



研究グループ紹介

技術研究組合超先端電子技術開発機構 (ASET) プラズマ技術研究室

1. はじめに

ASET は電子産業の次々世代へ向けた基盤技術、特に負担が大きくリスクが高い技術に関する研究を促進するために、通商産業省の出資で新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) から委託を受け1996年2月に発足しました。半導体関連では当初6テーマが採用され、現在はリソグラフィ技術3テーマ (X線, EUV, 電子ビーム)、省エネルギー・省PFC (PerFluoro Compounds; 半導体製造で使用するCF系の地球温暖化ガス) 技術のテーマ、そしてプラズマエッチングをテーマにしたプラズマ技術研究室があります。

プラズマエッチングプロセス技術は、半導体製造の基盤技術として半導体産業の進歩を牽引してきましたが、その技術開発は実験を繰り返し経験的に行われてきました。しかし、加工寸法が100 nmを切るような時代 (～2005年) には従来のトライ＆エラーによる開発は行き詰まるであろうという危機感から、チップメーカーを中心としたプラズマプロセス研究者有志が集まり、本研究プロジェクトを企画、提案した経緯があります。提案では、プラズマエッチング機構の全体像を理解し、科学的な理解に基づいた見通しの良い技術とするための基盤技術として、計測技術、解析技術、およびプロセス・装置技術を研究することを本研究室の第一のミッションにしています。本稿では、当研究室の活動概要を紹介していきます。

2. 研究環境

ASET ではチップメーカー研究者が大学、装置メーカーの協力のもとで研究を推進しています。大学では優れた計測、解析技術が研究されていますが、反応性ガスを使用して実際にウェハを処理する生産装置を使つての研究は容易ではありません。また、チップメーカーでは、研究、計測用に専用の生産装置を確保し、実プロセスガスを使つて大学レベルの解析を行う技術ポテンシャルはなく、その余裕もありません。装置メーカーも同様の状況です。そこで、ASET では、実際のウェハプロセスに使うプラズマを解析するために、専用の装置を装置メーカーの協力を得て入手し、大学やメーカーなどが単独ではできなかった研究環境を実現しています。

プラズマ技術研究室のある ASET 横浜研究センターは、横浜市戸塚区の日立生産技術研究所敷地内にオフィスと実験室を借用して運営されています。プラズマ研の他に現在は環境エッチング技術研究室および環境プロセス技術研究室の2つの研究

室があります。また、すぐ隣には ASET と同時期に設立された(株)半導体先端テクノロジーズ (Selete) があり、300 mm ウェハに対応したプロセス装置技術の評価、次世代基盤技術の開発が進められています。ASET は Selete と同じフロアのクリーンルームを使用していますが、その管理運営などでお世話になっています。実験室であるクリーンルームは、ダウンフロー型のクラス1であり、約200 m²のスペースに、現在はエッチング装置3台とXPS, IR-LAS, LIF, FT-IR-RAS/ATR, SEM がところ狭しと詰め込まれています。

研究者は、チップメーカー11社 (富士通, 日立, 松下, 三菱, NEC, 沖, 三洋, シャープ, ソニー, TI, 東芝) から現在15名が出向してきています。今まで延べ26人がプラズマ研に携わってきました。その多くが20歳代から30歳代の中堅プロセス技術者です。ASET に来てから初めてプラズマを扱い始める人もいて、皆で勉強、議論しながら研究を進めています。ライバルのチップメーカーの研究者が和気あいあい、自由闊達に、最高の研究設備を使用して研究を進められる非常に恵まれた研究環境と言えます。年に2回程度、湘南や箱根で合宿を行い、研究計画や内容の議論を集中的に行うとともに、研究者間の交流を図っています。合宿では、技術課題から研究目標、半導体産業の将来、夢等々深夜まで議論はつきません。このように、プラズマ研は元気の良い若手研究者が多く、とても活気のあるグループです。なお、大学からは名古屋大学、東京大学、慶応大学、京都大学、九州大学にご指導ご協力をいただいております。装置メーカーでは、東京エレクトロン、日本真空、アネルバ、日立製作所にご協力をいただいております。

3. 研究内容と目標

プラズマ研の研究対象は、フルオロカーボン (Fluorocarbon; C_xF_y) プラズマによるシリコン酸化膜 (SiO₂) のエッチングです。SiO₂ は、LSI を構成する基本的な絶縁膜として多用され、加工寸法の微細化とともに、常に高いエッチング性能が要求されてきました。しかし、多くの技術的な課題を抱え、最も基本的で最も難しい技術であると考えられています。それは、まずフルオロカーボンラジカルの生成、反応過程が複雑であり、計測やモデリングが容易ではないことがあげられます。また、実際のエッチングではサブミクロン寸法のコンタクト (contact) ホールやヴィア (via) ホールの底でエッチング反応が進行しますが、その反応はウェハの表面とは随分と異なったものになっ

corresponding author's e-mail: sekine@yrc.aset.or.jp

ています。このように、どのチップメーカーにとっても重要な技術で、成果のインパクトが大きいこのテーマが選ばれました。100 nm 未満のエッチングプロセス・装置技術の開発に活用される基盤的ないわゆる pre-competitive な領域の研究と位置づけることで、企業の壁を越えた協力が実現しました。

図 1 に ASET の研究計画のマイルストーンを示します。従来の経験的な開発アプローチでは装置パラメータや外部パラメータ（ガス種・圧力・流量、RF 電力・周波数等）に対するエッチング特性（エッチング速度、均一性、選択比等）を評価し、この繰り返しによりプロセス構築や装置開発を進めました。しかし、本来その間には、プラズマの生成（物理・化学特性、活性種生成）、ウェハへの入射活性種（壁との相互作用、輸送）ホールや溝の構造を持つウェハ面での反応過程があり、これらの結果としてエッチング特性があるわけです。したがって、真にエッチングを制御し、再現性、制御性ある技術開発をするためには、これら全体のメカニズムを科学的に理解した上で、鍵となるパラメータを制御する技術確立する必要があります。そのためにプラズマ生成からホール内エッチング反応までを順に 5 年間で追求していく計画を立てました。

まもなく 4 年目を終了し、気相からウェハ表面へ供給される活性種フラックスの特定、それにより誘起される表面反応のモデル化を行い、さらに、ホール底の表面観察、微細ホール内を輸送される活性種、イオンの解析を進めている段階です。さらに、今までの実験結果を取り込んだシミュレーションにより、 SiO_2 エッチング機構の全体像をもう少しで示すことができると考えています。最終年度は、これに加え今までの成果をまとめて、高性能プロセス、それを実現するプラズマ装置、モニタ、モデリング技術を提案する予定です。

以上に紹介した研究活動の結果は適宜学会へ投稿して発表してきました。また、年に 4 回程度の ASET プラズマ技術研究会を開催し、研究内容の報告と議論をするとともに、研究の進め方についての意見を伺い、計画に反映させるなどの活動をしています。さらに、ASET ではプラズマプロセス関連の学術講演会を協賛するなど、関連する学会の支援を積極的に行っています。2000 年 2 月には、アメリカ真空学会 (AVS) のプラズマ

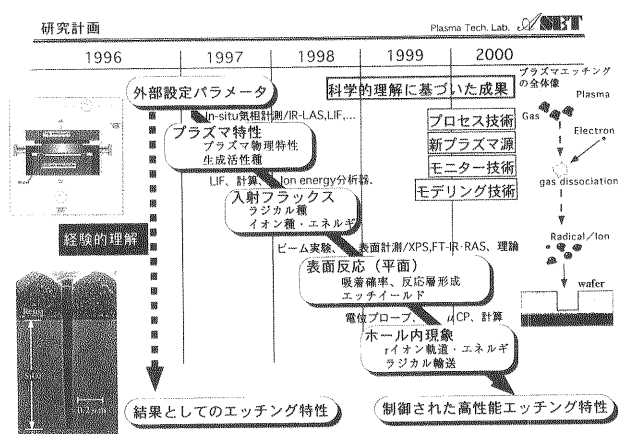


図 1 ASET プラズマ技術研究室の研究計画

プロセスワークショップを米国プラズマエッチングユーザズグループ (PEUG) と主催しました。世界のプラズマプロセス研究コミュニティに貢献し、国際的にも活動を広げようとしています。なお、まとめとしての最終成果報告会を来年に欧州あるいは米国などで行うことも検討しています。

4. おわりに

ASET プラズマ研の活動もあと 1 年を残すのみとなりました。最近は今までの計測や解析の成果を活用することで研究が収束へ向かって一段と加速されてきています。エッチングプロセス研究の関係者にとっては画期的であるこのプロジェクトが、多くの成果を達成し、将来の新技術へいろいろな波及効果を及ぼし、10年後ぐらいに振り返って価値のあるプロジェクトであったと思われるように、がんばっていきたくて考えています。そのためにも関係官庁、大学、装置メーカーそしてチップメーカーの今までの協力を感謝するとともに、研究終了へ向けて一層の援助をお願いしたいと思います。また、プラズマ研 OB が出向元へ戻り、プラズマプロセス技術のリーダーとして活躍し、日本の半導体産業の復興と世界への貢献をしてくれることを確信しています。（文責：関根 誠）



図 2 2000年初出勤の横浜研究センターメンバー