

大見忠弘

(東北大学未来情報産業研究館長、教授)

ウルトラクリーンテクノロジーの創設



半導体製造はノウハウの塊であって、農業のようであるといわれていたが、大見は原理原則に則って学問的に検討し、歩留まり100%を可能とするウルトラクリーンテクノロジーという技術を創設した。その考えを現在も広く押し進め、半導体産業に飛躍的な革新をもたらしつつある。

文学少年から電子工学の世界へ

大見忠弘は1939年、東京で生まれた。太平洋戦争末期の昭和20年、疎開先の愛知県海部郡の小学校に入学するが、終戦とともに東京東十条の自宅に戻り、そこで育った。小学校、中学校のころは、体格は大きいほうではなく小説や演劇に興味を持つ文学少年であった。東京都立城北高校に進んだころ、体格は現在とほぼ同じ程の堂々たる体躯になっており、そのためあって運動に興味が増し、柔道部に入部し、初段を得て、東京都の大会で活躍した。

将来の進路については、これからの日本は工業化で豊かになるしか道はないのではないかと思うようになり、自分自身も理工系の大学に進みたいと考えた。当時、大学に進む者は高校の中でもごく限られた者だけであり、家計も余裕のある状況ではなかった。しかし、一旦こうしようと意志を固めたら、何としてもそれを貫徹するのが大見である。その性分はそのころから既に伺えたのであるが、ここでも遺憾なく発揮され、強い意志と執念でもって両親の説得に成功した。説得したからには失敗は許されないと大見は強く感じ、必死の頑張りを受験勉強に取り組み、1957年、東京工業大学に進むこととなる。

東京工業大学は、他の大学と異なり、休養学部とも揶揄されたごとく教養課程というものがなく、一年生のときから専門の講義をどんどん受けさせる。大見は高校との大きな違いや専門

の講義に対して、いささかの新鮮味は覚えたものの、入学して三年間は全く受け身であった。毎日大学に行き、柔道の練習をしながら、講義を受けるという学生生活を送っていた。四年生になって、これからの進路を決める必要があったが、大見は工学分野に身を置くとして、できることなら世界的な技術開発に挑戦したい、そのためには大学学部卒業では無理であろう、ぜひ博士課程を終えるところまで大学で研鑽を積みたいと考えていた。卒業研究のテーマを何にするかについては、マイクロ波電子管が専門の西巻正郎教授の研究室に入り、指導を受けることとした。

研究室に入って卒業研究が始まった。と同時に、研究室関連の研究会に参加することとなった。その中で大見に大きく影響する研究会があった。マイクロ波輪講会である。この輪講会のメンバーには、西巻正郎教授、末武国弘助教授(後に教授)、川村光男助手(後に教授)、末松安晴氏(後に教授)、古川静二郎氏(後に教授、逝去)、内藤善之氏(後に教授)、服部健雄氏(後に武蔵工業大学教授)、後藤尚久氏(後に教授)、稲垣直樹氏(後に名古屋工業大学教授)、池上徹彦氏(後に会津大学学長)、伊賀健一氏(後に教授)という錚々たる人たちが集まっていた。毎週、教授学生の区別なく、新しい研究に関する討論に参加することとなり、大見の大学生活が一変することとなったのである。それまで、自分自身の能力にいささかの自負を持っていた大見は、大学に身を置いていれば、いずれ世界的な技術開発に貢献できる成果を挙げられると考えていた。ところが、マイクロ波輪講会において、錚々たる研究者が一心不乱に研究に没頭し、研鑽を積んでいる姿に接し、このままでは駄目だ、何としても自らを磨く努力をしなければ、先輩に付いていくことさえ覚束ないと認識するに至り、それまで続けてきた柔道も止め、研究生活に没入することとなった。

半導体デバイスに強く惹かれる

酒井善雄教授の半導体についての講義は、大見にとって、学部時代のもう一つの強烈な出会いとなった。1947年から48年にかけて米国ベル研究所のプラッテン、パーディーン、ショックレイによるトランジスタ増幅作用が発見されていた。1958年テキサスインスツルメンツ社のキルビーはICの特許を出願していたが、トランジスタはまだ歩留まりが極めて低く、電子部品として広く用いられる状況ではなかったため、ラジオをはじめほとんどすべての電子回路装置には真空管が用いられていた。唯一の例外は、ソニーの携帯用トランジスタラジオで、ソニーは1955年に日本で初めてトランジスタの試作に成功し、同年、日本初の携帯用トランジスタラジオを発売した。酒井教授の講義を聞きながら、大見はこの技術は将来大きく飛躍し、大きな産業に発展するのではないかと強く感じていた。その後、大見自身その世界へ飛び込み、大きな影響を与えることとなる。

大見は、西巻教授の下、大学学部の卒業研究、修士課程、博士課程を通して、高密度プ

ラズマから放出される電磁波について、その実験計測と理論解明を行ない、博士論文を提出することができた。この研究の中で大見が得た結論は、放電プラズマは境界条件を制御することが極めて困難であり、その場その場で状況が異なり、再現性を実現することは難しいということであった。大見は、これ以上このテーマを追究することに限界を感じていた。

1966年、大学院博士課程を修了した大見は、西巻研究室の助手となる。研究者としての道を進み始め、新しい研究テーマに取り組むこととなった。大見が選んだ研究テーマは半導体ガンダイオードの研究であった。1963年、IBMのJB・ガンがヒ化ガリウムという化合物半導体を用いてマイクロ波領域の高い周波数を発生させるガンダイオードを発明していた。電磁波の発生メカニズムを研究していた大見にとって、固体材料である半導体から高い周波数の電波が発生させられるという現象は特に強い関心を引くところであった。大見は、その動作メカニズムの解明と新しい応用の可能性について深く研究したいと考えるに至った。ただ、この研究テーマの選択は当時の西巻研究室では少し異常であった。というのは、当時、研究室はおろか東京工業大学学内で半導体に関して師事すべき先生がいなかったのである。そのような状況の中でも、敢えてこの半導体電子デバイスの研究を始めるという点に、ここにもまた、大見のこれと決めたら何が何でもやり抜くという強い意志と姿勢を窺い知ることができる。師事する先生がいようがいまいが、独力でもやり抜くだけのこと。本人にはしごく当然のことであった。

かくして全く独力でガンダイオードの研究を始めたわけであるが、研究室には実験装置は何もなかった。試料を作るにも原材料のヒ化ガリウムを切り出し、研磨するところから、真空蒸着装置を用いて電極を付けてようやくできあがりという工程をすべて一人で行った。ヒ化ガリウムという材料は、これに電圧を加えていくとそれに比例して電流が流れるが、ある値以上の電圧を加えていくと電流が徐々に減少してくる、いわゆる負性抵抗領域を持つことが知られていた。IBMのガンは、この負性抵抗領域の適当な電圧を印加すると10ギガヘルツを越すマイクロ波が発生することを発見した。これはガン効果と命名され、そのデバイスはガンダイオードと呼ばれるようになった。その動作メカニズムは、こうだ。ヒ化ガリウムはエネルギー状態によって電子速度の大きい状態と、速度の小さい状態がある。電圧を加えると最初は電子速度の大きい電子が寄与するが、さらに電圧を大きくしていくと、電子速度の小さい電子も電流に寄与するようになる。結果的に電子の平均速度が遅くなり、いわゆる負性抵抗が生じる。このような状況の適当な電圧の下では、電子の空間分布は一様ではなくなり、電子密度の大きい層と電子密度が欠乏した層が隣接する薄い層ができる。この層が対抗電極に向かって走行しては消滅するという、周期的な生成消滅を繰り返すこととなり、この繰り返しが数10ギガヘルツのマイクロ波を発生させるのである。

大見は発表されているガンダイオードの動作メカニズムに基づいて、限界周波数はどこま

でなのかを検証し、かつそれを実験的事実を含めて考察した。その結果、ガンダイオードの限界周波数は予想されていたものよりはるかに大きいこと、そしてそれは電子の集団運動に新しい現象が起こりうることによるものであるとの提案を行うに至った。これらの結果は1970年の半導体物理国際会議の論文として採択され、大見はボストンのマサチューセッツ工科大学(MIT)で講演を行った。この国際会議での発表したことと米国、ヨーロッパ各地の研究機関への訪問を通じて、大見は半導体分野で研究者としてやっていけるという自信を得て帰国した。

1960年代後半、東工大も学園紛争の渦中にあり、本人の意思に反して大見もまたその波に巻き込まれた。これが結果的には東工大を去る決意を固めさせた。これまでの研究活動を通して、東北大学の西澤潤一教授と面識があった。西澤教授の主催する半導体専門講習会に呼ばれ、大見はその研究成果について何度となく講演し、西澤をはじめとする研究者たちと討論を交わしていた。この縁で、1972年、東北大学の西澤研究室に助手として移ることとなる。大見33歳であった。

半導体のメッカである東北大学へ

東北大学へ行き、西澤教授の研究の進め方、そこでの研究設備に、大見はこれまでとは全く異なる感じを受けた。西澤は大学の研究室とは別に、財団法人半導体研究振興会の半導体研究所(半研)所長を務めていた。西澤の下では、この半研で半導体材料からデバイスまで一貫して試作が可能であるという、当時の大学環境としては唯一の研究環境を誇っていた。西澤の考え方は、新しい研究を行うに当たって既存の設備を使っているのは駄目であり、新しい研究のために必要な性能を有する設備は、すべて自ら設計して、自ら製作すべきであり、そこで初めて新しい研究に取り組むことが肝要であるとの考え方であった。そして、そのとおり実践しており、半導体研究のためのガス供給システム、単結晶育成装置、熱酸化及び不純物添加、アニール用電気炉など多くの装置を自作していた。

当時の大学では、半導体製造装置は高価でありすべてを購入することは予算的にも困難であったが、そのためにというよりは、新しい研究のために、試作するデバイスにできるだけ不純物を持ち込まないようにする必要があった。それらは市販の装置にはない多くの工夫と改善を盛り込んだ創造的な装置であり、それぞれ世界で一台しかないユニークな装置であった。そしてこれらの装置を駆使して、蒸気圧制御による化合物半導体製造方法の確立を行い、赤色発光ダイオードの事業化に大きく貢献した。また、静電誘導トランジスタ(Static Induction Transistor(SIT))を発明し、東海道新幹線の車両制御サイリスタの実用化など、多くの世界初の業績を挙げている。

大見はこの研究の進め方を体験して、大学の研究はこのようであればならないと強く実

感し、率先して研究設備の改善に貢献した。そして、同時にガリウム砒素の研究やSITパワーデバイス、シリコン集積回路の研究を行った。

西澤研究室での研究を行なう中で、1976年37才で助教授に昇進したが、1980年代に入り40才を過ぎて、大見の頭の中でいくつかの問題意識が湧き上がってくるようになった。一つはこれまで自分のやってきた研究が多くの論文にはなったが、実用になったものがないということであった。基礎研究の後、実用化には時間の掛かることは承知していたけれども、もっと社会にインパクトを与える研究をする必要があると強く感じた。二つ目は、研究室の設備は世界で一つしかないユニークな設備であり、研究のための一個のデバイスの試作や評価にはこれでよいのだが、半導体として量産するには再現性や歩留まりの問題を解決しない限り、社会の役に立たないと強く感じた。三つ目は、半導体デバイスの工程数は数百を超えるのが通常であり、その工程の一つの性能が悪ければ、試作デバイスは失敗となる。工程を支える高純度ガス供給系、高純度薬品供給系、超純水供給系など、これらのたとえ一つでも問題があると、試作デバイスは所望のものは得られないということを実感したことである。すなわち、製品性能は自分の得意な技術分野で決するのではなく、自分が不得手なもっとも劣悪な技術で決するのである。不得手な技術分野を一つでも残してはならないのである。そのためにはどうするか、それは、大見自身が自ら考えてきたクリーンルームを含む全く新しい半導体製造のトータルシステムを創出するしかないということであった。

1981年、大見の思いは学内の御子柴宣夫教授を動かすこととなり、御子柴を委員長として超微細電子回路実験施設計画が立案された。大見は新規クリーンルーム立案の実行委員長となり、1984年に250 m²のミニクリーンルームが既設の建物内に完成した。これにより、クリーンルームの内部でいかなる問題がどのようにして起こるのかを解明するための再現性十分なデータを取れる段階にきたのであった。

世界初のスーパークリーンルームの完成

1984年に完成したミニクリーンルームは、再現性豊かなデータを取得するには十分であったが、使える費用も限られていたため、超純水供給系にしる、窒素ガス供給系にしても、未だ従来の技術がほとんどで理想のクリーンルームには程遠かった。

大見の考えてきたクリーンルームはすべてがクリーンでなければならず、結果に影響を与えるすべてのパラメータが狙い澄ました所定の値に何時でも制御されていなければならなかった。しかし、当時のクリーンルームは、単にクリーンルーム中の空気中の粒子が1立方フィートの中に計測できる大きさのもの(0.5ミクロン粒径以上)で100個以下であるとか、10個以下であるとかそれだけが保証された空間であった。クリーンルームの内壁からは半導体に有害な有機物分子が大量に放出されるし、高純度ガスボンベ、高純度液化ガスタンクや高純度

液化ガス輸送用のタンクローリ内の表面は、まさに石垣のような凸凹、割れ目だらけの表面で、ゴミをはじめ、ありとあらゆる不純物がまさに大量に吸着していた。バルブや圧力調整器のような内部に可動部を有する部品では、接ガス部に金属同士の摺動部が存在し、高純度配管系施工においては曲り部の構成をステンレス管を曲げ加工器で 90 度に折り曲げて接続していた。もともと直管であったステンレス管を 90 度に折り曲げるのであるから、組成変形が起こって内表面に無数のクラックが入り、0.1~0.5 ミクロン粒径のゴミが大量に発生し、表面に吸着していた。配管系を叩いたり、ガスの流量を急激に変化させれば、ガス中にゴミが大量に混入するのは当然であった。さらに、施工完了後の高純度ガス配管系内表面には、大気中から数十分子層の水分が吸着しており、その結果、本来水分を含まない完全にドライな状況で酸化させる必要のあるシリコンの熱酸化工程においても、量の特定できない水分が混入し、シリコンの酸化膜の膜質と膜厚に大きな変動を与えることが容易に予測され、事実そういう状況であった。また、高純度ガス配管系に、例えば塩化水素ガスのような腐食性のガスを流すと、ガス配管表面の水分と反応して塩酸となり、それがステンレス表面を腐食させ、シリコンの半導体プロセスには絶対持ち込んではいけないとされる鉄、ニッケル、クロムなどの重金属不純物を持ち込むこととなり、半導体製造工程の歩留まりを向上させることは絶望的であることが認識された。そのような状態であったため、半導体工場で歩留まりが 100%というのは絶対ありえないと、あまたの企業の技術者が公言していたが、大見はこれらすべての問題を解決すれば、半導体プロセスといえども自然科学の法則に則って行われているのであるから、歩留まり 100%は実現できるのだ、他にやる者がいないのであれば自分がやってやろう、そういう気持ちで更なる新しい理想のクリーンルームの実現に動き出したのが 1984 年であった。

大見が企画したクリーンルームは、前述したような従来の課題をすべて克服する新しい部品、材料、表面処理、施工技術を開発し結集する、これまでも世界で例のない全く新しい、理想的なものでまさにスーパークリーンルームと呼ぶに相応しいものであった。しかしながら、この構想はスタートから困難を伴うものであった。東北大学の施設担当からは、実験施設であるから予算規模は 4 億 3 千万円以下という制約条件がついた。新企画のスーパークリーンルームは温度、湿度制御、クリーン化のためのフィルター、グレーティング床材、床構造、壁内装材、新鮮空気の入力方法、さらには高純度ガス配管系、超純水供給系、高純度薬品供給系、シリンダキャビネット系などなど、すべての項目でこれまでの既製の方法ではなく、新しい方法を採用した。理想のスーパークリーンファシリティ実現を目指して、大見が指導して各社に開発させた新しい部品、材料、表面処理、施工技術はほとんど寄付で納入させても、LSI の設計・製造・検査が行えるスーパークリーンルームの建設費用だけで 10 億円を超えるものとなった。

これに対し、大見は世界に類のない、全く新しいスーパークリーンルームを創設するため

にはこれ以外の方法はないことを、一貫して粘り強く説明した。こうして、東北大学施設担当、文部省、大蔵省の理解を得ることができ、1984年12月に本予算でスーパークリーンルーム建設が決定され、1985年3月に着工した。第二次世界大戦後、外地から引き揚げてきた多くの人々を国は率先して雇用した。1985年は、その人たちが停年退職する年に当たり、退職金手当のため財政が硬直化し、ほとんど新規事業の予算が組めないという状況下での決定であった。責任の重さを大見は痛感していた。

設計・施工に当たって、大見の考え方に基づいた新たな技術が随所に盛り込まれることとなる。建屋は鹿島建設、核となるスーパークリーンルームは日立製作所と日立プラント、ガス供給系は大同酸素、超純水供給系は野村マイクロサイエンス、超高純度薬液供給系は三菱化学エンジニアリングの分担となったが、大見は、各社の担当者、作業員にあるべき理想のスーパークリーンルーム技術の内容を指導し続けた。そのため当初の予算を大幅に超過することとなり、各社とも大見の指導により新しい技術の創出と今後の市場展開に期待を抱きながらも、その予算超過額のあまりの多さに、施工実施の辞退を本気で検討する企業が出てきた。これに対し、大見はあるべき理想の姿に近い技術体系をつくらない限り、本物の半導体産業の創出はありえないということを粘り強く説明し、企業のトップの理解を得ることでこの難関を乗り越えていった。“圧倒的に優位差のある本物の新技術創出に必要な赤字は絢爛と出せ、先行投資となって必ず戻って来る。必要な資金を出し惜しんで出た赤字は文字通りの赤字になる”が当時の大見の口癖であった。

スーパークリーンルームの具体的な新しい内容に少し触れると、当時のスーパークリーンルームの運転電力費用はまさに膨大であった。しかも、何にどれだけの電力が使われているのか誰も知らないという状況であった。“大学の創る施設・技術は企業の手本になるべきものである”が、大見の一貫した主張である。スーパークリーンルームの運転電力は、外気を取り込んで所定の温度、湿度に制御する空調電力と、超微細のゴミを除去するウルパフィルタを介してクリーンな空気をクリーンルーム内に循環させる空気循環電力とからなる。運転電力を減少させる道は、二つしかない。その一つは、スーパークリーンルームに取り込む外気・新鮮空気の量を減らすことと、循環するクリーンな空気の圧力ドロップを減少させることであった。取り込む外気・新鮮空気の量は不用意には減らせない。スーパークリーンルームの空気の圧力は、常に外気すなわち外の空気の圧力より高くしておかなければならないからである。そうしておかないと、スーパークリーンルームの扉を開けたり、あるいはわずかな隙間があったりすると、たちまちゴミだらけの外の空気がスーパークリーンルーム内部に流れ込むからである。

スーパークリーンルーム内の圧力を外気の圧力より高く保ちながら、新鮮空気の取り込み量を減少させる道は一つしかない。当時、雑排気、熱排気、シリンダキャビネット排気、クリー

ンドラフト排気等々と称して、スーパークリーンルーム内の空気は大量に外に捨てられていた。スーパークリーンルームから排出される空気量より取り込む新鮮空気量を多くしなければ、スーパークリーンルーム内は外気に対して正圧にならない。クリーンな空気の排出量を激減させるために、大見はスーパークリーンルームの密閉度を徹底的に向上させるとともに、不要なクリーンな空気の排出を削減した。外部リークが全くない高純度ガス供給技術の創出によるシリンダキャビネット排気の廃止、モータ等の回転機類の冷却をすべて空冷から水冷に変えることによる雑排気の激減、高温の薬液ベッセル上に水平のエアカーテンを導入することによるクリーンドラフト排気の1/3以下への低減等々の新技術を導入して、当時1 m²のスーパークリーンスペース当り毎分取り込まれていた新鮮空気が2 m³(米国では5 m³)程度であったものを0.5 m³まで低減することに成功した。天井面に設置されたウルパフィルタからのクリーンエアの吹き出し風速は、例え防塵衣を着用しても平均して毎分10万個程度も人間から発散されるゴミ・粒子が、シリコンウェーハ表面に付着しないよう、0.4m/秒に設定した。流すクリーンエアの量はこうしたことから決定する。クリーンエア循環に必要な電力消費量は、クリーンエア量と循環圧力ドロップの溝で決まる。徹底的な圧力ドロップ低減のため、ウルパフィルタの低圧損化(25mmAq → 8 mmAq:1000 mmAq が1気圧)とクリーンエア循環圧力損失0.5mmAq以下(通常20~30mmAq)を実現した。

さらに、研究装置・設備の稼動状況に応じて、クリーンエアの供給量を調節する機能を取り付けることによって、スーパークリーンルームの運転に消費される電力代を当時の産業界のスーパークリーンルームに比べて五分の一に削減することを実現した。クリーンルームでは大量の窒素ガスを使用するが、液体窒素タンク、液体窒素輸送用タンクローリ、ガスボンベ、ガスをクリーンルームに供給するガス配管系について、ゴミや各種不純物を低減するため、これまでやられてこなかったことであるが、内表面を平坦化するためすべて電解研磨することで実現した。これは大見のこれまでの経験に基づくものであった。というのも、クリーンルームの中をいくらきれいにしても、外から供給される窒素や酸素その他の半導体製造に必要なガス供給系に問題があった。ガス供給系の内表面に無数の凹凸が存在しており、何時までたっても内表面からゴミや水分子が出てくる状態が解決されず、とてもスーパークリーンな状態とはいえなかった。この電解研磨の表面の採用により、シリコン酸化膜をはじめとする半導体膜質の性能改善は著しいものがあった。

これらを含む多くの新技術を備えた本格的なスーパークリーンルームは1987年3月に完成し、大見が予想した通りの新しい驚異的なデータを続々と出すこととなった。1987年5月、大見はスーパークリーンルームで出たデータを論文にまとめ、米国電気化学協会のULS(Ultra Large Scale Integration)のシンポジウムで3件の発表を行ったところ、米国内で大きな反響があった。菅野洋一は、講演の後でインテル社の若い技術者が大見のところに立ち寄り、

大変感銘深い講演であったというコメントを残していったのを今でもはっきり記憶していると語る。菅野(当時本山製作所、現株式会社ハムレット・モトヤマ・ジャパン代表取締役)は、大見の要請で高純度ガス供給系の要の部品であるバルブの完全無発塵化を具現化し、外部リークを完全になくすと共にガス停溜部を極小化するダイヤフラムバルブの実用化を成功させた人物で、このとき大見に同行していた。この会議の後、大見は一日だけサンタクララに寄り、インテルの技術者に新技術の内容の一端を披露した。この一件が、大見のインテル社への技術指導の始まりであった。

世界のインテルへ技術提供

大見が米国でスーパークリーンルームに関する3件の発表を行ってからひと月も経たない1987年6月12日、インテル社の技術責任者であるマイク・スプリンター(後にインテル副社長、現アプライドマテリアルズ社社長)を含む6人のメンバー(ブルース・ラインシグ、リッチ・ポリアック等)が仙台にある東北大学のスーパークリーンルームの見学に来た。この訪問の予定は、マイク・スプリンターからの手紙の要請で3月に決まっていた。スーパークリーンルームは国立大学の研究施設であったから、国内の民間の半導体各社の見学は自由に受け入れていたが、国外からの見学者の来訪は一部に限られていただけに、米国の半導体トップ企業の来訪は極めて異例のものというべきであった。丸一日に及ぶ討論、施設の見学、そして夕食の後、マイク・スプリンターから“今、インテルに新しいプラント建設の計画がある、その技術指導を頼めないか”との要請が大見になされた。“半導体技術は典型的な混合技術である。教えたことを、つまみ食いせず全部やるなら引き受ける”が大見の答えであった。マイク・スプリンターたちは、その役割として、大見が創り上げてきたウルトラクリーンテクノロジーが本物であるか否かの判断を託されていたのである。

インテル社の技術者が、スーパークリーンルームを見学して帰った4カ月後の10月6日、インテル社から半導体クリーンルームの基本設計が終了したので、大見に指導のため、インテル社に来てほしいとの招請状が来た。大見はスーパークリーンルームが完成して、多くの実験が目白押しになっていることや大学での講義もあり、受けるべきか否かについて一瞬の躊躇はあったが、この依頼を受けることを決断した。文部省、通産省にも本件について連絡したが、日米半導体摩擦の真っ只中で苦勞していた当時の通産省の本田幸雄機械情報産業局電子機器課長から、「是非とも米国半導体業界の生産能力を高めて日米半導体摩擦の厳しさを緩和してほしい」と強く要請された。かくして、10月27日から一週間強の日程のやりくりをつけインテル社の指導に赴いた。

スーパークリーンルーム施設は、まさに膨大な技術分野から成り立っていることから、指導を効率的に行うため、大見は3人の若い研究者をスタッフとして同行させ、どんな質問があっ

ても即座にデータを見せられるよう、関連する資料として段ボール8個を携えてサンタクララに出かけた。

大見の米国での研究発表から、わずか半年後にインテル社が次世代半導体クリーンルームの指導を要請してきた背景にはいくつかの理由があった。半導体トランジスタが多数集合した、メモリーやマイクロプロセッサなどの大規模集積回路(LSI)はもともと米国で開発され、設計、製造されてきた。ところが1980年代になって日本の総合電気メーカ各社が、汎用性の高いダイナミックRAMメモリーの高集積化に成功し、全世界に供給し始め、世界のシェアのトップを占めるようになった。半導体製造は数百を越える沢山の製造プロセスを経てくるために、どのプロセスの、どの条件が、半導体の特性や歩留まりに影響するかということを明確にすることは大変難しく、半導体の製造はあたかも農業と同じようなものであると当時言われていた。

日本の技術者は、これらの多くのプロセス項目と製品特性及び歩留まりの膨大なデータを仔細に蓄積することにより、製造ノウハウを確立し、世界に類を見ない高い半導体製造歩留まりと製品の高い信頼性を確立し、世界シェアのトップに躍り出た。他方、米国ではLSIの設計には多くの知が投入されていたが、半導体製造プロセスに関しては技術者の関心が薄く、クリーンルームの進歩も停滞していた。その結果として、米国の半導体の製品歩留まりは数十%の低いレベルに止まり、特にその信頼性の低さから苦境に立っていた。このような状況でインテル社が大見のこれまでにない新しいスーパークリーンルーム技術に飛びついたのは当然のことであった。

大見のインテルでの技術指導は、インテル社のプロジェクトメンバーである20名の技術者のスーパークリーンルームの基本設計の説明を受けながら、その設計の考え方の誤りなどを逐一データを見せながら指摘することから始まった。新たに建設するプラントをインテルがどの世代まで使用し、何年間使用する予定であるかなどの基本仕様の確認が真っ先になされたことは言うまでもない。“指導する内容を全部実施するのであれば結果に責任を持つ”というのが大見の主張であった。建屋構造、空調空気循環方式、電力供給系、モニタ・制御系、超純水供給系、超高純度薬液供給系、超高純度ガス供給系、地震対策等々に関するプロジェクトメンバーの設計結果の説明を聞きながら、誤っている点を指摘した。まず考え方を説明し、その考え方に基づく新しい方式、構造等を説明し、最後に実験結果を提示するという順序で指導を進めた。その度に、まさにありとあらゆる意地の悪い質問が大見に集中した。大見は、質問事項に対する基本的な考え方をまず説明し、その根拠となる実験データを提示するという対応を変えなかった。前者の質問とは相関関係の全くない質問が次々と矢のように飛んでくるのであるから、OHP(Over Head Projector)シートを瞬時に提示する役目の若い同行者の緊張感も並大抵ではなかった。

ところが3日目の午後になって、大見はインテルのプロジェクトの技術者の態度が急変した

と実感した。それまでは、日本の大学の教授など何するものぞ、自分たちの方が専門家であるとの自負が強かったのであろう彼らであったが、何を質問しても論理的かつ系統的に整然と説明を続ける大見の対応に、この技術は本物である、自分たちもこれを完全に習得してインテルの中で活用してみたいと感じたのが、プロジェクトメンバー全員が積極的に大見の話に身を乗り出し、本当に教わろうとする姿勢に一変したのである。指導の概略を終えた6日目には、インテルの技術者は大見の指導するスーパークリーンルームを作れば、これまで半導体産業が経験したことのない、製造の最初から最後の段階まで半導体製造歩留まり100%というとんでもないことが実現されるかもしれないと本気で思うようになっていた。

大見はこのスーパークリーンルーム実現のためには、これまでとは異なる新しい材料、部品、表面処理、施工技術、機器等を採用しなければならないため、予定している予算では実現できないことを経理担当のクレイグ・バレット副社長(後に社長)に説明し、少なくとも計画中の130億円の予算は2倍の260億円を必要とする、そうしなければ折角の投資が無駄になると言った。インテル側もこの説明に即座に対応し、ムーア会長からスーパークリーンルーム構築の見積もり再調査命令が出され、11月末から調査団を日本に派遣した。このとき、この調査団は、大見の技術指導をもとに修正された新しい設計図を持参しており、東北大学で再度の入念な検討が行われた。調査団の報告を受けたゴードン・ムーア会長が予算の50%増を決断したのは12月末であった。このような経過を経て、1988年1月からサンタクララのインテル新工場の建設は開始されたのである。1989年8月には半導体製造装置の据付も完了し、9月中旬から最初の半導体製造が始まった。この直後の10月始め、サンフランシスコ大地震の直撃を受けた。このとき、全員が緊急避難扉を開けて外部に避難したことから、スーパークリーンルーム内が大気に曝されたにもかかわらず、予定より三日遅れただけで製品は仕上り、その製品歩留まりは80%を超えるという従来では信じられない数値を記録した。10月末にマイク・スプリンターから届いた手紙には“大見の指導はすべて正しいことが証明された、この技術をインテルは全事業所に展開する”とあった。インテルの復活の始まりである。

この経緯を見ると、大見の米国での学会講演があつてからわずか8カ月で、大見の提案の技術を全面的に取り入れたスーパークリーンルームが施工されたということである。このことから分かるのは、一つは大見の提案がそれだけ斬新で、学問的に裏打ちされたものであり、半導体製造歩留まりを劇的に向上させるものであったこと、さらに一つはインテル社が大見の技術が本物であることを、極めて短時間に認識し、直ちに実行に移すというインテル社の敏捷性である。

日本の半導体メーカーの対応であるが、当時各社は世界でトップのシェアを誇り、半導体製造に絶対的な自信を持っていた。このことから大見の提案に対しては、そこまでのことをしなくても、十分やっていけるという自信と実績があった。また、当時の半導体製造ではできるだけ

製造工程を変えずに、現状を維持することにエネルギーが割かれており、新しい製造方式の導入には極めて慎重であった。このような状況の中で、大見の新しい提案は聞いておくという態度で、それを採用、導入しようという大手半導体メーカーはいなかった。わずかに、大見の提案に理解を示したのは、セイコー電子工業(現セイコーインスツル)とロームに止まっていた。

大見のスーパークリーンルーム技術は、東北大学において施設・設備・装置費用21億円、ランニングコスト数億円という国庫の資金によって実現したものであり、大見としては、この新しい技術は日本の半導体産業に有効に活用されるべきであると考えていた。しかし、実態はいち早く目を付けたのは米国インテル社であり、大見が陣頭に立ってその技術を導入させたことに対し、国費を使いながら、米国に技術を真っ先に教えるというのは如何なものかという批判めいた話も聞かれた。しかし、これは全く大見の本意とは違っていた。当時の日本の半導体メーカーは自らの技術に満足し、大見の技術は必要ないと積極的に忌避していたのである。大見としては、このままでは日本の半導体は廃れていくと危惧し、事あるごとに半導体メーカーの経営者に訴えていたが改善の兆しは見られず、その後1990年代後半になって、米国の復活巻き返しや韓国、台湾半導体メーカーの急進により、日本の半導体産業は大見の危惧したとおり、凋落の道を辿るのであった。

ウルトラクリーンテクノロジーの創出

1984年に完成したミニクリーンルームとインテル社への技術供与に至ったスーパークリーンルームは、大見はすべてが超クリーンでなければならないという基本的な考え方に基づいて、そのコンセプトを徐々に実現させてきた。この考えはウルトラクリーンテクノロジーという言葉で表現されるものであったが、半導体メーカーの反応は鈍いものであった。しかし、大見はこれまでの半導体の発展を支えた基盤技術は、すべて他の産業が長い時間をかけて築き上げてきた技術の借り物・寄せ集めであり、半導体産業の発展が急激であったため、基盤技術を整備する余裕がなかったというのが実情であり、このような状態では現状の半導体製造は遅かれ早かれ行き詰まる、その時までには大学人である自分が半導体産業固有のこのウルトラクリーンテクノロジーを完成させなければならないと強く感じていた。

このような観点から、ウルトラクリーンテクノロジーを広く普及する必要があると感じた大見は、1985年11月「半導体基盤研究会」主催による第1回ウルトラクリーンテクノロジーシンポジウムを開催した。「超高純度ガス供給系 超LSI製造プロセスにおける最新技術動向」という表題で、東京で開催し、250名を越える参加者を集めた。このシンポジウムはその後、年2回のペースで着実に開催され、大見研究室で出されたウルトラクリーンテクノロジーの最新のデータが次から次へと紹介された。1988年に入って、各半導体メーカーは、超LSI開発にとって、ウルトラクリーンテクノロジーは必須の技術として真剣に取り組まなければならないと考え始め、

大見の下にその技術の教を請いに来るようになった。大見は、半導体メーカーや半導体装置製造に携わるメーカーを組み込んだ実態のある組織が必要であると考え、半導体基盤技術研究会(Ultra Clean Society 略称 UCS)を12年間の期限付きで1988年10月に発足させた。

発足時には100社の参加があり、12年後の2000年、本研究会の終了時には250社を越える企業・団体が参加していた。UCSの会長には大見が就任し、副会長には新田雄久(当時日立製作所)、顧問には菅野卓雄(当時東京大学教授)、垂井康夫(当時東京農工大学教授)、田中昭二(当時(財)国際超伝導産業技術研究センター・超伝導工学研究所所長)古川静二郎(当時東京工業大学教授)、御子柴宣夫(当時東北大学教授)、本田幸雄(当時通産省電子機器課長)、そして理事として企業から沖電気(株)、日本電信電話(株)、松下電器工業(株)、(株)日立製作所、日本電気(株)、シャープ(株)、富士通(株)、ソニー(株)、(株)東芝、三菱電機(株)、三洋電気(株)日本IBM(株)そして日本モトローラ(株)というほとんどすべての日本における半導体メーカーの技術者が名を連ねた。

UCSの会誌として『UCT』を1989年4月より年4回のペースで発刊し、ウルトラクリーンテクノロジーの最新情報を掲載した。1991年に入って技術委員会、情報委員会、UC標準化委員会、編集委員会を設け、UCSの活動が本格化した。

ウルトラクリーンテクノロジーの研究開発は、東北大学の学部、修士課程、博士課程の学生の他、企業の派遣研究生が数十名大見研究室に常に在籍し、すべて大見の指導の下、研究開発に携わり、膨大な実験データと新しい研究成果を挙げていった。

UCS活動の前半の1994年頃までの成果をいくつか例示すると、高信頼ガス供給・排気系技術を確立したことが挙げられる。ステンレス配管において、これまでの高輝度焼鈍法から電解研磨法、酸化クロム表面処理法、アルミナ表面処理法へといかなる反応性、腐食性に富むガスにも対応できる技術を開発した。この技術開発において、従来用いられてきた水分を計測する装置では極微量の水分等の不純物は計測されないため、大見は日立製作所が開発した大気圧イオン化質量分析装置(Atmospheric Pressure Ionization Mass Spectrometer 略称 APIMS)をガス配管系の水分等の不純物評価に世界で初めて採用した。これにより、これまで計測できなかったppb以下の水分等の不純物の計測に成功し、以後半導体製造工程評価に欠かせないものとして普及させた。その後、ガス高純度化技術、高純度ガス供給技術、APIMSがそれぞれ進歩したことにより、今では半導体製造に使用される各種ガスの不純物を実に6桁程度も低減させることに成功している。

もう一つの大きな成果は、シリコンウエーハの洗浄方法に関してである。従来の方法は米国RCA社で1970年に開発されたいわゆるRCA洗浄法が唯一の方法として1990年代まで世界中で採用されてきた。この方法では洗浄のために、硫酸、フッ酸、水酸化アンモニウム、塩酸、過酸化水素という劇薬を高濃度かつ高温で使用し、洗浄のための超純水を湯水のご

とく消費した。これら高温状態に保たれた高濃度薬液から発生する薬液蒸気は、当然クリーンルームの中では局所排気として大量のクリーンエアとともに屋外に排気する必要がある。これにともなって新鮮空気取り込み量を増大させる必要があるため、空調コストの大幅な増加を招くと同時に、廃液処理コストを含め、半導体工場運転の実に大きなコスト負担になっていた。RCA 洗浄の最大の欠点は、再現性が全く維持できないことにあった。高濃度薬品を高温状態で使用するため、薬液がどんどん蒸発し、薬液組成を一定に保つことが全く不可能だったからである。半導体製造のような精密な量産技術では、再現性の完全な維持、すなわちウェット洗浄であれば、薬液の組成と温度を完全に一定に保つことがすべてに優先して重要なのである。高濃度薬液を高温で使用するなどということは、この原則に反する典型事例である。薬液が蒸発しない十分に低濃度である薬液を用いた室温洗浄が王道である。

大見はなぜそれらの薬品処理をする必要があるかを、化学的、物理的作用に分解、分析し、ゴミ、金属、有機物といった表面吸着汚染物の除去メカニズムを突き止めた。このメカニズムの具現化に高濃度薬液の高温処理などは全く必要ではなく、ppm オーダのオゾン及び水素を添加した超純水と、1%以下のフッ酸過酸化水素(過水と略称)、メガヘルツ帯の超音波振動装置を用いることによって、より清浄なシリコンウエーハを得る洗浄法を確立した。RCA 洗浄法では洗浄のために12工程が必要であったが、新洗浄法では室温4工程で良く、その結果、薬品、超純水の消費量を数十分の一に低減し、クリーンルームのクリーンエア排気量を劇的に低減し、空調負荷を軽減させることに成功した。

SPM ($H_2SO_4/H_2O_2 = 4:1$)	有機物、金属 (120~150°C)	オゾン添加水 (O_3 :5ppm, pH=4.0)	有機物、金属除去 室温
超純水リンス	室温	水素添加水 + メガソニック (H_2 :1.3~1.5ppm, pH=9.3~10.0)	微粒子除去 室温
希フッ酸 (0.5% HF / H_2O)	ケミカル酸化膜 室温	フッ酸/過水/超純水 (HF:0.1~0.5%, H_2O_2 :0.1~1.0%)	金属、酸化膜除去 室温
超純水リンス	室温	H*ラジカル添加超純水リンス (H_2 : 1.3~1.5ppm)	リンス 水素共端、微粒子除去 n+表面の自然酸化膜成長の抑制 室温
APM ($NH_4OH/H_2O_2/H_2O = 0.05:1:5$)	微粒子 (80~90°C)	N_2 +H*ラジカル (~0.1%) ホットガス乾燥	乾燥 完全水素共端 200~250°C
超純水リンス	室温		
温超純水リンス	80~90°C		
超純水リンス	室温		
HPM ($HCl/H_2O_2/H_2O = 1:1:6$)	金属 (80~90°C)		
超純水リンス	室温		
希フッ酸 (0.5% HF / H_2O)	ケミカル酸化膜 室温		
超純水リンス	室温		

Modified RCA洗浄

4工程室温洗浄

表1 RCA 洗浄法と大見による新洗浄法

この新たな室温4工程洗浄は、長時間に亘って薬液組成を所定の組成に維持できる特性を有しており、再現性が十分で、信頼性の高い半導体製造プロセスの確立に貢献することとなった。大見が創り上げた室温4工程洗浄の本当の凄さは、洗浄力に直接関係する洗浄液の酸化還元電位やpH値を、水溶液中に溶解するオゾン(O_3)ガス、水素(H_2)ガス、酸素(O_2)ガ

ス、炭酸(CO₂)ガスやアンモニア(NH₃)ガス濃度を ppm オーダで制御することで実現したことであろう。洗浄工程から、何 10%という高濃度の硫酸、塩酸、アンモニア等を完全に駆逐したのである。その他にも新しい研究開発成果は数多くあるが、詳細は 1995 年刊の大見著「ウルトラクリーン ULSI 技術」(培風館)に記述されている。

ラジカル反応ベースの革新的生産方式の創出

1995 年以降、大見が新しく創出したウルトラクリーンテクノロジー技術の中で特記すべきものは、ラジカル反応による新しい半導体生産方式を創出したことである。反応性に富んだラジカルを大量に、かつ十分な再現性のもとで発生させるためには、完全に制御された超低電子温度高密度プラズマ装置が必須である。しかし、現状世の中に存在するプラズマ装置は、電子温度が高過ぎるため、シリコン基板表面やチャンバ内表面を照射するイオンエネルギーが大き過ぎて、シリコン基板表面に深刻なダメージや金属汚染を発生させてしまい、シリコン基板表面に電荷が残留することから重大なチャージアップダメージの困難を内蔵している。結果として、現状のプラズマ装置はトランジスタ製造工程には全く使用できず、配線工程にのみ使用されている。

半導体集積回路製造の原点は、半導体であるシリコン基板表面に高品質な絶縁膜であるシリコンの酸化膜(SiO₂)を形成することにある。シリコン基板表面の酸化は、これまで反応性をほとんど持たない酸素分子(O₂)や水分子(H₂O)を酸化種にして行われてきたため、800 ~ 1,100 という高い温度にシリコン基板を昇温せざるを得なかった。反応力のほとんどない O₂ 分子や H₂O 分子を用いて大きな熱エネルギーを加えて、無理矢理シリコン表面を酸化してみると、表面のシリコン原子密度がもっとも小さい(100)表面にだけ、ほどほどの品質の SiO₂ 膜が得られることが見出され(1963年日立製作所:大野稔氏の発見)、そのことだけを頼りに半導体集積回路製造は今日まで発展したのである。他の面方位の表面には劣悪な酸化膜しか形成できないため、トランジスタ構造は(100)表面上の2次元平面形状に限定された。完全平面形状のトランジスタでは、超微細化超高集積化の限界を極めることは難しい。3次元形状のトランジスタへの変革が必須である。

シリコン表面を酸化したり窒化するのであれば、反応力を持たない分子よりも、極めて反応性に富んだ酸素ラジカル(O[•])や NH[•]ラジカルの方が適していることは、技術者であれば誰でも知っていることである。ラジカルは反応性に富むが故に、長時間安定に存在することはなく、接触したものと直ちに反応して消滅してしまう。新しい装置が求められることになる。

大見は以前からスパッタ方式による薄膜製造装置について、低エネルギーイオン照射プロセスが必要と考え、プラズマを発生させるための励起法として、より高い周波数の高周波あるいは異なる周波数による二周波励起プラズマプロセス法などを開発し、単結晶シリコン薄膜

の超低温製造に大きな成果を挙げていたが、プラズマ電子温度を限界まで小さくし、本当の意味でのラジカル反応を可能にする新しい製造装置の必要性を痛感していた。

1995年、大見は一つの技術に注目する。それは1980年に当時東京工業大学の後藤尚久教授の開発した円偏波マイクロ波を放射するRLSA(Radial Line Slot Antenna)アンテナであった。これは衛星放送の受信アンテナであったが、大見はこの原理を半導体製造装置に導入すれば自分が理想的だと考えていた半導体製造装置ができると閃いた。従来のマイクロ波用アンテナは遠方電磁界の制御だけを考慮したものであり、近傍電磁界の制御には全く不向きであった。RLSAはその構造から、近傍電磁界の制御が可能であり、均一で電子温度の極めて低い高密度プラズマが励起できると、大見は判断したのである。

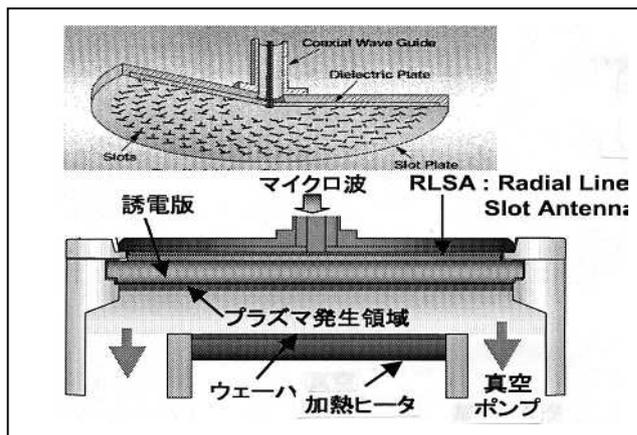


図1 マイクロ波励起高密度プラズマ装置

注 はっきり antenna を追加

よしこれだと決め、直ちにシリコン基板表面の直接酸化、直接窒化用のマイクロ波励起高密度プラズマラジカル発生装置の設計に入った。表面の直接酸化、直接窒化用ラジカル発生のためにはプラズマ励起用ガスとラジカル生成用ガスの供給が必要であり、そのためにアンテナ部分の前面にセラミック製のシャワープレートを設置し、原料ガスはそれを通じてシリコン基板表面に均一に供給されるように工夫した。直接酸化用には Kr/O_2 ガスの組み合わせで効率よく酸素ラジカルを発生し、直接窒化用には Xe/NH_3 ガスの組み合わせで NH ラジカルを発生させた。400 ~ 600 という低温のラジカル反応で生成された酸化膜(SiO_2)、窒化膜(Si_3N_4)はまさに驚異的な性能を発揮した。現状の熱酸化膜に比べて、同じ膜厚(1 ~ 3nm)で同じ電圧を加えたときのリーク電流が1,000分の1以下に低減し、1/f雑音も2桁程度減少した。特に、初めて実現された直接窒化膜は電子やホールの移動度が2倍以上に増大し、信頼性・寿命に至っては30,000倍以上向上したのである。リーク電流増大に起因するスタンバイ時の消費電力急増で行き詰まり状況にある現状の半導体技術の活路を拓く成果となった。Kr、Xeは極めて高価なガスである。産業用に使用するため、大見はKr、Xeの回収・循環システムも同時に開発・実用化している。

このマイクロ波励起高密度プラズマ製造技術は、平成10年通産省第三次補正予算プロジ

エクトとして、NEDO、東北大学、東京エレクトロンによる総額 5.4 億円の「大口径・高密度プラズマ処理装置」のプロジェクト名で実用化開発が行われた。結果、東京エレクトロンは、「Trias SPA」ゲート絶縁膜プラズマ窒化処理装置を発売した。この実用化成功により、2004 年に大見忠弘と東京エレクトロン社は第一回産官学連携功労者表彰 内閣総理大臣賞を受賞した。この成功は半導体産業界に大きな波及効果を生んでいる。

その後、このマイクロ波励起高密度プラズマ装置は、薄膜形成用並びにパターンエッチング用装置として、2段シャワープレート構造に発展した。図2のように、ラジアルラインスロットアンテナと上下二層のシャワープレートを備え、上部のシャワープレート部にアルゴン、クリプトンあるいはキセノンなどのプラズマ励起用ガス及び酸素ラジカル、水素ラジカルや NH₄ラジカル発生用の O₂、H₂、NH₃といったガスを供給し、下部のシャワープレート部には薄膜形成やエッチング用の原料ガスを供給する。高密度プラズマの真っ只中に原料ガス供給用の下段シャワープレートを導入できるのは、このマイクロ波励起プラズマのように、マイクロ波によるプラズマ励起が上段シャワープレート直下 20～30mm 以内のときであり、それより下は極めて電子温度の低い拡散プラズマ領域になっている場合においてのみ可能である。拡散プラズマ領域のプラズマ電位は 8v～9v 以下と十分に低いため、下段シャワープレートの表面がイオン照射のスパッタにより絶対に削られることはないからである。原料ガスも電子温度の極めて低い拡散プラズマ領域に供給されるため、過剰解離されることがなく、どんなに細くて深いコンタクトホール、スルーホールの穴の底にも十分に輸送され、プロセスの速度はパターンサイズに依存しない。すなわち、マイクロローディング効果が全くない半導体製造装置が開発されたのである。

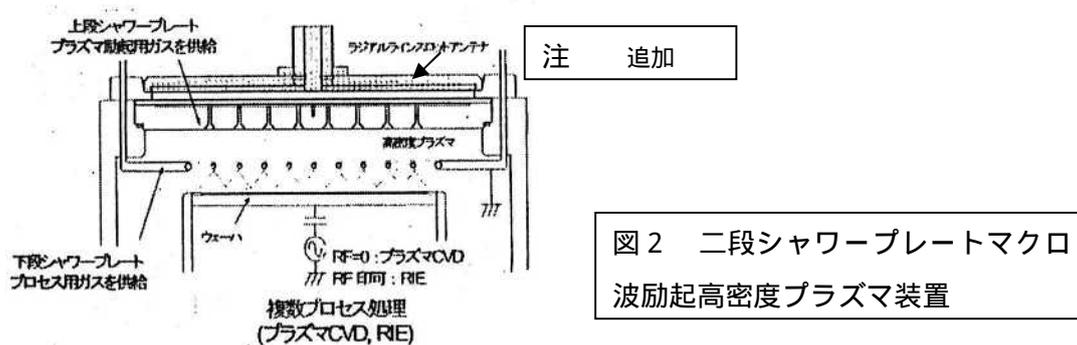
現状の半導体製造装置は、微細化世代が進行すると使えなくなってしまう、その都度新規装置の導入、すなわち莫大な設備投資を要求された。このマイクロ波励起高密度プラズマ装置は、すべての微細化世代に共通して使える初めての装置となったのである。図2で、この装置をパターンエッチング用を使用するときは、シリコンウェーハが搭載される基板電極に高周波入力を印加して自己バイアスを発生させる。薄膜形成 CVD 用を使用するときは、基板電極に高周波入力は印加しない。シリコンウェーハ表面のプロセスはすべて電子温度の極めて低い拡散プラズマ領域で行われるため、イオン照射によるダメージはいっさい発生せず電荷蓄積によるチャージアップダメージも全く発生しない。現状のプラズマ装置の最大の欠点が克服されたのである。新しく開発されたマイクロ波励起高密度プラズマ装置は、配線工程だけでなくトランジスタ製造工程にも使える初めての装置となったのである。チャージアップダメージが全く発生しないプラズマ装置の開発は、これまで回路レイアウトパターンに課せられていた厳しい制限条件を完全に取り払った。現状のプラズマ装置では、MOS トランジスタのゲート電極に接続される配線の面積とゲート面積の比で決まるアンテナ比を 100～150 以下に抑え

たパターンでないとチャージアップダメージでゲート絶縁膜が破壊され、チップがほとんど生き残らなかった。新しい高密度プラズマ装置では、アンテナ比の百万の回路レイアウトパターンが含まれていても、完全な歩留まりで集積回路製造が可能となっている。

それまでのプラズマ装置では、ガスの圧力や種類、基板電極の自己バイアス及びシリコンウェーハ表面の材料やパターンが変わると、プラズマの均一性が変化した。結果として、薄膜形成でもパターンエッチングでも、一種類の表面構造のシリコンウェーハに対し、一種類のガス圧力、一定のガスの種類、一つの基板バイアスに対して、プラズマの均一性の条件出しを行って、その条件だけでプロセスを行うことしか許されなかった。新たに開発されたマイクロ波励起高密度プラズマ装置では、RLSA の構造と上段シャワープレートの構造でプラズマの均一性を一度確立すると、たとえガスの圧力や種類、基板電極の自己バイアスあるいはシリコンウェーハの種類を変えても、プラズマの均一性を維持できる。次から次へと異なるシリコンウェーハが入って来ても、条件出しなしで連続処理できるし、ガスの種類や圧力を変えて異なる薄膜の連続成膜も可能である。

ガスの種類や圧力及び基板電極の自己バイアスを自在に変化させて、異なる薄膜の連続エッチングも可能となる。下地表面が顔を出す寸前に自己バイアスを十分に低下させることにより、下地表面に全くダメージが入らないエッチングも実現される。

同一品種の大量生産しか適さなかった現状の半導体生産方式が、超多品種少量・可変量生産を可能とする全く新しい半導体生産方式に生まれ変わろうとしているのである。



UCSの研究開発活動は2000年9月、当初の予定通り12年間にわたる活動目的を達成して完了した。詳細な報告書は、「UCS12年半導体産業の発展とUCS12年の成果」(発行人:大見忠弘、発行:半導体技術研究会、発売:(株)リアライズ社)として出版されている。

新しいプロジェクトの推進

1998年、東北大学に新産業創出を目的とした未来科学技術共同研究センターが開設され、大見も教授として参画することとなった。このセンターは日本の大学の先陣を切って、新

しい産業の創造を目標に掲げたものであった。産学連携の実を挙げることのできる体勢を整え、“全額民間寄付による求心力の強い研究開発拠点を創出せよ”との阿部博之学長(当時、現 総合科学技術会議議員)の指示を受け、民間企業トップに大見が直々に面談をお願いし、50 億円規模の寄付を取りつけた。これによって、未来情報産業研究館と名付けられた同センターの中の研究施設を 2002 年 1 月に竣工させた。この研究館には、これまで大見が開発したすべての研究成果が織り込まれており、世界に例のない全く新しい驚異的な性能を備えた半導体関連研究開発拠点が形成され、大見はその館長に就任した。

大見は今、経済産業省の支援のもと、高密度プラズマプロジェクト、大型平板ディスプレイプロジェクト、そしてバックライトプロジェクトの陣頭指揮にあたっている。“何が真実なのか”、“何が本当に正しいのか”、分からないことが随所で頻発する。実験で確認するしか正しい答えは見出せない。その実験が瞬時に行える機能を、この未来情報産業研究館は備えている。“だから大型プロジェクトも責任を持って引き受けられるんだ”、と大見は言う。

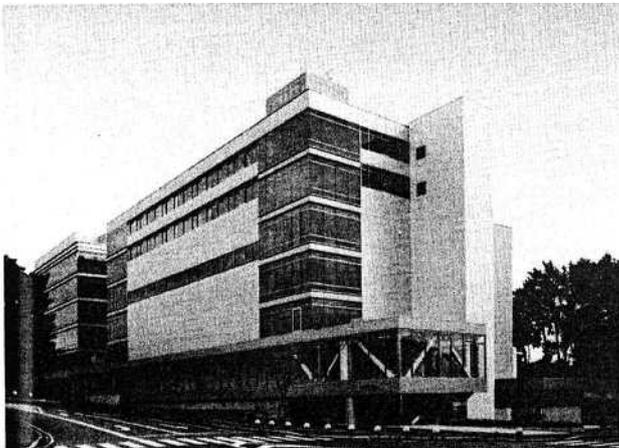


図3 未来情報産業研究館

大見は東北大学での本来の研究開発について、新たな産官学連携共同研究であるプロジェクト DIIN(New Intelligence for IC Defferentiation)を 2001 年 4 月から 6 年計画で推進している。このプロジェクトでは、半導体デバイスメーカー、半導体製造装置メーカー、検査・テスト機メーカー、そして関連する部品、材料、インフラ企業など十数社企業が参画し、「21 世紀型顧客ニーズ瞬時製品化対応新生産方式の創出」を目指している。ここでは、こういう LSI が欲しいという市場からの要求が出るや否や、10 日から 2 週間の納期で客先に届けることができる新しい設計方式、新しい生産方式を実現しようとしている。同時に、ラジカル反応ベースの生産技術を確立し、これまでシリコンウエーハは(100)面しか実用化されていなかったが、これを(110)面でも利用できるようにすること、これまで不可能とされてきた窒化シリコンゲート絶縁膜の採用によって動作速度を 10 倍程度向上させ(新たなノンポーラスの低誘電率層間絶縁膜も当

然導入する)、ばらつき、揺らぎ、雑音を徹底的に抑え込むことによって、デジタル・アナログ・高周波混載のシステム LSI をフル CMOS で実現し、文字通りの超高性能 LSI の時代、真のシリコン技術の時代を切り拓こうとしている。大見忠弘 2005 年現在 66 歳、東北大学を退官しているが、今なお東北大学未来情報産業研究館長、客員教授として、第一線の研究開発者、そして研究統率者として、日本の半導体産業、ひいては世界の半導体産業を支えるために獅子奮迅の活躍を日夜継続している。

略歴

1939 年 東京生まれ
1961年 東京工業大学理工学部電気工学科卒、
1966年 同大学、博士課程終了、工学博士取得、同大学助手
1972年 東北大学電気通信研究所助手
1976年 同大学助教授
1985年 同大学工学部教授
1997年 同大学大学院教授
1998年 同大学未来科学技術共同研究センター教授
2002年 東北大学未来情報産業研究館長、客員教授、現教授

主な受賞歴

1965年 稲田記念学術奨励賞
1979年 市村賞(貢献賞)
1988年 井上春成賞
1990年 市村賞(功績賞)
IEEE Transaction on Semiconductor Manufacturing 1989 Best Paper Award
1991年 大河内記念賞
1993年 科学技術庁長官発明奨励賞
1996年 発明賞(平成8年度全国発明表彰 (社)発明協会)
1999年 大河内記念技術賞
2000年 2000年度化学技術庁長官賞
2001年 SCP 8th International Symposium WERNER KERN AWARD

The ISPSD Contributory Award

2002年 第4回LSI IPデザイン・アワード優秀賞

2003年 The Electrochemical Society Electronics Division Award

紫綬褒章

産官学連携功労者表彰 内閣総理大臣賞