

ドライエッチング装置

織田善次郎（元 日電アネルバ株式会社 社長）



1. 会社の時代背景

私が勤務していた日電アネルバ(株)の前身日電バリアン(株)がNECと米国バリアン社との合併会社として設立されたのは、今から丁度40年前の1967(昭42)年だった。真空機器と化学用分析機器を事業の2本柱として発足したが、業績は当初の計画通りに伸びず、毎年赤字を重ねていた。

その様な苦しい経営状況の中にあって真空機器部門の技術担当であった私は、当時先端技術産業として急成長してきた電子工業、就中半導体産業の中に真空機器の市場を見出すべく、乏しい予算と限られた技術者で以て、UHV技術をはじめ真空蒸着やスパッタリングによる成膜技術の研究開発を続けていた。しかしその頃の我国の半導体メーカーは米国メーカーからの技術導入が盛んで、それに伴って主要製造設備も実績のある米国製品の輸入が優先されて、国内メーカーが新規参入する余地は殆どなく、せいぜい実験装置の受注生産で辛抱する他はなかった。

2. 開発の動機

1972(昭47)年10月当社の大事な顧客から、IC製造のドライプロセス化を目指して、それに適したプラズマエッチング装置開発の打診を受けた。当時のSiウェーハのサイズはφ50mm、配線巾は4μm、やがて2.5μmになるだろうとの話であった。そして顧客の当面の利用目的はウェーハの裏面エッチングであった。当時はパターンエッチングの微細化よりも、公害問題がうるさくて、半導体工場ではウェットエッチングに使用した薬液の廃液処理を必要としないドライプロセス化による工場の無公害化が重要課題のようであった。

その頃ドライエッチの方法としてArイオンを固体表面に衝撃させるスパッタエッチング法は既に知られていた。しかしSiウェーハ上の種々の材料に対するエッチング速度の差はほとんどなく、また速度そのものも低くて、到底実用化の見込みはなかった。一方石英管内にウェーハを並べて、酸素を流してRF

放電プラズマを作り、発生する酸素イオンやラジカルの働きでフォトレジストを灰化剥離させる「プラズマアッシャー」が市販されていた。この反応ガスをフロンに変えてSiウェーハのエッチを試みた実験も発表されていたが、速度と均一性の面から微細加工には適していないと判断した。

3. 開発の経過と初期実験結果

日電バリアンではその前身であるNEC真空機器部時代からスパッタ技術を事業の柱として開発育成してきた。細川直吉君は入社以来麻蒔立男課長の下で同軸型マグネトロンスパッタや、当時学会発表された許りのRF2極スパッタ装置の研究開発に携わってきたので、この新しいテーマの研究に最も適任であると判断して、彼に担当して貰うことにした。社内ではエッチング方式についていろいろな意見があったが、彼はRF2極スパッタ方式に固執し、その延長線上で実験を進めることにした。

そこで彼はドライエッチに関して、その用途と要望を直接半導体メーカーの技術者達から聴取。その結果可能性のある応用プロセスとしては、レジスト剥離やウェーハの裏面エッチングの他に、AI配線の



図1 実験装置のチャンバー内部構造。RF平面電極の上に石英板を載せ、その上に各種材料の試片を置いて、30分間RF放電に曝す。エッチング速度は試片の重量減少から求めた。

形成、窓明け、素子分離等々微細加工への応用が極めて大きいことを知らされた。

1973年2月頃からRF 2極スパッタの実験装置を使っ
ての予備実験を手始めに、ガス分析計を付けた専用
実験機を準備し、松崎励作君を助手として本格的
な実験に着手した。当時入手出来た8種類のフロン
ガス(弗化塩化炭化水素ガス)を用意し、Siはじめ
SiO₂、7059ガラス、Al、Mo、ステンレス、フォトレ
ジスト(NMR)等7種類の試片をRF電極上に並べ
て、エッチング速度を1.3~1.5 W/cm²と云った低い
RFパワー密度の下に測定して、Arの場合(130~
170 Å/min)と比較した。その結果SiやAlに対し、10
~20倍のエッチング速度が得られ、またフロンにO₂
を20%程度混ぜると、Siのエッチング速度が無添加
の場合の2倍以上に増え、SiO₂やガラスでは逆に低
下する現象を発見した。

この方法は材料表面に対するイオンの物理的衝撃
効果とフロンが分解して生ずる活性ラジカルの化学
反応の相乗効果を利用するので、低い電力密度でも
速いエッチングが実現出来るのだと解釈した。しか
もガスを選択すれば、フォトレジストマスクに対す
るエッチング速度を下地材料より低く出来るので、
ICの微細加工にも利用出来るという見通しを得た。

この年の末頃から、この情報を聞きつけて、半導
体や電子部品メーカーの顧客から評価用サンプルテ
ストの依頼が舞い込む一方、実験装置の引き合いも
出てきた。後者はRF 2極スパッタ装置の一部を設計
変更して、ドライエッチ装置として対応した。また
サンプルテストの方ではガラス基板上にCrやSiを膜
付けしたICマスクや、NESA膜を蒸着したデジタル
ウォッチ用数字表示板のパターンエッチングはうま

く出来たが、Si系のパターンエッチングは未だ簡単
ではなかった。

この初期の実験結果を英文論文にまとめて、「RF
Sputter Etching...」との表題で1974年3月に京都で開
催された第6回国際真空学会(IVC)で発表した。そ
の後IBMで追試が行われ、この方式をエッチング機
構から見て「反応性イオンエッチング」(RIE)と名
付けて学会で紹介したようで、IC製造のための異方
性エッチングには最適な方法として世界中から注目
されるようになった。

4. 製品開発

RIEがICのパターンエッチングには最適なプロセ
ス技術になることが半導体業界で認められてきたの
で、会社としてはその製品化を進めることにした。
丁度その頃スパッタ技術グループでは、バリアン製
のSガン(スパッター源の商品名)で作ったAlスパッ
タ膜の白濁問題が起こり、このままではICの配線に
は使えないことが判った。急遽白濁の原因を究明し、
量産用Alスパッタ装置を独自に開発するため、1975
年の末細川君を元のスパッタグループに戻し、ドラ
イエッチ技術は新たに花沢国雄、鶴飼勝三、鴻巣峻
博の3君に引き継がせ、後に塚田勉君も加わった。

彼らはCCl₄を使って当時未解決であったAlエッチ
の再現性問題を解決、種々の材料に対する最適ガス
の模索、エッチング反応の終点検出法の開発等を行
い、製品化のための準備を進めた。かくして1978年
に100 mmウェーハ7枚を一度にバッチ処理出来る自
動型生産装置としてDEA-503を初めて発表した。

Sputtering gas		Etching rate
Symbol	chemical composition	
	A	124 Å/min
	C ₂ HCl ₃	330
R-14	CF ₄	900
R-11	CCl ₃ F	1670
R-12	CCl ₂ F ₂	2200
R-21	CHCl ₂ F	410
R-22	CHClF ₂	1430
R-112	(CCl ₂ F) ₂	1280
R-113	CCl ₂ FCClF ₂	2015
R-114B2	(CBrF ₂) ₂	1850

図2 種々のフロンガスによるSiエッチング速度(参考資料2の
Table 1より)
RFパワー密度 1.3 W/cm²、ガス圧力2 × 10⁻² Torr



図3 100 mm Siウェーハ向の最初の自動型生産装置DEA-503



図4 枚葉式マルチチャンバー型エッチャーDEA-3016

5. 超LSI共同研究組合との共同開発

1976年4月から4年間の予定で超LSI共同研究組合が発足した。このプロジェクトにおいてもRIE技術は微細加工の重要テーマとして取り上げられ、垂井所長、小宮第5研究室長の御指導の下に、φ100ウェーハ対応の枚葉式マルチチャンバ装置DEA-3016を共同開発した。それは中央にロードロック室があり、その周りに6個のプロセスチャンバーが配置されていて、ロードロック室からウェーハを1枚ずつ取り出してチャンバでエッチングして、元に戻すと云う構造で、当時としては世界に先駆けた画期的なコンセプトであった。それだけに当社の担当技術者達は大変苦労した。10年後にマルチチャンバ方式で特許係争が起こった時、このDEA-3016の存在が有力な公知例になったようである。

6. 大河内賞受賞

1979年（昭54）年3月、当社の平面電極型ドライエッチング装置の開発に対し、4名の技術者連名で大河内記念技術賞が授与された。日電バリアンがバリアン社との合弁契約を解消し、社名も日電アネルバ（ANELVA）に改称して、名実ともに自立して半導体装置メーカーとして躍進し始めた頃で、この受賞は全社員にとっても大きな励みになった。当時の記録によると、売上げ台数は実験機、生産機合わせて38台、関連特許出願15件、学術論文3篇を含め学会報告数多数となっている。



図5 大河内記念技術賞の賞状

7. 64K DRAM量産時代への対応

1980年代に入るとRIE技術は多数の半導体プロセス技術者の努力により2 μmルールの微細加工が可能となり、64K DRAMの量産ラインに採用されることになった。と同時に競合メーカーとの市場競争が次第に活発になってきた。当社は先に発表したDEA-503の改良、性能向上を図る一方、本格的なC-to-C全自動のバッチ処理型量産機ILD-4002を1981年4月に発表し、米国に先行した我国の64K DRAMの量産に寄与することが出来た。

当社もこの頃から漸く念願の売上100億円を達成し、スパッタ装置と合わせて実験装置の一品受注生産メーカーから、半導体製造装置メーカーへと脱皮し、超LSI全盛時代に対応して急成長を遂げることができた。

この原稿を書くに当たり、当時の技術担当であった細川、鵜飼の両君並びにキヤノンアネルバ(株)総務部の樋口マネージャーには、古い資料と写真を提供して頂いた。ここに厚く御礼申し上げる次第である。

参考資料

- 1) アネルバ30年の歩み（1967～1997）平成10年5月，アネルバ株式会社発行。
- 2) N. Hosokawa, R. Matsuzaki and T. Asamaki: RF Sputter Etching by Fluoro-Chloro-Hydrocarbon Gases, Proc. 6th International Vacuum Congress, Kyoto 1974, p.435-38.
- 3) 細川直吉：日経マイクロエレクトロニクス「時代を変えた発想」欄寄稿原稿（1994-5）他 私信。
- 4) 垂井康夫監修，SEAJ編：半導体立国日本，第5章，第7章，日刊工業新聞社（1991-11）