

《日本製造装置産業の活路》

# 洗浄技術の時代がやって来た 装置/薬液のインテグラル技術



㈱エフエーサービス 半導体事業部 技術主幹 湯之上 隆

半導体製造装置の中で売上高が大きい8分野のうち、装置の標準化、プラットフォーム化、モジュール化が必要な分野では、AMAT、ASML、Lamなど欧米メーカーが強みを発揮している。一方、装置と液体材料の摺り合わせが必要なコータ&デベロッパ、洗浄、CMPにおいては、日本メーカーがトップシェアを獲得している。この中でも、洗浄は、半導体製造工程の30%以上を占め、歩留りを左右する最も重要な技術になった。今後、液体と物質界面における反応を分子・原子レベルから解明する科学的な手法が必要不可欠であり、ここに、日本装置産業の活路がある。

世界半導体市場の成長は続く

年率10%超で成長してきた世界半導体市場は、1995年に一旦ブレーキがかかったものの、2000年のITバブル崩壊後、再び年率7%で成長し始めた(図1)。2008年秋の世界金融恐慌による一時的な落ち込みはあるが、中国およびインドをはじめとするアジア市場の成長は依然力強い<sup>2)</sup>。世界の半導体市場は、新興諸国の旺盛な需要に支えられて、今後も拡大するだろう。

日本に活路はあるか?

しかし、日本半導体の世界シェアは87年以降、

低下の一途を辿っている。また、これにリンクして、日本製造装置の世界シェアも低下しつつある(図2)<sup>3)</sup>。

日本半導体および装置産業の復権はあるのか? 本稿では、特に装置と要素技術の側面から、日本の強みがどこにあるのかを分析した上で、日本の活路を見出す。

主要装置とそのトップシェアメーカー

全ての半導体製造装置の中から、売上高が大きい8分野を図3に示す。露光装置が群を抜き、ドライエッチング装置が続いている。

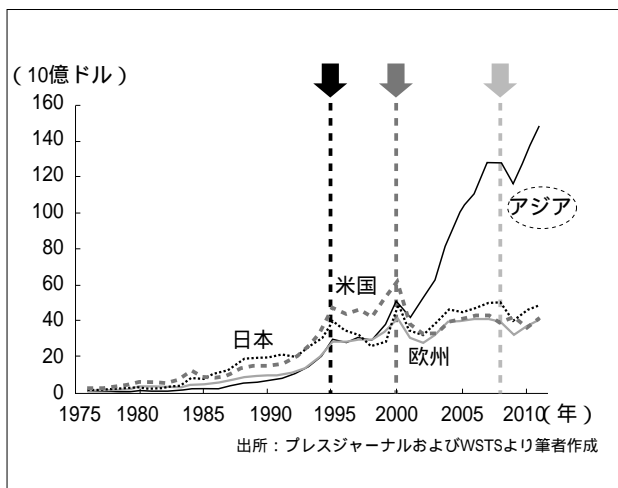


図1 地域別半導体市場の年次推移

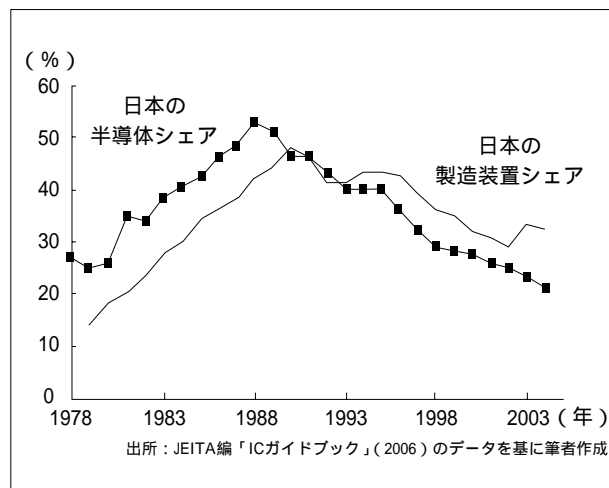


図2 日本半導体および製造装置の世界シェア推移

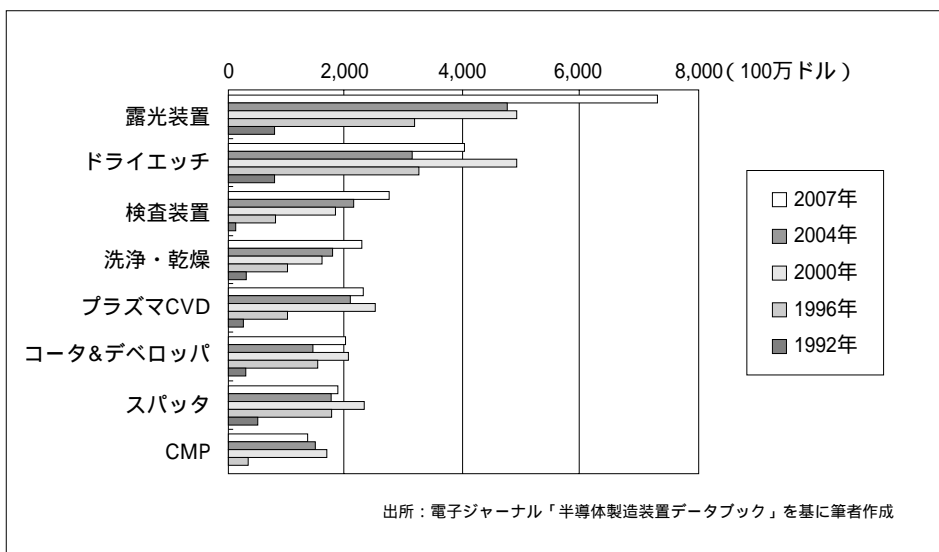


図3 主要な半導体製造装置の世界市場売上高の推移

**日本の弱点**  
 主要装置8分野において、日本が強い分野と弱い分野には、どのような違いがあるのか？  
 露光装置のASML、ドライエッチング装置のLam、成膜装置のAMATに共通する戦略は、標準化、プラットフォーム化、モジュール化と言える。  
 例えば、ASMLは、露光装置を土台、ステージ、レンズ系、光源などのモジュールに分

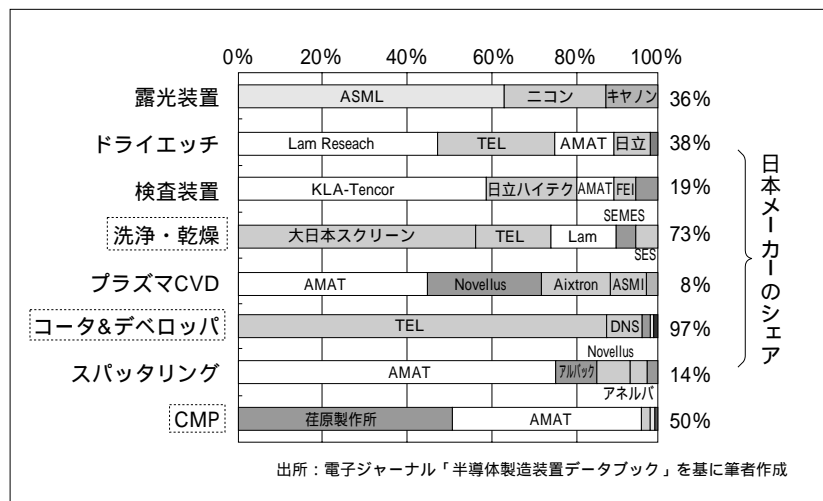


図4 主要な半導体製造装置の世界トップシェアメーカー（2007年）

割し、これらを外部で製造して、積み木のように組み立てる。同社の社員は自社を「アSEMBルメーカーだ」と表現している<sup>6)</sup>。また、LamやAMATは、様々なプロセスチャンバをモジュール化し、標準化されたプラットフォームに、顧客の希望通りに設置することができるようにしている。  
 このようなことから考えると、日本装置メーカーは、装置の総合的なシステム化に、弱みがあると言える。

これら8分野の各々について、トップシェアメーカーを図4に示す。かつてのお家芸である微細加工分野で、日本はトップから滑り落ちた。露光装置では蘭ASMLが快走し<sup>4)</sup>、ドライエッチング装置では、米Lam Researchがゲート、メタル、酸化膜の3分野でトップに立った<sup>5)</sup>。また、検査装置は米KLA-Tencorに、CVDおよびスパッタなどの成膜装置は、米Applied Materials (AMAT) に覇権を握られてしまった。

しかし、洗浄装置、コータ&デベロッパ、CMP装置においては、各々、大日本スクリーン製造、東京エレクトロン (TEL)、荏原製作所が健闘し、50%を超えるシェアを獲得している。

**日本の強み**  
 一方、日本が強みを発揮している洗浄装置、コータ&デベロッパ、CMP装置には、どのような要因がその背景にあるのか？

上記装置の共通点として、どれも液体材料を使うことが挙げられる。洗浄装置には各種薬液、コータ&デベロッパにはフォトレジストや塗布膜、CMPにはスラリーが使われる。そして、これら液体材料においては (CMPスラリーを除けば) 全て日本の材料メーカーがトップシェアを握っている (図5)。つまり、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。

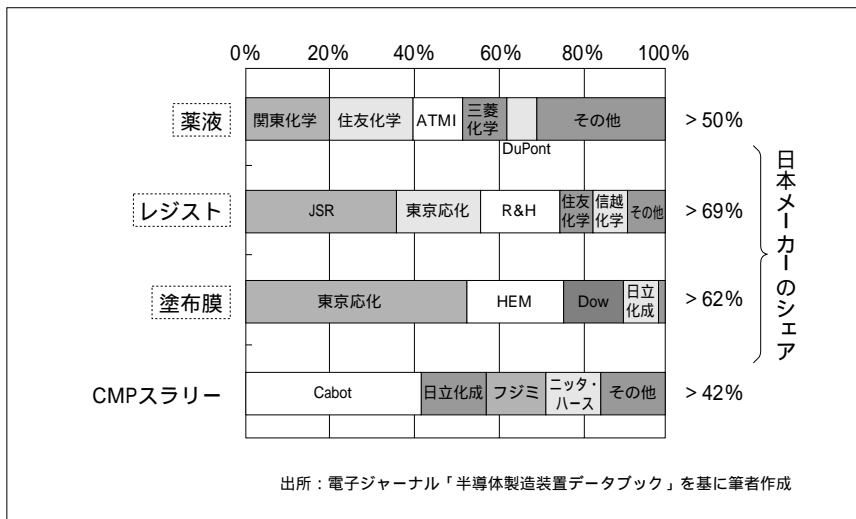


図5 主要な液体材料の世界トップシェアメーカー（2007年）

に難しくなってきた。従って、今後、歩留りを含めた半導体デバイスの出来栄を最も大きく左右するのは、洗浄技術であると言える。

もはや、従来の“勘と経験”に頼る手法は通用しない。液体と物質との界面における反応を、分子・原子レベルから解明し理解する科学的な手法が必要不可欠である。ある意味、現代の洗浄技術は、“微細加工”とも言えるのである。

ここに日本の活路がある。

日本には、トップシェアを誇る

液体材料メーカーと装置メーカーが存在する。この両社と半導体メーカーや大学がコラボレーションし、日本人が得意な摺り合わせ技術をさらに進化させれば、諸外国と差別化でき、かつ、競争力のある技術が開発できよう。そのようなイノベティブな洗浄技術は、日本の装置メーカーのみならず、半導体メーカーの競争力向上にも寄与するはずである。

かつて、プロセス技術には、あるヒエラルキーがあった。エースで4番はリソ技術であり、洗浄技術は9番ライト（または補欠）だった。しかし、半導体のパラダイムは変化した。今後のエースで4番候補は、間違いなく、洗浄技術である。

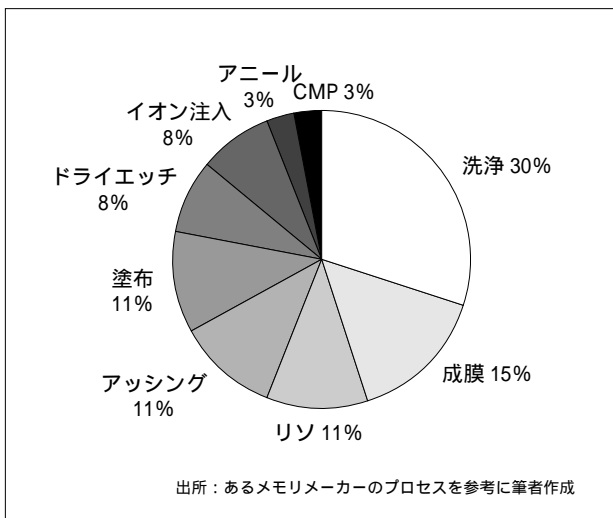


図6 メモリプロセス工程の内訳（検査工程を除く）

装置と液体材料の高度な摺り合わせ（インテグラル）によってのみ、プロセス技術の開発が可能になるのだ。このような摺り合わせ技術は、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、依然として競争力の源泉になっているのではないかと？

#### 今後の主役は洗浄技術

図6に示したメモリプロセス工程の内訳を見ると、洗浄工程が最も多く、30%に上る。今後も、洗浄工程は増大し続けるだろう。また、微細化の進展とともに、微小パーティクルの増大、新材料の汚染、電氣的ダメージなど、洗浄技術は飛躍的

#### 参考文献

- 湯之上隆：洗浄技術の時代がやってきた、第7回界面ナノ電子化学研究会 NICE記念講演会予稿（2010.3.18）（本稿はこの論文を基に執筆）
- 湯之上隆：世界金融恐慌後の半導体産業の行方、Electronic Journal（2010.1）pp.49-51
- 湯之上隆：日本半導体敗戦、光文社（2009.8）p.152
- 湯之上隆：日本半導体/製造装置メーカーの共進化/共退化現象、Electronic Journal（2009.8）pp.42-45
- 湯之上隆：日本半導体/製造装置メーカーの共進化/共退化現象、Electronic Journal（2009.9）pp.44-47
- 湯之上隆：世界金融恐慌後の半導体産業の行方、Electronic Journal（2010.1）pp.157-169