の進展には目を見張るものがある。

半導体デバイスの微細化・高集積化を牽引してきたキーテクノロジーがドライエッチング技術であ る。1970年代後半に Capacitively Coupled Plasma (CCP)タイプの Reactive Ion Etching (RIE)により微細 加工技術としての第一歩を踏み出したドライエッチングは、その後バッチから枚葉への移行を実現す るためにプラズマの高密度化が進められ、マグネトロン RIE、Electron Cyclotron Resonance (ECR)プラ ズマエッチャー(1985年), Inductively Coupled Plasma (ICP)エッチャー(1992年)が市場に投入された [1]。以降プラズマソースそのものは 30年近く変わっていないが、微細加工推進のため、プラズマや 表面反応を制御するための種々の機能が付加された。また高アスペクト比加工対応のため電源のハイ パワー化が進んだ。10nmノード以降は原子スケールの加工を可能とする Atomic Layer Etching (ALE)が 盛んに研究されており、10nmロジックの Self-Aligned Contact (SAC)エッチングで量産に適用されてい る。ALE は従来の RIE の限界を打破する種々の特徴を持っている[2]。中でも Modification Step と Removal Step を独立に制御できることや、平滑な表面が得られる(Fig.1)[3]ことは非常に大きな特徴で あり、超高選択比エッチング、難エッチ材の加工、表面クリーニングなども含め、新しい応用が期待 される。また ALE と Atomic Layer Deposition (ALD)を組み合わせたプロセスも検討されている。今後 アプリケーションを拡大して行くためには、デバイス特性と関連付けた研究も含め、装置メーカーと デバイスメーカーの緊密な連携が必要である。また反応機構解明へ大学の積極的な参画が望まれる。

歩留りや生産性向上面では、加工寸法のウェハ面内均一性を向上させるための各種チューニングノ ブの開発[1]、ウェハ間・ロット間・チャンバー間の特性ばらつき低減のための自己診断機能やチャン バーコンディショニング技術の開発が行われてきた。Industry 4.0 の Smart Factory では省力化のため、 例えば装置がパーツ交換時期を自己診断し、自己メインテナンスするような装置が求められている。 Fig.2 は VI プローブでインピーダンスの変化をモニターすることにより、チャンバーのメインテナン ス時期を予測できることを示している[4]。最近、チャンバーを開放することなくエッジリングを自動 的に交換する技術により、メインテナンス頻度を著しく減らした装置も出現している[5]。Smart Factory では今後 AI を用いた機械学習やシミュレーションを取り入れた装置・プロセス制御技術の開発が加速 されるが、新しいモニタリング技術の開発やシミュレーションへの物理モデルの取り込みなども行っ てゆく必要がある。

本講演では、ドライエッチング技術の進展と今後の展望について述べるとともに、日本の大学、研 究機関、企業のあるべき姿についても言及する。

参考文献

- [1] K. Nojiri, Dry Etching Technology for Semiconductors (Springer, 2015).
- [2] K. Nojiri et al., International Conference on Solid State Devices and Materials, p.135 (2018).
- [3] T. Ohba et al., Jpn. J. Appl. Phys. 56, 06HB06 (2017).
- [4] M. Ito et al., International Symposium on Dry Process, p.188 (2016).
- [5] Lam Research Corporation Press Release (April 24th, 2019).

(a)	- and the spectrum		(b)	and the		
GaN	13 mm	14	GaN	18 nm	6.8 nm	
			AlGaN	/ /		

Fig. 1. Cross-sectional TEM images of GaN processed with (a) ALE and (b) continuous plasma etch [3].



