

『見果てぬ夢 それとも 神をも恐れぬ挑戦か?: CMPのサイエンス化』



檜山 浩國

プラナリゼーションCMP委員会副委員長

(株)荏原製作所 技術・研究開発・知的財産統括部
副統括部長(工学博士)

1. CMPを取り巻く市場

半導体市場は2008年のリーマンショック後の世界的経済危機の影響で極端に冷え込んだが、半導体業界の売上高の底は2009年2月~3月だったらしく、徐々に回復しつつある。実際、日本の主要半導体デバイスメーカーも5月連休はほぼフル操業とのことで、立ち直って来た感がある。また、半導体市場の回復から1歩遅れる世界半導体装置市場も設備投資の急回復によりこのところ好調で、日本市場の販売額も久しぶりに前年同月を越えた模様だ。2番底を恐れる声はこのところ少なくなったとはいえ、このまま堅調な回復基調が維持されることを願うばかりである。

しかし、この世界同時不況を機に国内半導体デバイス製造各社が、ファブライツ化を加速し垂直統合メーカーの看板を下ろす方向に動いているほか、さらなる再編も進められている。装置メーカーにとっては装置更新の長期化とともに、顧客数の減少がさらに進み頭の痛い状況である。

2. CMPのサイエンス化

さて、我がCMPに関しては既に半導体デバイス製造において不可欠な製造プロセスとして不動の地位を築いてから久しく、その守備範囲も広がって来ており、プロセス技術的にはある程度成熟期に入っていると思われる。しかし、昨今の厳しい市場環境の中にあってもMore MooreやMore than Mooreに向けたCMPコスト削減、新材料への適用や更なる性能向上は必須である。

ところが、研磨は紀元前から人の手中にある技術であるにもかかわらず、科学的な解明はおろか、原理に基づいたシミュレーションもなかなかおぼつかない状況にある。すなわち、いわゆるサイエンス化が余り進んでいない。人間の感性は誠に素晴らしいが、勘と経験を頼りに性能を向上させるのはさすがにそろそろ限界が来ていると感じる。したがって、正しい研磨現象の理解をベースとした予測手法が確立されることが好ましい。これは、今後CMP装置市場が大きく拡大しない中で、更なる開発を継続させるために、試行錯誤によるコストのかかる開発を効率化させる意味でも重要である。

そうはいっても、研磨原理の解明やそれに基づいたシミュレーション技術がなかなか確立されないのにはそれなりの理由がある。まず、研磨原理では分子・原子スケールの化学反応を含んだ複雑現象を取り扱う必要がある。砥粒の作用だけを見ても、まだ十分に解明できているとは言い難い。また、それを研磨性能に結びつけるには、原子からウェーハサイズに至るスケールの甚だ大きな違いをどう繋げるかという問題を克服する必要がある。さらに、スラリー流れや構造材などに関する新たなパラメータも増加する。

一方、研磨性能を制御するために我々が持っている手段といえば、回転数、圧力、温度、ケミカルといった種類も少なく大雑把なものばかりである。CMPでは弾性パッドとメンブレンの間にウェーハを挟んでケミカル作用を援用しながら砥粒を介在させて研磨しているので、沢山の介在物を經由して研磨を制御していることになり、なかなか研磨結果と制御パラメータとの整合性が取れない結果となる。だからこそ、研磨原理の解明が待たれるが、それができにくい理由も、上述の介在パラメータの多さとスケールの違いに起因している。一番厄介なのは、実際の装置で研磨が起こっている部分を直接観察することが難しいことである。

弊社においても、CMPの研磨原理を少しずつではあるがなるべく基礎的に紐解くことを試みて来た。これはかなり地道な研究であり、「神をも恐れぬ挑戦」と言われたことがあった。或る意味、誠にその通りなのだが、CMPも近い将来原理を正しく理解しないと性能向上が行きつかない時代が来ると思っていたのである。たとえ研磨現象を全部に解明できなくても、断片的に得られた基礎的知見から製品にフィードバックできる有用な情報が得られることも事実である。

3. はじめにものありき

ところで、技術すなわち「ものづくり」の「もの」とは人の欲望を形にしたもので、この点では芸術も同じである。このことは最新技術がState-of-the-artと呼ばれ、技術も芸術も共にArtという言葉が使われることから理解できる。芸術は人の精神的欲求を形にしたもので、技術の方はこうなって欲しいというどちらかといえば人間の下世話な欲望（便利、快適、楽など）を具現化したものである。

この様な技術（ものづくり）の歴史を振り返ってみると、先ず人間の欲望を具現化するために経験やアイデアに基づいて職人が「もの」（人工物）を作り、後から実在のものに対する現象の科学的解明が進み、その後には科学的解明に基づいて更なる改良や発展が進む（工学はこれを担ってきた）という経緯を辿っている。ワットもエジソンも熱力学や電磁気学を知っていて、蒸気機関や電気機器を作ったわけでは無い。彼らは実際にものを作って見せただけなのである。これらの学問は実在の「もの」を対象にその現象を解明しようとした結果大成されたもので、サイエンスは後から確立されたものである。すなわち、「はじめにものありき」だったといえる。しかし、最近科学の進歩が「もの」を追い越し、先行した科学による新しいものづくり（原子力やトランジスタ、レーザーなど）が行われるようになってきている。

一方、CMPは、デバイスウェーハの平滑化という欲求に対して古来の技術を応用したのであるから、これも「はじめにものありき」だったといえる。

したがって、歴史に学ぶなら今後のCMPの更なる技術の発展のためには、サイエンス化が不可欠ということになる。

4. 更なる発展を期し

これまでCMPのサイエンス化についての思いを述べたが、本心を言えばCMP技術は私にとってどうも「気持ちが悪い」のである。なんだかスッキリしない訳のわからない部分が多すぎるのである。確かに研究も行われており、部分的に姿は見えてはいるのだが、いつまでたっても正体ははっきり見えないという気がするのだ。

「所詮、研磨とはそんなもの、それこそが研磨なのだ」という諸先輩の声が聞こえて来そうでは在るが、もやもやしてスッキリしないのだ。

半導体デバイスの製造技術は、いわゆる先端技術と言って良いと思う。では先端技術とは何ぞやということだが、それについてある大学の先生方が議論した結果「本に書けないもの」という結論になったと聞いたことがある。これは、先端技術とは解明の進んでいない技術というほどの意味と思うが、そういう点ではCMPもルーツは古来の技術とはいえ先端技術そのものと言えるのではないだろうか。

しかし、このままサイエンス化が進まないと永遠に先端技術のままなのではないかと懸念する。先端技術のシーラカンスと化してしまいそうである。そうなると胸中のもやもやも解消せず、CMP技術の進歩も経験と勘だよりのままとということになってしまう。

それでも、CMPの新しいアプリケーションやウェーハの大口径化、性能向上はそれなりには進んで行くに違いないが、永年CMPに携わって来た者としては後輩に対しても甚だ申し訳ない気がするのである。

本委員会には、大学、企業（デバイスメーカー、装置メーカー、コンシューマブルメーカーなど）が一堂に会しており、様々な専門領域や立場からCMPの更なる飛躍的発展のために相互の情報交換や議論をする場が提供されている。CMPのサイエンス化についても、見果てぬ夢なのか、はたまた神をも恐れぬ無謀な挑戦なのか、今後も議論して行きたいところである。