

実験が大好きなだけのかけだしが世界で最初の量産用 AI エッチング装置をつくってしまった話と、その後の静電チャックの開発について

Development of the world's first mass production AI etcher and electrostatic chuck

MAMO, [○]中村 守孝

MAMO, [○]Moritaka Nakamura

E-mail: moritaka.nakamura@nifty.com

半導体製造装置産業は大きく成長し、米中の覇権争いの舞台となるほど重要になっている。しかし、1970年代から80年代半ば頃までは、半導体メーカーがプロセスのみならず製造装置も社内で開発していた¹⁾。本講演では、今まで公表されることが少なかったこの時期の装置技術開発について、筆者の個人的視点から成功と失敗の経験をお話したい。

筆者は富士通入社翌年の1976年初めに、AIのドライエッチング技術開発を命じられた。中古の円筒型プラズマエッチャーを試行錯誤から平板形電極を用いたRIE的な構成に改造し、同年春、エッチングガスを CCl_4 から BCl_3 に変更することで残渣のない垂直エッチングを可能にした²⁾。さらに、 PCl_3 や Cl_2 などを添加することで、エッチ速度と形状の両立ができた。

しかし学会発表は1980年になるまで許されず、デバイス適用と量産用装置開発に進んだ。1977年に糸賀正直氏らが開発した CHF_3 を用いるバッチ式 SiO_2 エッチング装置をベースに、ロードロック室と搬送機構を追加することで、バッチ式AIエッチング装置が完成、1978年末には会津工場に納入され、16kDRAM、64kDRAMなどの製造に使用された³⁾。さらに新設の岩手工場を主に20台以上の4インチ用バッチ式量産装置を製造し納入した。

その後、多数のウェハを同時処理するバッチ式では6インチ以上の大口径化に対応するのが困難との判断から1枚ごとに処理する枚葉式の開発が進められた⁴⁾。

その際の基幹技術となったのが静電チャックである。枚葉化のためにエッチ速度を上げるには g パワーやガス流量を上げれば良いが、温度上昇によるレジスト損傷が問題になる。この冷却強化に加え、当時パーティクルを減らすには上下逆さまにウェハを保持することが有効と考えられ、静電チャック技術が開発された⁵⁾。

エッチング用の双極式静電チャックを開発したのは阿部直道氏である⁶⁾。当時、電気測定に広く使われていたHP社のプロッターには紙を固定するのに静電チャックが使われていた。阿部氏はこれを流用して、ウェハを上下逆さまに固定しエッチングが可能であることを示した。さらに阿部氏はプリント基板技術を用いて、ガラス添加エポキシ樹脂製チャック、さらに熱伝導の良いシリコン樹脂製のチャックを開発した⁷⁾。

筆者はこれを引き継いで、チャックの寿命を伸ばすためセラミック製チャックを開発した。当初チャック全体をセラミックで構成したが、高価格であることとエッチング中のスパークに起因する割れで使い物にな

らず、金属電極に薄いセラミック多層基板をシリコン樹脂で貼り付けるという方法で開発に成功した⁸⁾。

同時に、イオン注入装置でメカニカルクランプと併用されていたHeガスによる熱伝導改善技術を静電チャックと組み合わせることで、寿命、熱伝導とも優れた静電チャックを開発することができた。

その後、社内製の枚葉式エッチャーは200台以上製造され、富士通の半導体量産に貢献したが、低予算・少人数で開発・製造だけを行っていくスタイルのまま、ビジネスサイクルを形成することができず、80年代後半になると市販エッチャーとの競争に負けていった。

筆者もエッチングメカニズムの研究や、チャージングダメージの解析にシフトし、活動の場を応物やドライプロセスなどの学会やコンソーシアムに移して行った。

1) 湯之上隆、JBプレス

2) BCl_3 を使い始めた初日にエッチングは成功し喜んだものの、同時に強烈な紫外光による電気性眼炎になり一晩中目の痛みで眠れないと言う労災を経験した。同時期に、Northern TelecomのR. G. Poulsen氏、日立中研の水谷巽氏も BCl_3 を用いたAIエッチング技術を、それぞれ独立に開発している。

3) 当時のチップ解析から、16k/64kDRAMからAIドライエッチング技術を用いたのは富士通のみであった。

4) IPC社が開発した、20Torr程度の高圧と真空チャックを用いた枚葉式エッチャーがインパクトを与えた。後に、枚葉式と真逆の考え方で、3次元化によりウェハ処理数を増やすことに成功したのが、Dan Maydan氏らが開発したアブライドマテリアルズ社の六角柱電極を用いた SiO_2 エッチャーである。

5) しかし、ウェハ上下反転保持は微細なパーティクルにはほとんど効果がなかった。

6) 阿部直道氏は、その後エッチング技術からレジスト技術開発に転じ、アダマンチル基を用いた ArF エキシマー用レジストを開発し、大河内賞を受賞している。

7) 同時期に他社ではポリイミド樹脂を用いた単極式静電チャックが開発されている。

8) ICパッケージのプラスチック化で行き場を失っていた富士通社内のセラミック部隊、なかでも玉川晃樹氏の貢献が大きい。その後静電チャック事業は新光電気工業に譲渡され、多くのエッチング装置に採用されている。他社では溶射セラミックを用いた静電チャックが開発され、セラミック多層基板を用いたものと双壁をなした。