



15 年 の 流 れ

井 上 正 崇*

研究室の窓から淀川の流れの向うに北摂の山を望み、永らくお世話になった大阪大学での日々を想い出しながら筆を取った。専攻した半導体物性のテーマが、変革期にあった電子工業の基礎と深く関連していたこともあって、本当に短かく感じられる15年間であった。

電子工業の変革は、よく言われるように真空管から半導体トランジスタへの移行と、その集積化に象徴される。トランジスタ作用は最初ゲルマニウムで発見されたが、実用化が始まってシリコンが材料の中心として急速な進歩を遂げた。本年2月の学会で1メガビットの集積回路の試作が報告されたが、いよいよサブミクロン(10^{-6}m 以下)加工が現実のものになってきた。このように微細加工技術が実用化されるとミクロンオーダーの塵を多数出す人間はクリーンルームから締め出される運命にあり、ロボットが大いに威力を発揮することになるだろう。そして人間は、昼夜を厭わずロボットが生産したICを如何に上手に利用するかを考えねばならないだろう。これまでの加速度で開発が進むと約40年後には増大した世界人口全員が、ソフトの開発に当らねばならないと米国の教授が予測している。もちろん、これは現実的ではないと思うが、半導体技術革新が人類全体におよぼす影響を深く考えねばならない時代に来ていることは事実である。

私が大学院で学んだ頃は、GaAsにおけるガン効果(半導体に電界を印加するとマイクロ波が放射される現象)を初め、種々の新しい現象が発見された後で、Ⅲ-V族化合物半導体の黎明期と言える時期であった。大学院の研究テーマとして、「Ⅲ-V族化合物半導体中のホット

エレクトロン」という興味深いテーマをもらった。研究室の優秀な諸先輩の後を受けて、非力ながらこの新しいテーマに情熱を注ぐことが出来た。その頃、恩師の犬石先生から「分子設計」というピッペル教授の話を聞いて強い印象を受けた。近年、広く材料科学の分野において、この概念が現実のものになってきている。有機物等の合成と異なって、半導体単結晶においてそれを構成している多数の原子の秩序正しい配列を乱すことなく、原子の種類を原子層レベルで制御して新しい人工結晶を作ることは、昔はそれほど現実的ではなかった。単に幾つかの金属を混合して作った合金とは異なり、原子層レベルにおいて制御しながら新しい結晶格子を作製したり、種々の微細構造を設計どおりに作ることが可能になってきた。このような人工結晶や超格子構造を用いると、既存の半導体で得られなかった機能をもったデバイスを作ることができる。現在正に化合物半導体を用いた新機能素子開発の変革期にあるといっても過言ではないだろう。人工結晶や超格子構造を作製する高価な分子線エピタキシー(MBE)成長装置が、米国やフランスから何十台も輸入され、新機能素子を実用化するための研究が日本でも急速に進もうとしている。

分子線エピタキシーに関する基礎研究は、最初米国のベル研究所において、アーサーとチョー等によって開始された。その後IMBワトソン研究所の江崎博士が、MBEと超格子について岡崎の京都会館で開催された国際会議で講演された。それから10年余が経たが、これが国際会議に出席して英語の講演を聞いた最初でもあり、非常に強い印象を受けたのをよく覚えている。

Ⅲ-V化合物半導体とMBEの研究を語るとき、コーネル大学のイーストマン教授を忘れることができない。米国コーネル大学には、アメ

*井上正崇(Masataka INOUE), 大阪工業大学, 工学部, 電気工学科, 助教授, 大阪大学非常勤講師, 工学博士, 半導体工学

リカの大学として初めて協同研究センターである“サブミクロン加工研究センター”が設置され、当初から活発に研究が行われていた。基礎工学部の難波先生のナノメータ加工研究グループとも交流が行われている。イーストマン教授の研究室は、大学にもかかわらず企業に負けない数々のトップデータを出して有名である。最近、近赤外オプトエレクトロニクス素子の材料として注目されている合金半導体 InGaAs の研究も早くから始め、世界でもっとも移動度の高い結晶を作ったこともよく知られている。MBE の研究にも初期の段階から取り組み、数々の業績を発表している。イーストマン教授は今日の MBE 研究のブームをつくった一人と言えるかもしれない。一般にトップデータを出すと、その秘訣は語らないものであるが、イーストマン教授は心よく何でも教えてくれたのを今でも有難く思っている。因に彼は写真で有名なイーストマン・コダック社の創立者の子孫であることを本人から聞いたことがある。5年前、同じ電気工学科のフライ教授に招かれコーネル大学に客員研究員として滞在する機会を得たが、金曜日のハッピーアワーには大学近くのバーでよく討論してもらったのをなつかしく思っている。



写真 東京で開かれた国際会議に招待され、初来日された際撮影したイーストマン教授と筆者

当時、日本では“MBE は研究費ばかりかかって、その割には成果が出ない”という風潮があった。日本の電気系大企業の研究所は、MBE の将来に期待をもてず研究を縮小していたようである。その頃、富士通研究所の橋本、冷水両氏がコーネル大学を訪問された。両氏は“帰国後、我々も MBE の研究を中止させられるかもしれない。”と話されたのを覚えている。予想に反して、その後デバイス開発に焦点を合わせて研究を続けた成果が、その年(1979年)の暮に現れた。これが MBE を用いて成長した GaAs/n-AlGaAs を用いた高移動度トランジスタ (HEMT) の開発である。この新しいデバイスの基礎に関連した2次元電子輸送について、帰国後冷水氏の試料を使って実験を行い興味ある現象に巡り会えたことは一生忘れられない思い出である。

HEMT が生まれる基礎になったヘテロ接合の変調ドーピング技術は、1978年ベル研究所のディンクル等によって実証された革新的な技術である。MBE の基礎技術と、それに関連した物理の研究の最近の進歩は目を見張るものがある。1979年コーネル大学で開かれたマイクロ波デバイスの会議において、はじめてディンクル本人の話を聞いて深い印象を受けた。ベル研究所においても、デバイスグループがこの新しい発見をもとにそのデバイス応用に興味をもっていた。しかし富士通研究所のグループに応用面において一步遅れをとった。最近ベル研究所から HEMT の集積化などについて、注目すべき成果が報告されている。現在、世界中の約30近くの研究所で同様な HEMT 関連の研究が行われているようである。この新しい技術の幕開にあって、HEMT に関する専門家会議がディンクルの呼びかけで近く米国で開かれる予定である。

ディンクルと共に変調ドーピングの効果を発見し、その後も2次元電子の研究に関係した研究者にステルマーがいる。彼は西ドイツからベル研究所に来た若手研究者である。西ドイツのシュトットガルト大学においては、光物性の興味ある研究を行っていた。街で見かけると、ロック歌手と見間違いそうな長髪の風貌である

が、親しみ深く研究の話には熱心に付き合ってくれる。今年、2次元電子の量子ホール効果に関する研究で、米国物理学会から表彰された。何度かあうたびに高い所へ登っていくようで、非力な自分との距離は広がるばかりである。この夏彼の研究室を再訪する機会を得たが、ベル研究所の第一線を走っているホープであるという印象を強くした。今後どのような大きな仕事をするか楽しみな人である。

これまで過した阪大時代を想い出すと、浅薄

な研究経験ではあったが、電子工業発展の基礎となった半導体技術の変革に巡り会えたことを非常に幸運に思う。その過程で巡り会えた内外の研究者から学んだことを、今後は若い学生に与えてゆきたいと思う。新しい大学において、多数の学生相手の教育と研究を両立させるのは難しいかもしれないが、今後も一生心に残るような出会いを求めて勉強したいと思っている。

最後に大阪大学の諸先生方はじめ、お世話になった方々に感謝し筆を置きたい。



限りある資源を大切に…… の姿勢を守るDNT

現在は、「鉄の文明」と評され、今日の世界から鉄を無くしたら、恐らく一切の文化は終息するだろうといわれています。

DNTは、創立の礎となった重防食塗料「ズボイド」を通じて既に半世紀近く私たちの大切な鉄を守りつづけてきました。

そして、これからもDNTはズボイドを生みだした重防食技術をベースに、独自の技術開発を進め、さらに、海外の優れた技術と協力しあって、より優秀な重防食システムとして結合させ、限りある資源を守りつづけていきます。

●創造と調和をめざす●

DNT
大日本塗料

●大阪市此花区西九条6-1-124
〒554 ☎(06)461-5371(大代)
●東京都千代田区丸の内3-3-1
〒100 ☎(03)216-1861(大代)