

巻頭言

10回 SSISシンポジウム開会挨拶

半導体を核にした新産業戦略

半導体シニア協会理事長 牧本次生

開会挨拶に代えて日本にとっていかに半導体産業が重要であるかをお話しさせていただきます。

1. 半導体は日本の国際競争力の源泉

戦後日本の奇蹟の復興で最も重要な転機になったのがソニーのトランジスタラジオのヒットでした。これに触発されてテレビ、ウォークマン、ビデオなどで真空管から半導体



への転換が急速に進められました。同時に日本製品の評価が終戦直後の安かろう、悪かろうから高品質、ハイテクのイメージに変換されてゆきました。

2. 半導体は1%産業に非ず

現在GDP約500兆円に対し、半導体が5兆円で1%産業といわれていますが、川上の装置、材料、川下の電子産業も含めると5%、それに自動車、通信、金融、医療、教育などの業界も半導体無しには考えられなくなっています。これらの業界を含めると約200兆円、GDPの40%になります。如何に半導体の重要性が大きくなっているかを物語っています。

3. 環境の時代をリードするのは半導体

半導体の進歩を最初にリードしたのは軍用、宇宙産業、それからコンピューター、更に日本で伸びた民生機器で、そのあとPCが半導体進化の中心となる時代が続きます。現在は半導体がデジタルコンシューマ機器、自動車や医療などをリードする時代です。何時でも何処でも繋がっているというデジタル遊牧民の時代といわれていますが、この流れをリードしているのがアップルで、時価総額がマイクロソ

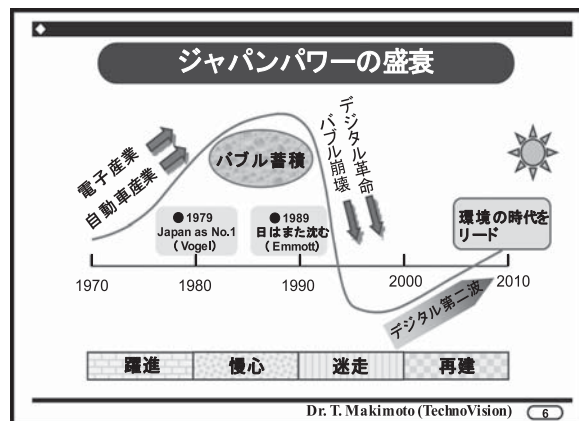


Tesla roadster

フトを上回ったということは新しい時代の訪れを示すと思われます。自動車ではシリコンバレーのテスラという電気自動車ベンチャーがトヨタと連携するといったニュースがあり、半導体が太陽電池、LED照明などとともに環境を中心とする新しいニーズをリードしていると感じています。

4. 日本の先端分野再建の提言

日本の半導体産業は80年代の慢心によるバブルが崩壊し、90年代の長い迷走を経て諸外国の隆盛に押され、今やデバイス製造は風前の灯となっています。今、環境の時代になって新しいニーズが生じ、半導体がその中心に存在していますから、日本で半導体製造の灯を消してはなりません。先端ファブを日本国内でも建設し、これを生かした新産業育成が急務と思っており、皆様のご協力をお願いするところです。



第10回SSISシンポジウム

6月1日大阪国際会議場(グランキューブ大阪)にて SEMI FORUM JAPAN の一環として開催しました。今年からは午前中の座談会を廃止し、午後からだけのセッションとしました。参加人数 55 名で巻頭言の理事長による開会挨拶のあと、基調講演、パネルディスカッションが行われ、活発な意見交換が行われました。以下その様子をご報告します。

関西地区委員長 田中俊行

基調講演

3D映像システムと半導体

パナソニック㈱ 川上博平

1. 半導体の動向

先ずデジタル民生機器の変遷を概観してみますと、オーディオ、PC の第 1 世代、更にビデオ、モバイルの第 2 世代を経て 2000 年ころからはネットワーク融合の時代となって、更にこれからは環境にやさしい機器の時代へと変化しています。このデジタル機器の変化に伴い、半導体の市場構造もモバイル、PCを中心にしたものから自動車、医療などの異ドメイン市場が拡大し、既存のアプリの

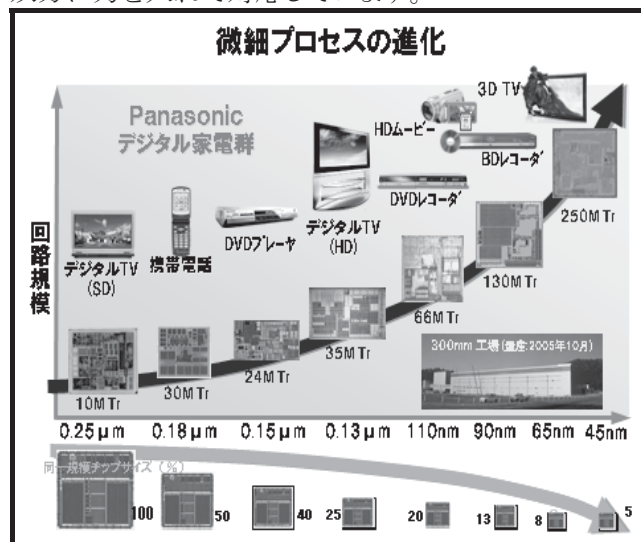


川上博平氏

融合により新市場が誕生しています。半導体市場は現在 25 兆円ほどで、最近伸びが止まっているようにみえますが、まだまだ年率 10% 程度の成長は続けてゆくものと期待しています。技術的には微細化一本槍から多様化、不連続の時代へと変わっており、それに対応した技術開発が要求されていると思います。

2. デジタル家電と半導体の進化

日本の人口は減少していますが、世界の人口は急速に増え続けており、またテレビの解像度は益々高度のものが要求され、ネットワークの通信データ量も 5 年ごとに 1 桁の増加を見せています。世界の薄型テレビ市場は現状 2 億台に近づいており、今後中国、アジアの需要が急速に伸びると予測されます。タイプ別では今後 LED 液晶が大きく伸びると予測しています。プラズマも一定の需要をもっていますので、パナソニックは双方に力を入れて対応しています。



この民生デジタル商品の需要増に対しシステム LSI の集積度も確実に増大し、10 億トランジスターの時代

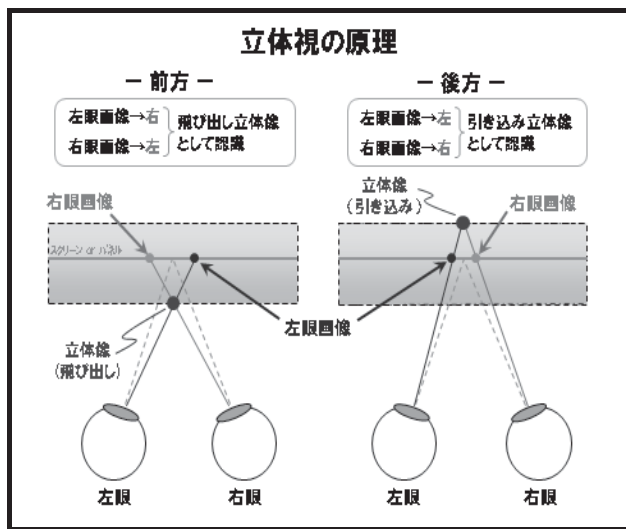
CONTENTS

・巻頭言 半導体を核にした新産業戦略	牧本理事長	1 頁
・基調講演 3D 映像システムと半導体	川上博平	2 頁
・パネルディスカッション 日本の製造業は大丈夫か？		5 頁
・NEWS 最先端 「ISSCC2010 報告」	河原尊之	9 頁
・NEWS 最先端 「学門に基づく本物のシリコン技術の時代はこれから始まる!!」	大見忠弘会員	13 頁
・寄稿文 アジア・アズ・ナンバー・ワンの時代の日本	リチャード・ダイク会員	20 頁
・寄稿文 半導体に賭けた生涯、岩間さんを回想する	川名喜之会員	22 頁
・春季工場見学記 東北	高橋令幸会員	25 頁
・春季工場見学記 九州	荒巻和之会員	27 頁
・委員会報告 文化活動委員会	高橋令幸会員	30 頁
・委員会報告 教育委員会	高畑幸一郎会員	31 頁
・協会だより		32 頁

へ突入しています。半導体の微細化も進み、32、28nmに手が届くようになってきました。こうした半導体の集積度向上と画像圧縮技術や、省電力設計技術の進化が伴って 3D 映像を実現する素地ができたものと思います。

3. 3D 立体映像の現況

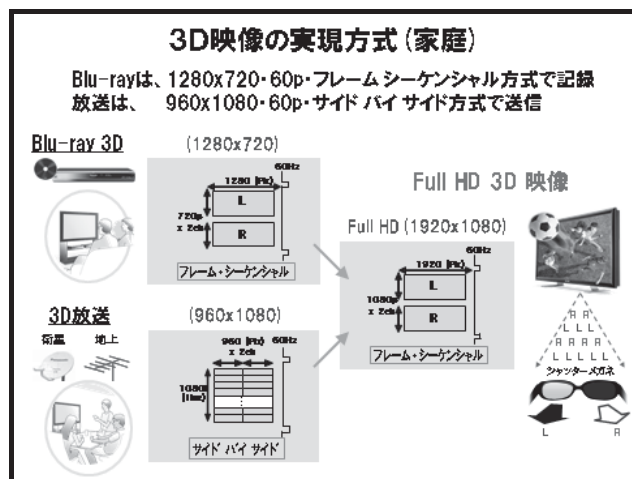
3D の歴史は 1838 年に左右の目で違う画像を見て合成するステレオスコープができたのが最初で、1853 年には色の眼鏡を使ってみるものができました。



画面が立体に見える原理は右目で見える像を右側に、左目で見える像を左側に置くと遠景として認識され、逆におくと近景として認識されます。

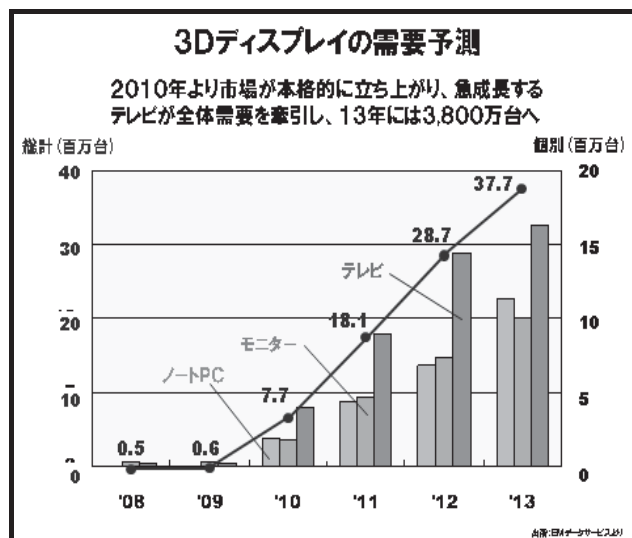
映画では 2009 年が 3D 元年と云われ、3D 対応映画館や、映画のタイトルも急速に増え、ご存知アバターの爆発的ヒットを生みました。これらが間もなくテレビ用ソフトとして販売されるようになります。この時期に 3D シネマが普及した理由は映画製作のデジタル化が進み、高画質で安価な表示が可能になったこと、3DCG 手法や撮影機器の進化などの技術的要素に加え、2D 作品での閉塞感に対する新たな価値提供ということで、3D が求められたのだと思います。また映画館での盗撮防止の効果や、ジョージルーカス氏、ジェームスカameron氏など米国の映画監督たちが 2005 年ショウウエストで強力に 3D の推進を行ったことが大きいと思います。

3D シネマは通常横 2K ピクセル、縦 1K ピクセル×2 チャンネルのフレームシーケンシャルで行われ、眼鏡は主として左右が異なる偏光を用いた偏光方式と、映像と同期して交互に眼鏡のシャッターが開閉するアクティブシャッター方式が採用されています。



テレビにおいても高速に耐えられるよう、フル HD の 2 倍速のディスプレイを用意し、制作、再生のコンテンツ、人と機器とのインターフェイスでも 3D フル HD に見合う新しい規格を採用しています。また価格的には最適な半導体を用意するなどにより、2D テレビより数万円アップ程度に収めるように努力しています。世界の 3D 対応ではブルーレイディスクで昨年規格が FIX し、今年 3 月 BD プレーヤーや TV が発売され、日本の放送では BS11 がすでに 3D を放送中、JCOM が VOD にて配信をスタートし、またスカパーがサッカーワールドカップの生中継を予定するなど続々 3D 対応が進んでいます。

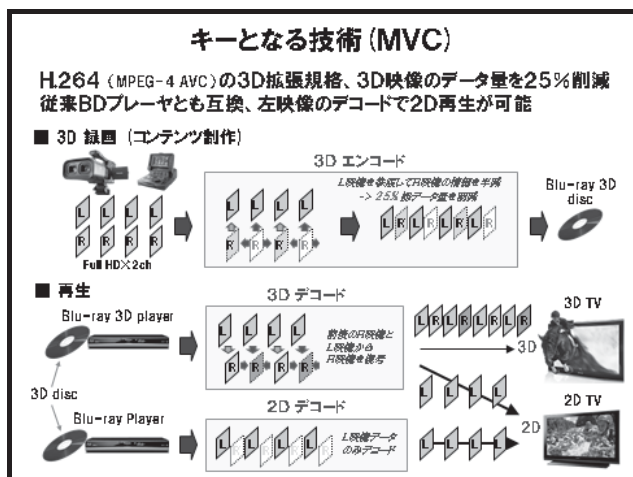
4 月にパナソニックで 3D テレビを発売する前の評価では 45% の人は 3D を買いたいと言っています。これからの需要予測では、3 年後の 2013 年には PC も含めた 3D ディスプレイは 3800 万台になるであろうと予測しております。テレビとオリンピックは深いつながりがあり、よりリアルに感



動を伝えるためにオリンピックの年は新しい技術が急速に普及しており、次のオリンピックでは 3DTV が大きく伸びると期待しています。

4. パナソニックの取り組み

パナソニックでは映画撮影からコンテンツの制作、家庭機器までの End-to-End 対応を行ってゆきたいと思っています。このための 3D 製品ラインアップとしては本年 3 月に米国で 3DTV とブルーレイを発売し、日本ではブルーレイ 4 機種を 4 月に、TV 4 機種を 5 月に発売しました。またシャープ、ソニーも続々と 3DTV を発売予定しています。



3D 規格としては記憶容量では 2 層 50GB のブルーレイで 2 時間録画を可能にし、圧縮技術として MPEG-4MVC を規格化しました。ここで MVC という技術は左右の画像をブルーレイディスクに保存する時、片方映像を半減させ、再生時には前後の映像から復号して TV に 3D 映像にする方法です。2D プレーヤー、2DTV には圧縮していない片側映像のみを映します。

3D パネルでは右目映像と左目映像との映像の重なりによって 2 重に見えるクロストークを抑えるために表示速度と輝度を大幅に向上させています。プラズマは液晶に比べ、高速表示で有利になっています。



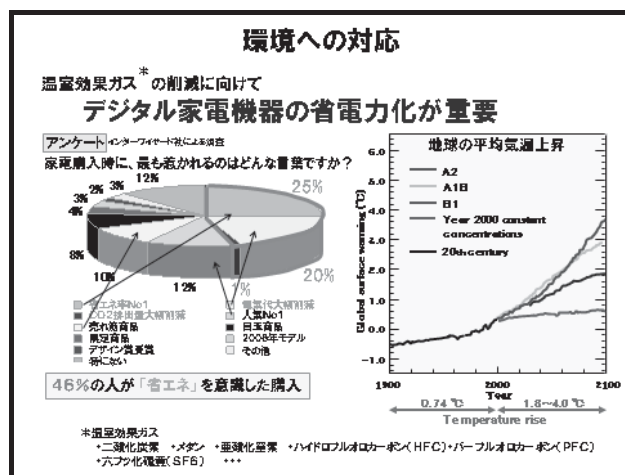
眼鏡はアクティブシャッター方式を用いていますが、漏れ光を最小限にすることにより、眼鏡によるクロストークも最小化しています。パナソニックでは新開発のデジタル

テレビ用 LSI とブルーレイディスク用 LSI を用意し、2010 年のモデルではそれぞれ 3D フル HD に対応させています。また、セットと LSI がコンセプトを共有化して垂直統合することで、スピードアップを図るとともに、系列機器のプラットフォームを共有化することにより、高性能な製品群を連打して他社との差別化を図っています。LSI では現在 32nm の技術によりチップの高集積、小型化に取り組むとともに低消費電力用のシステムを開発して冷却の不要な限界設計を行っています。パッケージではプリント基盤設計と LSI を一体とした設計を行うことにより配線による電力消費の最小化を図っています。このようにパナソニックの総合力を発揮して先端機器の開発に取り組んでいます。

5. 将来展望

これからのテレビや家電は人と調和する生活を目指して高画質化、ネットワーク化へ進んでゆくと考えています。それに対応できるよう、LSI の中でもネットワーク対応システムが組込んであります。

2006 年に家電を購入する時の最も惹かれることをアンケートでとった結果、46% の人が省エネを意識しているとの回答でした。地球の温暖化はこのままでは大変なことになるので家電の省エネは必須です。LSI が高機能になっても消費電力を抑えることにより、家電の省エネに多大の貢献をします。それによりブルーレイディスクだけでも、1 台 2.5W の削減は 2000 万台で 1 日 1 時間使ったとして年間 183 億 Wh の削減になり、7100 トンの CO₂ 削減に相当します。



今後裸眼の 3D が期待されますが、画素数としても 3 億画素が必要とされ、これを実現させるのは 2025 年くらいになると言われています。スーパーハイビジョン、インタラクティブデジタルシネマで要求される 4K2K システムを実現させるには画素数、演算処理などで高性能化を図る必要があり、現在それに取り組んでいます。カメラもデジ

タル圧縮技術を応用して 4K2K に対応できるよう、開発中です。

以上かけがえの無い地球、3D という魅力的な感動空間との調和、そこで活動する私たちが待ち望んでいた家庭用 3D という映像革命は驚くほどのスピードで全世界に広がるであろうと思っています。

6. 質疑応答

田中 家庭でテレビを見るときは食事をしながらとか、寝転がってとか、真面目に正面から眼鏡をかけてみることは少ないし、裸眼で見ると 2 重になって見にくいので本当に普及するか心配です。将来テレビの何%くらいが 3D に置き換わると予測されますか？

川上 S 社さんが出された予測では来年には 50% を 3D にするといっていますし、パナソニックも可能な限り 3D にしたいと思っています。寝転がってみても眼鏡をかけていればプラズマであれば問題ありません。液晶では、現在は若干問題があるのですが、アクティブシャッター方式では斜めにみても問題ありません。

松本 裸眼で見える 3D の実現は 2025 年といわれましたが開発をもっと早めて欲しいと思います。3D を見るのに片目の人では無理ですか？

川上 静止画像では無理ですが、動きを捉えて立体に見せるということは可能です。ただより膨大なデータを使いますのでかなり先のことになるでしょう。

常石 家電の量販店でアンケートをしていてどの程度の価格差なら 3D を買いますか？というのがあって私は 7 万円のところにチェックを入れたのですが、メーカーさんの立場からはどの程度の付加価値があると読んでおられますか？またテレビの大勢が 3D の世代になると今の世界シェアの状況はどう変わりますか？

川上 パナソニックでは販売価格として数万円以内の差を想定して開発しました。ただエンドユーザーに届く時はその 3 分の 2 とか半額といったレベルになると思います。半導体のハードでは特に大きなコストのかかる部品は無いのですが、追加メモリが必要なのと安全面での周辺にコストがかかっています。量産されると価格差はうんと縮まると思います。韓国メーカーに比べると現在はパネル、LSI とも我々が先行していますが、いずれ追いつかれることも考えられます。我々がリードを保つためにはどんどん新しい技術や規格を生み出して常に先行して行くしか方法はないように思います。

檜垣 規格化といわれましたが、特許で抑えることはできないのですか？

川上 市場を拡大させるためにはオープンにしないといけないのでやはり規格化するという方向にならざるを得ないと思います。

崎谷 3D テレビを、眼鏡をかけてみると画像が少し暗くなる印象を受けたのですが事実ですか？それと眼鏡をかけるなら眼鏡そのものをディスプレイにすれば済むように思うのですが。

川上 眼鏡を通すと暗くなるのは事実です。従ってディスプレイの輝度を上げるような工夫をしています。ヘッド TV というのがあったのですが、やはり目の前に物をくっつける煩わしさがあって普及しなかったようです。

牧本 パナソニックさんの場合はパネルも LSI も持っておられて総合力で 3D を先行されたと思うのですが、2D テレビのように水平分業しているメーカーが追いつき、追い越してくることはないのでしょうか？

川上 まだ規格ができたばかりなので水平分業メーカーが追いついていませんが、いずれ追いつくと思います。我々はやはり次々と規格化で先行して新製品を出し続けなければ勝てないと思います。

和田 最近パネル部品が不足して入手しづらいと聞いていますが実際はどうですか？その他ではどういう部品が品薄なのでしょう？

川上 今一番逼迫しているのが LED 液晶です。LED を大量に使用しますので総量が足りません。それと 3D では 4 倍速のディスプレイを使用しますのでこれも足りません。

加藤 パナソニックがプラズマにこだわる理由と韓国勢に勝つためのソフト面でどういう対策を考えているかお聞かせください。

川上 プラズマは画面が美しいことと、高速応答性、自発光ができるなどの特色があり、本来コスト的にも液晶より有利なのですが、量産効果の面で厳しいのが実態です。パナソニックは今後も両方に力を入れてやってゆきます。またコンテンツについては、今はコラボレーションで行こうとしています。

中村 最近パナソニックは半導体で 32nm 以降の投資はしないと新聞発表されていましたが、先端の LSI を外に出して総合的な先行開発ができるのか危惧していますが。

川上 デバイス開発は当然進めて行きますが、微細化と先行開発は必ずしもイコールではないので状況に応じて対応して行くことになると思います。

パネルディスカッション

日本の製造業は大丈夫か？

パネリスト

東京エレクトロン(株) 常石哲男
TSMC ジャパン(株) 小野寺誠
(株)産業タイムズ社 泉谷渉

モデレーター

(独)産業技術総合研究所 井上道弘

井上 我々半導体事業に係わったものとして今後の日本の半導体がどうなってゆくのか非常に気になるなところ

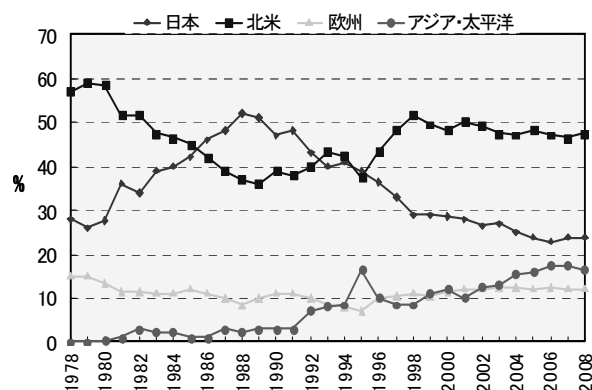
です。タイトルは製造業と大きく出ていますが主に半導体事業に絞って話を進めさせていただきます。

日本の半導体は90年をピークに一方的にシェアを下げ、凋落が叫ばれていますが、まだ世界を4分する一角を占めているわけで踏みとどまっているという見方もできます。



井上道弘氏

地域別半導体売上シェア



2

経産省の産業構造ビジョンによりますと日本の経済的な地位は一人当たりのGDP、IMD国際競争力などの面でこの10年でも大きく低下しています。その背景としては産業構造、企業のビジネスモデル、企業を取り巻くビジネスインフラに問題があるとしています。これは産業全体を言っていますが、半導体においても低収益体質、

国内競争での消耗、起業数の低下、垂直統合、自前主義の限界、科学技術人材の競争力などにそっくり当てはまります。

本日は

- 1) 日本の半導体技術力、製造力は？
- 2) 次世代半導体で復活の道はあるのか？
- 3) 環境ビジネスは救世主たりうるか？

といった切り口で議論を進めさせていただきます。

常石 この20年間日本の半導体シェアが一方的に下がっているのは装置メーカーとしても残念なところ

デバイスメーカー ランキング Top20

	1990	1995	2000	2004	2009
1	NEC	Intel	Intel	Intel	Intel
2	Toshiba	NEC	Toshiba	Samsung	Samsung
3	Motorola	Toshiba	NEC	TI	Toshiba
4	Hitachi	Hitachi	Samsung	Infineon	TI
5	Intel	Motorola	TI	Renesas	STMicro
6	Fujitsu	Samsung	STMicro	STMicro	Qualcomm
7	TI	TI	Motorola	Toshiba	Hynix
8	Mitsubishi	Fujitsu	Hitachi	NEC	AMD
9	Philips	Mitsubishi	Infineon	Philips	Renesas
10	Matsushita	Hyundai	Micron	Motorola	SONY
11	National Semi	Philips	Hyundai	AMD	Infineon
12	STMicro	IBM	Philips	Matsushita	NEC Electronics
13	Samsung	Matsushita	Mitsubishi	Micron	Micron
14	Infineon	STMicro	Fujitsu	Hynix	Broadcom
15	SANYO	Infineon	Lucent	Sony	Elpida
16	Sharp	LG Semicon	AMD	Sharp	Mediatek
17	AMD	SANYO	IBM	Qualcomm	Freescale
18	Sony	Micron	Matsushita	Rohm	Panasonic
19	Ok	Sharp	Sony	Analog Devices	NXP
20	Harris Semi	National Semi	Sharp	IBM	Sharp

(Source: TEL based on Gartner Dataquest, iSupply)



3

1990年にはトップ10に日本の半導体メーカーが6社もあったのに2009年には3社に減っています。最近の特徴はビジネスモデルの変化でファブレスが大きくシェアを上げていることです。デバイスメーカーに比べ装置メーカーは1位AMAT、2位TELという形がずっと続いていて、まだ日米が頑張っています。最近韓国メーカーも国が力を入れているのでその内上位に出てくると思います。

日本の半導体メーカーは売り上げの地域別では国内が大きく、用途別では家電向けが多いことが特徴です。ビジネスモデルの特徴を統計的に見ますと、ファンドリ、メモリでは企業規模、設備投資金額と利益率に明らかな相関性が認められるのに対しロジックではランダムです。

R&D費用と利益率の相関ではファンドリが圧倒的に少ないコストで大きな利益を上げています。日本のエレクトロニクス業界は長期的に見てR&D費用が回収でき



常石哲男氏

ていないこと、開発当初は大きなシェアを獲得するものの、世界市場の伸びに従い、シェアが減るのが特徴でこれは日本企業のビジネスモデルの問題だと思えます。

戦える「土壌」が弱くなった

“グローバル競争力という視点にて”

- > 人材
- > 技術・開発力
- > 製造力・品質力



「土壌」

夢・活力・情熱

経営力・ビジネス戦略・報酬システム・企業ガバナンス・企業価値向上力・大学&専門教育システム・投資インフラ・国の支援・文化・価値観・国勢・税制



Tom Tsunashima / Tokyo Electron Ltd / Rev1.0 / 2010年6月1日 / SSI-OSaka

13

日本の半導体が凋落した原因を振り返ってみますと90年代バブル崩壊後の投資判断の遅れ、国内市場重視の傾向、セッターのシェア低下などの要因があると思われまゝ。日本の技術・開発力は世界 No.1 だと思いますが、経営力、マーケティングなどを含めた世界と戦える経営土壌が弱くなっていると感じます。日本復活への課題は夢・活力・情熱が沸き出るようなビジネスの土壌を肥やす必要があることだと思っています。

小野寺 TSMC は1987年に設立され、今や8インチ換算で年間1150万枚の生産能力を持つ世界最大のファウンドリです。専業ファウンドリの立場から日本の半導体メーカーを見てみると、設計、プロセス、品質管理などに非常に高い技術力を持っている反面、スピード、コスト意識、語学力に改善が要求されると思います。

日本の半導体技術力、製造力は？ ロジック専業ファウンドリからの視点 -2-

Top 10 Semiconductor Industry Capital Spenders*

2010 Rank	Company	2007 (\$M)	07/06 % Change	2008 (\$M)	08/07 % Change	2009 (\$M)	09/08 % Change	2010F (\$M)	10/09 % Change	Major Product
1	Samsung	7,964	16%	6,750	-15%	3,518	-48%	5,000	42%	Memory
2	Intel	5,000	-13%	5,197	4%	4,515	-13%	4,900	9%	MPU
3	TSMC	2,557	6%	1,877	-27%	2,687	43%	4,800	79%	Foundry
4	Toshiba	3,595	18%	2,210	-39%	950	-57%	1,950	105%	Memory
5	AMD/GlobalFoundries**	1,683	-9%	621	-63%	466	-25%	1,900	308%	MPU/Foundry
6	Hynix	5,145	8%	2,900	-44%	855	-71%	1,840	115%	Memory
7	Micron	3,700	23%	2,300	-38%	800	-65%	1,715	114%	Memory
8	Nanya	2,098	131%	695	-67%	640	-8%	1,415	121%	Memory
9	UMC	850	-15%	349	-59%	551	58%	1,350	145%	Foundry
10	Elpida	2,111	55%	890	-58%	535	-40%	1,000	87%	Memory
—	Total	34,703	12%	23,789	-31%	15,517	-35%	25,870	67%	—

*Includes company's share of joint-venture spending.
Source: IC Insights, Company Reports 2/24/2010

**Includes Chartered in 2010

© 2010 TSMC, Ltd.

Open Innovation Platform™



小野寺誠氏

世界の半導体メーカーの設備投資ランキングをみますとインテルを除くと上位は皆ファウンドリかメモリにな

っています。メモリメーカーは製造を外部に出すとファウンドリとWIN-WINの関係を保つのは難しく、自前の積極的な投資でスケールメリットを享受すべきだと思います。しかしロジックメーカーは投資効率の面でファウンドリをうまく利用し、製造プロセス以外のところに注力してその高い技術力を生かすことが必要であると思います。TSMCでは既に40ナノの製品が20%を占め、さらに28ナノの製品を来年にかけてリリースし、20ナノ製品を2013年にリリースする予定で、先端のプロセス、製造をサポートできる体制を整えています。日系メーカーとは既に富士通エレクトロニクスと40ナノ製品の生産委託、28ナノの共同開発することで合意しています。

次世代半導体では既にTSMCにおいてはMEMSやCMOSセンサーなども手掛けており、また新しいパッケージ技術も含め、お客様と一緒にグローバル市場を対象にロードマップを共同構築して協業して参りたいと考えています。

泉谷 昨年12月でライバルだった日経マイクロデバイスが廃刊、プレスジャーナルが倒産ということに



泉谷渉氏

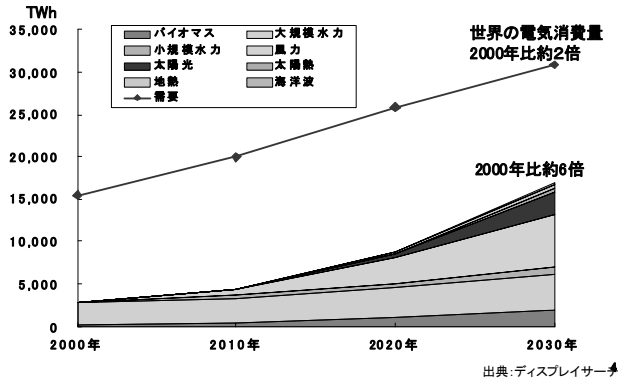
なり、非常に寂しい思いをしています。

半導体産業新聞は最後発ですが生き残っていますので今後も半導体業界とともに歩んで参りたいと思っています。わが社では週刊環境エネルギー産業情報を発刊し、大ヒットしています。明らかに世の中は環境ビジネスへと向かってシフトしています。

グリーンニューディール革命における市場規模は700兆円ほどで自動車の300兆円、エレクトロニクスの120兆円に比べ、とてつもない額になっています。日本の民

再生可能エネルギーの発電能力

- 再生可能エネルギーでの発電能力は今後大きく発展。太陽光発電もけん引役のひとつ。
- 依然として、化石燃料による発電が行われ、地球温暖化に懸念。



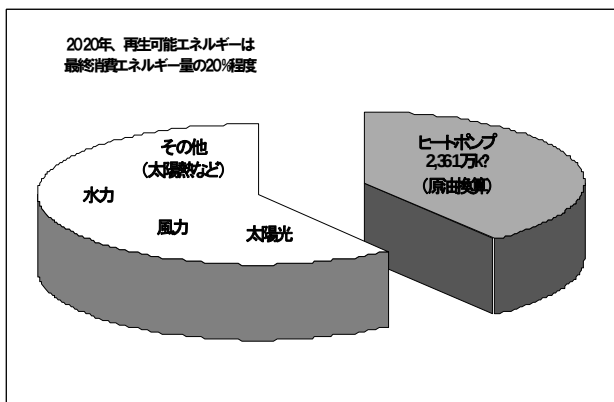
主党政権の大きな過ちは「コンクリートから人へ」で公共投資を押さえ込んだことで、これはこの新産業革命に背を向けることになります。

太陽光発電、風力発電所の建設は日本では立地条件が悪く、効率が悪いので期待薄です。ただソーラーパネルの製造に関しては堺が動けばシャープ、その後昭和シェル石油、新日本石油が続いて2年後には日本のメーカーが60%を占めると予測しています。

スマートグリッドは情報技術を駆使して電力供給を効率的に行う電力ネットワークですが、この関連で2014年には1710億ドルの巨大市場になるといわれます。このためのクラウドコンピューティング用サーバに莫大なフラッシュメモリーが要求されます。

ヒートポンプは2004年にNEDOで開発された空気中の熱からエネルギーを取り出すシステムで最新の圧縮式ヒートポンプは家庭内の電力を3分の1に減らせるといわれています。日本勢が圧倒的なシェアを持ち、環境ビジ

再生可能エネルギー全体に占めるヒートポンプの割合



10

ネスを引っ張る日本の最終秘密兵器になります。

リチウムイオン電池は日本が8割のシェアを持ち、5大部材も全部持っていて90%のシェアを持っています。ただ世界も追いついてきますのでかつての半導体のようにならないことを祈っています。

日本の新幹線システムも世界に冠たる安全なシステムですが鉄道は最もエコなシステムの一つです。

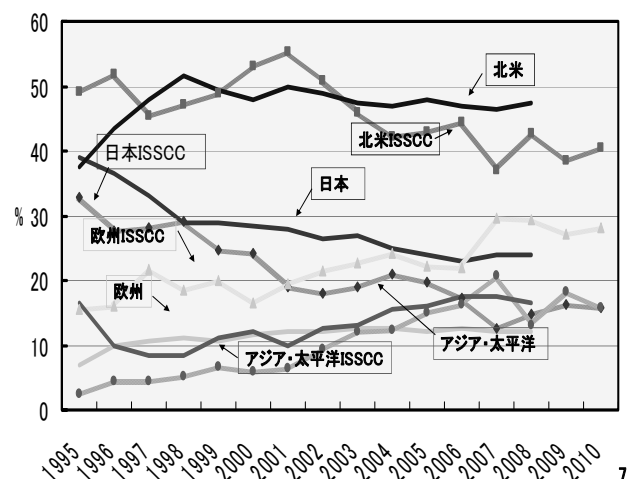
汎用パワー半導体、IGBTは日本勢が頑張っているもので灯を消さないようにして欲しいと思います。LEDは日亜化学の特許が切れますので大手が参画し、韓国が間違いなく伸びてきます。

環境エネルギー産業の人は半導体を知らない、半導体の人は環境エネルギーを知らないので新しい週刊誌を出した訳ですが間違いなく環境関連は半導体にとって大きな市場になりますので大いに勉強をして欲しいと思います。

EUは食糧、エネルギーの自給率を大幅に上げてきました。これは有事対策で米国もその方向に向かっています。日本は全く無防備です。環境エネルギー政策は軍事と切っても切り離せないものでCOPがまとまらないのはそのせいだということを付け加えておきます。

井上 先ず日本の半導体技術力という観点で先ほど常石さん、小野寺さんは日本の技術力は強いといわれましたが、ISSCC、IEDMに発表している論文の数と半導体売り上げの地域別シェアを比較してみますと、非常に強い相関があります。これを見ると日本の技術力もシェアと比例して落ちているのではないかと思います。如何でしょう。

半導体売上シェアとISSCC論文比率



7

泉谷 日本の技術力と言いますが、これは過去の人達が築いたもので今の若い人たちが作っているものではありません。学会などで日本の若者から全く質問が出ないのが実情で、情熱がないことを嘆いています。

小野寺 ファンドリの立場から客観的にみて設計、プロセスという面で確かに日本の技術は優れていると思いますが、問題はそれをどうやってビジネスに結び付けてゆくかという面に弱さがあるのではないかと思います。

常石 私は土壤ということを行いました、この土壤というのは必ずしも日本で開発し、日本人を使って日本で製造しなければならないということではなく、日本で生まれた技術をグローバルに展開してゆくものだと思います。問題はやはり経営効率で三星では要素技術開発に殆ど金をかけていないといわれますし、三星、TSMC が 30%以上の営業利益をあげられ、開発再投資にそれに向けておられるのに比べ、日本勢の低収益体質に問題の本質があると思います。

溝上 常石さんのデータで装置メーカーの東京エレクトロンはこの 20 年間近く 2 位をキープしているのに対し、NEC は 90 年にはトップだったのに一方的に落ち続け、昨年はトップ 10 から姿を消しています。この議論をするときにはこの違いをしっかりと認識しておく必要があると思います。

中村 装置メーカーは既に十分グローバル化しているため、シェアをキープしているのだと思います。それに対しデバイスがグローバル化できないのはマーケットの捉え方が限定的で世界市場を対象とした対応ができていないため、今後はファブレス化、ファブライト化を含めて日本のメーカーは本当に国内で半導体を製造しなければならないのかということを真剣に考えるべきです。

元榮 私は東芝でシステムLSIをやってきましたが、ファブレスの良さは人の採用を含め、フットワークの軽さで、日本の大手電機メーカーでは人事や開発の意思決定に時間がかかってスピードの面で時代にそぐわなくなっているのだと思います。



井上 デバイスメーカーの現状に悲観的な話が多く出ましたが、次世代技術、環境関連技術に対し、日本のメー

カは良いポジションを持っています。これを今後どう生かし、長続きさせて行くにはどうすればよいのでしょうか？

泉谷 環境関連では、そのマーケットの 10-15%は半導体の需要に回り、現在の活況を見ていると 300mm、100mm 以下のファブはフル稼働の状況で、この秋には生産が間に合わない深刻な状態になります。ただ問題は 200mm ファブの稼働が 50%以下で、この現象が日本の中途半端な現状を示しています。ハイエンドのところはファンドリに任せて日本はパワー半導体や LED のような環境用ローエンド製品に 200mm ファブを活用すればよいと思います。

小野寺 既に昨年のデータではファブレスがトップ 20 に何社も出てきているのが趨勢ですから、日本のメーカーも余裕のあるうちにグローバルに協業することをされたらよいと考えています。弊社からもいろいろ話を持ちかけているところですが、過去のしがらみがあってグローバルな展開ができないのかなと思っています。今実際に日本がリードしている IGBT のようなデバイスが沢山あるわけで、これをどう伸ばしてゆくのビジョンが大切だと思います。

松本 IBMは今研究開発のファンドリをやっていますし、SEMATIC、IMEC なども成果をあげているのに日本のコンソーシアムは影が薄くなっています。今もう一度かつての超 LSI 研のようなものを再構築する必要はないでしょうか？

泉谷 日本の現状は先人が築いた技術、財産に拘り過ぎていていると感じます。かつて米国が繊維産業を惜しげもなく捨て、日本も石炭産業を捨てていったように途上国でできるような産業はきっぱり捨てて日本ではできないものにチャレンジしてゆくダイナミズムが必要だと思いますし、それだけの力を持っていると思います。

井上 テーマが広すぎてまとまりがつきませんでしたが、半導体業界の今後を考える一助にいただければ幸いです。



回路技術のフロンティアを求めて

河原 尊之 ISSCC 2010 FE 委員会チェア



1. はじめに

ISSCC に参加者が戻ってきた。それと共に、半導体回路技術のオリンピックと呼ばれこの分野の近い将来を良く示すと定評のある ISSCC であればこそであるが、半導体回路技術の新しいフロンティアはメディカルなのかと人々が真剣に捉え始めた ISSCC 2010 であった。ISSCC 2010 のテーマからして通常の ISSCC とはやや趣が異なる。“Sensing the future”-「未来を感じる」である。もはや、LSI はその性能を向上させるのにセンサ無しでは有りえない。

今やチップ上に組み込まれたセンサは、チップの動作状態(温度、電圧、電流量)を観測しそれに基づいて制御したり、デバイスのばらつきに対処するために欠くことのできないものとなってきている。また、磁力、機械、化学、光、温度、生体その他多くのセンサが、対応する外界信号とのインタフェースの役割としてチップに組み込まれている。更に、センサは後述のメディカルや生命科学分野への LSI 応用でも重要である。近い将来シリコンチップ上のセンサは人体内も含めたいところにある存在するようになるだろう。ここから LSI によって切り開かれる新たな未来を感じ、また考えることができる。そういった意味での“Sensing the Future”である。更に繰り返しとなるが今年はこの数年目だって増えてきたメディカル関係の論文に対し、これは確固たる技術の流れだと多くの人が認識した年でもあった。メディカル元年と言っても良いだろう。(しかし、果たしてここが半導体回路技術を進化させ、市場を切り開いていくフロンティアだったか否かの判断には、今しばらく時間が必要かもしれない。)

2. 全体状況

ISSCC 2010 の参加者は、経済状況を反映して落ち込んだ ISSCC 2009 の約 2300 名から約 2700 名へ回復した。例年並み(3000 名以上)には届かないが、景気の回復が感じられ、活気と賑わいに満ちたものとなった(写真1)。会場のマリOTTホテルも内装が一新され、その中で教育セッション、発表とQ&A、夜10時までの熱いイブニングセッション、及びこれらを題材とした個々の小さな集まりでの様々な議論に充実した時間が流れていた。実は昨年9月時点で投稿件数は例年並みに戻ったのである。しかし、採択会議時点ではまだ経済状況は不透明であったため採択論文数は抑える方針が採られた(会場の準備に関係するため)。この結果厳しい審査となり、結果 210 件(昨年 203 件)が採択となった。採択率は 32.9%である(同 34.9%)。しかしこの高い採択基準自体は、参加される方々には聴き応えのある質の高い論文が揃う結果であった。その中で、地域別の採択数としては、米国、欧州が増加する中、アジア地域はやや減少となった。韓国が 19 件と昨年(14 件)より件数を伸ばしたが、台湾が 9 件と半減(昨年 17 件)してしまい、日本も 32 件と 1 件減であった。図1に示した採択件数組織別トップ 10 の中に、アジア地域からは、東芝、三星、台湾大、そして KAIST(韓)が入っている。

本会議冒頭の4件のプレナリの内2件は、今回のテーマである“センサ”に深く関連したものであった。ひとつはボッシュ社からの車載応用を主体とした MEMS センサの報告であり、もうひとつはソニーからのイメージセン



写真1
発表が終わった後の廊下と会場内の風景

サの報告である。ボッシュ社の報告は、まず、MEMS センサの開発について、シリコン(Si)の機械的な性質が如何に優れたものであるかの説明から始まった。

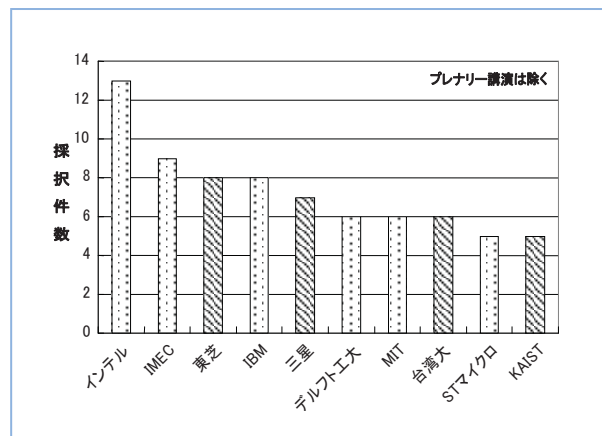


図1 組織別採択件数トップ10

続いて60年代終わりからのその開発の歴史を振り返りながら、Bosch-process と名づけた DRIE プロセスにて極めてアスペクト比が高い加工を可能とし、車体制御用の複雑なセンサへと進化していく様を丁寧に示した。アニメーションを交えての分かりやすい説明と、技術の分類、将来動向含めて技術的な深みを備えた講演であった。

続くソニーのイメージセンサの報告は今回の白眉であると言って良いであろう。明確なメッセージ、「CCD でフィルムを超え(た)、CMOS で人間の眼を超える」を据え、これを実現するための様々な技術革新内容の説明と豊富なデータの提示により、優れた技術開発に触れた時の爽快感とも言える感銘を聴衆に与えていた。まずは、CCD の原理から説き起こし、微細化への絶えなき挑戦により銀塩フィルムの域に達したことを述べた。次いで、低電力性と高速応答性に優れる CMOS センサの特長を伸ばしつつ、高感度化、ダイナミックレンジの向上とピクセルサイズ縮小へのチャレンジにより、あらゆる面で人間の眼の性能を超え、なおかつ、眼球のようなフレキシブルな形状の実現や3D動画像への対応を解き明かした。なお、プレナリーの4件は各々40分あまりの講演がISSCCのホームページ (http://isscc.org/videos/2010_plenary.html#session1) で公開されているので、興味がある方はご覧頂きたい。

3. メディカル元年

ISSCC 学会チェアである MIT チャンドラカサン教授は、ISSCC 2010 に見られる重要トレンドとして、“グリーン”と“メディカル”を09年11月末に行われたプレス発表会にて掲げた(図2、図3：なお、図は英文であり、これらは筆者による和訳版)。図2の“グリーン”については近年のトレンドでもあり、環境への関心の高さから継続的な技術開発が

続いている。チャンドラカサン教授が 90 年代に打ち立てた分野でもある。特に、数年前より微細化と共にAC電力よりも大きくなってしまふことが懸念されているリーク電流の削減については、今年も製品に適用された技術について多くの報告があった。

ISSCC 重要トレンド1: グリーンエレクトロニクス

- 高電力性能比は、携帯機器と高性能機器両方にとって重要
- ISSCC の論文は、すべての技術領域(アナログ、デジタル、コンバータ、メモリ、センサ、無線/有線通信)において省電力化を扱う。
 - いくつかのチップは最新の32nmプロセスを使用
- 高電力性能比である高性能プロセッサは、インテル、AMD、ARM、IBM、Sun、及びクアルコムから発表
 - いくつかのチップは最新の32nmプロセスを使用
- 高効率オンチップネットワーク (100GB/s → 1TB/s): 電力効率の高いオンチップネットワークは次世代マルチコアプロセッサに必須
- 高効率電力管理技術が進展

図2 学会チェアによる ISSCC 2010 重要トレンド1

ISSCC 重要トレンド2: メディカル応用

- 医療用エレクトロニクスは重要な伸張分野
 - 体内用、体外用両方に論文有り
- 医療用計測機器および診断用のコンポーネントの主な進歩:
 - 改良されたセンサとデータコンバータ
 - オンチップ発電
 - 誘導通信および電力分配
- 主要な実証システム:
 - KAIST: 心電図モニタシステム
 - ハーバード大: 手のひらサイズNMR
 - パデュー大、TI: 体内埋込型の圧力モニタ
 - 台湾大: 腰痛を削減するIC

図3 学会チェアによる ISSCC 2010 重要トレンド2

もうひとつの図3“メディカル”については、ISSCC 学会チェア自身がこれを重要トレンドとして提示したことは注目すべきことである。今回あえて提示した理由は、最近のISSCC 及びこれを取り巻く半導体回路技術の変化のためである。先程リーク電流低減技術を述べたが、この回路技術としての原型提示は 90 年代の初めに遡る。また、LSI の集積度が増すにつれて、システムとしては大きな性能向上を謳えるが、回路的には何か本質的に新しいものがあるかという見当たらないといった閉塞感が存在している。このため、ISSCC では、“信号処理”のサブコミッティをやはり回路技術主体にすべきと“低電力デジタル”のサブコミッティに作り変えたり、或いは今年のテーマとして“センサ”を取り上げるなど、ISSCC が半導体の分野で常に価値ある最高の学会であるべく変化を試みている。その中で、“メディカル”が、“回路技術がダイレクトに応用に結びつくフロンティア”として注目されてきたのである。こ

の分野の論文投稿は徐々に増えている。実際、ISSCC における“メディカル”分野の論文発表数は数年前に比べて倍増しており、ISSCC 2010 では 15 件に達した。学会委員会内部ではメディカル分野のサブコミッティ設立も議論に上っている。また、ISSCC では回路フォーラムと称して最近の重要なトレンドの技術を一日かけて深く議論する教育セッションを本会議の前後に開催しているが、今回は”Circuits for Portable Medical-Electronic System”と題したものが企画され、多数の聴衆を集めていた(昨年 ISSCC 2009 では 2 時間のスペシャルイベントセッションとして RF のメディカル応用を取り上げた)。ISSCC は LSI の近い将来の動向を良く示すものであれば、“メディカル”の分野で実際の製品の進展が起こるのか否かも注目となっている。これらを受けてか、既に発表されている ISSCC 2011 のテーマは“Electronics for Healthy Living”となった。健康な生活へ向けた、ライフサイエンス一般への半導体技術の貢献まで広げたものである。学会チェアがプレス会議で明示する程“メディカル”応用への動きが明確なものとなった ISSCC 2010 をもって、ISSCC におけるメディカル元年と呼べるであろう。

メディカル分野の発表数推移は具体的には下記の通りである。

ISSCC 2007:	7 件
ISSCC 2008:	9 件
ISSCC 2009:	11 件
ISSCC 2010:	15 件

今年は 3 セッションの中で 15 件の発表がありそれぞれ高い関心を集め、前述した通り関連した回路フォーラムも開催され多くの参加者を集めた。ISSCC 2010 メディカル分野で発表された論文を地域別に分類すると米国が 6 割

を占める。

アジアと欧州が残り 2 割ずつである。残念ながら日本からの発表は無い。また、全体の 7 割が大学からの発表であり、企業からは Medtronic(米)、DNA Electronics(英)など少ない。まだ、市場が良くは見えていない段階なのであろう。内容的には、体外で使う応用と、体内に埋め込む応用とに分けられるが、7 割が体内埋め込み用又はそれを目指したチップである。体外で使う応用とはバイオセンサやヘルスケア用であり、体内埋め込み応用とは脳神経計測や電気/光刺激による痛み制御などである。図3に示すように学会チェアは、ISSCC 2010 で現れた主要な実証システムとして、KAIST の超低消費電力 LSI を埋め込んだ心電図測定湿布、ハーバード大の自宅で癌検診を可能とする手のひらサイズ NMR、パデュー大(米)とTIの極小サイズバイオメディカルインプラント圧力センサ、及び台湾大からの腰痛を低減するインプラント LSI とシステムを挙げた。

ここでは具体的な発表内容例として、重複するが体内埋め込み型医療機器用 LSI の3例を表1に示す。台湾大の発表は、電気刺激による脊髄刺激により腰痛の緩和を目的とした体内留置型疼痛コントロールシステム用 LSI である。電力も外部より無線で供給する。低電力化により埋め込み装置の温度を 39℃未満に保つことができる。パデュー大の発表は、体内の種々の圧力測定を目的した LSI である。0.49mm² の大きさながらセンサ(MEMS)、メモリ(FeRAM)、コントローラから RF 出力(2.4GHz)まですべての機能を備える。また、Medtronic 社(米)の発表は、光による脳神経細胞刺激を制御する LSI である。電気信号だと電極形状や位置によりターゲット細胞以外にも影響するが、光によってターゲット細胞のみに刺激を与えることができる。この中で、台湾大の発表は身近な話に見えることもあ

り話題を集めた。台湾におけるプレス発表会議では、台湾大の総長が参加し、テレビカメラが 3 台入るという熱気であった(写真 2)。まだまだ先の話ながら人は LSI とどう深く共存していくのだろうかの思いもよぎる発表であった。この他、MITからはチップの電力を得る技術として、体と外界との間で容易に得る

講演番号	12.1	12.2	12.3
機関(国/地域)	台湾大(台)	パデュー大(米)	メドトロニック社(米)
用途	電気による脊髄刺激により痛み緩和	体内の圧力測定(血圧や眼圧)	光による脳神経細胞刺激
構成	信号用RFレシーバ、制御回路、電気刺激発生回路、電力用RFレシーバ、レギュレータ。	MEMS圧力センサ、パルス信号変換器、カウンタ、FeRAM、RFトランシーバ	レーザダイオード駆動用アンプ、駆動信号発生回路、無線供給電力電源回路、データ送信用RF回路、温度センサ、制御コントローラ
特徴	体内留置型疼痛コントロールシステム用 LSI。電力も外部より無線で供給。低電力化により埋め込み装置の温度を39℃未満に保つ。	体内に埋め込み、様々な圧力を測定する LSI。0.49mm ² の大きさながらセンサ(MEMS)、メモリ(FeRAM)、コントローラからRF出力(2.4GHz)まですべての機能を備える。	光によってターゲット細胞のみに刺激印加(電気刺激では周りに影響有り)。光出力は5.3mW/mm ² 、電源は2次電池を用い無線により充電。
テクノロジー	0.35um CMOS	0.13um CMOS	0.8um CMOS

表 1 発表された体内埋め込み型医療機器用 LSI

ことができる温度差1～2度での熱電素子(25～50mV起電)の出力をLSIの動作に必要な1V出力へ高効率に変換できるLSIが発表された。体内埋め込みチップへの電力供給は、電池以外に、無線で行うのか、或いはこの方式のように外界より何らかのエネルギーとして取り込むのかは今後も議論される分野であろう。ETH(スイス)からはチップ上に形成した脳細胞ネットワークに対し、チップ表面にアレイ状に配置した電極を用い刺激を与えるシステムのためのSoCセットの報告があった。11016個の電極、126個の読み出し回路、42個の刺激信号用バッファ回路を搭載し、ADC、DAC、デジタル信号処理回路までを備えている。このチップの医学研究への応用に期待がかかる。ハーバード大の報告は、ISSCC 2008での発表を更に進化させ、手のひらサイズのNMR装置及び使い捨てのワンチップがんマーカー検出装置として使うことを目指したシステムである。商用の一般的なNMR装置よりも1200倍軽く・小さく、1400倍安いながら、150倍高感度であるとしていた。

4. その他の動向

ここでは高速通信を含む高速プロセッサとメモリの注目発表を簡単に述べる。

インテルとAMDからは32nmプロセスのプロセッサ、SUNとIBMからはサーバー向けプロセッサの発表があり、また、ルネサステクノロジより、8つの汎用CPUコア、4つの動的再構成可能型プロセッサ、2つのマトリクス型プロセッサを集積化したマルチコアプロセッサの報告があった。インテル32nmプロセスのプロセッサは既に2010年春モデルのパソコンに搭載されているものである。高速通信でも10Gb/s級トランシーバ回路の低消費電力化が進み、日立より1mW/Gb/sの壁を破るLSIの報告があった。インテルも、トータル0.5Tb/sの伝送容量を従来同規模回路の1/10である660mWの消費電力で実現している。重要な“グリーン”技術のトレンドの中、各社が電力性能比

を競い合う傾向が顕著である。また、プロセッサではその搭載するメモリの容量増大に伴い、総計すると大きなゲート幅になってしまうワードドライバやデコーダのリーク電流低減が重要な技術課題となっている。この対策を行っていることがインテルやIBMから報告があった。

メモリでは、NAND・DRAM・SRAMについて大容量化・性能向上の世界一の更新が続いた。微細化のレベルは32nmへ達し(ハイニクス、三星の32Gb NANDフラッシュや、インテル、東芝のオンチップSRAM)、チップ積層化技術が進化した(GPU-DRAM間、NANDメモリ間)。このための129チップ磁気結合インタフェース(慶応大)や、高速システム向けに7Gb/s/pのGDDR5(三星)も登場した。また、不揮発メモリでは、相変化、MRAM、ReRAMと幅広いラインアップであった。ここでは、NANDフラッシュを置き換えると明言したUnity(米)のReRAM、垂直磁化膜を用いたメモリセルを用い64Mbのチップ動作を成功させた東芝のスピન注入メモリ、NOR置き換えを目指したNumonyx(米)の1Gb相変化メモリチップが注目を集めていた。固体ストレージ(NANDフラッシュ)置き換えがReRAM、メインメモリ(DRAM)の不揮発RAMとしての置き換えがスピン注入メモリ、そして携帯機器で重要であるコード用メモリ(NORフラッシュ)の置き換えが相変化メモリというのが一般的な見方のようなのである。

5. 終わりに

景気の回復基調を現してか、ISSCC 2010では発表が終わり人々で廊下が溢れかえるおなじみ光景が戻ってきた。また、今年は、センサ、メディカルという通常のISSCCとはやや趣の異なる分野への関心が集まった。ISSCCは160名を越える論文委員会とMITチャンドラカサン教授をヘッドとしたエグゼクティブ委員会(このエグゼクティブ委員会は名誉的なものではない。ISSCCを改善することに精力的な方々が揃い、年に数回活発な議論を行いアクションアイテムを決め絶えず実行している)にて常に進化し

続けている。今後も、多くの日本からの参加者が、この学会で、最前線の成果及び技術潮流に触れ、また発信され、最高の技術者との交流を深めて行かれることを願う。



写真2 台湾でのプレス発表会とそこでインタビューを受ける体内留置型疼痛コントロールシステム用LSIの開発者



1. シリコン技術もはやこれまで

ムーアの法則⁽¹⁾に則って、MOS トランジスタのゲート絶縁膜の薄膜化とデバイス寸法の微細化だけで進歩し続けた現状のシリコン技術が完全な行き詰まり状況に直面している。その様子を Intel 社のマイクロプロセッサの動作速度の年次変化で示す(図 1)。1990 年の i486(筆者が開発したウルトラクリーンテクノロジー⁽²⁾を全面導入して建設された Santa Clara の D II 棟で最初に製造されたマイクロプロセッサ)から Pentium 4EE までの動作速度:クロック周波数の進歩は、33 MHz から 3.8 GHz であり、たった 15 年で動作速度は実に 115 倍以上に向上しており、世界の産業の進歩発展を支えたのがシリコン集積回路であることを明確に物語る動作速度のまさに劇的な進歩である。そのシリコン集積回路の性能向上がこの時点でまったく停滞してしまったのである。1.2 nm まで薄くなされたゲート絶縁膜には、1,000 A/cm² 程度のリーク電流が流れてしまい、もはや絶縁膜としての役割を果たせなくなっており、これ以上の薄膜化がまったく不可能になったからである。

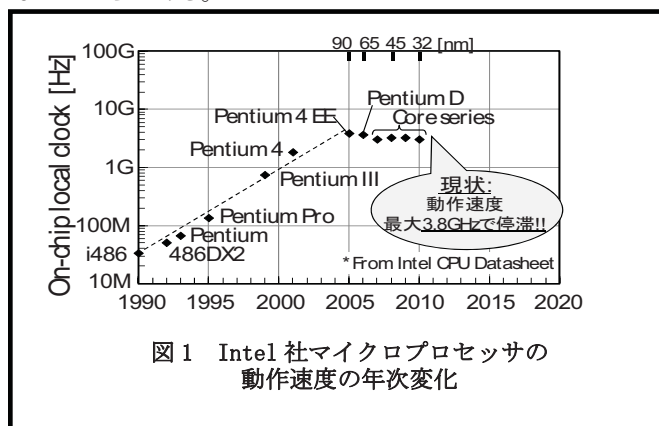


図 1 Intel 社マイクロプロセッサの動作速度の年次変化

現状のシリコン技術の行き詰まりを明確に物語るもう一つの典型的事例として IMEC の実験結果を紹介する⁽³⁾。平坦面幅 10 nm、側壁高さ 80 nm、チャンネル長 35 nm の Fin FET を 96 個並列に接続して 1 個の pMOS トランジスタとし、nMOS トランジスタはチャンネル長を 25 nm とさらに短くした Fin FET を 60 個並列に接続した構造の CMOS(図 2)で形成した 41 段のリングオシレータのゲート遅延時間の電圧依存性を図 3 に示す。

この MOS トランジスタのゲート絶縁膜厚は 1.6 nm でこれだけ超微細で複雑で難しい構造の MOS トランジスタを導入しても、遅延時間は 60 psec にしか短くなっていない。

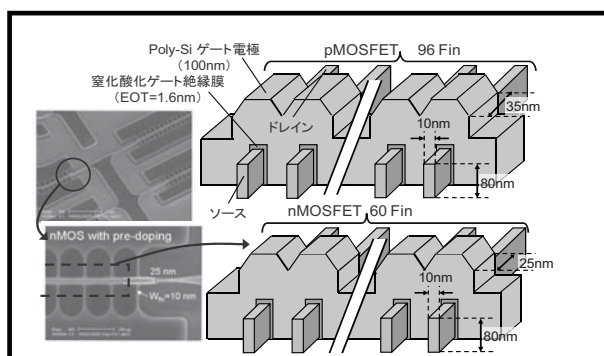


図 2 IMEC が試作した 3 次元立体構造 Fin FET

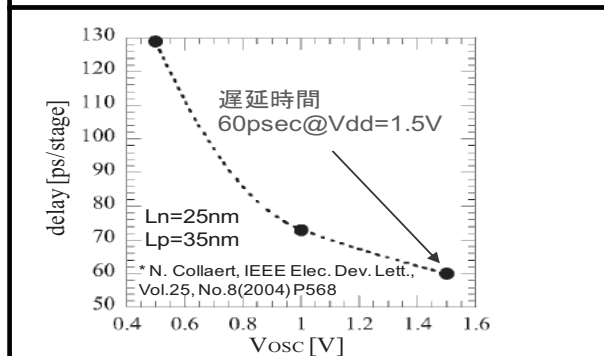


図 3 IMEC が試作した 3 次元立体構造超微細 Fin FET を用いた 41 段リングオシレータのゲート遅延時間の電圧依存性

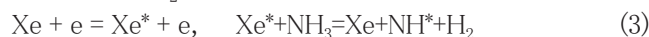
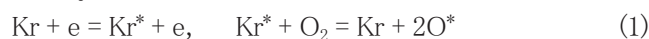
この結果を見れば、世界中が“シリコン技術もはやこれまで”の大合唱を叫んで当然である。シリコン集積回路の進歩が止まると情報通信技術(ICT)の進歩も止まり、世界の全産業の進歩発展の停滞を誘発する。そんなことを起こすわけには絶対にゆかない。

2. ラジカル反応新半導体生産方式

本当に“シリコン技術もはやこれまで”なのであろうか。現状のシリコン技術は、MOS トランジスタのゲート絶縁膜を反応性をまったく持たない酸素分子(O₂)や水分子(H₂O)を用いた高温熱酸化技術で形成している。その結果として、(100)シリコン表面にだけ程々の品質の SiO₂ 膜が得られるだけで、他の面方位のシリコン表面にはきわめて劣悪な酸化膜しか形成されない。

そのため、現状のシリコン技術では、2 次元平面形状の MOS トランジスタを用いて(100)シリコン表面にだけ集積回路が形成できるだけであり、シリコン結晶の有する全性能の

うちきわめて限定された性能しか活用できていないのである。シリコン結晶の有する全性能を完全に駆使するためには、3次元立体構造のMOSトランジスタを駆使して任意の面方位のシリコン表面上に集積回路を形成する技術を創出しなければならない。そのためには、すべての面方位のシリコン表面上に文字通り超高品質のゲート絶縁膜が同じ成膜速度で形成できなければならない。それこそが筆者が永年主張し続けて来たラジカル酸化であり、ラジカル窒化である。ラジカル酸化・ラジカル窒化の反応過程は次のように記述される⁽⁴⁾。



ラジカル酸化を行うときは、KrとO₂ガスを汚染やダメージを一切与えない新たに開発されたプラズマプロセス装置のプラズマ励起空間に供給する。電子と衝突して中間励起状態に励起されたKr*がO₂分子と衝突して、きわめて効率よく2個の酸素ラジカル(O*)を形成し、酸素ラジカルがSi表面と反応して低温で超高品質のSiO₂膜を形成する。いずれの反応も、ラジカルの反応力で反応が進むため、すべての面方位のシリコン表面に同じ成膜速度で文字通り超高品質のSiO₂膜、Si₃N₄膜が形成されるのである。超高品質のSiO₂膜、Si₃N₄膜を得るためには、酸化・窒化開始前に、ベアシリコン表面を終端している水素原子をKr⁺イオン照射やXe⁺イオン照射で完全に除去しておく必要がある。酸化・窒化温度が低いからである。等価絶縁膜厚EOTを3nm、2nm、1nmと薄くした時の1V電圧印加時のゲート絶縁膜のリーク電流密度を図4に示す⁽⁴⁾。一番上の点線が現状の高温熱酸化膜のリーク電流であり、400℃で形成されたラジカルSiO₂膜、ラジ

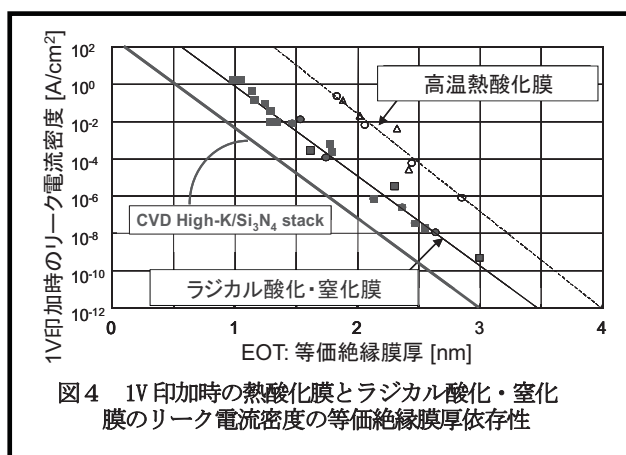


図4 1V印加時の熱酸化膜とラジカル酸化・窒化膜のリーク電流密度の等価絶縁膜厚依存性

カルSi₃N₄膜のリーク電流は熱酸化膜に比べて実に1/1,000以下に激減している。1nm程度の極薄ゲート絶縁膜であればラジカルSi₃N₄膜で十分実現可能であり、リーク電流密度は1A/cm²程度に抑えられている。さらなるゲート絶縁膜の薄膜化は比誘電率が30程度のPr₃Si₆N₁₁とSi₃N₄膜の積層構造で0.5nm以下まで進められる。“シリコン技術もはやこれまで”ではまったくないのである。

図5に、O₂分子を用いた900℃の熱酸化で形成される酸

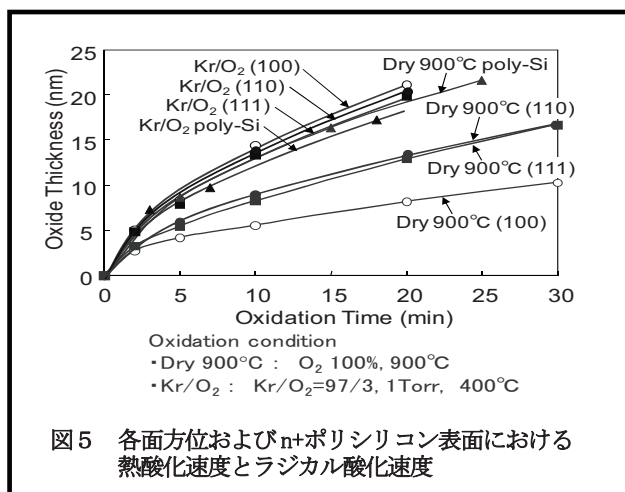


図5 各面方位およびn+ポリシリコン表面における熱酸化速度とラジカル酸化速度

化膜厚の酸化時間依存性を、単結晶(100)表面、(110)表面、(111)表面及びn⁺ポリシリコン表面に対して示す。熱酸化では(100)表面の酸化速度がもっとも遅く、(110)表面と(111)表面では50%程度酸化速度が速くなり、n⁺ポリシリコン表面ではさらに50%程度速くなっている。同じ膜質の酸化膜が成長していたら、こんなことになるはずがない。現状の熱酸化では下地材料によって形成される酸化膜質がまったく違ってしまっているのである。

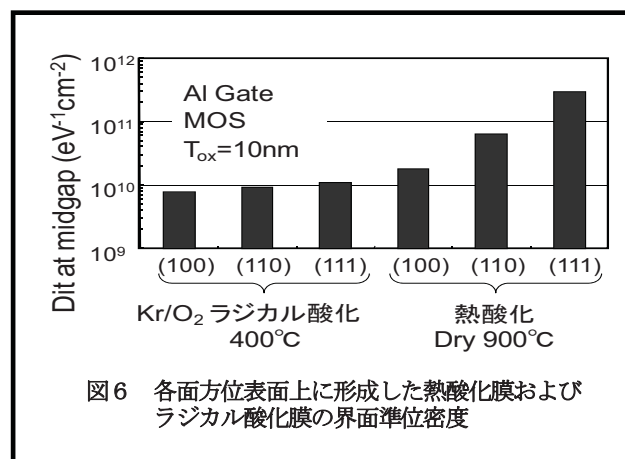


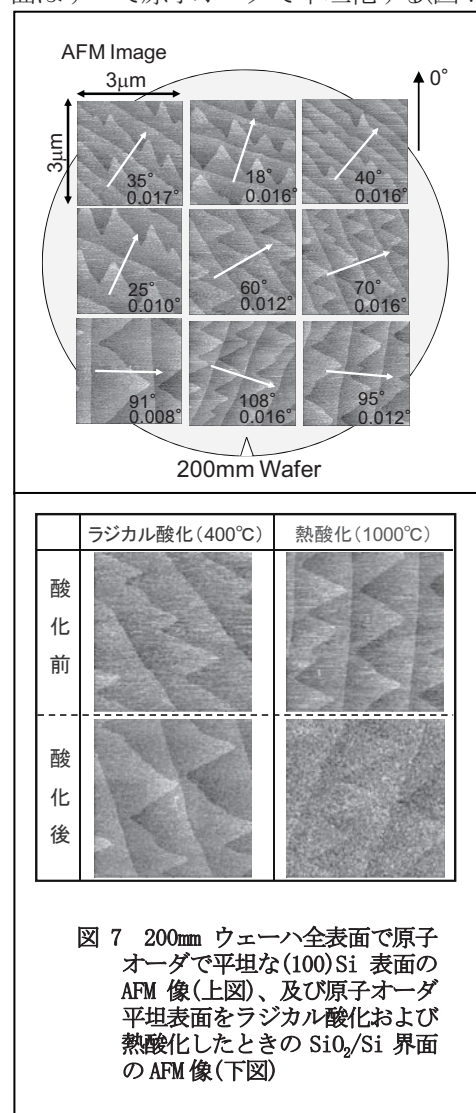
図6 各面方位表面上に形成した熱酸化膜およびラジカル酸化膜の界面準位密度

そのことを界面準位密度で評価した結果が図6に示されている。(100)面では界面準位密度は程々に低いが、(110)面や(111)面ではきわめて大きくなっている。一方、400℃のラジカル酸化では、単結晶(100)面、(110)面、(111)面、n⁺ポリシリコン表面の酸化速度は殆ど同じである(図5)。すべての表面に同じ膜質の酸化膜が形成されていたら、このようになるのが当然である。界面準位密度については、面方位に依って若干の差はあるが、いずれの表面もきわめて低い(図6)。ラジカル酸化・ラジカル窒化では、文字通り超高品質のSiO₂膜・Si₃N₄膜がすべての面方位のシリコン表面上に同じ成膜速度で形成されることが実証されたのである。

ついに、3次元立体構造のMOSトランジスタを自在に駆使して任意のシリコン表面にLSIを製造して、シリコン結晶の全性能を完全に活用する道が拓けたのである。

ラジカル酸化・ラジカル窒化と熱酸化の決定的な違いをもう一つ紹介しておく。〈100〉方向に限りなく正確に切り出された(100)表面シリコン基板を、文字通り超高純度Ar雰囲気中

で、850° C 以上の温度で、熱処理すると、シリコン基板表面はすべて原子オーダーで平坦化する(図 7)⁽⁶⁾。



面の AFM 像も 図 7 には示されているが、ラジカル酸化では原子オーダー平坦化界面が完全に維持されているが、熱酸化では界面は激しく粗れてしまっている。

熱酸化とラジカル酸化の決定的な違いを、5.4 nm 厚さの SiO₂ 膜の MOS ダイオードの絶縁破壊電界強度 E_{bd} のダイオード面積依存性で一層明確に示すことにする。図 8 に、原子オーダー平坦表面のラジカル酸化膜(図 8(1))、従来平坦表面の熱酸化膜(図 8(2))、従来平坦表面のラジカル酸化膜(図 8(3))の E_{bd} のダイオード面積を $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2$ 、 $1 \times 10^{-5} \text{ cm}^2$ 、 $1 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$ と 100 倍変化させた時の結果を示している。原子オーダー平坦表面のラジカル酸化膜はダイオード面積を 100 倍変化させても、 E_{bd} は 14.5 MV/cm 程度と殆ど完全に一定であり、ゆらぎ・ばらつきが全く無くなっている。

一方従来平坦表面を熱酸化した場合は、ダイオード面積が大きくなるにつれて、 E_{bd} は 14.0 MV/cm、13.5 MV/cm、13.0 MV/cm と次第に小さくなっている。界面の凹凸による電界集中が、面積の増加と共に起こりやすくなっているからである。ゆらぎ・ばらつきが面積拡大と共に、大きくなっているのである。一方、従来平坦表面をラジカル酸化した場合

の E_{bd} は、14.2 MV/cm~14.4 MV/cm に集中していて、ばらつきが徹底的に抑え込まれている。この結果は、ラジカル酸化には酸化膜とシリコン界面を平滑化する効果があること

を実証するまさに劇的な結果である。

すべての面方位のシリコン表面上に同じ成膜速度で文字通り超高品質の SiO₂ 膜が形成できると関連し、この結果はパワーデバイスの本命である IGBT(Insulator Gate Bipolar Transistor) の高性能化に劇的な効果を発揮することを示唆している。

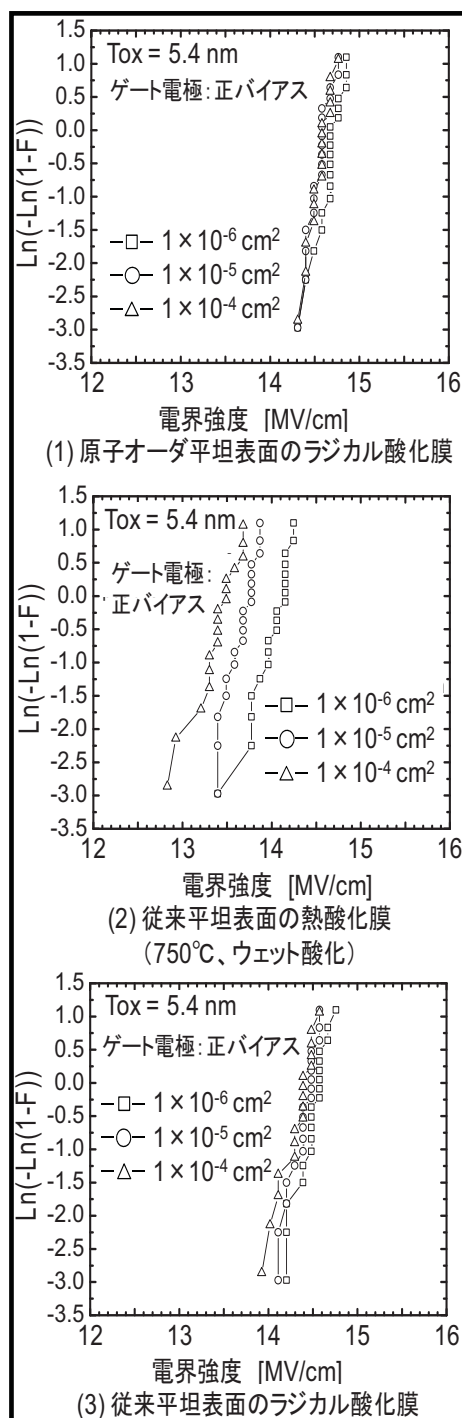


図 8 ラジカル酸化と熱酸化の酸化前シリコン基板表面平坦性に対する MOS ダイオードの絶縁破壊電界強度のダイオード面積依存性

3. 圧倒的な性能向上を達成する

新しいシリコン集積回路技術⁽⁶⁾

3次元立体構造MOSトランジスタを駆使し任意の面方位のシリコン表面上にLSI製造を可能にするラジカル反応新半導体生産方式を活用して、次に列記する六つの新技術を全面導入すると、シリコンLSIの動作速度は3GHzクロックどころではなく、劇的に向上し100GHzクロックを越えて行く⁽⁷⁾⁽⁸⁾。

- ① ゲート絶縁膜に熱酸化膜に替わるラジカル窒化膜(Si_3N_4)の導入、
- ② (100)面バルクシリコン基板に替えて(551)面SOI(Silicon on Insulator)シリコン基板の導入、
- ③ ゲート絶縁膜・シリコン界面を現状の凸凹界面から原子オーダー平坦界面へ、
- ④ MOSトランジスタのソース・ドレイン電極の直列抵抗を現状に比べ2桁低減、
- ⑤ 現状のInversion Mode MOSトランジスタに替えて、Accumulation Mode MOSトランジスタの全面導入((551)面SOI基板で、格子振動散乱を最小にするため、nMOSは<100>方向、pMOSは<110>方向に配置)、
- ⑥ 低誘電率層間絶縁膜として比誘電率が1.9の緻密なフロロカーボン膜(CFx : $k=1.9$, $x<1.0$, 融点 500°C 以上)の導入、

が導入すべき代表的新技術であり、現状のシリコン技術からは大きく変化するのである。

1.0 nmまで薄膜化されたゲート絶縁膜(45nm世代)に加わる電界の方向がAccumulation Mode MOSトランジスタでは、Inversion Mode MOSトランジスタと違って、オフ状態(ゲート電圧 $V_g = 0$)とオン状態($V_g \neq 0$)で逆方向を向いているため(図9)、同じゲート絶縁膜の最大許容電界強度のもとで、印加できる電圧がInversion Mode MOSトランジスタと比べて30%程度大きくでき(動作電圧を同じにするならゲート絶縁膜厚を30%薄くできるため)動作速度向上に大きく寄与するのである。具体的には、同じ微細化世代で、Inversion Mode MOSトランジスタLSIに比べてAccumulation Mode MOSトランジスタLSIの動作速度は2.2倍高速化するのである。

さらに、電子やホール移動度 μ_{eff} は、クーロン散乱による項 μ_c と、格子振動散乱による項 μ_p 、及びゲート絶縁膜・シリコン界面のラフネス散乱の項 μ_r の調和平均で与えられるが(図10)⁽⁹⁾、Accumulation Mode MOSトランジスタではクーロン散乱は原理的に存在しない。原子オーダー平坦界面のAccumulation Mode MOSトランジスタでは μ_r が、現状の凸凹界面のInversion Mode MOSトランジスタにくらべて数10倍に向上するため、格子振動散乱だけが実効的に電子やホールの移動度の制限要因となる。図10に示されるように、 μ_p はチャンネル垂直方向の電界強度が大きくなると次第に小さくなるが、Accumulation Mode MOSトランジスタではチャンネル垂直方向の電界強度がInversion Mode MOSトランジスタにくらべて十分小さくなるため μ_p も一層大きくなる。

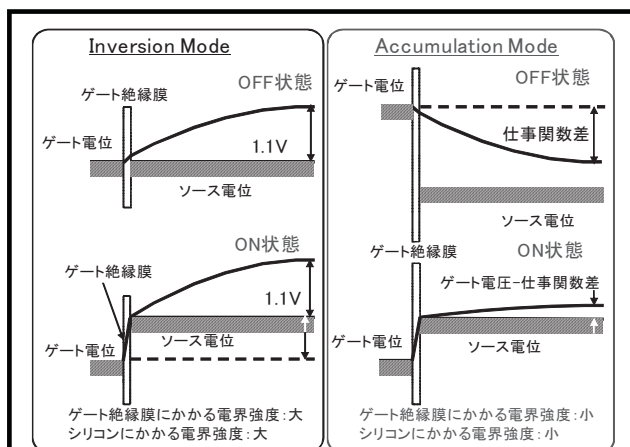


図9 Inversion Mode と Accumulation Mode nMOS の OFF 状態と ON 状態におけるチャンネル垂直方向の電位分布

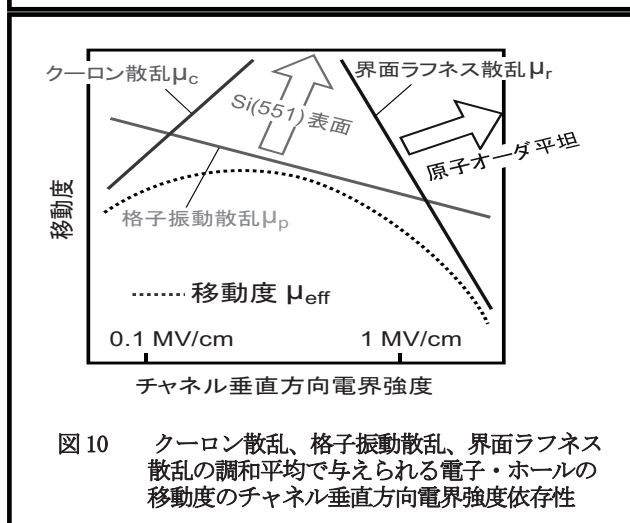
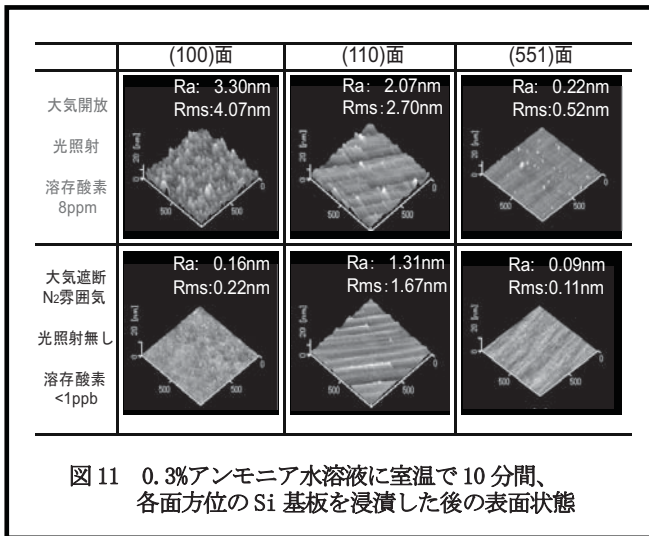


図10 クーロン散乱、格子振動散乱、界面ラフネス散乱の調和平均で与えられる電子・ホールの移動度のチャンネル垂直方向電界強度依存性

(551)面<110>方向に形成されたAccumulation Mode pMOSの電流駆動能力は、(100)面Inversion Mode pMOSにくらべて4倍以上大きくくなっているのである⁽⁶⁾。筆者らは、2000年に(100)面シリコン基板に替えて(110)面シリコン基板の導入を世界に訴えたが、2007年に(110)面ではなく(551)面にすべきだと方針を変えた。その理由は、(551)面は(110)面を<001>方向に 8° オフした表面であり、(110)面と同様pMOSの電流駆動能力を大きく維持しながら、表面平坦度をきわめて維持し易い表面だからである。図11に、0.3%のアンモニア水溶液に室温で10分間浸漬した後の(100)面、(110)面、(551)面の表面状態をAFMで観測した結果を示す。上段に示す表面状態は、アンモニア水溶液に浸漬中、光が照射され、水溶液は大気に触れているため8ppmの酸素が大気から水溶液中に溶解している。光が照射され溶存酸素が8ppm存在すると(100)表面も物凄く粗れるが、光を遮断して大気を遮断すると、(100)表面はまったく粗れなくなる。(110)表面は、光及び大気を遮断しても、たった10分間のアルカリ水溶液処理で激しく粗れてしまっている。筆者の研究室では、アルカリ水溶液をまったく使わないウェット洗浄技術を創りあげているので⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾、(110)面を使いこなせるが、通常はアルカリ水溶液を用いたウェット洗浄が一般的であるた

め、(551)面を導入したのである。(551)表面は、図 11 から明らかなように、アルカリ水溶液処理に対しても、表面の平坦度が確実に維持される表面なのである。



フッ酸過酸化水溶液(HF / H₂O₂ / H₂O)といった酸性溶液にメガソニックを印加することで、ウェーハ表面のゴミの除去も可能にすることによって、アルカリ水溶液洗浄を無くせたのである。酸性水溶液中では、ペアシリコンのゼータ電位は負で、その他の物質のゼータ電位は正であるから、通常ゴミの除去は行えない。それを可能にしたのが、すべての物質のゼータ電位を酸性溶液中で同極性にする界面活性剤の導入である。表面に付着しているゴミをリフトオフするためにメガソニックの印加が必須であるが、メガソニックを印加すると水の分子が、



H*ラジカル、OH*ラジカルに解離する。通常溶液中には大気から酸素が溶解しているため、H*ラジカルは溶存酸素と反応して H₂O になり、酸化力のきわめて強い OH*ラジカルが残留する。OH*ラジカルにより界面活性剤分子が酸化分解されるため、界面活性剤添加フッ酸過酸化水溶液によるゴミ除去能力は 2～3 時間しか維持されない。この困難を克服するには、大気遮断型ウェットプロセス装置の導入が求められる。フッ酸過酸化水溶液中の溶存酸素を脱気して水素(H₂)ガスを添加しておくのである。メガソニック印加で発生した OH*ラジカルは H₂ガスと反応して H₂O になり(H₂ + 2OH* = 2H₂O)、H*ラジカルが残留するので界面活性剤分子は解離することなく効果を発揮し続けるのである⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。

(551)面<100>方向の Accumulation Mode nMOS の電流駆動能力は、(100)面 Inversion Mode nMOS よりも大きく、(551)面<110>方向の Accumulation Mode pMOS と同じになる。同じ寸法で同じ電流駆動能力を有する nMOS と pMOS による夢のバランスド CMOS の実現である。バランスド CMOS の具現化により、最適な回路設計がきわめて容易に短時間で進めるようになるのである。(100)面では pMOS の電流駆動能力が貧困なため、pMOS のチャネル幅を nMOS の 3 倍にし

たアンバランスド CMOS しか使えなかった。そのため、高周波動作は行えず、スイッチング時に大きなオフセット雑音を発生するためアナログにも使えず、(100)面アンバランスド CMOS は遅いデジタル処理にしか使えなかったのである。さらに、pMOS を直列接続する NOR ゲートなどでは論理回路の入力数が増加すると、pMOS のチャネル幅を極端に大きくしなければならないため、論理回路の面積が大きくなり動作速度も遅くなる。そのため、(100)面アンバランス CMOS では、pMOS を直列接続しなければならない NOR ゲートのような論理回路は使わず、pMOS を並列接続する NAND ゲートのような論理回路を優先して使えというような制約が加わるため、設計が非常に複雑になり長い時間が必要となってしまうのである。バランスド CMOS ではごく当たり前の設計が最適回路になるので、きわめて短時間の設計が可能となるのである。

これまでプロセスステップ数を可能な限り減少させたいとの産業界の強い意向で、nMOS、pMOS のソース・ドレイン領域である n⁺領域、p⁺領域に同じ金属シリサイドを用いて金属電極は形成されて来た。n⁺領域、p⁺領域の両方に小さな接触抵抗を実現する道は、シリコンの伝導帯(-4.05 eV)と充満帯(-5.15 eV)の丁度真中のミッドギャップ-4.60 eV のエネルギー準位を持つシリサイドを採用するしかない。n⁺領域、p⁺領域にそれぞれ 0.55 eV のバリアハイトが存在することになり、シリコンの室温における電子密度及びホール密度の最大値が 2×10²⁰ cm⁻³程度であることからバリア幅は 0.5 nm となり、接触抵抗は 1×10⁻⁸ Ω・cm²程度と決まってしまう。これ以上、接触抵抗を減らすには、n⁺領域、p⁺領域にそれぞれバリアハイトが最小になる最適の金属シリサイドの導入が不可欠である。n⁺領域には ErSi₂ あるいは HoSi₂、p⁺領域には Pd₂Si を導入すれば、バリアハイトは 0.3 eV 程度に減少し、10⁻¹⁰ Ω・cm² 台の接触抵抗が実現され、ソース電極/ドレイン電極の直列抵抗は 2 桁程度低減されるのである。Er と Ho のエネルギー準位は、-3.2 eV、-3.1 eV と小さいため、相手に電子を与えてきわめて酸化され易い。低い接触抵抗を確実に実現するには、酸化防止のキャップ金属層が必要である。筆者等はタングステン(W)を酸化防止のキャップ金属層として活用している。シリコンの原子面密度が 6.8×10¹⁴ cm⁻² と一番低い(100)面では、5 nm 厚さの Er、Ho の上に 50 nm ～100 nm 厚さの W を積層して 550℃～600℃程度の温度で熱処理して ErSi₂、HoSi₂ を形成し、0.31 eV 程度のバリアハイトを実現している。

Er、Ho は原子半径が 0.175 nm と Pd (0.138 nm)や Si (0.117 nm)にくらべて非常に大きいため、原子の面密度が最大となる(551)面 (9.67×10¹⁴ cm⁻²)では 5 nm 厚さでは厚すぎてバリアハイトの低いシリサイドは形成できず、3 nm 厚さで 0.4 eV を下回るバリアハイトを実現している。Pd₂Si の場合は、(100)面も(551)面もいずれも 0.3 eV 以下のバリアハイトが実現されている。

3.0 nm 厚さのラジカル酸化膜を(551)面 SOI 基板に形成した Accumulation Mode CMOS を、図 12 のように形成した。

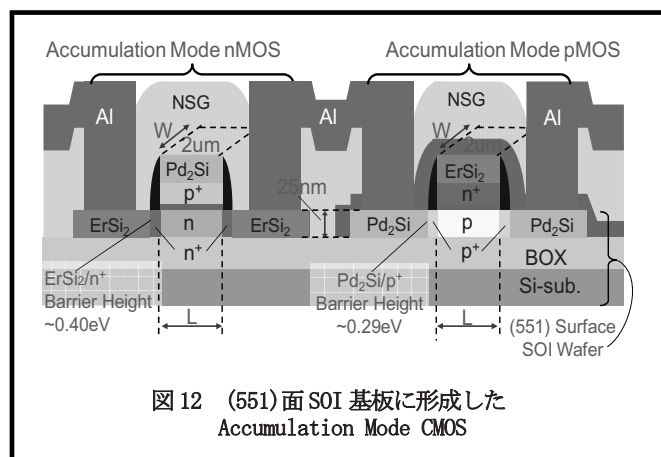


図12 (551)面 SOI 基板に形成した Accumulation Mode CMOS

実際に形成できた CMOS のチャネル長は 220 nm とまだまだ寸法の大きい CMOS であるが、そのゲート遅延時間の電圧依存性は、図13のようになり IMEC の超微細 FinFET の 60 psec よりも十分に短い 35 psec を記録している。ゲート絶縁膜厚とデバイス寸法を考えると、従来のシリコン技術のままであれば、その遅延時間は IMEC の Fin FET の 15 倍の 900 psec 程度になるはずであるが、ラジカル反応新半導体生産方式に基づく新技術の導入により、まさに劇的な性能向上が具現化されたのである。

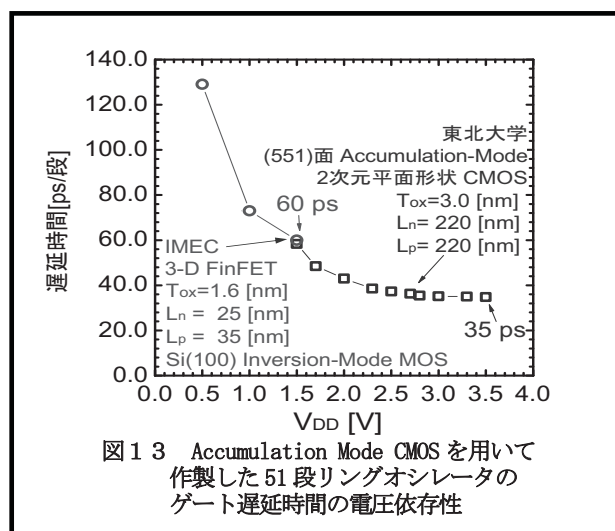


図13 Accumulation Mode CMOS を用いて作製した 51 段リングオシレータのゲート遅延時間の電圧依存性

4. 学問に基づく本物のシリコン技術

前節に述べた新技術を全面導入すれば、シリコン集積回路の性能はこれからも飛躍的に向上する。ゲート絶縁膜厚 1.0 nm (Si_3N_4)、金属ゲート電極 (n^+ ポリシリコン $\rightarrow$ Zr、 p^+ ポリシリコン $\rightarrow$ Pd、Ni)、45 nm 世代の (551)面 Accumulation Mode Balanced CMOS のゲート遅延時間は 1.5 psec を下回る。100

GHz クロックを越える文字通り超高速シリコン集積回路が視野に入ってくるのである。バランスド CMOS の実現で、回路設計が超短時間ででき、デジタル・アナログ・高周波混載のシステム LSI を CMOS で実現できることはすでに指摘した。さらに、マスクの超短時間・超低価格製造に完全な見通しが立っている。これまで、マスク描画はきわめて高価な電子ビーム描画装置で行われてきた。45 nm 世代になると 1 枚のマスク描画に高価な電子ビーム描画装置を 400 時間~500 時間も使用するため、1 枚のマスクが数千万円もするようになってしまっており、生産量が限定されるシステム LSI の産業化は殆ど不可能であった。筆者は、東北大学の須川成利教授と協力して、まったく新しいマスク描画装置をデジタルミラーデバイス (1920×1080、ミラー寸法 10.8 μm) を使用して、1/10.8 の縮小光学投影系を組み込んだ光学系に、405nm の波長の LED (出力 5.1W、寿命 2 万時間) を光源とした光照射を行う描画装置を開発している。1 枚のマスクの描画 (45 nm 世代) が 10 分程度で行えるようになっている。マスクも物凄く安く速く作れるようになるのである。

“シリコン技術もはやこれまで”どころではなく、学問に基づく本物のシリコン技術の時代はいよいよこれから始まるのである。

参考文献

- (1) G. E. Moore, Electronics, 38, 8, pp. 114-117, Apr. 1965
- (2) 半導体基盤技術研究会: UCS 12年 半導体産業の発展と UCS 12年の成果、2000年9月、リアライズ社刊
- (3) N. Collaert, et al., IEEE Electron Device Lett., 25, 8, pp. 568-570, Aug. 2004
- (4) T. Ohmi, et al., J. Phys. D: Appl. Phys., 39, 1, pp. R1-R17, Jan. 2006
- (5) R. Kuroda, et al., IEEE Trans. Electron Devices, 56, 2, pp. 291-298, Feb. 2009
- (6) 大見忠弘、電子情報通信学会「知識ベース」, 10 群 2 編 1 章, 集積回路製造技術
- (7) T. Ohmi, et al., IEEE Trans. Electron Devices, 54, 6, pp. 1471-1477, Jun. 2007
- (8) T. Ohmi, et al., Proc. of the 21st International Microelectronics Conference, Sendai, pp. 88-114, Nov. 2009
- (9) S. Takagi, et al., IEEE Trans. Electron Devices, 41, 12, pp. 2357-2362, Dec. 1994
- (10) T. Ohmi, J. Electrochem. Soc., 143, 9, pp. 2957-2964, Sep. 1996
- (11) R. Hasebe, et al., ibid, 156, 1, H10-H17, Jan. 2009



寄稿文

アジア・アズ・ナンバー・ワンの時代の日本

リチャード・ダイク 会員



日本に居ると悲観的な話を毎日耳にします。梅雨のせい、選挙のせい、それとも日本人の性格は潜在的消極的のせい、兎に角、楽観的な話は殆どありません。

確かに、日本は直近難しい問題を抱えています、長期的に考えますと、日本の将来に楽観的なビジョンを描くことは可能だと思うのです。

30年前のジャパン・アズ・ナンバー・ワンのビジョンにはならないでしょうが、“アジア・アズ・ナンバー・ワンの中の日本”で考えますと日本は大変恵まれている状況に置かれていると思います。

ジャパン・アズ・ナンバー・ワンという本は1979年にハーバード大学のエズラ・ボーゲル教授によって出版されました。ボーゲル先生は私の大学院時代の指導教官であり、いまだに大変親しくさせて頂いている友人でもあります。ジャパン・アズ・ナンバー・ワンが出版された時に同じハーバード大のエドウィン・ライシャワー教授が“この本はアメリカ人全員が読むべきですが、日本では発売禁止にした方が良く”ということを抑いました。というのは、この本の重要な目的は題名に書かれていたように“アメリカへの教訓”でした。外からものごとを学ばないアメリカ人には日本から学ぶことが沢山あるというのがボーゲル先生の重要なメッセージでした。

思いがけないことに、アメリカ人への教訓の効果は少なかったのですが、他のアジアの国々へ与えた影響は非常に大きかったのです。例えばシンガポールのLee Kuan Yew (リー・クアンユー、李光耀)首相がシンガポール政府のトップの官僚全員に読ませたそうです。同様に江沢民も共産党のトップのトレーニングの教材として使用しました。

日本はアジアで最初の近代経済・近代社会への道を歩んだ国で、しかも場合によってはアメリカよりも近代経済の問題をうまく解決した国として、欧米先進国より日本の方が参考になる良い見本だというのがボーゲル先生の最大のポイントでした。従いまして、シンガポール、台湾、中国、韓国などでこの本がベスト・セラーになったのは驚く話でもありません。

しかし、当時この本を読んだ日本人(もしかすると、本の題目だけを読んだ日本人)の多くはこの本を勘違いして、ジャパン・アズ・ナンバー・ワンではなく、イズ・ナンバー・ワンということで自信過剰になってしま

いました。ある人からボーゲル先生は日本のバブル経済を引き起こしたという批判を受けることにもなりました。

“イズ・ナンバー・ワン”は当時でも今でもありえないことですし、“アズ・ナンバー・ワン”も時代遅れでしょうが、アジア・アズ・ナンバー・ワンの中の日本で考えますと将来はいろいろな可能性があると思います。

日本の経済を連結ベースで考えると・・・

日本の経済を一つの国として考えますと成長率が低迷していてそのうちに中国に抜かれるかもしれませんが、日本の経済を連結ベースで考えますとスケールだけではなくて、成長率も高いのです。例えば中国の上海から四川省の成都までで日系企業は今16,000社以上も進出していますので、中国のGDPに対する日系企業の貢献度は小さくはないと思います。

タイでも海外からの投資の約半分は日本であり、アメリカとEUはそれぞれ15%ぐらいにしかありません。ASEAN諸国は殆ど同様に、海外からの投資は日系企業が一番多いのです。従いまして、連結ベースで考えますと日本の経済の影響は非常に巨大であります。

これから中国に追い抜かれると恐れている人は沢山いるようですが、今現在中国は日本にとって競争相手ではなく、進出先・仕入先・売り手先の国になっています。

今の日本にとって競争相手がいるとすれば、中国ではなく韓国と台湾になると思います。会社でも国でも良くなるためには良い競争相手が必要だという観点から考えますと、三星、LG、TSMCなどは優秀な競争相手です。

しかし、汎アジアの日本のビジョンを描くためには、日本と日本企業はまだいくつかの問題点を考える必要があります。

多くの日本企業はグローバルになってはいますが、本社がグローバルの会社は少ないのです。アメリカ企業の本社に訪問しますとアメリカ生まれではない外国人が沢山働いています。韓国や台湾の会社の本社ですと、外国人は多くはありませんが、海外で長い経験を積んで帰国した人が非常に多い。日本の会社の本社は外国人も少ない上に、最近では海外の経験者も

少なくなってきました。本社をどうやってグローバルにするのが今後の課題の一つになります。

本社をグローバルにすると、海外の支社もグローバルか、あるいはローカルに出来ます。今、多くの支社は日本人の駐在員か日本語のできる地元の人が多いと思います。もちろん、日本から社員を海外に派遣しますと海外の経験者を増やすという観点から見れば大変良いことです。そして、日本語が出来る地元の社員も良いのですが、日本語が出来ることを条件にしますと募集できる人材の範囲が狭くなります。そして、海外の支社の中に日本語の文化を作りますと、言語の階級制度が出来る恐れがあります。会社の中の階級はスキル、経験などに基づいて構築されるのは良いでしょうが、語学に基づく階級は好ましくないと思います。

内向きより外向き: 一般的に、日本人は最近内向きになってきていて、海外にも以前と比べて行かなくなってきました。日本は海外に視察団を出すことが少なくなり、視察団を受け入れることの方が多くなって来ました。岩倉使節団の頃とは逆の立場になりました。留学生も10年前と比べて50%も減りました。

経済学のなかにネットワーク理論というのがあります。強い組織になるためには情報が必要、内向きになると外からの情報が入らなくなるのでそれを防ぐために広いネットワークを作る必要があるという考え方です。アメリカの会社ですと、転職などで人材が良く会社と会社の間を移動しますので、移動する人材が外からの情報を取り入れるネットワークの役割を果たします。日本の会社は人材の移動が少ないので、今まで情報のネットワークとしては、工業会、社外の勉強会、大学関係の連盟、業種のコンソーシアムなどを通じて情報を取り入れることが出来たのだと思います。海外からの情報ですと、生産性本部の視察団を始め、昔は沢山の視察団が海外に派遣されていました。しかし、最近国内のコンソーシアムが弱くなり、海外派遣の視察団も少なくなっています。ネットワークが弱くなると自閉的な組織になります。宗教で例えると修道院のようになってしまいます。

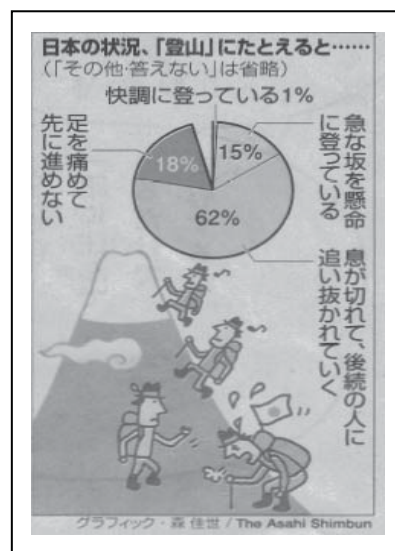
この問題を解決するためには、経営者は意図的にネットワーク作りを考えなければならないと思います。海外の会議及び海外のセミナーに行くのは贅沢な遊びではなく、重要なネットワーク作りの仕事のひとつだという考え方が必要だと思います。

三現主義: 我々外国人が日本の経営から学んだことのひとつとして、マネージャーでも一般社員でも会社の中の問題を解決するためには、現場に行き、現物を観察し、現実を把握するということでした。現場・現物・現実を把握しなければ推定と推測になってしまい

問題解決は困難になる。しかし、今の日本の会社の多くは、顧客は海外、製造現場も海外、製造している現物も日本を経由しないで第三国にいつてしまう。本社で現場、現物、現実を把握するのが難しくなっていました。特にグローバルではない本社ですと気をつけないと三現主義ではなくて、推測主義になってしまい、益々修道院のようになってしまいます。

最近、朝日新聞のアンケート調査で、日本の今の状態は登山に例えると“息が切れて、後続の人に追い抜かれていく”と答えた人が62%でした。

二つの観点から見てこのイメージは非常に日本人らしいイメージだと思います。一つは自己批判が好きな日本人らしい消極的なイメージです。もう一つ、山は富士山のような格好で、道は一つ、頂上が一つ、上下関係と階層がはっきりしている。富士山のような例ではなくて、八ヶ岳のような山の方が面白いと思



朝日新聞より引用

ます。アジアは同質的な地域ではなくて、非常に異質的だと思います。文化にしても、価値観にしても、宗教にしても多岐にわたっている。道も生き方も多岐にわたっている。もちろん、多岐にわたっているからこそ、問題は沢山ある。しかし、同時にポテンシャルも高い。

日本はすでに八ヶ岳の一つの天辺に登った。八ヶ岳と同じように、一つの岳に登るとほかの岳に行くのは簡単で、赤岳から横岳、横岳から天狗岳などが可能になる。息切れすることなく、もう一度登ってしまったので、あとは楽になる。勿論、高山病の恐れもありますが楽しみもあります。

日本人はそう思わないかもしれませんが、考え方によっては、これからの日本を中心としたアジアの時代であり、私はそのような時代を迎えることを非常に楽しみにしています。

アルファナテクノロジー株式会社

取締役会長



寄稿文

半導体に賭けた生涯、岩間さんを回想する

川名喜之 会員 (元 ソニー)



§ はじめに

ソニーの前身、東京通信工業株式会社は 1955 年 8 月世界で 2 番目、実質的には世界の先頭を切るトランジスタ・ラジオを発売し、現在の半導体エレクトロニクス時代を先導したと言っても過言ではないと思われる。そのトランジスタ技術、および生産を指導したのが、後のソニー社長岩間和夫さんであった。本稿は彼の半導体に賭けた生涯とその苦闘の跡をたどり、その業績を顕彰したい。

§ トランジスタ生産化に向かって

東通工社長の井深さんは 1952 年春初めてアメリカを訪問した。ちょうどその時ニューヨークでベル研究所がトランジスタ特許のライセンスを行うに当たり、その対象会社に向けたセミナーを開いたのだった。偶然にニューヨークでその情報を聞いた彼はトランジスタについて更に話を聞き、さまざまに考えた結果、自分の会社でトランジスタの生産を始めようと決心した。セミナーには出られなかったが、ベル研究所にこの件でライセンスを受けられるように知人に連絡を頼んで帰国したのだった。偶然とはいえ、これが後にソニーの飛躍の発展をもたらす決断になったのであった。

途中は省略して、1953 年夏、トランジスタ生産化に取り組む体制が作られ、リーダー岩間和夫(取締役、物理)、塚本哲男(物理)、岩田三郎(物理)、茜部資躬(機械)、天谷昭夫(化学)、安田順一(電気)の 6 名となった。岩間さんは自ら担当を申し出たのだった。そして、ベル研究所とのトランジスタ特許ライセンスの仮契約が済んでそのあくる年、1954 年正月早々に岩間さんはトランジスタの勉強のためにそれまでに蓄えた知識を携えてアメリカに旅立ったのであった。

当時東京通信工業にとってトランジスタを始めると言うのは狂気のように思われたかもしれない。通産省はベル研究所とのトランジスタ特許のライセンス許可を容易にしなかった。そんな小さい会社でトランジスタが出来るわけがないということであった。また極めて多額の金が必要であった。ライセンス料(一時金)は 2 万 5000 ドル、為替は ¥360/\$ だったから ¥9,000,000、(当時のお金で 900 万円 ソニーの経常利益に匹敵)現在はその数 10 倍であろうか。更に工場を作り、設備を導入し、多くの人を採用しなければならない。

井深さんたちはその後金策に奔走しなければならなかった。それでどんな商品が出来て商売が出来るのであろうか。井深さんはベル研究所の反対を押し切ってトランジスタ・ラ

ジオをやりようと考えていたが、そこには大きな課題があったのである。正に社運をかけてのプロジェクトであった。

岩間さんはアメリカに出発するにあたって従業員を前に挨拶を行った。自分がどれだけ重要な任務を負って出かけ



筆者 原田さん

金田さん 岩間さん 江崎さん 塚本さん 中村さん
(昭和 41 年頃 江崎さんがアメリカから帰国され
ソニー厚木工場にて)

ようとしているのか、痛いほど良く分かっていた。正に会社の命運を背負っていたのだった。彼は当時 35 歳、その挨拶に当たってその責任感に震えるように声が出なくなったと言われている。

アメリカに渡ってから彼はベル研究所、Western Electric Co.その他の施設を見学してその詳細を夜ホテルで書いて日本の本社に送っている。誰でも驚くような詳細な報告書であった。手紙はレポート用紙総計 256 枚であった。東京品川の留守部隊はそれらを参考に装置を作り、或いは購入してトランジスタの試作を進めた。留守部隊もその責任感の重さにおいては同じであったであろう。とにかく 1 日も早くトランジスタを作り、ビジネスに結び付けなければならないと一生懸命であった。そして 4 月岩間さんはアメリカから帰国した。

驚いたことに岩間さんは帰国して動作するトランジスタが出来ていたのを知るのであった。それは合金型のトランジスタだった。当時トランジスタは合金型トランジスタとグローン型(成長型)トランジスタの 2 種類があった。アメリカでは今後は合金型が伸びるとされていた。岩間さんもそうかと思って

いたが、帰国後の留守部隊との議論の結果グローン型で進むことに決定した。これは偏にラジオ用の高周波トランジスタをどちらが良く作ることが出来るかにかかっていた。これは正しい決断だった。グローン型を作るためには結晶引き上げ装置が必要である。ベル研究所はそれを教える義務はない。ライセンスは特許を使用することを許可しただけで、技術指導は含まれていないからである。これは当時高度な技術であった。機械やの茜部さんはこの設計製作を担当した。先に仮契約の際にベル研究所からもらった”Transistor Technology”にその写真が載っていた。彼はその写真を見ながら想像をたくましくして設計製造した。春に設計を始めて暮にはそれでトランジスタを作った。そしてそれを元に1955年1月にはトランジスタ・ラジオを試作した(TR52)。ただし、このトランジスタ・ラジオは筐体に問題があり設計変更を行い、その年の8月世界で2番目、日本最初のトランジスタ・ラジオ TR55 を発売するに至ったのであった。後発にもかかわらず、トランジスタの開発を始めて約1年半でトランジスタの生産のみならず、トランジスタ・ラジオの生産まで実現した歴史は記憶されるべきである。日本の大手はその発表を聞いて驚愕したという。新しいエレクトロニクスの夜明けであった。

§ ラジオ用高周波トランジスタの困難

トランジスタ・ラジオはどんどん売れて行った。会社は有名になり、大成功のように見えたであろう。しかし、実は大きな問題が潜んでいた。ラジオ用の高周波トランジスタすなわち局部発振回路用のトランジスタが取れる歩留まりが極端に低いのである。そのため安田さんたちはその発振用のコイルを12種類も作って、出来上がったトランジスタを分類して一つずつコイルと組み合わせでラジオを作ったのであった。トランジスタそのものの歩留まりが低く、その中の高周波トランジスタの収率がまた15%程度と推定される。関係者の必死の努力にもかかわらず、問題は解決しなかった。これでは商売にはならない。岩間さんはこれを解決しなければトランジスタの将来はないと考えたと思われる。塚本さんに対策を講じるように命じた。塚本さんは結晶引き上げの課長であった。

実は世界最初のトランジスタ・ラジオを発売したリージェンシー社のトランジスタはTexas Instruments社製であったが、製法は東通工と全く同じだった。ベル研究所が両者の同じ先生だからである。同社はついにトランジスタ・ラジオの商売を断念した。理由は高周波トランジスタの歩留まりが悪いからであった。先にベル研究所の人たちがラジオはやるなと言っていた理由がこれである。

塚本さんたちはいろんな議論を行い、今のやり方で歩留まりをあげる方法はないかと工夫したが解決策が見つからない。塚本さんは結晶引き上げ中に導入する不純物でエミッタを作る為の不純物を変えることをやってみるしかないと考えに至った。これまでのアンチモンからリンに変えようと言うのである。ゲルマニウムの熔湯の中にリンを投入しよ

うと言うのであった。これは極めて困難な仕事であった。赤燐の粉末を使ってみても融解ゲルマニウムに達する前に蒸発してしまうのである。錫は不活性なので錫箔に包んで投入したが、どれだけ熔湯に落ちたか分からない。実験を続けるうちに天谷さんは錫とリンの合金を作って塚本さんにこれを使うように進言した。これで実験が成功した。高周波用トランジスタの歩留まりが悪いのは引き上げられたゲルマニウム中のベース幅の真ん中が広く、周辺はほとんどベースが無くなっていたからである。これは結晶引き上げ後のアンチモンの拡散が周辺ほど早いのであることが分かっていた。本来ベル研究所のデータではアンチモンとリンのゲルマニウム中の拡散係数は同じになっていた。従って結果も同じになるはずであった。しかし、トランジスタを作ってみてその特性の良さ、歩留まりの高さは従来の比ではなく大きく改善されていた。ベルのデータは誤りでリンの拡散速度は極めて小さかった。

喜んだ塚本さんは岩間さんに報告し、直ちに生産を新方法に切り替えることを了解してもらった。失敗の可能性も考えて従来品のストックをたくさん作り、生産を切り替えたが、今度はやれどもやれども歩留まりはゼロであった。ついに在庫品は無くなり、ラジオの生産のコンベアも止まらざるを得ないところまで追いつめられた。元に返そうという意見も出て一部元の生産も行われたようであるが、岩間さんはあきらめなかった。きっと何か原因があるに違いない。それを見つければきっと改善が出来るはずであると。岩間さんは塚本さんに向かって「俺は元に戻らない。結果の責任は俺が取る。頑張ってやってくれ。」と激励したという。井深社長も心配のあまり、塚本さんに「お前は会社をつぶすつもりか」と詰め寄ったと言う。岩間さんは江崎さんにもその原因解析を求めたと思われる。1957年の春、江崎さんはこの研究中にトンネルダイオードを発見した。それと同時にリンの濃度制御によってこれが解決されることが分かったのであった。錫とリンの化合物に対してインジウムとリンの化合物は化合物半導体として知られているが、これはインジウムとリンの原子が1対1で結合している。同時にインジウムは偏析してゲルマニウムに入らないのであった。これを使い、その正確な評量に基づいて適切な量のリンを導入することによって、トランジスタの安定した歩留まりと高い高周波特性を得ることが出来た。ソニーはこの技術に関しては特許も出願しなかったし、すべて秘密に保持された。これがトランジスタ・ラジオを安価に大量生産出来た裏の出来事であった。岩間さんの指導力と技術の本質を見極めようとする力が会社とその半導体の発展に大きく寄与したのである。

§ シリコン・トランジスタ

1956年1月は岩間さんの物語を書くのに忘れがたい時である。彼は2回目のアメリカ訪問を行い、ベル研究所で開催したトランジスタ・ライセンスに向けたセミナーに参加した。今回は岩田三郎さんを連れていた。セミナーは今回Diffusion Symposiumと呼ばれたように、シリコンおよびゲル

マニウムの拡散型トランジスタおよびシリコン拡散型ダイオードに関する講演があった。トランジスタが変わる、拡散が主体になる、そしてシリコンの時代が来ると予感していたかと思われる。岩田さんを連れていったのは彼にその開発を担当させようとしたためと考えられる。事実そうだった。

ベル研究所は 1954 年からシリコン拡散型トランジスタの技術開発に注力していた。強い信念を持ってこれを牽引してきたのは J. Moll であった。ゲルマニウムに比べて band gap が大きく漏洩電流が少ないこと、高温に耐えることなど、シリコンの将来性を見据えていた。岩間さんがその精神を受け継いだと思われる。その年の半ばには井深社長は新日本窒素肥料株式会社の白石社長に「これからはシリコンの時代になりますよ。なんでも相談に乗りますからシリコン素材、シリコンウェファの仕事を始めませんか。」と持ちかけている。これが現在の三菱住友シリコン株式会社の一つの母体になっている。岩間さんはシリコンのウェファを自社生産しなければならないと考え、シリコンの単結晶引き上げ装置の設計開発を機械課の若手 前川さんに指示した。彼はゲルマニウムの引き上げ装置を参考にほぼその年の内に装置を完成させた。更に本格的にシリコンを開発する準備を別途進めた。そしてその次の年には松下電器から三沢敏雄さんを迎えて、新入社員だった私を加えてシリコンのトランジスタの開発を始めたのだった。

実は会社はトランジスタ・ラジオが成功する前から次はトランジスタ・テレビをやると決めていた。それには耐圧も高く温度にも強いシリコンでなければならないと言うのが岩間さんの考えであり、井深さんの考えにもなっていたと思われる。1956 年 12 月に私が会社に入社する前に岩間さんを訪問した時に「今はトランジスタ・ラジオをやっているが、これはただ儲けるためではない。半導体はこれからシリコンの時代になる。このラジオはその研究費を稼ぐためにやっている。」と言って私を驚かした。しかし、それは彼の真実の声であった。当時、シリコン単結晶は重さ当たり金より高かったと思うが、それが時代を風靡するようになる。トランジスタ・テレビにはそれが必要だと真剣に考えていた岩間さん、井深さんは先見性があったと言わざるを得ない。

果せるかな、1960 年の世界最初のトランジスタ・テレビ、それに続く 1862 年のマイクロ・テレビの成功はシリコン・トランジスタによるところも大きかったと考えられる。トランジスタ・テレビの成功はテープレコーダーへ、音響機器へ、そして VTR、カラーテレビへと応用されてシリコンの時代が開花した。ここに改めて 1956 年の岩間さん、井深さんの決断に敬意を表したい。

§ プレーナ技術と IC

1958 年、プレーナ技術と IC が発明され、新しい世界が始まろうとしていた。日本の半導体は皆一様にプレーナ特許の royalty の高さ(4.5%)に反発し、別の方向を模索し始めた。ソニーでもプレーナおよび IC の技術を拒否する指示が出されるような状態であった。しかし、岩間さんはこれらの将来性を適確に把握して、1962 年半導体の開発体制を変更し、岩田さんにプレーナ、IC などを開発する開発課を発足させ

た。これはいわば当時の会社の方針に背くものともいえるものであった。始めにプレーナ特許の特許料が 5%であると聞いて、日本中が反発する中で、岩間さんは「俺が Noyce だったら当然それくらいの特許料を要求するよ。」と言ってこれを高く評価していた。岩間さんの努力、苦勞の末、会社は正しい方向に向かうことが出来たのだった。岩間さんはプレーナ技術については Fairchild と交渉をしたのであったが、NEC に後れを取っている。

IC については日本中がアメリカのテキサス・インスツルメントの Kilby 特許に悩まされた。周知のように盛田さんの努力で 1968 年、日本テキサス・インスツルメント株式会社をソニーと合併で作って、いわば日本を救ったのであるが、岩間さんの苦悩がそこに反映していると私は信じている。

§ CCD の開発

岩間さんの CCD 開発に対する情熱と成功の物語は広く知られているので、簡単に述べる。1973 年、岩間さんはソニーアメリカから日本のソニーに帰還し、ソニー副社長、兼中央研究所長になった。CCD に対する重要性の認識はもとよりであったが、ソニーの半導体が bipolar にばかり集中して MOS に対する開発努力が足りないことを嘆いていた。彼は CCD プロジェクトを起こすことによってこれを転換する契機とすることも考えていたと信じる。

1976 年頃からは、CCD 開発は金がかかりすぎて、しかも将来性がないとして、会社内ではこのプロジェクトをやめさせろ、という声が広がった。岩間さんはまたも大きな苦悩を背負うことになった。岩間さんは CCD 開発速度が遅いとして日立との共同研究を指示した。しかし、日立は CMOS 撮像素子を推進していてソニーと意見が合わなかった。すると今度は NEC との共同研究を指示した。それは無理な計画であった。共同研究が出来ないまま時間が過ぎた。社内での CCD 開発反対の声は強まるばかりだった。それでも 1977 年も終わりに近いころ、ようやくまず満足できる CCD の画像を得ることが出来た。こうして、岩間さんの情熱がプロジェクトメンバーを助けて、遂に CCD プロジェクトを成功に導いたのだった。実際には 1978 年にプロジェクトが厚木工場に移り、生産が軌道に乗るまでには長い年月と多くの努力が必要であった。途中で挫折しなかったのは岩間さんの情熱が多く関係者に引き継がれたためである。

この CCD 開発の成功は新しいカメラ産業を興すことにつながり、またベータマックスの敗退後のソニーを救うことになったのであった。

§ 終わりに

日本の半導体産業の先駆者として多くの業績を上げた岩間さんは、先駆者としての苦闘の歴史を生きたと言えるだろう。だからこそその輝かしい業績が一層価値あるものとして映るのである。CCD のビジネス化を見ることもなく、1982 年、若くしてソニー社長のままでこの世を去った岩間さんの半導体に賭けた人生に心から敬意を表して、岩間さんを偲ぶ文としたい。

以上

「2010 年春季工場見学会(仙台方面)」報告

半導体工場 見学記

関東自動車(株)岩手工場 ・ 東京エレクトロン東北(株) ・ 電源開発(株)鬼首地熱発電所
東北大学 未来科学技術共同研究センター

文化活動委員長 高橋令幸

半導体シニア協会文化活動委員会主催の工場見学会・懇親会は、過去三年ほどは九州方面にて九州委員会との共催で実施してきたが、今年は東北方面にて4月21日と22日の1泊2日で開催した。21日には関東自動車工業(株)岩手工場と東京エレクトロン東北(株)、22日には電源開発(株)鬼首地熱発電所と東北大学未来科学技術共同研究センターの4箇所を見学した。参加者19名は、21日正午に東北新幹線水沢江刺駅に集合して貸し切りバスで移動、鳴子温泉で一泊懇親、翌日午後5時に仙台駅にて解散した。今年は寒さ続きで春の訪れが遅く、移動中に東北路の風景を楽しむには至らなかったが、それぞれ特色のある工場・施設の見学は有意義であった。

1. 関東自動車工業(株) 岩手工場

関東自動車工業(株)は1946年の設立で、トヨタグループに属し、トヨタ車の企画・研究開発・生産およびトヨタホームの生産を行っていて、従業員、売上高が2008年度でそれぞれ5877人と6230億円となっている。岩手工場は東北新幹線水沢江刺駅からバスで約15分の場所に位置し、1993年竣工、1200余の人員が働いている。まずは会議室にて岩手工場管理部工場管理室の樂山勲主担当員から事業概要の説明を受け、同 加賀沢年生主担当員の案内で2005年竣工の第2ラインを見学した。鉄のシートコイルから車体部品の製作されるプレス工程を見ることができなかったが、部品が溶接され、組立てられて車の形となり、塗装され、各種試験工程を経て完成車となるまでの工程を目の当たりに見学することができた。



— 関東自動車工業(株)岩手工場にて —

ラインには外形2車種とその輸出仕様の4種の車が混載されて、ロボットによる97%の自動化と残り3%の熟練した人の技能が見事に調和してスムーズに完成車が産み出されて

いく仕組みの巧みさに一同感心した。ほぼフル稼働の様子からは、トヨタ車の不具合問題による影響などは全く感じられなかった。

2. 東京エレクトロン東北(株)

東京エレクトロン東北(株)は、水沢江刺市の江刺区の工業団地内に1985年に進出したが、設立は東京エレクトロン(株)のグループ会社として半導体製造装置である大口径拡散炉の生産を開始した1968年に遡る。到着と同時に会議室に案内されて平井康司統括部長以下の皆様による事業内容と製品の説明、工場案内を受けた。現在従業員は626人と外部従業員350人を合わせて約1000人が働いているとのことであった。拡散炉、制御装置、ウェーハ自動搬送装置や無人化などのための多岐にわたる技術を培ってきて、現在では最新の微細化プロセスに対応する各種の高品質高精度の熱処理製膜装置の開発・設計・生産を行っている。部分組立てから全体組立て、最終試験、出荷まで複雑で難度の高い工程を、先の自動車工場とは対照的に、熟練した技能の人手に依存する労働集約的な作業によって成し遂げられていく現場を観察することが出来た。漸く出口が見えかけたとはいえまだまだ厳しい半導体装置産業状況にもかかわらず多くの装置が工場のフロアを埋め尽くしつつある同社の好調ぶりに参加者は強く印象づけられた。



— 東京エレクトロン東北(株)にて —

3. 鳴子ホテルでの懇親会

上記2社の工場見学を終えて夕方の寒さの残る雨の東北自動車道を南下、途中で見た満開の梅の花は一幅の小景であった。到着した鳴子温泉には4種の泉質の源泉があり、全国で最も泉質数の多い温泉郷であるとはバスガイドさんの話。宿泊した鳴子ホテルでは外気や温度によってお湯の色が変化する温泉があり、当日は鶯色の湯を楽しむことが出来た。夕食をかねた懇親会では当地の酒肴を味わいながら各人のショートスピーチで互いに打ち解け、カラオケセットが思いのほか盛り上がりを与えてくれた。

4. 電源開発(株)鬼首地熱発電所

発電所は鳴子温泉から曲がりくねった山道に沿ってバスで小1時間奥にはいった広大な鬼首カルデラ内にあった。参加者は途中のみぞれまじりの雨、ブナの原生林、砂利道、沿道の残雪など深い山地であることを印象づけられた。鳴子温泉にある当発電所事務所から車で出向いてくださった高田幸典所長代理以下の方々の案内で併設の展示館に入って地熱発電の仕組みなどの説明を受けてから、発電所内部の制御室と発電機室、外部施設の最新の蒸気井周辺現場を見学した。参加者一同日ごろ馴染みの薄い地熱発電の仕組みに興味津々で質疑応答に熱が入った。地熱発電には地下1000m～3000mの井戸から噴出する蒸気を利用するが、同時に出てくる熱水もセパレータで分離して蒸気は発電に、熱水は温度・圧力を下げて還元井から地中に戻される。これまでに既に約30本の蒸気井、還元井が掘られているとのこと。全国的にはこの10倍近い出力のものも含めて既に15箇所以上の地熱発電所が稼働しているそうである。エネルギー確保と地球環境の保護のために地熱発電が意義深いものであると実感させられた。



— 電源開発(株) 鬼首地熱発電所にて —

5. 東北大学未来科学技術共同研究センター

鬼首から時間に追われながら慌しい昼食を途中の「道の駅」ですませて春雨けむる杜の都仙台青葉山地区にある当研究センターに何とか午後1時半に到着、まずは当研究センターの未来情報産業研究館の会議室に案内されて大見忠弘教授と高橋研教授の研究施設の見学に先立ってそれぞれ40分の研究内容についての講演があった。

大見教授の講演は、ゲート絶縁膜の薄膜化と寸法微細化だけで進歩した現状のシリコン技術の行詰りを打破して超高速・超低消費電力の多機能混載のバランスCMOSで形成されるシステムLSIとそのための超高生産性半導体製造装置・製造技術の創出についてであった。半導体生産の新しい且つトータルの製造プロセス及び装置の開発に多くの成果を挙げてこられていることが伺えた。

その研究開発の現場ともいべきクリーンルームの見学は大見教授と白井泰雪准教授の案内で2組に分かれて行われた。先生方の懇切な説明を受けながら、回転マグネットス

パッタ装置によるプラズマループの時間変化や1台の装置でチェンバー内のガスの種類・組成・ガス圧やプラズマ励起パワーなど次々と変えながら連続処理ができる様子等を目で見ることで印象深い貴重な体験となった。



東北大学未来科学技術共同研究センター
質疑に応答される高橋(左)大見(右)両教授

高橋教授からの講演は、スピナノ構造体の創製というテーマで磁性材料とその応用の研究開発にかかわる話であった。原子の軌道電子とスピンが磁性の根源であるという導入部分から始まるかなり学問的で高度な内容でした。磁性材料の進化とその製法の微細化にともなう磁気記憶装置としてのHDDの進歩と小型大容量化がもたらされたこと、今後はナノレベルでの最良物質の組成・構成を制御することによってレアメタルなどの遷移金属元素を含まない磁性特性の優れた普通の物質、例えば Fe_{16}N_2 の化合物のような物質からなる材料を作るための研究開発に取り組んでいること等興味深い話であった。

講演の後、高橋先生に案内されて共同研究センターの本館内にある研究室を見学した。大きな研究室に沢山の大型グローブボックスが所狭く備えられて、様々の材料の研究開発がなされている現場の様子を見学することが出来た。先生の説明の中で、日本の全電力消費の約60%はモーターによるものであり、レアメタルを使用しないスピナノ構造体による強力な磁性材料の創製が成功すればモーターの大幅な省力化が可能で、エコ問題の解決だけでなく資源小国の日本がレアメタルの資源獲得競争から開放されるとのこと。5年後くらいにはその見通しを得たいとの話を伺って、日本の将来にとって有望なことに感銘をうけながら東北大学の見学を終えた。

終わりに、本見学会でお世話になりましたすべての関係者の方々に感謝とお礼を申し上げます。

「春季工場見学会九州 2010」報告

半導体工場 見学記

産業技術総合研究所 水素材料先端科学研究センター
九州大学 水素エネルギー国際研究センター・トヨタ自動車九州(株)宮田工場

【はじめに】

6月3-4日梅雨入りの心配をよそに初夏を思わせる快晴のもと、春季工場見学会九州2010を23名の参加で開催しました。今年は半導体デバイスの主要な応用分野であります、ハイブリッド自動車および次世代クリーンエネルギー・水素をテーマに企画しました。初日の午後に「産総研：水素材料先端科学研究センター」・「九州大学：水素エネルギー国際研究センター」の見学と「水素ハイブリッド自動車」に試乗し、翌日の午前に「トヨタ自動車九州(株) 宮田工場」を見学しました。



九州大学伊都新キャンパス

<http://suisin.jimu.kyushu-u.ac.jp/>

九州大学新伊都キャンパスは市内から車で約40分、2005年から各地区のキャンパスを移転統合中で、既に工学系は活動を開始しており、産学官連携の学術研究都市の核造りにより、21世紀を生き続けるキャンパスの創造を目指しています。

【6/3 午後 産総研水素材料先端科学研究センター】

学内の一角にある円形の洒落た「ビッグオレンジ」のミーティング・レセプションルームで牧原正記副センター長からセンターの説明を受けました。

- ・設立年月日：平成18年7月1日
- ・研究規模：予算17億円（平成18年度）
- ・研究員数：123名、総人員187名

(2010.4.1 現在@AIST)

九州地区委員長 荒巻和之



研究センターの概要説明

＜研究目的＞

水素利用社会の実現を技術的に支援するため、水素と材料に関わる種々の現象を科学的に解明して各種データを産業界に提供するとともに、安全で簡便に水素を利用するための技術指針を確立することを目的とする。

＜センターの特徴＞

①NEDO 水素先端科学基礎研究事業の集中実施機関
高圧での水素物性の研究などの基礎的研究から、高圧水素環境下での材料特性研究

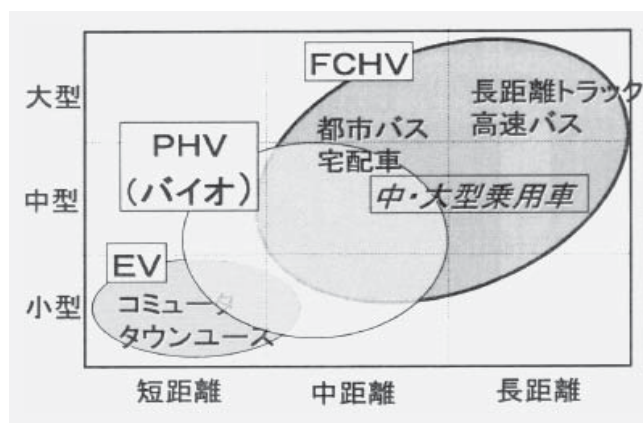
②産総研の大学内型研究センター

産総研・九州大学の包括的連携協定

九州大学と研究資源(設備/研究者/予算)を融合

＜水素燃料電池車＞

水素をエネルギーにした燃料電池ハイブリッド車 FCHV (Fuel Cell Hybrid Vehicle)の実用化が進められています。



トヨタ自動車・・・2009FC 資料より引用

燃料電池と組み合わせて高効率なエネルギー利用で、CO₂を全く出さない究極のクリーンエネルギー車です。次世代自動車には電気自動車 EV(electric vehicle)もあり、実用化は先行しています。ただし EV が利用する電気は火力や原子力などの電力発電所から供給されている。そのため再生可能エネルギーとうまくミックスさせることが必要で太陽光、風力やバイオマスなどの発電設備の建設が日本をはじめとして、全世界で進められています。引用図では EV と FCHV の利用領域が提案されており、EV は都市内（地域）移動用で小型車、FCHV は都市間移動用で中・大型車のバス、トラックや宅配車などです。また、中間にはバイオマス燃料を使用した PHV があります。

＜研究センターの期待＞

水素は半導体産業など広く使用されてきたが民生用としては未開拓の分野である。そのため、安心・安全と経済性が両立する水素社会を構築する必要がある。我が国は環境・エネルギー産業を次世代の成長分野と位置付けている。その観点からも産総研の本研究所の役割は極めて大きいものと言える。多くの研究・実験施設と研究陣を有しており、産業界との連携により、水素応用製品の開発で産業界を支援して欲しい。水素世界フォーラムが2010年2月3～5日福岡で開催され、延べ約800名の参加があった。世界的な研究拠点の形成と世界標準化に向けた戦略的取り組みを確実なものにして、水素技術で世界のリードを期待したい。



産総研:水素材料先端研究センター

<http://unit.aist.go.jp/hydrogenius/ci/index.html>

本見学会に際して万全な準備、本当にありがとうございました。特に説明と案内役の牧原正記副センター長、見学会を快く引き受けていただいた細川貴文事務マネージャーには感謝とお礼を申し上げます。

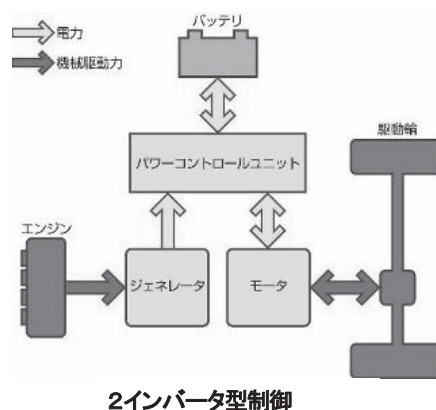
【水素ハイブリッド自動車試乗会】

究極のクリーンエネルギー:水素を使用した水素燃料車には水素燃料電池車 がある。マツダ(株)は水素と相性の良いロータリーエンジンで水素を燃料にした車を開発しています。既に昨春水素社会を目指すノルウェーに試作車を日本から唯一納車され、実証実験が進められています。この度エネルギー関連企業の岩谷産業(株)のご好意により、国内リース販売車を配車していただきました。マツダ(株)からは説明員として吉田氏を派遣していただき、マツダ水素車の特徴をご説明いただきました。



試乗前の説明

マツダ(株)はハイブリッドシステムを搭載し、水素を燃料として走行する水素ロータリーエンジン車『プレマシー・ハイドロジェン RE ハイブリッド』を販売しています。賛助会員でもある(株)安川電機がハイブリッド電気自動車 (HEV) 用に開発したパワーコントロールユニットは、車輪駆動用のモータの制御を行うインバータと、エンジンから最適な電力を取り出すためのジェネレータの制御を行うインバータの2インバータ一体型となっています。試乗会は数名づつに分かれて同乗し九大構内で行いました。感想として、現在市場に出回っているハイブリッド車と同様な性能・乗心地でした。エンジンは通常のガソリンと併用ができ実用性に優れています。今後、世界市場で熾烈な競争が繰り広げられる次世代車で活躍を願うばかりだ。





水素ハイブリッド自動車試乗会

【6/4午前 トヨタ自動車九州(株)本社・宮田工場】

宮田工場は宮若市に 1992 年操業を開始、その後 2005 年に苅田工場（エンジン）が操業を開始した。両工場の総人員は約 7,550 名（2009 年 9 月 1 日現在）、宮田工場用地は約 34 万坪（約 113 ヘクタール）、生産品目は高級機種のレクサスやハイブリッド車の S A I などで生産能力は 43 万台／年です。・福岡市内のホテルから貸切バスで高速自動車道約 40 分の道程、先ず社員駐車場そして工場正門が見えてきた。



トヨタ自動車九州本社・宮田工場

PR館のスタッフが笑顔で出迎えてくれた。早速 S I S 旗を取りだし記念撮影だ。修学旅行の小学生などで館内は大賑わい。PR館には生産車の展示コーナー、技術・歴史紹介コーナー、ビデオシアターなどがある。シアターではトヨタの歴史からトヨタカンバン方式の説明、工場見学では見られないプレスや塗装工程などの映像もある



トヨタ自動車九州・宮田工場見学会

<見学記>

トヨタ生産の強さを支えるカンバン方式（Toyota Production System : TPS）の真髄を見た思いです。各組立ラインでは稼働表示装置「総合アンドン」が予定／実績を表示、ジャストインタイムの事例として、数種のシートを積んだトラックが工場に横付して複数車種の混合ラインのシート搬送装置に供給していた。生産ラインに同期して部品、サブモジュールが供給されている。まるで生き物のように組立工場全体が動いているようでした。

【懇親会】

ホテル内の上海風中華料理店 TAIKAN-EN で夕食会を開催し、懇親を深めました。また、桑野幸徳氏 P V T E C の太陽電池セミナーのビデオを視聴して DVD の即売会も実施しました。



懇親会(夕食会)

【おわりに】

執筆中に九大の村上副学長（水素シミュレーション研究チーム）から水素研究の発表記事が日経新聞九州版に掲載された。ステンレス鋼の水素含有量と脆性の常識を覆す研究成果である。従来は水素含有料が多いほど強度を劣化させ、寿命を短くするものとされていた。その逆で金属疲労が長持ちするというものだ。地道な研究・実験の成果であろう。（末筆ですが見学会関係者、特に事務局の櫻庭さん、九州委員の吉崎さんにお礼を申し上げます）

☆ 委員会報告 ☆

文化活動委員会

「コミュニティに関するアンケート」調査報告

文化活動委員長 高橋令幸

半導体シニア協会では 10 年を節目に会の目的や活動方針などの見直しを通じて、個人会員皆様へのサービス強化のための活動の一環として、会員の居住地を活動ベースとする 20～30 人を単位とするコミュニティづくりが検討されてきました。その主な目的は、1) 会員相互の直接交流と親睦の機会を提供すること、2) 個人会員の自発的な活動展開・情報交換・ネットワークづくりなどを支援すること、3) そのような交流と活動の輪を広げることを通じて会員の増加を促進することです。

今年よりこの活動は文化活動委員会で取り組むことになり、会員の皆様がこのことに関してどのように考えられるかを把握するために、3 月に次のような内容のアンケート調査を行いました。

1. コミュニティ活動について

- a) コミュニティで行う活動に興味がありますか
- b) コミュニティでの活動として、どのような活動が望ましいと考えますか
- c) そのような活動に参加の予定がありますか

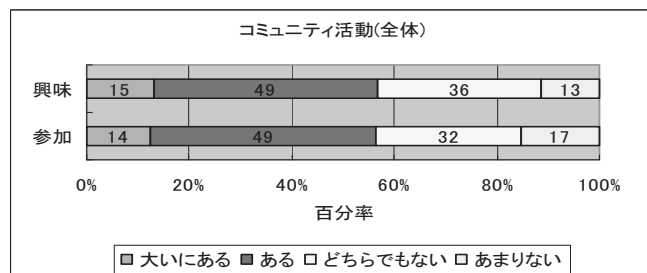
2. コミュニティ編成について

- a) 所属予定のコミュニティに関して、移動の希望がありますか
- b) あると答えた方は希望のコミュニティ名称をカッコ内に記入してください

3. コミュニティとその中での活動について

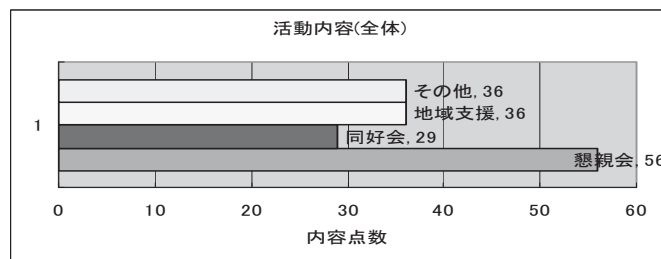
ご意見やご提案がありましたら以下余白に記入ください

3 月末で集計をしましたが、その後も回答がよせられましたので、5 月末に再集計を行いました。個人会員 283 名中の 41% に当たる 115 名の回答がありました。意見やコメントの記入については、活動内容に対するものが 36 件、全般に関しては 59 件、合計 95 件ありました。



第1図

集計結果は第1図と第2図にグラフで示す通りです。コミュニティ活動に対する興味については「大いにある及びある」と



第2図

答えた人は約 60%、参加の意思についても「大いにある及びある」との答えが同じく約 60% あり、全体として関心の高さを示していますが、「どちらでもない又ははない」と答えた人の中にも「今は忙しいから」との注釈が少なからずありました。次に、活動内容については、「懇親会のような集まりによる交流」に対する希望が最も高く、地域支援や同好会などの活動にも多くの関心が示されました。

寄せられた意見やコメントの概略分類は次の通りです(カッコ内は件数)。

- ① まずは親睦会などによるコミュニティの立上げが重要 (28)、② 教育支援、地域支援など社会貢献活動の推進 (13)、③ 同好会や趣味の会のような集まり (13)、④ ビジネスや別の活動で多忙で余裕がない (12)、⑤ 地域別のグループを設ける必要はない (9)、⑥ 親睦会、地域支援、同好会は良いアイデア、⑦ 事前準備と継続の必要 (3)、⑧ コミュニティ行事・運営費の配賦が重要 (3)、⑨ 他の団体との交流 (2)、⑩ 能力を活かしたシニアビジネス (2)、⑪ 親睦会や地域支援活動は SSIS の趣旨に合致しない (1)、⑫ その他の意見 (2)

文化活動委員会では、これらアンケート集計結果を参考にしながら、コミュニティの立上げについて準備を進めています。関西地区では既に第 1 回の会合がもたれてスタートしました(会報 Encore No.66 参照)。他の地区でも 8 月以降準備が出来たところから順次具体的に取り組んでいく予定です。

皆さん、
奮ってのご参加が期待されています！
ご協力をお願いいたします。

☆ 委員会報告 ☆

教育委員会



教育委員長 高畑幸一郎

1. 4月に初実施の集合教育「半導体入門講座」実施報告

1) カリキュラム

半導体入門講座カリキュラム(全林野会館)			
4月15日(木)		テーマ	講師
1	10:00～12:00	半導体産業の歴史と将来展望	牧本次生(理事長)
2	13:00～14:30	半導体の性質とデバイス動作説明	木内一秀(教育委員)
3	14:40～18:00	前工程プロセス説明	沢田憲一(サクセス社)
4月16日(金)			
4	10:00～12:00	後工程プロセスと半導体品質管理	相原 孝(教育委員)
5	13:00～14:30	回路設計	北村嘉成(教育委員)
6	14:40～16:10	環境管理	相原 孝(教育委員)
7	16:20～18:00	最近の注目デバイスとグリーンテクノロジー	加藤俊夫(教育委員)

2) 結果

- 参加人数: 計33名(理系卒15名、文系卒18名)
賛助会員企業 3社 計15名、一般企業 5社計18名
参加企業名
賛助会員企業: (株)日本マイクロニクス、リンテック(株)、(株)シバソク
一般企業: (株)トーメンデバイス、テクダイヤ(株)、(株)ナックイメージテクノロジー、TOOL(株)シルトロニック・ジャパン(株)
- 会員各位のご支援により、当初目標(予算)の2倍と盛況
受講料金多人数割引制度導入も効果大だったと判断。
- 終了後の受講者からのアンケート結果:(講義単位と講座全体、コメント、5段階評価・5がベスト)
講座全体の満足度 4.0、理解度 4.0と好評だった。
- 講義中のトラブル・欠席者も無く、総合として「大変成功だった」と判断した。



講座受講状況

- ・事務局には多大のご支援を頂きました。改めて感謝致します。

3) 来春開催に向けて

受講者アンケートからの改善要望事項、講義内容の改善、テキスト体裁の更なる標準化、「半導体用語集」の添付等、更に改善して実施する事を委員会で決定。既に日程も2011年4月21日(木)22日(金)に決定、会場予約済み。更なる受講者増に期待しております。

2. 10月の集合教育「半導体アドバンス講座」ご案内

既述の「入門講座」受講済み者はもとより、各社での「入門講座」受講済み者を前提に、今春の入社社員から中堅社員までを対象とした、下記カリキュラムの集合教育を実施します。最近急成長している注目デバイス3種(太陽電池、LED、パワーデバイス)もテーマに加えましたし、実務と講師経験豊富な講師陣による講座は、必ずやお役に立ちご満足頂ける事と確信しております。

日程:2010年10月28日(木)29日(金)

会場:全林野会館

カリキュラム

半導体アドバンス講座カリキュラム(全林野会館)			
10月28日(木)		テーマ	講師
1	10:00～12:00	半導体産業の歴史と将来展望	加藤俊夫(教育委員)
2	13:00～14:00	半導体物性と各種デバイス	鈴木俊治(教育委員)
3	14:10～17:30	CMOS前工程プロセス	同上
10月29日(金)			
4	10:00～12:00	実装新技術とMEMS	村上 元(会員)
5	13:00～14:30	太陽電池	坂田 功(産業総合研)
6	14:40～16:10	LED	石谷彰康(サクセス社)
7	16:20～18:00	パワーデバイス	川地明幸(会員)

賛助会員企業様からの多数の参加と、個人会員各位の勤務関連企業・知り合い企業への紹介を是非宜しくお願い致します。
以上



新入会員(2010.5.1～2010.6.30)

個人会員 (ご入会順、敬称略)

鬼鞍 哲夫	大塚 寛治	宇井 達雄
萩原 義昭	遠藤 信裕	中上 明光
内山 邦男	麻生 明	住原 政雄
笠原 二郎	林 和幸	中尾 誠男
浅川 俊文	大石 恭一	野原 康市
西村 正		

賛助会員 (ご入会順、敬称略)

株式会社 エムテック
株式会社 インターテック

*新たにご入会の皆様、宜しくお願ひ申し上げます。

ご寄付芳名

ご協力有難う御座います。前回ご報告(No.66 : 2010.5.20)以降 2010 年 6 月 30 日までにご寄付をお寄せいただきましたのは下記の方々です。

ご厚情に厚く御礼申し上げます。(50 音順、敬称略)

相原 孝、石垣 暉、平林 庄司

6 月 1 日 SFJ シンポジウム・パネラー(非会員)からのご寄付

小野寺 誠、常石 哲男

重ねて御礼申し上げます。

協会行事のお知らせ

* 賛助会員連絡会・特別講演会

期日：9 月 24 日(金)

① 賛助会員連絡会 15:00-16:30

② 特別講演会 17:00-18:30

③ 懇親会 18:30-19:30

会場：全林野会館プラザフォレスト

〒112-0012 東京都文京区大塚 3-28-7

特別講演：「半導体市場動向及び今後のルネサス
エレクトロニクスの方性」

講師：ルネサスエレクトロニクス(株)

代表取締役会長 山口 純史氏

詳しくは URL：<http://www.ssis.gr.jp> をご覧下さい

事務局が移転いたしました

6 月末に事務局が引越をしました。

〒160-0022 東京都新宿区新宿 6-27-10

電話：03-6457-3245 FAX：03-6457-3246

E-mail：info@ssis.gr.jp (変更無し)

URL：<http://www.ssis.gr.jp> (変更無し)

お近くにお越しの際は是非お立寄り下さい。



「半導体アドバンス講座」のご案内

教育委員会委員長 高畑幸一郎

SSIS では春の「半導体入門講座」に引き続き、10 月に「半導体アドバンス講座」を計画しています。是非積極的に社員教育の場としてご活用ください。

* 期日：10 月 28 日(木)・29 日(金)2 日間

* 会場：全林野会館プラザフォレスト

詳しくは下記 URL をご覧下さい。

<http://www.ssis.gr.jp/ssis011-1.html>

会員状況 (6 月 30 日現在)

個人 306 名、賛助 44 団体

半導体シニア協会会報 “ENCORE”No.67

発行日：2010 年 7 月 30 日

発行者：一般社団法人半導体シニア協会

理事長 牧本次生

本号担当編集委員 相原 孝

〒160-0022 東京都新宿区新宿 6-27-10

塩田ビル 202

TEL：03-6457-3245, FAX：03-6457-3246

URL：<http://www.ssis.gr.jp>

E-mail：info@ssis.gr.jp