

■「CMPプロセスのより深い理解と制御に向けて」

プラナリゼーションCMP委員会副委員長 木下 正治
(ロデルニッタ株式会社/元東芝)

半導体の市場は2000年度に良好な回復を見せ、半導体各社の中間期業績は久しぶりの最高益を示し、設備投資にも活気が見られてきた。台湾が先導役となったφ300mmラインの立ち上げも、日本企業が国内工場での導入を決め、次々にライン構築が進んでいる。半導体装置市場は久しぶりの活況を呈しているといつてよい。

このような潮流に乗ってCMPの市場も増大しており、今後5年間は右肩上がりの成長が期待できる。この背景には、ロジックLSIの進展とその普及、多層配線におけるCu配線の本格導入、300mmウエハへの切り替え、などが集中する時期にかかっていることが上げられる。また、なんとと言ってもデバイス平坦化(Planarization)にとってCMPが必須の技術になったことがその中心にある。

この追い風はCMPにとってはありがたい風には違いないが、それに相応しい足腰(船脚)をもって、市場拡大を図ることができるか自問して見る必要もあろう。これまでの半導体プロセスを振り返ってみると、特にドライ化を進めることで大きな進展が図られてきた。プロセスの反応原理に遡り、プラズマの中のイオンやラジカルの挙動を詳細に考察し、材料が除去されたり、付着されたりする現象を物理的、化学的に解析して、所望の膜質、形状を実現してきた。その結果、3年で4倍の集積度の向上とそれに伴う微細化が着実に進展してきた。これらの膨大な技術蓄積は、今やT-CADとしてコンピュータシミュレーションにまで発展し、半導体のプロセスをコンピュータ上で行える段階になろうとしている。

ひるがえってCMPの分野を見てみると、研磨メカニズムへの考察と最終的に達成されるべき平坦化精度との統一的な解析が、まだまだ十分とは言えない状況である。CMPプロセスのモデリングには、素子パターンの影響、表面凹凸の影響、スラリーの挙動、研磨パッドの表面状態などに立脚した材料除去原理を確立し、これをグローバル平坦度、ローカル平坦度と結びつけることが求められる。パターン形状、密度についてはSEMATECHやMITを中心とした研究が進み、モデルパターンでのCMP性能がかなり明らかになった。スラリーについては流体力学的な挙動に着目した研究が最近注目を浴びてきた。研磨パッドに掘り込んだ溝のパターンや形状が砥粒の潤滑に及ぼす効果や、研磨布の表面微小凹凸によってスラリーのストークス数が変わっていくことも、少しずつ明らかになってきた。また、研磨パッドについては粘弾性がウエハのグローバル平坦化に影響することが解析的に求められているものの、研磨パッドの表面状態はいまだにモデル化できているとは言い難い。これが研磨パッドの寿命のパラツキを制御できない原因になっているともいえる。

一方、材料除去モデルについては、砥粒の引っかきによる物理的除去、表面応力によるキングの形成と伝播、スラリー中の加工液と材料との表面化学反応、反応生成物の形成とその研磨パッドでの物理的除去などが提案されている。しかし、材料除去単位の大ささと求められる平坦度とのディメンジョンのギャップはあまりにも大きすぎて、これを埋めることができるモデル化にまでは至っていない。Cu CMPではCu錯体を表面に形成し、これを除去するという研磨メカニズムが現状では最もよい平坦化を実現する。しかし、錯体層の厚さ、研磨布とスラリーによる除去単位については、分析できていない状況である。したがって、研磨レートは実験的に求める以外になく、現象的なモデル化で留まっている。

CMPのプロセスはいまだにサイエンスになっていないとよく言われる。研磨パッドの寿命、平坦度の再現性、ディッシング、エロージョンなどの制御すべき要因の再現性を予測できないことがその背景にある。CMPに携わる研究者、技術者が加工や反応の起こっている微視的部局をよく見つけ、現象を解析的に理解し物理モデルを構築していけるかどうか、CMPプロセスのより深い理解と制御に大きく効いている。

これからのCMP技術の発展とCMP関連市場の拡大に向けて、一層の研究開発が進められるためには、国内で唯一の専門的横断組織であるこのプラナリゼーション加工/CMP応用技術専門委員会の果たす役割は大きいといえる。