

《洗浄装置市場の動向》

洗浄装置も枚葉式の時代に突入か 大日本スクリーンが全分野でトップ



㈱エフエーサービス 半導体事業部 技術主幹 湯之上 隆

洗浄装置分野において、バッチ式に代わって枚葉式装置が主役に躍り出た。枚葉式で先行したのはオーストリアSEZであるが、2009年に大日本スクリーン製造が、バッチ式81.3%、枚葉式69.7%、スクラバ85.2%と、洗浄装置全分野で圧倒的なシェアを獲得した。大日本スクリーンは、300mm対応装置における積極的な開発・量産投資により首位固めをし、今日の3冠達成に結びつけた。洗浄装置においては、液体材料と装置の擦り合わせ、量産工場ごとのカスタム化が、競争力の要因となっている。そして、大日本スクリーンが強い理由の一端は、この辺りにあると思われる。大日本スクリーンが今後も圧倒的な地位を保つには、開発の手を緩めず、パラダイムシフトに対応し、イノベーションを起こし続ける必要がある。

枚葉式洗浄装置が主流に

各種半導体製造装置が次々と枚葉化していく中、洗浄装置だけは、長らくバッチ式が主流であった。ところが、リーマンショックが起きた2008年を契機に、枚葉式洗浄装置の売上がバッチ式を上回った(図1)。これは一時的な現象ではなく、今後もバッチ式の売上が低迷し、枚葉式が成長していく傾向が窺える。

枚葉式洗浄装置では当初、オーストリアSEZがトップシェアを占めていたが、2007年12月に、米Lam Researchに買収された。一方、2006年にバッチ式で世界シェア50%を超えた大日本スクリーン製造は、枚葉式においてもシェアを急拡大させた。そして、2009年には、バッチ式81.3%、枚葉式69.7%、さらにはスクラバ85.2%と、洗浄装置分野全てにおいて圧倒的なシェアを占めるに至った(図2)。

洗浄装置メーカーの興亡

どのような過程を経て、大日本スクリーンは洗浄装置の世界シェアを独占するに至ったのか? 1991年から現在までを3つの時代に分けて概観する(図3)。

群雄割拠の時代(～97年)

露光装置のニコン、絶縁膜エッチャの東京エレクトロン(TEL)、成膜の米Applied Materials(AMAT)、検査装置の米KLA-Tencor。各装置分野には圧倒的なシェアを誇るトップ企業が存在した。ところが、洗浄装置分野においては、シェア10%程度の企業が7～8社も存在した。

このような混戦状況になっていた理由は、半導体メーカーが、それぞれお抱えの洗浄装置メーカーを育成していたからである。東芝は大日本スクリーンとエス・イー・エス(SES、旧サンキョー)、日立製作所はTEL、NECはカイジョー、三菱電機は

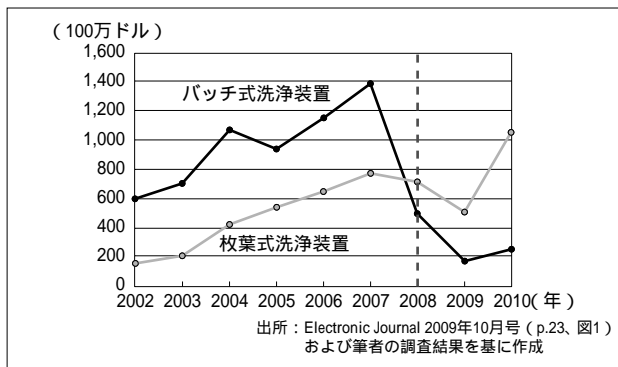


図1 洗浄装置カテゴリー別売上高の推移

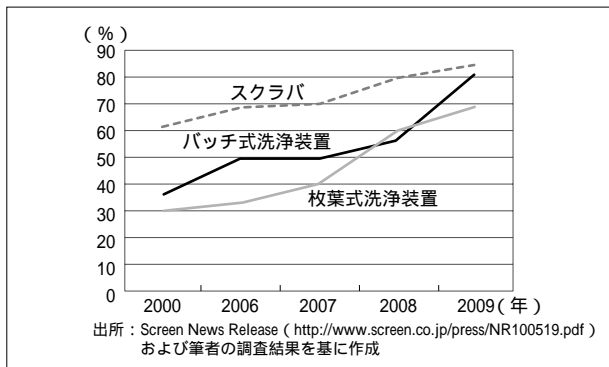


図2 大日本スクリーンの洗浄装置カテゴリー別世界シェア

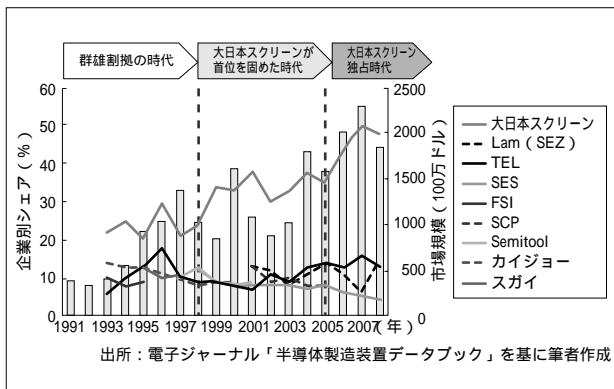


図3 洗浄装置の世界市場規模と企業別シェアの推移

島田理化学工業、欧州メーカーは独Steag、米国メーカーは米SCP Global Technologiesに、それぞれ自社量産工場用の洗浄装置を製造させていた¹⁾。

シェア1位の大日本スクリーンは、2位のTELに何度も肉薄されており、かろうじて1位を維持している状況であった。

大日本スクリーンが首位を固めた時代（98～2005年）

98年、アジア通貨危機が起き、DRAM価格は暴落した。その結果、半導体市場も装置市場も急激な不況に見舞われ、洗浄装置メーカーの収益は悪化した。このことから、各洗浄装置メーカーは、目前に控えた300mm対応装置開発の継続が困難になった。

このような中、大日本スクリーンとSESのみが、300mm対応洗浄装置の開発を敢行した。さらに、量産投資においてSESが躊躇したのに対して、大日本スクリーンはいち早く量産機製造に着手した。このようなことが奏功し、大日本スクリーンは、トップシェアの地位を確立した。

大日本スクリーンの独占時代へ（2006年～）

ここまでは全てバッチ式洗浄装置での興亡である。枚葉式洗浄装置においては、SEZが先行した。SEZは、独Siemensの社員2人が創業したベンチャー企業であり、当初から枚葉式洗浄装置を開発した。SEZが脚光を浴び始めたのは、Cu配線工程に枚葉式洗浄装置が使われ始めたことによる。

Cu配線は、2003年以降、ロジック半導体に普及していった。また、ロジック半導体の配線数が次第に増加していったため、Cu配線に関係する製造装置台数も増大していった。このようなCu配線の洗浄に枚葉式が使われ始めたことから、SEZのシェアが拡大したのである。

ところが、SEZはLam Researchに買収された。一方、バッチ式洗浄装置でトップシェアを確立した大日本スクリーンは、2006年12月に投入した新装置で、枚葉式分野においてもシェアトップとなっ

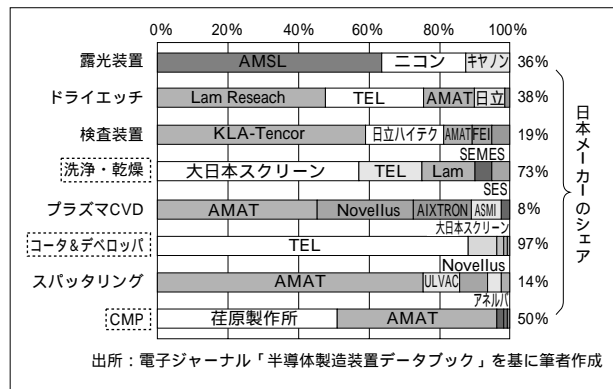


図4 主要半導体製造装置の世界トップメーカー(2007年)

た。そして、前述の通り、2009年には全ての洗浄装置分野で圧倒的なシェアを占めるに至った。

大日本スクリーンの競争力とは？

大日本スクリーンは、何故強いのだろうか？ 筆者は、少なくとも以下の2つの要因が、洗浄装置の競争力の源泉であると考えられる。

液体材料を使う製造装置は日本が強い

半導体製造装置の中で売上高が大きい18分野を見てみると（図4）装置の標準化、プラットフォーム化、モジュール化が効果的な分野では、露光装置の蘭ASML、ドライエッチング装置のLam Research、成膜装置のAMAT、検査装置のKLA-Tencorなど欧米メーカーが強みを発揮している。一方、液体材料を使う装置では、コータ&デベロッパのTEL、洗浄装置の大日本スクリーン、CMPの荏原製作所と、日本メーカーがトップシェアを獲得している²⁾。

これら日本がトップシェアを占める装置3分野については、装置単独のシステム化だけでは、プロセス開発ができないという特徴がある。装置と液体材料の高度な擦り合わせによってのみ、プロセス技術の開発が可能になる。このような擦り合わせ技術は、標準化、プラットフォーム化、モジュール化が難しい。そのため、日本人技術者の繊細さが競争力の源泉になっていると考えられる。

これが、大日本スクリーンが洗浄装置のトップシェアを獲得した理由の1つと考えられる。

洗浄装置は完全カスタム化

洗浄液および洗浄装置は、各半導体メーカーの各量産工場向けにカスタム化されている。これが、欧米人の得意な標準化、プラットフォーム化、モジュール化を妨げている要因ともなっている。

逆に、各量産工場へきめ細かく対応することは日本人の得意とするところである。これが、第2の要因であると考えられる。

洗浄液および洗浄装置の標準化がいかに難しい

かという事例を示そう。NECと日立によりDRAMの合弁会社エルピーダメモリができた時のことである。エルピーダ設立時の青写真では、NEC相模原で256M DRAMの共通プロセスを構築し、NECの広島工場と日立のシンガポール工場で量産するという計画であった。しかし実際は、NEC広島工場では量産できたが、日立シンガポール工場では量産を断念せざるを得なかった。

NEC相模原と日立シンガポール工場とでは、500工程の半分以上の装置が異なっていた。従って、装置が異なる工程は、互換プロセスを開発する必要があった。リソグラフィ、ドライエッチング、成膜、CMPは互換プロセスを作ることができた。ところが、洗浄工程だけは、互換プロセスを作ることが不可能だったのである。

それは何故か？ 同じDRAMの洗浄と言っても、NECと日立では洗浄液も装置も微妙に異なっていた。そのような洗浄工程が全体の30%も存在する。その上、各洗浄工程が最終的な歩留りに直結している。洗浄液とは、まさに血液のようなものであり、同じ色をしているからと言って入れ替えることができないのである。初期のエルピーダが失速した理由は多々あるが、量産において片肺飛行を余儀なくされ、予期せぬシェア低下を招いたのは、洗浄工程の互換プロセスが困難だったことによる。

以上のように、液体材料と装置の擦り合わせが必要、量産工場ごとにきめ細かなカスタム化が必要であることが、洗浄装置メーカーの競争力を左右する。日本の装置メーカーである大日本スクリーンが強い理由の一端は、この辺りにあるのではないかと。

次のパラダイムシフトは何か？

技術が変革期を迎える時、すなわちパラダイムがシフトする時、企業の栄枯盛衰などのドラマが起きる。

本稿で見てきたように、洗浄装置分野では半導体ウェーハが200mmから300mmへと大口径化する際、多くの洗浄装置メーカーが脱落する一方で、果敢に投資を行った大日本スクリーンが首位固めをした。また、配線材料がAlからCuへ変更されたことが契機となって、SEZの枚葉式洗浄装置が脚光を浴び、その後、パッチ式洗浄装置に取って代わって、洗浄装置の主流に躍り出た。

次にやって来るパラダイムシフトは何か？ 450mmへの大口径化が起きるかもしれない。EUVの実現により、さらに微細化が進むかもしれない。カーボンナノチューブを使った新しいコンセプトの半導体デバイスが登場するかもしれない。しかし、それより前に、韓国および台湾メーカーが、イノ

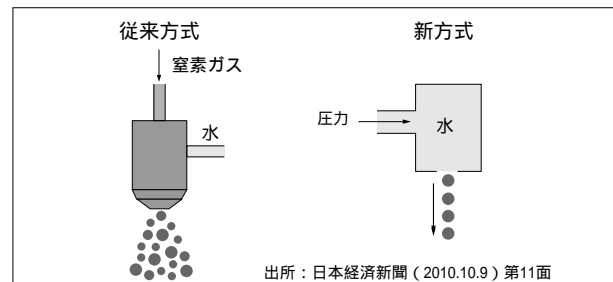


図5 大日本スクリーンが開発した洗浄技術

ベーションのジレンマを仕掛けて、（ちょっと性能は劣るが）破壊的に安価な洗浄装置を売り出すかもしれない。また、ベンチャースピリットが旺盛な欧米メーカーが、これまでにないアーキテクチャの洗浄装置を開発するかもしれない。

いずれにしても、次世代の覇権を握るのは、パラダイムシフトに対応した企業であり、イノベーションを起こした企業であろう。

開発の手を緩めるな

2010年10月9日付けの日本経済新聞によれば、大日本スクリーンが、洗浄精度を飛躍的に向上させる枚葉式洗浄の新技術を開発したとのことである（図5）。従来方式では、水に窒素ガスを混合して霧状に噴射していた。この方式では、水滴の大きさ、速度が制御できない。その結果、ウェーハ上の微小パーティクルの除去が効率的にできない。

一方、インクジェット印刷で培ったノズル技術を応用した新方式では、水に圧力と振動を加えることによって、同じ大きさの水滴を同一速度で噴射できるという。微小パーティクルの除去には、ある一定の大きさの水滴が、ある一定速度で衝突する必要がある。従って、新方式の実現により、微小パーティクルが効果的に除去できる可能性が高い。

メモリもロジックも、半導体の全工程のうち30%以上を洗浄工程が占める。その割合は、微細化の進展や新材料の採用とともに、増加する一方である。また、洗浄の良し悪しが歩留りを大きく左右する。従って、今後の洗浄技術への期待は極めて大きい。

大日本スクリーンが、今後も圧倒的な地位を保つには、パラダイムシフトに対応し、イノベーションを起こし続ける覚悟が必要である。

参考文献

- 1) 和田木哲哉、横山貴子：半導体製造装置産業、工業調査会
- 2) 湯之上隆：洗浄技術の時代がやって来た、Electronic Journal (2010.3) pp. 41-43
- 3) 日本経済新聞 (2010.10.9)、第11面