

## 半導体の歴史

— その21 20世紀後半 超 LSI への道 —  
超エル・エス・アイ技術研究組合 (2)株式会社フローディア  
代表取締役社長おくやま こうすけ  
奥山 幸祐

## 共同研究所設立のための準備小委員会

1975年10月初めまでに共同研究所を日電の中央研究所の敷地に設置することを内定し、10月21日、国産コンピュータ・メーカー5社のトップと通産省の幹部らが集まり、最終的な問題の洗い出しを行う。そして、プロジェクト計画の細部を詰めるための委員会を通産省内に設け、メーカー間に作るグループ研究所と、5社からの研究者が集まる共同研究所の各々のテーマと相互の関係を具体的に検討する小委員会がつくられ、その委員長を通産省外局の工業技術院電子技術総合研究所（電総研）半導体デバイス研究室長の垂井康夫が務める。

一方、同年12月に富士通、日立、三菱の3社によるコンピュータ総合研究所（CDL）、日電、東芝による日電東芝情報システム研究所（NTIS）が発足する。これで、共同研究所の含め技術研究組合の下部組織となる3つの研究所が揃うことになる。

垂井は共同研究所のテーマの設定のため、各メーカーの担当者らと検討を重ねる。しかしながら、各メーカーのノウハウが流出するのを恐れ、担当者達は必ずしも前向きな提案をしない。出て来る案は、高価な装置を購入して評価するなどが主で、研究開発と言える代物は殆どなく、研究的性格でないものに開発費を使用する案が多く、議論は中々まとまらない。当時の国産メーカーの半導体開発は、製造設備をアメリカなどの装置メーカーから購入する以外に、



垂井康夫

独自に装置を開発することや、独自のプロセス仕様でデバイス性能をだすなど、如何に作るかに各社のノウハウが生かされ、門外不出となっている物が多く、各担当者達は共同研究所で真剣に他社と技術を出し合い、新たなものを研究開発する考えにはいかなかったのである。国内競合メーカーに負ける位なら、IBMの技術云々はどうしてもよいと考えるのが多く、むしろ、共同研究所に入って来る補助金を用いて、これまで購入できなかった装置を研究所内に購入して貰い、その装置の評価を行う事で、出身メーカーにその情報を持ち帰ればと言う程度の考えしか持ち合わせていない。

電総研と言う公的機関出身の垂井は、むしろ、この共同研究所の設立は、これまでにない新しい試みであり、各メーカーで別々に新デバイスやプロセスを開発して、それぞれの知識を持つ研究者が集まり、ベクトルを合わせた場合、これまでにない何か新しいものを生み出すことができるのではないかと期待する。その期待を実現するためには担当者達の頭から各メーカーのノウハウと言う呪縛を取り去る必要があると考え、その説得をする為に「基礎的共通的」と言う言葉を用いることにする。この言葉は垂井が以前、「学問とはなにか」を考えた時に思いついた言葉である。「超LSIの基礎をやりますから今までのノウハウはいりません。一方共通的な技術ですからできた技術は各メーカーに共通して役立つものです」と言って各社の担当者達を説得している。そして、担当者達がノウハウと言う呪縛から解放されたところで2つのテーマを選択する。

第1のテーマは「微細加工装置の開発」である。製造装置は基礎的であり共通的であると同時に、各メーカーのニーズをまとめ、出来あがった装置を皆で評価し、次に進めるのにきわめて適したテーマと考えられたのである。数値目標としてはIBM「FS計画」を意識し、1MビットDRAMの加工には1 $\mu$ m位の微細加工が必要であろうと考え、それを超えるサブ $\mu$ mを微細加工装置の目標とする。

第2のテーマは「シリコン結晶」である。これは、より大口径で良質なシリコン結晶を得る技術とウェーハの反りを少なくする技術である。トランジスタなどのウェーハ上に形成される素子の微細化進むほど結晶欠陥の影響を受け易くなること、一枚のウェーハ上に多数のチップを設け

てコストを下げるためには大口径化が必要になること、ウェーハの反りが大きいとパターンを描画または転写する時に焦点が合わなくなるなどから選択している。研究の進め方は、共同研究所でシリコン結晶を製作するのではなく、シリコン結晶に対する各社のニーズを集めてシリコンウェーハメーカーに注文し、納入されたウェーハを皆で検討して、その結果をウェーハメーカーに知らせると言う方法を取る。これによって、ウェーハメーカーは多数社のニーズを正確に掴むことができ、各社で共通に使用できるウェーハを効率的に作れるようになる。

これらの2つの大テーマを実施してゆく上で必要なプロセス・デバイス・試験などの技術についてはその中から基礎的共通の技術のみを選択することとする。

### ■ 超 LSI 技術研究組合の発足

以上の様な経過を得て1976年3月10日に「超 LSI 技術研究組合」が発足する。期間は4年間、資金は700億円（内、政府補助300億円）で、目的は次世代コンピュータ素子である超 LSI 技術の開発である。組織は図3に示すように理事長、副理事長の下に専務理事を置き、その直轄として事務局の他に、共同研究所、コンピュータ総合研究所、日電東芝システム研究所の3つの研究所が設置される。コンピュータ総合研究所、日電東芝システム研究所はこれまで記載したようにコンピュータ・メーカーのグループ研究所である。理事長に日立社長の吉山博吉、副理事長に日電社長の小林宏治、専務理事は通産省 OB の根橋正人がそれぞれ就任する。

根橋は通産省審議官の出身で、大型プロジェクトに行政官として豊富な経験を持つ実力者である。3つの研究所及び参加企業、通産省間の調整役を務めながら、共同研究所内に専務理事室を置き、共同研究所に出向してきた各社ばらばらの研究者をどうまとめて行くかに苦心してゆく。根橋は後に「研究内容については、所長が全権持っているし、そうでなければうまく行かない。私は研究内容には一切口



根橋正人

をはさまなかったが、私としてはみんながもっと仲良くなって、研究内容の疎通をはかり、要するに胸襟を開いて貰いたかった。そこで私がやったことは日本的なやり方であって、私はこの4年間、ただ酒を飲むことだけをやってきた。その間に、相互の仕事の、あるいはそれ以外の不平不満を明らかにして、それを排除し、できるだけことはやっていきたいと思った」と話している。実際に、共同研究所内の根橋の専務理事室を酒場に変え、事あるごとに人を集めて酒を飲む。毎週土曜日に「相互理解を深める会」を開き、役員室や応接室をバーに変え、酒を触媒に研究員間の融合反応をおこしてゆく。関係者はこれを根橋式組織運営方法と後に懐かしむ。共同研究所に敷地を貸していた NEC 中央研究所内では飲酒法度の中でのことである。

組合直轄の共同研究所の所長には、前年10月から上記小委員会の委員長を務め、共同研究所のテーマ選定などで議論をまとめ上げた垂井が就任する。

### ■ 超 LSI 共同研究所

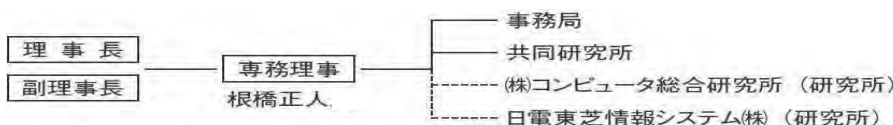
1976年3月の超 LSI 共同組合発足とともに同年6月に共同研究所が発足する。この発足に当たり垂井は、事前に個人的に知っている20人前後の要となる技術者をまずスタッフとして選び、これらの人材を核として、技術者としての成果や評判から、研究者スタッフをピックアップして5社に当たり、出向者として出して貰えるように依頼している。これに対して、派遣する人について、早くから検討して優秀な人材の派遣を考えたのが1972年から東芝総合研究所所長を務めていた蠣崎賢治である。当時、東芝総合研究所半導体集積回路研究所長であった武石喜幸を共同研究所の室長として出向させる。

蠣崎は1942年、東芝に入社し、マイクロ波真空管を手掛け、進行波管の研究開発で大きな成果を上げている。1969年には総合研究所電子機器研究所長、そして1972年から総合研究所長に就任し、総合研究所長の立場から「新しい分野を手掛ければ独自性が出せる」との信念を持ち、東芝全体の開発力向上を図るための構造改革を当時社長の土光敏夫の援助、薫陶を受けながら進める。それまでの外国からの技術導入一辺倒



蠣崎賢治

表1 超 LSI 技術研究組合の組織



の事業部の開発体制を強化する為に、事業部毎に技術研究所を設け、そこに総合研究所から研究者を移動させ、総合研究所と全事業部の技術研究所との研究者比率を1:3から1:10まで引き上げることで開発力の底上げ図って行く。蠣崎は物に対する興味から、しだいに人間に対する興味に軸足を移す。効果的な研究開発の仕組みを見つける事、研究者の公平な評価と、実力を発揮させるために得意な分野で仕事をさせることに心を砕く。武石を共同研究所に派遣することを決断したこともその流れの一環と考えられる。

当時の東芝では新しい研究の着手は早いのが特徴で、早い傾向にあり、蠣崎はこの中で、フォード自動車向けに排ガスコントロールシステムの開発では、多くの困難と反対もあったが、遅れがちだったマイコン開発の仕事を最後までこなすべきと決断し、最終的には成功させている。このマイコンは国内で最初の車載用マイコンとなる。



武石喜幸

この時にマイコン開発においてプロセス設計を蠣崎から任されたのが武石である。武石は1953年に東京工業大学化学科を卒業、東芝に入社している。最初に配属されたのが管球工場の材料部門であり、BaO 冷陰極放電に関する有力特許取得で生産に貢献するも、この陰極で起こる電子過程を解明したいと言う武石自身の強い意欲に駆られて研究所に転籍する。1961年から始めたこの研究が武石の表面物理との出会いとなる。この研究成果を「稀ガスイオンによるBaOのAuger電子放射」と言う論文にまとめ、大阪大学から理学博士の学位を授与される。この研究成果についての意見を、当時固体表面のAuger効果研究の世界的権威者であるベル研究所のハグストラム(H.D.Hagstrum)に文通を通して求め、1962年から1年半ベル研においてハグストラムと共同研究を行い、この期間中に9件の論文を共著する。その後、帰国した武石は低速電子線回折によるSi、Ge表面の研究、MOSトランジスタ諸特性の研究へと幅を広げ、さらに純粋な基礎研究から集積回路の研究、開発に踏み込み、1970年からは日本で最も早くEPROMの研究開発を開

始、1972年5月には蠣崎から、上記のマイコンのLSI化に向けたプロセス設計を任される。既存の半導体技術を超えた領域へ挑戦する為に武石が持つ半導体製造技術を活かすと共に、武石達が研究、開発中のEPROMをこのマイコンへ応用するためである。このEPROMは2層ゲートMOSで構成される、武石達が生み出した東芝独自技術であり、後に東芝から生み出されるFlashデバイスの原型となる。当時、インテルが製品化していたPROMよりも書込み速度で1000倍程、信頼性でも数段優れたデバイスを開発している。そして、1973年2月には1チップの12bitマイコン製品を完成させている。さらに、この年に武石は日本では初めての半導体集積回路研究所が総合研究所内に設立されたのに伴い、同研究所の所長となり、その後の東芝におけるメモリ、マイコンの開発を牽引して行く。

1975年当時、東芝での半導体研究開発のメインストリート、しかも先頭を走っているのが武石である。この武石を1976年6月から超LSI共同研究所へ2年間派遣することを蠣崎は決断する。この決断の前に蠣崎は垂井を東芝総合研究所に招待する。垂井に研究所での研究成果を見学させ、超LSI関係者との顔合わせをした後に、垂井自身が共同研究所に出向し、所長として統率する意思があることを確認している。蠣崎は垂井、武石のコンビが組まれば、双方の相乗効果により、大きな仕事をやり遂げる事、その結果が、将来的には武石の専門分野以外の視野をも広げ、東芝における超LSI研究の更なる牽引力となることを確信し、武石の派遣を決断している。武石は共同研究所4年間の間の最初の2年間出向しているが、この間に電子ビーム描画装置および紫外線露光ステッパーの開発に抜群の成果を上げ、東芝に戻って超LSI研究所を設立し、東芝の超LSI研究棟を建設し、1M DRAMの開発に協力して、他社に先んじて東芝の1M DRAM時代をもたらすことになる。

垂井はその他の会社についても室長候補についてはあらかじめ面接する機会を作る。この面接の機会を手配したのが前稿で触れた通産省電気電子機器課課長補佐の岡部武尚である。機械振興会館の最上階の和室での顔合わせを行っている。垂井は5つの会社から一名ずつ室長になる人物との面談を依頼し、この面談で各社からの室長に、垂井が予めピックアップしていた各社のめばしい技術者を含め、良い人材を集めて室員としてくれるように要請している。

垂井は5人の室長を中心に6つの研究室と1つの企画室を設ける。第1研究室、第2研究室、第3研究室は微細加工技術を担当し、第4研究室は結晶技術、第5研究室はプロセス技術、第6研究室は評価技術とデバイス技術を担当する。企画室と第4研究室の室長は電総研からの出向者が担当し、その他を企業出身の技術者が担当する。最も中心となる研究室は微細加工技術の第1から第3の研究室になる。第1研究室の室長に日立から出向した右高正俊、第2

表2 共同研究所の組織（発足当時）

所長 垂井康夫	企画室	企画、調整	小宮祥男室長（電総研より出向）
	第1研究室	微細加工技術	右高正俊室長（日立より出向）
	第2研究室	微細加工技術	中村正室長（富士通より出向）
	第3研究室	微細加工技術	武石喜幸室長（東芝より出向）
	第4研究室	結晶技術	飯塚隆室長（電総研より出向）
	第5研究室	プロセス技術	奥泰二室長（三菱より出向）
	第6研究室	試験評価技術、デバイス技術	川路昭室長（日電より出向）

などの出力を読みとって位置決めを行っている。このマークの材料、形状も検討して特許化している。また、電子ビーム描画では偏向歪の問題から小面積の描画を行い、ウェーハをステップ移動しながら描画を繰り返してゆくことになるが、その時のステージ座標を補正するためのレーザーを使ったステージ位置測定手法も実用新案として権利化している。これらの技術は、ウェーハやステージに電子やレーザーを照射し、そこから跳ね返ってくる電

研究室の室長に富士通から出向した中村正、第3研究室の室長に前記の東芝の武石がそれぞれ配置される。この3つの研究室への研究員の配置は出向元の会社（それぞれ日立、富士通、東芝）での製造技術を十分に活かすために、それぞれの会社からの出向者を中心にして、他の2社から少人数を配置している。例えば、日立が中心になる第1研究室には日立から8人、富士通と東芝から2人の構成にしている。第2、3も同様な構成比にすることで、それぞれの研究室が出向元の会社の協力が得られ易くなるとともに各会社とも3つの研究室の情報が得られる仕組みである。

一方、結晶技術を担当する第4研究室などは共同研究所内部の試作や研究室での議論が進められる研究室はそれぞれの会社から同人数の出向者で構成している。

### III 電子ビーム描画装置の開発

電子ビーム描画装置の研究の初めはこの共同研究所で研究開始されるちょうど10年前の1966年であり、当時の電総研に所属していた垂井と傳田精一が研究を開始し、翌年の1967年に完成し学会発表している。垂井らは1966年から始まった工業技術院の大形プロジェクトの「超高性能電算機の研究」の中で、LSI開発を担当し開発テーマとして電子ビーム装置を取り上げる。超高性能電算機は超高速を目指すため超高速のトランジスタを作るためには光リソグラフィを超えて微細パターンを作る必要がある。それを可能にするのが電子ビーム描画であろうと云うことで丁度この年研究室に配属された馬場玄式を加えて世界初のベクタスキャン方式とコンピュータ制御方式の電子ビーム描画装置を試作している。発注先は当時SEMを完成し、次の段階を模索していた日本電子(株)である。

この描画装置に関連して特に有効であったのはウェーハ上での位置合せに関する特許である。すなわち光リソグラフィでは次のマスクパターンをウェーハ上のパターンと重ねることが光学的に可能であるが電子ビームで同じことは出来ない。ウェーハ上に電子ビームで読みとるマークをつけて、これを電子ビームで走査して、反射電子、二次電子

子や2次電子、レーザー光の像を検出することで位置モニターし、ソフトウェアで補正しながらウェーハをステップする方法であり、その後の電子ビーム装置、光ステッパー装置の基本的な方法となる。この10年前の描画装置の経験も入れて、共同研究所にて本格的に電子ビーム描画装置の本格的な実現化を進めることになる。

各研究室は室長の出向元会社の技術を十分に活用できるように技術開発課題を決定している。第1研究室は室長の右高の出向元である日立製作所が電界放射銃を用いた走査型電子顕微鏡（SEM）の実績があるため、電子放射銃を用いた電子ビーム描画装置（VL-F1）を担当し、第2研究室は室長の中村の出向元の富士通では可変寸法成形（可変成形）ビームを用いた電子ビームの特許を理化学研究所とともに出願していた為、可変成形ビームを用いた電子ビーム描画装置（VL-S1、VL-S2）を担当、そして東芝から出向の武石の第3研究室は、東芝にてそれまで開発していた電気・機械ハイブリッド型（ラスタスキャン方式）の電子ビーム描画装置のグレードアップ版（VL-R1、VL-R2）を担当することで3種類の電子ビーム描画装置をそれぞれの出向元会社で製作しながら各研究室で完成させていく。

最も早く完成したのは1978年9月15日の朝日新聞で発表された第3研究室担当のVL-R 2の1号機に当たるVL-R 1である。この背景には共同研究所が発足する以前からの東芝における武石が中心となった電子ビーム描画装置の研究・開発・製品化がある。武石は1975年2月のISSCCで「サブミクロン・テクノロジー・ホワイ・ホエン・アンド・ハウ」というパネルディスカッションを聴講する目的でアメリカに出張した帰り際に、パネルディスカッションの司会を担当していたビーズのいるベル研究所に旧交を温めるために立ち寄った時に、ビーズ、ヘリオットらから電子ビーム技術の状況を聞き、その大がかりな総合開発と描画装置「EBES」に驚く。武石はヘリオットからEBESの構成を簡単に説明して貰った後に窓越しに本体を見せて貰う。EBESのショックを受けた武石は、その夜、ロンドンに向かう飛行機の中でいろいろ考え、「これまでの常識と違ってEBESは、ビー

ムを小振幅でラスタースキャンし、テーブルを連続移動させている。電子顕微鏡の事業をやめて久しい東芝でも、この工学系は楽だ。むしろ力は、テーブル系、電算機制御、データ処理に入れるべきだと気づき、EBESの基本概念を真似るのは嫌だが、これでいこう」と心に期す。このEBESは同年5月の「イオン・電子・光子ビームシンポジウム」とIEEEの「T-ED」誌7月号で詳細が発表されている。武石は帰国して直ぐ研究者を集めて検討を開始し、計画・設計に入っている。武石と同期入社で友人の久保盛唯、松本有史に参加を要請し、個々の技術については東芝中からプロを呼び集め、プロジェクトを結成して実験機「EX-O」を超特急で製作、10ヶ月後の1976年1月に完成し、4kbitSRAMのパターン描画に成功している。この装置はEBESの基本概念を真似ているが、形も描画方式も東芝独自のアイデアで構成されている。特に、描画方式は後述する光ステッパーを想定し、レチクル描画を可能にしている。武石は同年、11月にドイツのアーヘンでのVLSIワークショップで、再開したヘンリオットに写真を見せている。ヘンリオットは、一言皮肉を言い、開発の速さに呆れる。

武石は同年6月から共同研究所に参加するが、当時、もう光方式は先が無いから、EB、X線だと騒がれていた時期でもある。武石らは光方式に先が無いとは単純に考えず、電子ビーム方式と後述する光ステッパー方式の両方の開発を提案してゆく。前者の装置として提案したのが電子ビーム描画装置「EX-O」のグレードアップした装置VL-R1、R2である。R1の方式は電子ビームを1方向に走査しながら、同時に垂直方向に試料台を機械で走査するハイブリッド方式で、R1では最小加工寸法1 $\mu\text{m}$ であるが、2 $\mu\text{m}$ 以上のパターンからなるマスクを描画する場合、100mm径シリコンウエハ用のマスクを125mm角基板上に50分で描画可能な速度を持つ。その後更に微細化、高速化の改良を図りR2を完成する。ラスタースキャン方式に可変ビーム方式の機能を合せもたせた高速描画新方式に改良し、パターン図形の存在しない部分はとばすことなどのソフトの改善も合わせてR1に比べ10倍の高速化を計り、ネガ/ポジ反転やミラー描画、スケーリング等の機能も付加している。最小線幅0.5 $\mu\text{m}$ で、0.25 $\mu\text{m}$ きざみの描画が可能で、重ね合わせ精度も0.2 $\mu\text{m}$ 以下に改良されている。

次に完成したのが、中村が率いる第2研究室の可変成形ビームベクタスキャン形描画装置である。この装置は第2研究室が目標性能、仕様を定め、基本設計を行い、装置の詳細設計と試作は日本電子(株)が主担当となって実施し、装置に使用された高速バッファメモリは富士通の指導のもとに富士通電気化学が担当している。可変成形ビームベクタスキャン形描画法は、必要とする寸法の四角に整形された電子ビームをベクタスキャンによって必要な配置のみ照射して描画するもので、共同研究所にて世界で初めて実現

している。この可変成形ビームの原理はまずVL-S1において試みられる。通常の電磁レンズの他に更に2枚の角形の窓を設けることで電子ビームの不要部を切り落として任意の寸法の矩形ビームを得る方法で、この整形ビームを、結像レンズを通して縮小してから走査偏向電極によってウエハ面に縮小投影することによりパターン露光を行う。LSIのレイアウトパターンは矩形パターンの集合体であり、整形された矩形ビームをベクタスキャンにてレイアウトパターンの必要な部分のみに照射すればよいと、画期的な高速描写が可能となる。描画チップデータが1チップの描画データごとに大容量バッファメモリに蓄えられるときに、1つの矩形データは記憶装置内で1語の対応で蓄えられる。描画を開始する時に、予め測定されたフィールド偏向ひずみデータをもとにひずみ補正を受けた各矩形描画データから作られた電子ビームが鏡筒中を通過してXY移動台上の試料面に照射される。

VL-S1の試作と実験を元にして本番のVL-S2が製作される。VL-S2は100mm径ウエハ全面に超LSIチップ描画可能なデータ処理能力をもっている。超LSIチップは500万パターン/チップ、2.5億パターン/100mm径を想定している。可変成形ビーム寸法は2.5~5 $\mu\text{m}$ 、描画速度は、超LSIチップ100mm径全面描画で9~15分の高速である。

最後に完成したのは第3研究室担当の電界放射銃を用いた電子ビーム描画装置(VL-F1)である。1979年5月に完成している。将来の超LSIのスケーリング(加工寸法の縮小)を予測し、電子ビーム描画装置には照射ビーム径が小さくなる方式に挑戦する為に、電子源に電界放射電子銃を用いている。高真空中で先端が0.1 $\mu\text{m}$ 位の尖鋭なタングステン先端に10MV/cm以上の電界を加えると強電界により金属表面の電位障壁が薄くなり、金属中の電子が真空中に放出するトンネル効果が起こる。電子放射電子銃はこのトンネル効果で高い輝度の数10 $\text{\AA}$ 程度の点電子源が得られることを利用している。日立製作所において電子放射電子銃はすでに走査型電子顕微鏡(SEM)に使用実績があり、当初はその電流を露光に必要なだけ増やせばよいと考えられていたが、レジスト露光に必要な電流は100倍程度で、この程度の大電流を流すと、残留ガスが電子によりイオン化され、そのイオンがタングステンを叩くことでタングステン針を変形させることが判明する。この為、電子銃付近の真空度を10<sup>-10</sup>Torr以上にし、残留ガスを皆無にする必要が出てくる。この残留ガス対策のための装置改造に手間取り、F1の完成が最も遅くなっている。

この改造では電子銃室、電子銃とコンデンサレンズの間の第1中間室、コンデンサレンズと対物レンズの間の第2中間室、試料を搭載する加工室の4つの真空室に区切り、各真空空間の電子ビーム通過孔を必要最小限に小さくして、加工室をターボ分子ポンプ、それ以外の室を別々のイオン

ポンプで差動排気することで、電子銃室のみ  $3 \times 10^{-10}$ Torr のレベルの高真空度を可能にしている。さらに、電子銃外部にヒーターを巻き、高真空状態で加熱して十分ガス出しをする方法で吸着ガス除去ができるようにしたことで、従来の電子銃と比べて、電子ビーム径  $0.1 \mu\text{m}$  では10倍の大電流が可能になり、同量の電流を流せるビーム径が5倍程度大きくなっている。

これらの研究開発で完成した3種類の電子ビーム描画装置はその後、各製造会社、またはその関連会社にて、更に改良が加えられながら今日まで製品化され、市場の多くを占めている。後述する光露光装置の解像度限界追求技術の発達により、今日までに数10nm オーダーの細線プロセスまで加工対応が可能になったことからウェーハ上へのパターン焼き付けには量産性が良く、物理ダメージの少ない光露光装置が使用され、電子ビーム描画装置が使用されることはなかったが、マスク加工装置として発達してきている。

### ■ 電子ビーム描画用ソフトウェアの開発

電子ビーム描画において、マスクやウェーハ上にレイアウト設計パターン通りのパターンを実現するためには電子ビームの偏向歪、近接効果、ウェーハソリ、多重露光などによって起こるパターン歪を補正する必要がある。このパターン歪を補正するソフトウェア技術があって、初めて電子ビーム描画装置を最大限利用し、精度よくパターンを描くことが可能になる。この中の近接効果補正のためのソフトウェアの開発を第6研究室（室長：前期 川路昭、後期 清水京三）において主として研究員の杉山尚志・斉藤和則が担当する。近接効果とは電子ビームで描画するパターンが近接していると、2次電子の放出、レジスト内の電子の散乱などによるパターンの滲みによって図形が分離できないなどの現象が起ることである。近接効果補正はその後ステッパーを用いた光露光についても多く使われている。



杉山尚志

杉山は NEC、斉藤は三菱が出向元会社である。杉山は東京工業大学を卒業後、NEC に入社し、日本で初めて回路設計にコンピュータによる設計手法（CAD）を取り入れたソフトウェアの技術者である。1 kbit、4 kbit の DRAM の設計に使っている。DRAM の設計に CAD が使われるようになっていったが、杉山自身は、新しい技術展開を探る為に自分から回路設計部門からの転出を申し出る。この時の集積回路設計本部の本部長をしていたのが「半導体のはなし

10」で記載した大内淳義である。大内は当時、医用電子関係から異動してきたばかりで、半導体基礎について杉山によく尋ねていたこともあり、この杉山の申し出に答えるために、大内は共同研究所の垂井に相談し、杉山の共同研究所への出向が決まる。大内はこの時、「杉山は、仕事が出来る位であるが、出る杭が打たれるような傾向がある」という話をしている。垂井は、この点を十分に考えて人事配置を行い、杉山の能力が十分に発揮できるように配慮している。専門知識と業務遂行能力の高い斉藤とペアを組んだのもその配慮からきている。杉山と斉藤は「電子ビーム描画におけるプロキシミティ（近接）効果の補正方法」を担当し大きな成果を上げている。杉山は後に、NEC での半導体回路設計の自動化に関する話と共同研究所時代に行った電子線露光技術による微細パターン形成のためのパターンデータ処理技術に関する話とをまとめ、「集積回路の微細パターンの形成技術に関する研究」と題して、東京大学から博士号を得ている。この杉山の博士号取得にも大内が「これから会社の幹部になることを考えると、ドクターを取るようにしたら良い」と助言し、杉山を大内と大学同期の東京大学工学部教授柳井久義の元に朝早く連れて行き、紹介したことがきっかけになっている。杉山は1990年に NEC 技術部長職を辞して NEC を退社し、1996年にリアルビジョンを設立し、画像処理 IC を武器に2000年に株式上場を果たしている。

（文中、敬称を略させていただきます。）

### 参考文献

- 1) 工業調査会 垂井康夫著「世界をリードする半導体共同研究プロジェクト」
- 2) 日刊工業新聞社 谷光太郎著「半導体産業の系譜 巨大産業を築いた開拓者たち」
- 3) 映像情報メディア学会誌 奥田治夫、他 Vol.62 pp.637~639
- 4) 工業調査会発行 大内淳義、西澤潤一共編『日本の半導体開発劇的發展を支えたパイオニア25人の証言』
- 5) 一橋大学21世紀 COE プログラム「知識・企業・イノベーションのダイナミクス」  
大河内賞ケースプロジェクト 武石彰、伊藤誠悟「東芝 自動車エンジン制御用マイコンの開発」
- 6) 日本半導体歴史館「黎明期の人々 武石喜幸」
- 7) 日本物理学会誌 武石喜幸 Vol.12. No.6 pp.248~261
- 8) 日本物理学会誌 納賀勤一、上村洸 Vol.46. No.8 pp.696~697
- 9) (財) 武田計測先端知財団「杉山尚志」

（挿絵 奥山 明日香）

## 次回

### 第23回 半導体の歴史

—その22 20世紀後半 超 LSI への道—  
超エル・エス・アイ技術研究組合 (3)