

第十八回 洗浄技術の 2nm デバイス量産への挑戦

灘原 壮一（株式会社 SCREEN ホールディングス）

2023年3月11日（土）9:00～

モデレータ 長谷川 功宏

概要

・これまでの洗浄技術の課題と洗浄手段の変遷

ウェハ工程で何か（エッチングや堆積）すればウェットが入り、工程の 30%くらいある。
 『90年代前半』：高温処理、スピンド乾燥から IPA 乾燥へ進む。同時に材料・薬液が清浄化。
 『90年代後半～00年代』：新材料で異種材料接触腐食。Cu 配線工程洗浄、プラズマ工程での堆積物除去、精密化でバッチから枚葉式へ。不純物低減で常温・低濃度処理が可能。メガソニックはパターン倒壊で、スプレーへ。腐食対策では液中溶存酸素下げ、酸化電位を下げて対応。
 『10年代～現在』：パターン倒壊・原子レベル表面制御のため表面張力・接触角・雰囲気制御が必須。昔の 10m 超の多槽浸漬式バッチ装置はウェハが気液界面を往復しパーティクル増のためワンバスバッチ装置へ。純水を常に流し薬液注入によりパーティクル制御が容易に。

枚葉式は表裏別々の最適処理が可能で多品種少量生産向き。また、Dry-in Dry-out（処理中搬送なし）、ユースポイント混合、雰囲気制御（酸化、パーティクル制御）だが生産性低下のため 4~24 のマルチチャンバで 1000 枚/時間を可能に。バッチ/枚葉のクロスポイントは 2008 年で Cu 配線・ゲート材料/構造変化・液浸露光、表裏別処理から 8 割が枚葉式に。

・洗浄プロセスへの要求と洗浄技術の特殊性

微細化、高 AR 化、新 3D 構造、新材料、新プロセス対応で、項目は同じだが精度が必要。特殊性は、洗浄は形を変えない（何も残さないこと）が価値であり、評価が難しい。

・見える化・モデル化による洗浄プロセス・装置開発

開発のために、見える化とモデル化を進め、新プロセス・装置の創造から実用へ繋げてきた。見える化の手段は実験とシミュレーション（有限要素(体積)法 FE(V)M）で流れ解析から薬液流れ制御により、異物の排出、プロセス高均一・高速を実現した。

二流体スプレーをナノスプレーにすることで液滴サイズ・速度分布を狭め、パターンダメージ低減へ繋げた。さらに、ミリ秒、ナノメートル領域の解析に古典的分子動力学 (CMD) を活用し、SiO₂ の微細トレンチにおいては輸送能力の高い水が浸入し、その有効性を示した。

さらに、相変化を用いた凍結洗浄（冷水→低温度ガス→温水）で除去率を上げた。MD 計算で凝固界面は構造を持つ壁面上で揺らぎ続け、凝固界面と壁面間は全て結晶化せず液体状態が残る。OH 基に対し、水分子がアクセプター（壁面最近傍）あるいはドナー（外側）として水素結合し、付着時間が揺らぐことで異物の除去を促進していることが判った。

見える化で、IoT でデータ収集・解析・活用（制御/AI）を進め、装置・材料のインフォマティクスから、異常検知、自己診断、故障予知、生産性向上した自律制御装置を開発したい。

多くの質疑があったが、環境・エネルギー問題が今後の重要な課題の一つであり、特に使用水量の低減は重要であることを指摘した。

（記：関根 誠）

