

巻頭言

第11回 SSISシンポジウム開会挨拶

半導体産業人協会理事長 牧本次生

“3.11”を忘れること勿れ

1. 人知を超えた“3.11”災害

今回の東日本大震災は死者、行方不明合わせておよそ2万5千人、建物被害37万戸、避難者12万人という未曾有の被害をもたらしました。犠牲になられた方々に深く哀悼の意を表すとともに被災された方々に心からお見舞い申し上げます。“3.11”はマグニチュード9という大地震と巨大津波、史上最悪レベルの原発事故というまさに人知を超えた3重の災害に見舞われました。起こり得ることは、起こる、想定外ということを気安く言ってはならないということを今回の災害は教訓として示しています。



2. 半導体被害のインパクト

東北・北関東には半導体関連産業が集中していて4月初めの経産省資料によるとルネサス那珂工場（ひたちなか市）が1.5ヶ月停止すると世界の自動車生産が6.5兆円減少、テレビ生産が4,000億円減少する、また信越化学グループの白河工場が1.5ヶ月停止すると世界の半導体生産が1.5兆円減少する、またその影響でIT関連産業トータル32兆円の減少になると試算されています。半導体産業の規模（5兆円）だけを見ると、国のGDPの500兆円に対して、たかだか1%に過ぎませんが、今回明らかになったこれらの事実は、いまや半導体は産業の原油であり、一国の盛衰は半導体にあることを示しています。

3. ポスト“3.11”の社会動向

福島県知事は原発の再開はあり得ないと断言しており、電力事情が悪化することは明白で、経産省は一律15%の電力カットを要請しています。これを受けるローパワー社会への移行に必要なものは、在宅勤務など情報伝達で人が移動しなくても済むライフスタイルや、スマートグリッド、LED照明、電気自動車など省電力技術の広がり、時差出勤による冷暖房節約の動きなどがあります。また太陽電池、風力発電、地熱発電、バイオマスなど自然エネルギーの活用が急務になってまいります。こうした省エネルギー対策、自然エネルギー活用のいずれもその技術の中核が半導体によるものであり、半導体への期待が大きく高まっていると思います。

4. 半導体復権に向けて

日本の半導体産業はバブル崩壊以降失われた20年といわれる長期低落傾向が続き、こうした状態を打破するために以下のような対策が必要です。一部実践されてきましたが更なる徹底が必要であると思います。

- ・横並びの発想を排し、「選択と集中」を徹底する。
- ・ガラパゴスを出てグローバルイノベーションを推進する。
- ・電気自動車、太陽電池、LEDなどの環境関連、医療など高齢者社会への対応、家事手伝いなどのロボットといった新しい時代の要求に応える。
- ・「半導体特区」を設けて内外企業を誘致するなど国による半導体強化のための肥沃な土壌作り。

日本の半導体産業はこの数年やっと水面に浮上したところで“3.11”に見舞われました。暫く厳しい状況が続くと思いますが、これからは環境、安全、安心をキーワードとした新しい社会の要求に応じて行く必要があります。そのために大事なことは“3.11”を契機として「挑戦者」としての新しい気持ちに切り替えて行くことでもあります。

第 11 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。今年には半導体の新しいアプリケーションについて夢のある話をしようと企画し、その内容が固まった時点で東日本大震災が発生しました。その被害の大きさ、サプライチェーンに与える影響の大きさを知るにつれ、シンポジウムとしてもこの議題を避けては通れないと思ひ、急遽付け加えさせていただきました。シンポジウム開会の冒頭に震災の犠牲者を哀悼して全員で黙祷をささげ、この様子は 6 月 11 日の NHK スペシャルでも放映されました。



そのあと、巻頭の理事長による開会挨拶、半導体産業研究所(SIRIJ)松本氏による基調講演と、それを受けて半導体の新しいアプリケーションをテーマにパネルディスカッションを持ち、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

アプリ新時代と半導体産業の将来

半導体産業研究所 松本哲郎

1. 世界は大きく動いている

リーマンショックによる世界同時不況対策では景気刺激策として環境関連に莫大な投資が行われ、世界



の環境意識が大きく高揚しました。一方中国など新興国の台頭は著しく先進国対新興国の競争に変化し低価格商品と高級品の 2 重

開発を余儀なくさせられるようになっていきます。半導体ビジネスも従来の微細化による機能の進化による競争からソリューションビジネスへと大きく変化しています。

今回の大震災では多くの半導体工場と材料サプライチェーンが被災し、その被害は工場が 3 ヶ月止まるとして半導体の直接売り上げで 3000 億円、下流のアプリ産業への波及を計算すると国内で 2.3 兆円、世界では 6 兆円になると予測されます。川下産業はリスク分散のため、複数の購買先を持つとしようとするでしょうし、その場合のコストアップや技術の漏洩がどうなるのか問題です。

ビジネスモデルとしてはコスト力向上のため定着してきたファンダリとファブレスの構造からソリューション提供で、顧客の嬉しさの実現に向かうための新しいモデルが必ず出てくると思ひます。

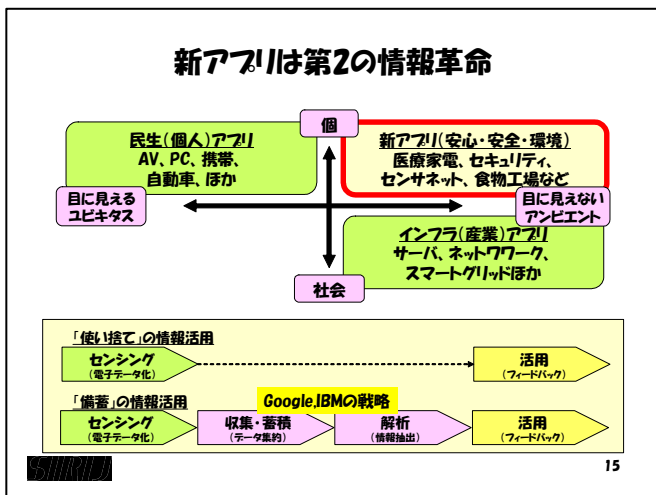
CONTENTS

・巻頭言	“3.11”を忘れること勿れ	牧本 次生 理事長	1 頁
・基調講演	アプリ新時代と半導体産業の将来	松本 哲郎	2 頁
・パネルディスカッション	アプリ新時代と半導体産業の将来 期待されるアプリケーションは?		6 頁
・NEWS 最先端	今後 10 年の半導体を牽引するのは誰だ	南川 明	10 頁
・半導体事始	世界最小クラスの IC タグチップ「ミューチップ」発明の背景	宇佐美 光雄	14 頁
・半導体事始	LOC (Lead on Chip) の技術開発	村上 元 会員	18 頁
・読者のひろば	私の半導体人生と得られた教訓	河崎 達夫 会員	22 頁
・教育委員会報告	半導体入門講座実施報告	高畑 幸一郎 会員	26 頁
・賛助会員紹介	オーバーートン株式会社	佐藤 正	27 頁
・協会だより			28 頁

新しいアプリケーションの方向としてクラウドとかユビキタスといったIT産業の進歩が引っ張ってゆくものと、世界の人口増や途上国の経済成長などに伴う社会ニーズを支えるものがあります、今後は後者のほうが主役のアプリ新時代になります。



その社会ニーズとしては世界的課題としての地球温暖化対策、生涯健康な社会としての高齢化社会対策、安心・安全な社会への対策、多様な人生・世界に開かれた社会への対策などがあります。こうした新アプリは車やPCといった目に見えるものから安全・安心・環境といった目に見えないものへ、産業インフラなどの社会的なものから個人の快適を満たす方向に向かっています。センシングされた情報は従来の使い捨てから、Googleや IBM の戦略にあるように備蓄・解析して活用する時代へ変化しています。

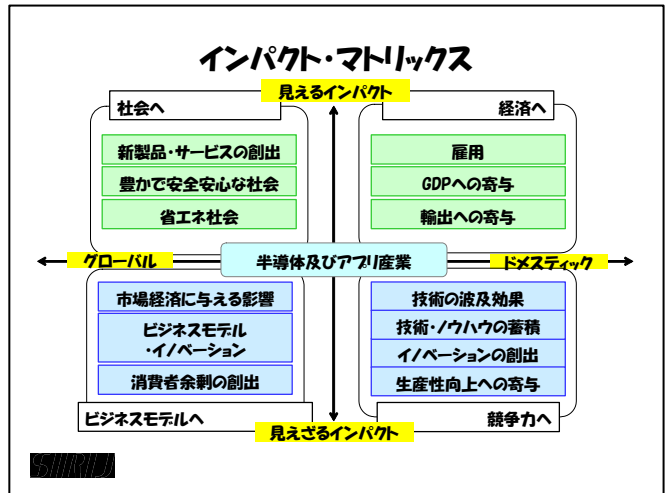


2. 半導体の役割とインパクト

「もの」が主体の時代から情報・知識の時代になり、画一的なものから個々の多様性が尊重される時代の変化にともない、半導体の役割も単なる部品から、より社会の基盤部分を支えるものになりました。半導

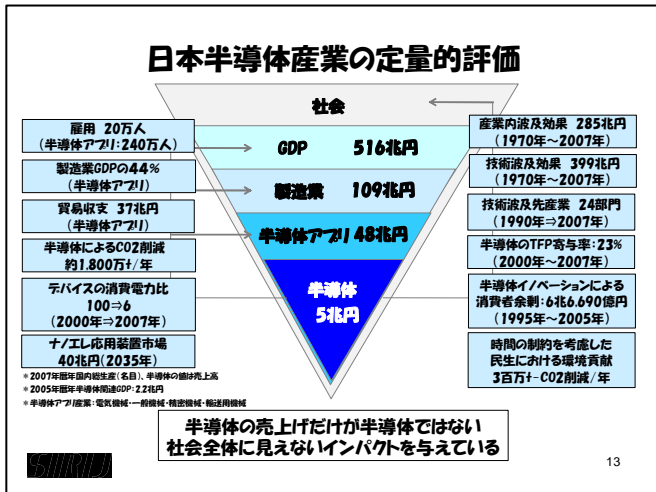
体はネットワークに連携・統合されてその価値は益々増大するとともに、半導体の品質・信頼性・安全が社会に与える影響の大きさからより重大な責任を担われようになりました。

下図は一昨年 SIRIJ で発行した「知られざる半導体のインパクト」という冊子に載せたもので、半導体が社会、経済、ビジネスモデル、競争力へ与えるインパクトを見える、見えない、ドメスティック、グローバルという視点でマトリックスにしたものです。



半導体のインパクトを定量的にみてみますと 2007年の GDP 516 兆円のうち、21%を製造業が占め、その44%が半導体アプリ産業である電機、輸送、機械で総額 48 兆円になります。また製造業以外に GDP の 18%、93 兆円規模の通信、サービスも半導体のアプリ産業になります。各業種における最終製品に占める半導体の割合は年々増加し、自動車、通信などでその伸びが顕著です。また半導体製造で培われた技術が他の産業で応用された例も非常に多く、例えば超純水製造に用いられた逆浸透膜が海水淡水化、下水再利用、果汁や薬品の濃縮などに用いられています。GDP の成長要因のうち労働・資本投入以外の生産性向上に半導体イノベーションが寄与する割合は23%を占めます。このように半導体産業は直接半導体を使う産業波及効果、半導体産業以外の産業に与える技術波及効果が極めて大きく、日本の経済に重要な影響力を持っています。以上を纏めてみますと次図のようになり、日本の半導体産業規模 5 兆円だけが半導体でなく、社会全体に如何に大きなインパクトを持っているかが分かります。

世界的にみても半導体が生み出す価値の大きさは同様で特に地球環境保全において大きな貢献をしているとともに責任を担っています。半導体が省エネ



に貢献する要素は次の4つがあります。

- (1) 直接的に低電力デバイスによる効果
- (2) 間接的に省エネ機械を実現する効果
- (3) エネルギー効率を向上させるためのITSなど
社会システムを実現させるための発展的貢献
- (4) 在宅勤務など高度な省エネ社会を実現するための革命的貢献

一例としてエアコンなど家電の半導体による省エネ効果は年間 460 億 kWh となり、CO₂換算で 2 億トンの削減になります。またITSでは車や道路の設備にエネルギーを使いますが、渋滞緩和による省エネ効果はそれをはるかに上回ります。

3. 新アプリ

政府の新成長戦略構想では 2020 年までに環境・エネルギー関連に 50 兆円、健康・医療・介護に係わるものに 45 兆円の市場が創出されるとみえています。

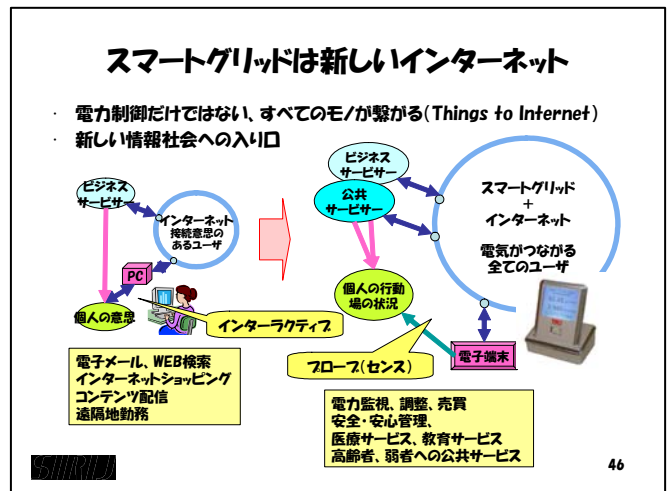
日本の高齢化は急速に進み老人の健康のための



需要が増します。世界の人口は爆発的に増大し、中

間層といわれるエレクトロニクスの購買人口が急激に増えるため、こうした購買層に見合った低価格低電力商品の開発が求められます。ライフインベーションの技術としては健康管理の面でヒューマンレコーダ用各種センシング技術、医療の面で在宅医療が可能となるような情報ネットワークシステム、介護のためのロボット技術などが必要になります。こうした目的のために低電力、小型で安価な半導体が要求されます。

地球温暖化の問題は今のままの構造でエネルギー消費が増えると 2020 年には危機的なものになると言われ、この 20 年の間に化石燃料に頼らないための継続的なイノベーションが求められます。太陽電池、風力発電といった再生可能なエネルギーの利用が伸び、その効率的な運用を行うためにはスマートグリッドが不可欠になります。今世界中がスマートシティに向かって多数のプロジェクトが動いています。スマートグリッドはインターネットと繋がって電力制御だけでなく、総てのものが繋がる新しい情報社会への入り口になります。



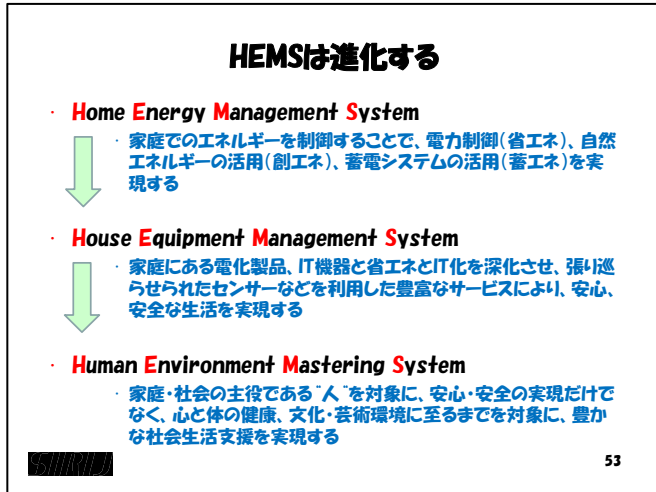
スマートグリッド関連の市場規模は現在 800 億円程度ですが、電力管理、スマートメータなどに 2020 年には 2 兆円あるいはそれ以上のマーケットになると予測しています。こうした市場に対して電力会社、エレクトロニクスメカ、ソフトウェア会社など誰が主役になってもおかしくない状況ですが、注目されるのはグーグルの動きです。グーグルは地図や電力消費、環境計測データなどの情報を駆使してスマートグリッドや医療、防災などのアプリケーションに展開しようとしています。

日本では政府が 2010 年に作成した産業構造ビジョンの中でスマートコミュニティ関連システムフォーラムとして 500 社以上のアライアンスを設けていますが、

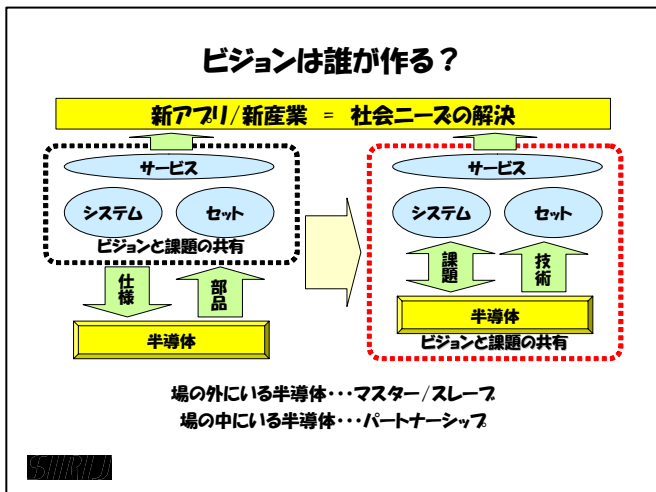
その取り組みは電力ネットワークに偏っていて半導体業界がビジョン作成に参加する機会が少ないのが現状です。

4. アプリ新時代に向けて

HEMS というのは従来家庭のエネルギーを管理し、省電力につなげるシステムでしたが、これからは人を対象に安心安全の実現と心と身体の健康を対象に豊かな社会を実現するものになります。



従来社会ニーズに対してセットメーカーやシステムメーカーがそれを取り込み、半導体メーカーは追随するだけの構造でしたが、これからは半導体メーカーも一緒になってビジョンを作成してゆかなければならないと思っています。すなわち嬉しさ向上を顧客に提案し、どう嬉しさを実現するか一緒に考え、ビジネスモデルで差別化するというソリューションを作る力を半導体産業界が持つ必要があるということです。



5. 質疑応答

井上 スマートグリッド市場の2兆円というのは国内だけですか？

松本 グローバルです。値が小さくみえますが、現在見えている市場だけですのでこれから新アプリ関連で新しい市場ができればさらに膨れると思います。

松本悟 今の時点で半導体メーカーの取り組み状況で欧米と日本で差がありますか？

松本 スマートグリッドの開発プロジェクトに欧米では半導体メーカーが名前を見せていますが、日本ではそれがありません。実態がどうなのかはもう少し調べてみたいと思っています。

堀内 半導体メーカーがもっとソリューション事業に参画すべきとの意見だと思いますが、具体的に



どういう形で参画したらよいとお考えですか？また日本のメーカーが差別化されたデザインを提供できない理由は何処にありますか？

松本 1つは技術に対する考え方を変えなければならないと思います。こういう技術ができますという提案ではなく、これで人がどう嬉しくなりますか？という提案をしなければならないと思います。もう1つは単品で勝負をするのではなく、他社製品も交えて顧客が最も喜ぶ形のキット・ソリューションで提案するという事です。日本の技術の問題点はIDMの影響を強く受けすぎていて独自性を生む技術者の流動システムが出来上がっていないことに原因があると私は思っています。

溝上 新しい市場の動きというのは既に動き出していて日本もその主導的な役割を果たしています。また日本の半導体メーカーのマーケティングが弱いということも従来から言われていることです。お話しの趣旨は半導体メーカーが市場を創造しろと言っているのですか？

松本 私の言いたいことは日本の半導体メーカーが市場を作ってゆく仕事に参画していないという閉塞感を感じているため、もっとグローバルな場で市場作りに参画して元気になって欲しいということです。

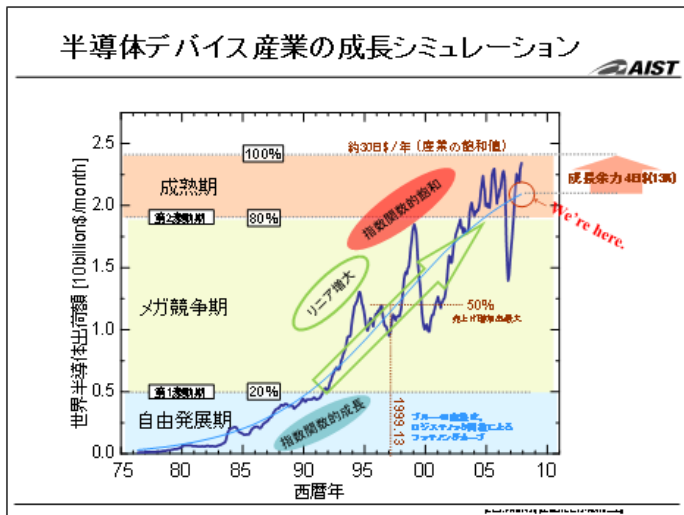
パネルディスカッション

アプリ新時代と半導体産業の将来
期待されるアプリケーションは？

＜パネリスト＞

半導体産業研究所	松本哲郎
東芝	上原京一
テクノアクセルネットワークス	山内直樹
ゴールドマンサックス証券	松橋郁夫
＜モデレーター＞	
産業技術総合研究所	井上道弘

井上 過去半導体は微細化技術の進歩により電卓、PC、デジタル家電といった新しい市場を創造してきました。しかし半導体産業は下図に見られるように一般的な産業の成長カーブにおける成熟期に既に達して新しい市場を創造する能力を失いつつあるという見方もあります。



昨年の経済産業省が発表した産業構造ビジョンによると今後の戦略産業分野は①アジアの所得弾力性の強い産業、②炭素生産性の高い分野、③少子高齢化による市場拡大分野とされています。こうした分野が半導体産業の停滞を打ち破って更なる成長へ導くものになるのかという視点で、本日は今後期待されるアプリケーションは何か？またき

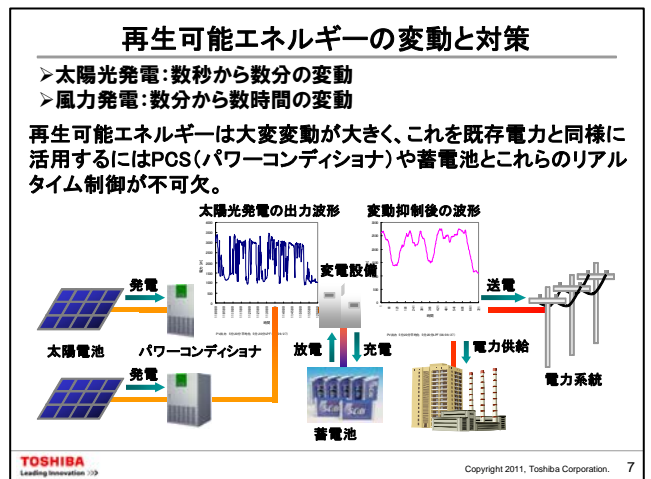
たるべきアプリ新時代に向けてどう備えるかを議論していただきます。併せて今回の東日本大震災と原発事故が半導体産業へどのような影響をもたらすのかも議論したいと思っています。

上原 私は半導体とは無縁でずっと送変電の部門におりましたのでその観点からお話をさせていただきます。ご承知のように世界の人口の増大に伴ってエネルギー消費量が増大し、このまま放置すると2050年



には気温が6℃上昇すると予測されます。その対策としてCO₂排出量削減のための種々の取り組みがなされており、そのうち原子力は今回の事故でブレーキがかかりますので当面はそれ以外の再生可能エネルギーの利用促進が重要になります。

スマートグリッドとは太陽光・風力発電などの再生可能エネルギーを効率よく活用できる電力系統のことです。再生可能エネルギーは不安定電源で太陽光は数秒から数分に変動し、風力は数分から数時間で変動しますのでこうした異なる変動に対応するリアルタイムの制御が不可欠です。

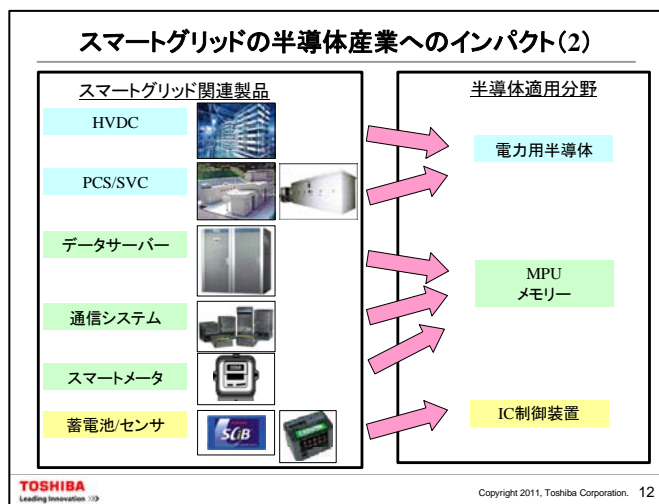


そのためには大容量の蓄電池、パワーコンディショナー(PCS)やエネルギー管理システム(EMS)、双方向通信といった種々の機器や制御技術が必要で、多くのパワー半導体や制御・通信用半導体が必要になります。

スマートグリッドには広義と狭義があつて、広義のスマートグリッドは火力発電、原子力発電も含め

た基幹系のシステムで偏在する再生エネルギーを高効率送電するもので、最近中国で大規模に展開されています。狭義のスマートグリッドは配電系のシステムで再生可能エネルギーと電池のリアルタイム制御をエネルギー管理システムで行うものです。電力の供給が不足した場合に需要家の使用量を制御してピーク負荷制御を行うことをデマンドレスポンス(DR)と言い、このような制御を行える機器としてスマートメータがあります。これが整備されれば今回の大震災で行われたような輪番停電は避けることも可能です。

当社では沖縄宮古島で離島独立系の実証試験を行いました。米国でもニューメキシコ州で現地電力会社との連携による検証試験が行われています。



スマートグリッドの半導体産業へのインパクトを考えてみますと、先ずパワー半導体市場は2020年に世界で30億ドル以上の規模になると予測されます。電力用半導体が使われるのはHVDCやPCSなどで、HVDCは距離に係わらずAC送電のように安定度の問題が無く、電力ロスの少ない送電システムで今後の成長が期待できますが、残念ながら日本のメーカーは現在このための半導体を作っていません。その他サーバ、通信システム、スマートメータ、蓄電池などにも大量のMPU、MCU、メモリーが必要です。家庭用のエネルギー管理機器が販売され始めており、この関係の半導体需要も非常に大きく伸びます。スマートメータはこれから世界的に普及してゆく上に定期的な更新が必要で市場が大きく伸びることが予測されます。スマートメータは地域や方式の違いが大きく、それに1チップで対応できる高機能のSOCが要求されます。

スマートグリッド、スマートコミュニティの世界は刻々と拡大し、その実現に向けた半導体も大きく伸びてゆきますので注目し続けて欲しいと思います。

山内 私はルネサステクノロジでカーナビ・カーオーディオなどの車載情報機器関連の仕事をしておりまして、今年独立したばかりなのですが、OBなら



ではのお話しもできるかと思っています。

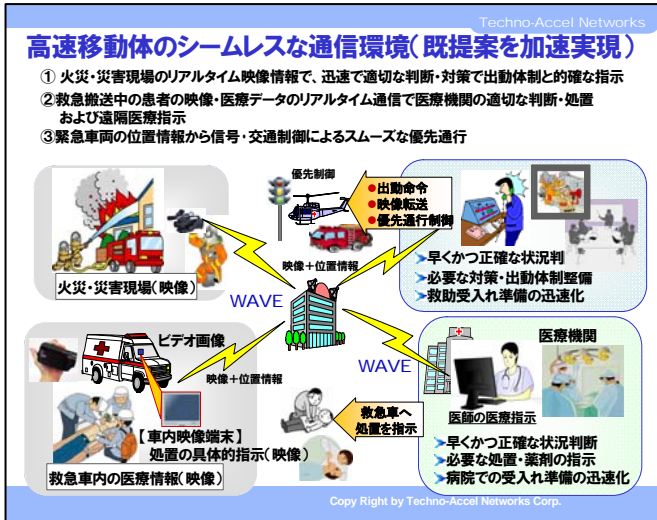
半導体アプリケーションの歴史を見ますとPC、AV、携帯電話などすべてセット

価格の下落と国外メーカーの台頭で苦戦を強いられてきました。ただ自動車用はブランド力で維持されている稀有の例です。勝ち残っているのはほぼ毎年のバージョンアップに耐えられるプラットフォームを持っているところで、そのためには新しいアプリケーションに対して早期段階から標準化活動に参画する必要があります。ただどんなアプリケーションを創造する場合にもパワーデバイス・センサーデバイス・ディペンダブルデバイスは欠かせず、安定した需要を持っています。

例えば今後有望なスマートコミュニティ関連デバイスの開発に当たっては、エネルギーマネジメントとネットワークの全体像を作り、その中から必要なアプリケーションを探ることが必要になります。具体的な例では海外対応の車載通信システムを開発するのに社内外の専門家を呼び、プロトタイプを作り上げるのに15億円の開発費を要しました。今のデバイス開発はアプリケーション機器の構成からシステムインテグレーションまで参加が必須です。別の事例で中国長春市バスロケーションシステムでは市の協力で実際のバスを使って実証試験を行いました。こうした開発費をどう価格に組み込めるかは大きな課題です。また、全半導体メーカーでみると過去10年獲得利益の絶対額は増えていません。

台湾においては政府系のIIIとかITRIという研究機関と大学、企業がうまく連携していて、それに米国市場における発想と標準化の潮流、中国本土の実用化の力が加わってアプリケーションの事業化を加速しています。日本は同じようなシステムを独立に作るのではなく、こうした台湾、米国、中国の

仕組みに乗って行くべきだし、私もその一助になりたいと思っています。



今回の震災でその必要性が明確になったことはどのような状況においても必ず繋がるように高速移動体のシームレスな通信環境をより頑強なものにしてゆかなければならないということでその実用化を加速しなければなりません。

松橋 今後伸びるアプリケーションは先ほどから話のありました環境・エネルギー・ロボットそれに医療分野であることに異論はないのですが、考えなければいけないことは参入障壁の高さで、単に成長するからと言って参入するのはリスクが大きいと思います。新アプリに付加価値をつけるためのボトルネックは ①ソフト開発力、②セキュリティをどうするか、③溢れる情報の中で重要なものを選別する能力です。ソフト開発において最近ショッキングな話として携帯用ソフトでこういうのが欲しいとフェイスブックに出したら即刻オフアがあり、数日でインドから完成されたものが送られてきたとのことで、そういう時代になっていると改めて感じました。

新アプリケーションにどう備えるかという面では次のような選択があります。

- 1) 勝ち組を常に見分けるのは難しいので SOC は諦めて強力なサブシステム、例えばパワー半導体のようなものを持って何が先行してもついてゆける状態にすること。
- 2) 従来からの固定顧客に縛られず、潜在的なユーザーを掘り起こすこと。
- 3) M&Aなどの手段でリスクをとること、不確実なところにも仕組みづくりから取り組むこと。

4) 最初から数量勝負でインド、中国の周辺諸国を攻めるということ。

震災関連では半導体関連の復旧のスピードは予想を超えたもので改めて日本の実力を見直したのですが、震災によって半導体の持つ付加価値の大きさが再認識され、中期的にその価値の流出を食い止める努力が必要です。最近ノキアが大幅下方修正をしたニュースがありましたが、世の中どんどん変わるので過去に捉われず、思い切った意思



決定が必要になります。ルネサスエレクトロニクスは今回の震災で分かったようにこれだけ大きな影響力を持っているのですからもっと大きな利益を出せるようにトップ経営者は考えて欲しいと思います。

井上 これからの半導体のアプリは何かという観点で各パネラーからいろいろ成長分野のご提案がありました。実際にこれらがデバイスとして落としこめるのかという疑問が若干あるのですが具体的にどういものになりますか？

松本 具体的な例ではないのですが、デバイスの開発に当たってはカスタマイズされすぎないような標準化が必要だということ、デバイス側が主体性をもって顧客が嬉しくなる機能をデバイスに落としこむ必要があります。

松橋 ボトルネックを解消するという観点から携帯では低電力、クラウド用サーバに関するもの、インフラの2重化、3重化に対応するものなどが具体的な例になると思います。

井上 新アプリへの取り組みという視点で具体的にスマートグリッドに対する日本のデバイスメーカーの状況はどんなものでしょうか？

上原 スマートグリッドは本来システム全体を計画し、しかも標準仕様の部品で構築されなければ効率的でないものであり、デバイス単品でオフアできる性格のものではありません。その点日本のデバイスメーカーは明らかに遅れを取っており、早い時点から国際標準活動に参画すべきです。東芝もシェアの高いスマートメータ企業を買収してこれに関わる標準化作業に参画できるようになりました。HVDC は今

後成長が期待できますので日本メーカは積極的に取り組まなければいけません。

野澤 スマートグリッドに関して日本では電力会社が地域独占でそれ以外にはパートナーはないのでは？

上原 我々が対象にしているのは海外の電力、土木、デベロッパーであり、既に大きな検証試験ビジネスとして展開しています。日本はまだ検討段階で大きく遅れをとっています。特に日本のデバイスメーカは標準化に遅れをとって対応できる状況ではありません。日本は IEC の SBI(送変電)で議長国になって日本の規格を有利に展開させていますが、半導体に関しては米国 ICT メーカが中心になっており、日本メーカは殆ど影響力を持っていないのが実情です。

松本 国際標準化に乗り遅れているのは上原さんのご指摘どおりで、国内においてもデバイスメーカはユーザー毎の仕様に振り回される従来のパターンをスマートグリッドにおいても繰り返しているというのが実情です。

元榮 私は東芝でシステム LSI をやってきましたが、こうした国際標準を決めるようなところにはセットの部門が表に出てデバイスは陰でサポートする側でした。結局セットメーカと協同でやって行かざるを得ないと思います。

高橋 今送電と発電を分離するという議論がなされていると聞いていますが、もしそうなったら国内のスマートグリッドなどへの対応は変わってくるのでしょうか？



上原 海外で発電、送電を分離したところは電力料金が高くなり、信頼性は低下しています。個人的には今の一貫システムを維持すべきと思っています。スマートグリッドの標準化対応については分離の問題と関係なく、取り組み姿勢の問題だと思います。

伊藤 日本の半導体がマーケティングに弱い、標準化に弱いというのはそのとおりですが、そこを何とかすれば総て良くなるかというところと違っていると思います。日本の半導体は今まで競争力の根源だった技術が限りなく弱くなっています。スマートグリッドで

上原さんが指摘されたようなことをきちんと受け止めて変えて行かなければなりません。



それで半導体が利益の出る体質になれるかは別の議論を平行してやらなければならないと思います。

井上 その議論は昨年も少しやりましたが、また別の機会を持ちたいと思います。最後に震災が半導体関連に与えたサプライチェーンの影響についてユーザーのリスク分散の動きがどうなるかということも含めて議論をしたいと思います。

松橋 震災直後我々はルネサス那珂工場からの出荷は3ヶ月止まると考え、下手をすると年間で車の生産が3割ダウンすると予測したのですが、結果として自動車業界や装置、材料メーカなどの全面的な協力と若干認定基準を甘くして他メーカに割り振ったこともあって思ったより早く立ち上がりました。今後半導体業界が収益水準を保つためには工場の稼働率向上、標準化、海外生産移転、外注化などでコストを下げ顧客の流出を避けることが必要になると思います。

松本 半導体ユーザーは部品の共通化、認定基準の緩和といったことでリスク分散を図ってくるでしょうし、メーカ側としては複数の工場で生産するなどの方策を考えるでしょうが、複雑なサプライチェーンのなかでどういう形でリスク分散が図れるか、今後の課題であると思っています。

山内 自動車業界は本来カンバン方式で在庫を持たない建前ですが、今回在庫が震災影響の軽減に役立ったことは否定できません。今後も適正在庫は必要です。車載用半導体を複数のメーカに発注することは開発プロセスが長くかかることを考えるとそれほど簡単なことではありません。長期的な仕組み作りは始まりますが、すぐに全ユニットが複数購買に走るようなことにはならないと考えます。今回は業界あげての応援による大成果が教訓だったと思います。

井上 本日の議論を参考にして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。

今後 10 年の半導体を牽引するのは誰だ

アイサプライ・ジャパン株式会社 副社長 南川 明



今後 10 年で半導体消費は様変わりする

過去 10 年間の変化は劇的であった

この 10 年で半導体消費には大きな変化が起こった。2000 年頃まで半導体の牽引役といえば、デスクトップ PC やオフコン、有線通信機器、家電であった。その後、ノート PC やデジタル家電、携帯電話によって半導体消費は企業から家庭・個人に移行してきた。

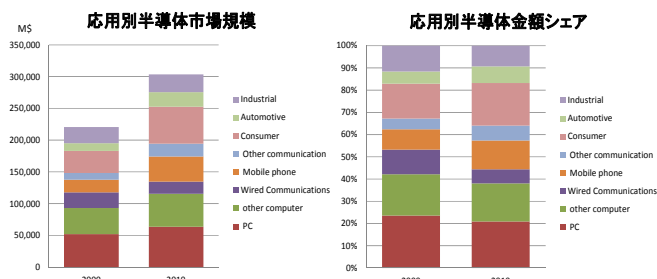


図1 世界の応用機器別半導体市場推移 (2000 年と 2010 年の比較)

機器の普及に関してみると日本では、1950 年代半ばに電気冷蔵庫、洗濯機、掃除機を「三種の神器」として、1960 年代半ばにはカラーテレビ、クーラー、車を「3C」として耐久消費財の普及が進んだ。1970 年代にはテープレコーダ、ステレオ、乗用車、ルームエアコン、電子レンジ等々の一般普及用商品の出現とともに普及が順次進んだ。さらに、所得上昇によっては、高級化の過程をたどった。白黒テレビからカラーテレビへは 1970 年代に既に移行しているが、1980 年代の後半からは、冷蔵庫の大型化、エアコンの冷暖併用化、洗濯機の全自動化が進み、テレビについても保有台数の増加と共に画面の大型化が進んだ。このため、耐久消費財の普及状況については、単に保有世帯の比率だけでなく、世帯毎の保有台数が 100%を超える機器が出てきた。例えば、カラーテレビについては、既に 3 台以上所有する世帯が 40%近くとなっている。

これに対して、中国の都市部では、まず冷蔵庫、洗濯機、カラーテレビが基本的な耐久消費財として普及している。これらの普及は、1990 年代に概ね上限に達しているが、カラーテレビについては、100%を超えてさら

に拡大し続けている。また、1990 年代に入って、空調機(クーラー)の普及が始まり、さらに 1990 年代末からは、携帯電話及びパソコンの普及が急速に進んでいる。これらは、基本的な耐久消費財に対して、より快適な生活を求めた耐久消費財であり、中国の都市社会は、高次の消費社会に突入しつつあると言えよう。

ここで普及のスピードに注目したい。日本では冷蔵庫、洗濯機、掃除機は約 20 年で普及がピークに達しているが、中国では約 15 年であった。人口が多いこともあり普及には時間が掛かると考えていたが、そんな事は無いようだ。この 10 年で普及が一気に進む機器として期待できるのが、エアコン、PC、自動車、大型 TV や 1980 年代の日本で起こった高級化であろう。

今後 10 年での変化も劇的なものとなる

今後 10 年を予測する前提として重要な事は、各国の政策と消費人口の変化であろう。震災後に推進されるエネルギーインフラ政策、医療の改革に伴う変化が今後 10 年の変化の原動力になる。

スマートグリッドは各国で導入が急がれている。太陽光発電や風力発電は自然エネルギーであるため時間帯や気候条件の変化によって電力量が大きく変化する。そのため現在の電力網では 2 割以上の新エネルギーを導入すると逆潮流や電源が不安定になるなどの問題を抱えているため、スマートグリッドの導入を急いでいるのだ。すでに欧米や中国でのスマートグリッド導入計画が着々と進められており、2020 年頃には半導体の牽引役として注目されているはずだ。医療は各国で問題になっていることは、かなり報道されている通りである。米国では国民健康保険が存在しないため医療費が高額で払えなくなる人が続出、個人破産の 1/4 が医療費負担に耐えられないことが原因となっている。欧州ではやはり健康保険の財源不足から医療費引き上げや経営不振から閉鎖される病院が増加している。特に先進国では高齢化が進み、医師不足、病院不足が目前の問題になっている。これを解決するために家庭での医療に比重を移すことが考えられている。

家庭での健康管理、病気の予防、検診を充実させ、病院では専門家による治療に専念する分業体制を整えることで医療機関の有効利用を促すことになる。

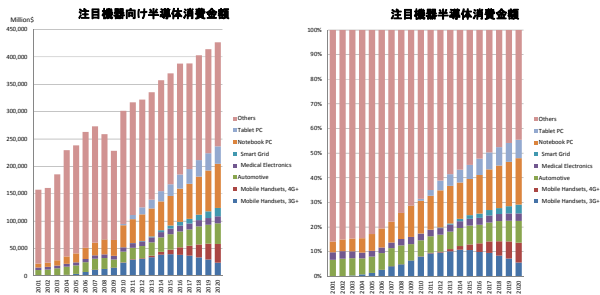


図 2 2020 年までに半導体消費を牽引する注目機器

今後 10 年間で半導体の牽引役となる主要電子機器 5 品目を見てみたい。

- ① タブレット PC は iPad おなじみになっているが、ノート PC とともに先進国と後進国の高所得者層への普及がまだ進むと見ている。タブレット PC はあくまでも仕事以外の使い方で普及する製品になると予測している。半導体消費はタブレット PC が 2010 年の 2400 億円から 2020 年に 3 兆 1500 億円、ノート PC 向けが 4 兆円から 8 兆円になると見ている。
- ② 携帯電話は先進国ではスマートフォンへの買換えが拡大し、後進国ではまだ普及率が高まる余地がある。また、スマートフォンは通話以外の利用が多くなることで高機能化が進み、半導体搭載金額が高まることで半導体消費を牽引することになり、2010 年の 2 兆 4000 億円が 2020 年には 5 兆 8000 億円になると予測している。
- ③ 自動車はハイブリッド車や電気自動車になることでエレクトロニクス化が一気に進んでおり、今後も安全性、快適性、エコを追求するための半導体搭載は増加傾向にあり 2010 年の 1 兆 9000 億円が 2020 年に 3 兆 7000 億円になると予測している。
- ④ スマートグリッドはこの 10 年間で最も推進されるインフラ投資になりスマートメータ、パワールータ、サーバの需要は急増する。半導体消費は現在のほぼゼロから 2020 年には 1 兆 5000 億円になると予測している。
- ⑤ 医療機器は、現在の医療機関で使われる専門的機器から個人や家庭で使われる予防、検診のための機器需要に注目している。ここでは健康予防に適したゲーム感覚の機器や家庭での検診が自動的に行われる機器が考えられる。医療機器向け半導体消費は 2010 年の 8000 億円から 2020 年は 1 兆 3000 億円になると予測している。

これらの 5 大電子機器の半導体消費金額は 2010 年の 9 兆 4500 億円から 2020 年に 23 兆 6000 億円、全半導体市場の 31% から 55% になると見ている。昨年あたりから海外の主要な半導体メーカーであるインテル、TI、

ST マイクロなどが今後は自動車、エネルギー産業、医療に注力すると言っているのは当然の戦略と言える。

耐久消費財を購入し始める臨界点は年収 3000 ドル、一人当たり GDP3000 ドル以上

世界では 1 日 2 ドル以下で生活する貧困層が約 40 億人いると言われている。これだけモノがあふれた現代日本にいると忘れがちだが、全世界の大半は、日本人とは比較にならないほど貧しい生活水準の中で生きているのである。BRICs の経済規模は 2040 年には現在の経済大国トップ 6 であるアメリカ、日本、ドイツ、フランス、イギリス、イタリアの合計を上回ると予測され、世界経済の構造も政治的なパワーバランスも大きく塗り替えられると見られている。

BOP(Base Of the Economic Pyramid)とは BRICs を上回る広範な層を射程に入れた概念であり、BRICs の台頭以上に大きなインパクトをもたらすと考えられている。

BOP とは世界資源研究所および世界銀行グループの国際金融公社が 2007 年に共同発行した「THE NEXT 4 BILLION」により定義されており、世界中の人々を所得階層で分類したピラミッド(図3)の底辺に位置する年間 3000 ドル未満の所得で暮らす低所得者層を指す。BOPの人口は世界で約 50 億人、特に中国とインドを含むアジアに過半が存在している(図4)。この BOP の家計所得を総計すると、PPP(購買力平価)ベースで年間約 5 兆ドルと推計されており、BOPは非常に大きな潜在的市場の一つとみなされている。ここで重要なのは BOP 層から毎年 1 億人規模の人口がその上の中間所得者層に移動していることである。

個人消費で冷蔵庫や TV、エアコンなどの家電製品を購入することが

できる層は年収 3000 ドル以上、一人当たり GDP でも 3000 ドル以上が臨界点と言われている。もちろんこれは先進国の話ではなくエマージング市場に当てはまることで、この層の人口がどのように増加するかが重要である。

現在、先進国を中心に約 1.7 億人の高所得者層が存在し、中間所得者層は先進国と BRICs や VISTA と呼ばれる新興国を中心に 14 億人存在する。そして、この合計 15.7 億人がこれまでのエレクトロニクス消費を牽引してきた。現在、低所得者層の人口は約 50 億人で、まだエレクトロニクスをほとんど消費していない層となる。

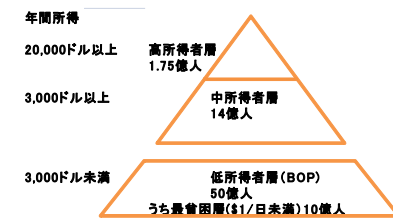


図 3 所得別人口構成

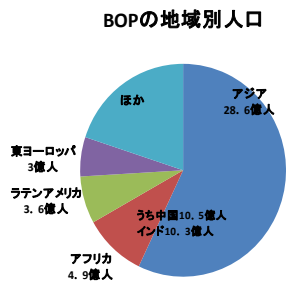
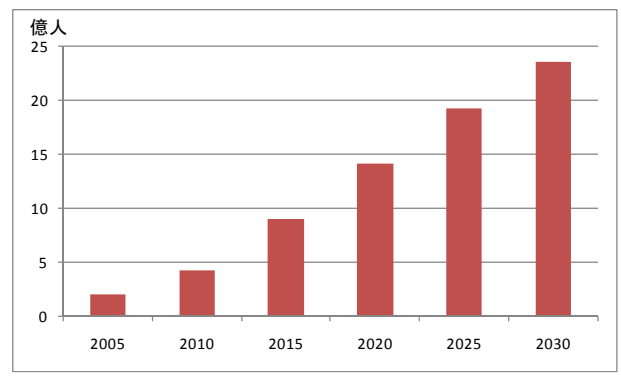


図4 BOPの地域別人口

しかし、このBOP層から3000ドルを超える人口がこの10年で10億人以上いると言われている。この10年で現在エレクトロニクス消費

を支えている15.7億人に匹敵する規模の新消費層が生まれることになる。

つまり今後、10年は経済の回復とともに新興国市場がさらにエレクトロニクス消費を押し上げる原動力になる可能性が高い。



出典:世界銀行

図5 BRICsの所得3000ドル以上の人口

2010年以降のエレクトロニクス消費動向はますます2極化へ

リーマンショック後の世界エレクトロニクス消費を牽引した原動力は中国であった。2009年5月に中国政府は消費刺激策として、自動車・家電の買い換え支援を決定した。これはすでに農村部で「汽車下郷」、「家電下郷」と呼ばれる消費拡大政策が景気刺激策として有効であったこと、また雇用の拡大が経済成長にも効果を発揮したとの認識から、さらなる内需拡大促進のため北京、上海、天津、江蘇、浙江、山東、広東、福州、長沙など都市部で、テレビ、洗濯機、冷蔵庫、エアコン、コンピュータなどの5品目の買い換え補助を実施すると決めたものだった。年始に10億元(約140億円)が、自動車買い換えの財政補助として予定されていたが、50億元(約700億円)まで枠を拡大、同時に家電買い換え補助に20億元(約280億円)が投じられた。

現在のエレクトロニクス需要を牽引しているのは中国を中心とした新興国の低所得者層から中所得者層に上がってきた層であると見られる。当然、需要は耐久消費財で低価格商品が主流となる。

	耐久消費財	非耐久消費財
基礎的消費製品	炊飯器、冷蔵庫、掃除機	電池、電球
3000ドル以上で購入	エアコン、テレビ、自転車	携帯電話
選択的消費製品	自動車、PC、プリンタ、腕時計	携帯電話
5000ドル以上で購入	電子レンジ、カメラ、ビデオ	インターネット接続

出典:アイサプライ、IMF

図6 消費製品と所得

新興国からの新たな消費層が増えてきたことで、これまでのエレクトロニクス消費が2極化していることはすでに広く認識されている。そして、低価格品の消費台数急進が今後の成長を牽引することも解ってきた。ここで重要になるのがEMSやODMの役割となる。主要OEM/EMS/ODM企業の半導体消費についてまとめた。2010年のOEMメーカー(ブランドメーカー)とEMS/ODMの半導体消費金額は去年の景気後退から一転して2桁成長になった。

2010年のOEMの半導体消費金額は2009年の1563億ドルから13.1%増の1769億ドル、EMSの消費金額は2009年の328億ドルから15.1%増の377億ドル、ODMの消費金額は2009年の248億ドルから19.1%増の295億ドルになった。

益々、EMSやODMの台頭が鮮明になってきた。これは低価格機の製造を広く引き受けていることが要因であり、今後の10年間で新たな消費層に提供する低価格機を製造するのこれらEMS・ODMとなるだろう。

企業別にみるとHPが2009年に引き続き2010年もトップになると見ている。2009年にNokiaからトップの座を奪ったHPだが、Samsungが急伸しており2011年にはその座を明け渡すことになるかもしれない。Samsungは新しい携帯電話やLEDTV、また3DTVなど幅広い製品群を提供しており、それが半導体消費を牽引するとみている。3位のNokiaに続いて2010年の4位にはDellを抜いてAppleが入ってくるだろう。2006年以前にはトップ10にも出てこなかったAppleだが2007年のiPhone発表後から躍進を始め、2011年にはNokiaを抜いて3位になる可能性もある。

2009年はOEMからの発注が激減し、大きく売り上げを落としたEMSではあるが、2010年には半導体消費は急増するとみている。大手EMSの急速な回復が見込まれ、Foxconn、Jabil、Celestica、Samninaなどが牽引するとみている。EMS一位のFoxconnの2010年の半導体消費金額は2009年の190億ドルから18.7%伸びて226億ドルになるだろう。この上昇を支えるのは多くのHP製

品、任天堂の Wii、ソニーのプレイステーション 3、そして Apple の iPod、iPhone、そして間もなく販売される予定の iPad である。2 位の Flextronics は 2009 年の 64 億ドルから 8.8% 増えて 70 億ドルになると見ている。シンガポールに本社を置く同社は顧客としてソニーエリクソン、HP、RIM を持ち、中国の製造拠点を引き続き拡大していく計画である。EMS にとって現在の最大市場は PC や携帯電話である。しかし、現在では小規模なアプリケーションでも今後の拡大に伴って EMS や ODM をさらに活用していくことを OEM メーカーは計画している。半導体メーカーにとって EMS や ODM の存在はさらに重要性を増している。

震災後の復興のためにブラジルに注目

この 10 年に起こった変化と今後 10 年に起こりうる変化を予測してきた。不幸なことに今回の震災は日系企業への変化を促すことになった。震災前から海外戦略の見直しが日本の半導体企業の生き残りの課題と叫ばれてきた。震災でその重要性は益々高くなってきただろう。日本は現在、地政学的リスクと財政リスクの世界で両方で最もリスクの高い国と認識されている。国内市場偏重のビジネスリスクはピークに達していると言ってよいだろう。

今後、半導体産業が復興するためには様々な戦略が立案されるだろう。その一つとして注目したいのがブラジルに日本の半導体産業の一部を移設することである。

ブラジルは南米のエレクトロニクス生産基地になる

ブラジルは、1 億 9000 万の人口、豊富な天然資源などに恵まれ、世界金融危機の影響も 2009 年には解消され、インフレを抑制し安定的な経済成長が予測されている。GDP は BRICs ではインドを超える規模となっている。また政府の貧困撲滅プログラムにより、貧困層が減少、中間層が厚みを増し、ボリュームゾーンとなる若年層の活発な消費により国内購買力が向上し、輸出依存の経済から内需主導の経済へと構造転換が進んでいる。

ブラジルは大きく変わり始めている。ここ数年で新たに誕生した中間所得層クラスが 1 億人近くに達し、国民の半数を超える一大消費層になってきた。1994 年に実施されたリアルプランで長年続いたハイパーインフレを収束させ、経済を安定化させたカルドゾ政権 (1995-2002 年) とそれを引き継いで経済を成長路線に乗せたルーラ政権 (2003-2010 年) の低所得者層向け生活費補助などで国民の購買力が大きく増加した。これで一気に国内消費に火がついたためブラジルは今や自動車販売台数で世界第 4 位、化粧品は第 3 位、

PC 販売台数で第 4 位であり、国民一人当たり所得も 2010 年で 1 万ドルに達した。もはやブラジルを新興国と見るべきではなく中進国になっている。

また、ブラジルは鉄鉱石からウランまで天然鉱物資源が豊富にあり、石油も 2006 年に自給率 100% を達成している。さらに膨大な埋蔵量の超深海油田プレサルが発見され、2015 年ころからは OPEC 諸国と並ぶ石油輸出国になると言われている。もちろんクリーンエネルギーとして注目のサトウキビから作られるバイオエタノールも国内の自動車の 9 割に使われる主力燃料となっている。

またブラジルは世界最大規模の食糧供給国になるだろうし、地球上の真水の約 20% がブラジルにある。現在、ブラジルではプレサル油田開発、世界 3 番目の規模のペロモンテ水力発電所、リオデジャネイロとサンパウロを結ぶ高速鉄道などの巨大インフラプロジェクトや 2014 年のワールドカップ、2016 年のオリンピック開催に向けてのインフラ投資があり中期的な成長は間違いのないだろう。

以下にブラジルがどのような国であるかを理解するために主要な項目での世界ランクを示す。

- ① 南米で最大のインターネット人口 (4400 万人)
出典: Teleco
- ② ブラジルの方が日本人よりインターネット利用時間が長い (21 時間 39 分/月)
<http://www.governoelectronico.gov.br>
- ③ 世界第 6 位の携帯電話普及台数 (1 億 2000 万台)
出典: Teleco
- ④ 世界第 5 位の PC 販売台数 (2010 年 12.5 百万台)
出典: アイサプライ
- ⑤ 電子投票 100% (2007 年大統領選挙で 1 億 3000 万投票) 出典: TSE
- ⑥ 納税者の 98% が電子納税 出典: FEBRABAN
- ⑦ 銀行取引の 89.6% が窓口を経由しないで行われる
出典: FEBRABAN
- ⑧ 銀行 ATM 設置台数 15 万台 (日本は 20 万台)
出典: FEBRABAN
- ⑨ エンブラエル社は世界第 4 位の航空機メーカー
- ⑩ ペトロブラス社が海上リグで世界最深度石油掘削記録を保持

100 年前に日本から移住した日本人とその子孫が現在のブラジルの成長の一端を担っていることは有名である。これから 100 年の日本の半導体産業を考える時期が今ではないだろうか。資源の多いブラジルと高い技術力の日本は地球の正反対の地域で補完関係を構築し、世界市場をカバーすることがグローバル戦略になることを提案したい。

世界最小クラスの

IC タグチップ「ミューチップ」発明の背景

株式会社 日立製作所中央研究所 主管研究長 宇佐美光雄



1. はじめに

無線技術を用いて高速に識別する技術はレーダ技術を進展させて、1970年代からデータキャリアという名称で主として家畜の認識などにヨーロッパで使われ始めたのがその端緒です。日本では1980年ごろからスキー場のリフト券の電子化が進められ、非接触認識の有用性が認められてきました。一方、非接触認識技術の大きなマーケットとして電子乗車券は同じくそのころから研究されていましたが、半導体技術や無線技術がなかなか成熟しなかった面があり、導入には少し時間を要したようです。

日立の非接触認識技術の研究は1994年1月の研究所でのアクションフェア(研究所自発研究で進めているテーマ展示会)ではじめて展示した薄型非接触ICカードが来客者のアンケートでトップを取ったことがきっかけでした。この技術はテレホンカードの非接触ICカードの受注へ進み、一気に事業化が推進されていきました。

ICタグは一般にはものに貼付されてバーコードのように認識されるものですが、その読み取り性とセキュリティ性はバーコードを凌駕するものです。「ミューチップ」は世界最小クラス(チップサイズ0.4mm角)のICタグチップです。この技術の誕生はユビキタス時代の要請に答えたタイムリーな提案と開発と進化がなされたひとつの例として大変興味深いものがあります。その「ミューチップ」の発明の背景などを述べていきたいと思えます。

2. 「ミューチップ」の発明素地

世界最小クラスのICチップと言われる「ミューチップ」もいくつかの技術的素地があって発明されたものです。ひとつは半導体の欠陥救済技術がスタート点にありました。また、厚さ0.25mmの薄型非接触のICカード(Fカードといいます。Fは柔軟を意味するFlexibleからきています)の開発がありました。それから、1996年から3

年間日立が参画したTRAMET(Technological Research Association of Multi Purpose Electronic Ticket、汎用電子乗車券技術研究組合)も「ミューチップ」を生み出す事業マインドを涵養するのに役立つものと思えます。「ミューチップ」が発明された素地となる技術ですので、それらの足取りについてふれてみたいと思えます。

2.1 欠陥救済技術

半導体ではメモリのように繰り返し性がある設計のものでは、欠陥部分の救済をすることが大変重要な技術となっています。ここでいう救済とは、欠陥部分が検出されるとその部分は使用しないとする手法です。しかし、繰り返し性のないランダム論理回路では、この手法をとることがかなり困難となっています。一方、マイクロプロセッサなどのチップサイズが大きくなると、一箇所でもトランジスタが動作しないと、全体を不良とせざるを得ません。これでは経済的ではないし、また省資源という観点から望ましいことではないと思えます。

そこで考えられた新しい発想は、悪いところを探して、その部分を強制的に除去してしまい、良品で置き換えてしまおうというものでした。部屋や廊下の床にはがれなどの欠陥が出てきても、すべてのタイルをはがして修理することはなく部分的修理でよいことと同じ発想です。半導体の最初の設計段階から大きなチップを基盤の目のように設計しておくことは不可能ではありません。配線工程の前半ではこの基盤の目のなかを形成して検査します。全部がよければなにもなくてよいのですが、確率的に大きなチップ内で数個の基盤の目で欠陥が見つかると思えます。このときは、その基盤の目を除去して良品の基盤の目を埋め込む方法をとります。この基盤の目のサイズが「ミューチップ」と同じような0.5mm角という小さなサイズだったのです。このようなサイズを見たこともさわったこともない人には恐ろしく小さいものと思われていたと思えます。世の中は不思議なもので、シリコンダイオードやLED(Light Emitting

Diode)などではこのサイズは常識なのですが、分野が異なると驚きが変わるよい例のように思えます。

欠陥救済技術の検討は1991年から1993年にかけて行われましたが、特筆すべき点はすでにこのころ SOI (Silicon on Insulator)ウエハという半導体ウエハ技術を使って、今まで述べてきた基盤の目の入れ替えを行おうとする考え方をとっていることです。この考え方を図に示すと図1のようになると思います。SOI ウエハは5 μ m程度の超薄型化加工が大変簡単にできることや、加工仕上がり精度がよいことが特徴です。「ムーチップ」の最初では、SOI ウエハを作成できるプロセス技術が手元になかったため採用は見送りました。ただし、抜本的に超小型、超薄型ICチップを作成する上ではどうしても必要な技術となります。

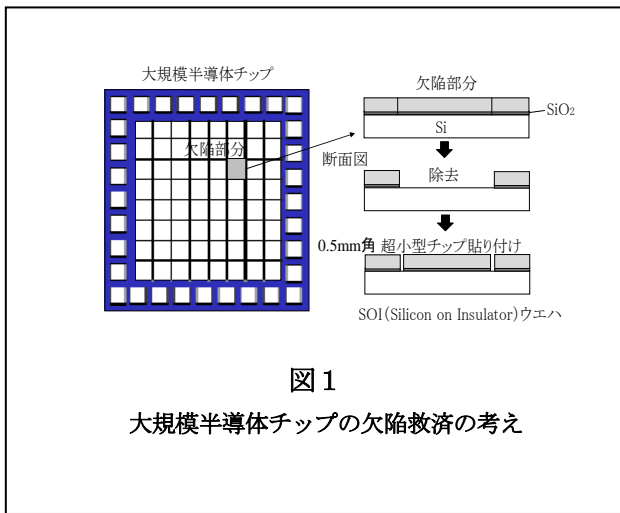


図1
大規模半導体チップの欠陥救済の考え

2.2 Fカード技術

SOI ウエハによる実験を繰り返していくと、この技術の可能性を欠陥救済のみにしておくのではなく、より多くの用途開発をすべきだということに気がつきました。全体を称して、SDIT (Super Device Integration Technology) といいます。大きく次の4つの応用分野を考えました。

- (1) 欠陥救済用途
- (2) 積層半導体用途
- (3) シリコンと化合物の融合用途
- (4) 薄型非接触 IC カード用途

IC カード用途では、SOI で設計されたチップサンプルが関連会社のご協力で購入できることがわかり一気に研究がすすみました。それまでは、SOI ウエハをウエハメーカーから購入してウエハ単位で薄型化の実験をしていました。これで、薄型化はかなりの自信をもっていましたが、いきなりチップサンプル単位で薄くするという

のはかなり困難なことでした。ドライエッチングでおこなえば、比較的チップサイドからのダメージは少ないと思います。ところが、それまで実験は水酸化カリウムという強い溶液を使い、シリコンとシリコン酸化膜のエッチング選択比の違いを活用したウエットエッチングでウエハ単位の薄型化の腕を磨いてきました。チップサンプル単体ですと、わずかなサイドエッチングでもトランジスタにダメージが入ってしまいます。チップ周囲を水酸化カリウムという強アルカリ性液に耐える保護材料を必要としました。なかなかよい材料が見つからなかったのですが、なんとか探し当て実験に供することができたときは、とても大きな喜びを感じました。

この薄型非接触ICカードの大きな特徴は、半導体を極限まで薄くすると曲げに強くなることでした。ものを曲げるということはガリレオが発見し述べているように、伸びる面と縮む面があるからだという原理となります。半導体も薄くすれば曲げやすくなるということ、また曲げても動作するということは、SOI ウエハによる薄型化で強く主張し、また実験で示したのですが、これ自体が従来の半導体の概念を覆すように思われた面がありました。ただし、薄型半導体のみではハンドリング性もよくないし、また引っ張りストレスで簡単に破壊してしまうことに気がつきました。そこで、同じ厚さの基板で挟むという構造体に気がつきました。この構造体のちょうど中間の面のことを機械工学では中立面と呼んでいるようです。全体を曲げても伸び縮みのない平穏な場所のようで、半導体にとっても都合のよいところとなります。

図2にその断面図を示したいと思います。

1994年1月に、前述したようにスポンサーのない研究所自発研究を一堂に集めて展示する会が研究所で開かれました。SDIT 技術は4つの用途を網羅的に展示してみましたが、その中の薄型非接触 IC カードの形状見本がアンケートでトップ評価を受け、幹部の注目

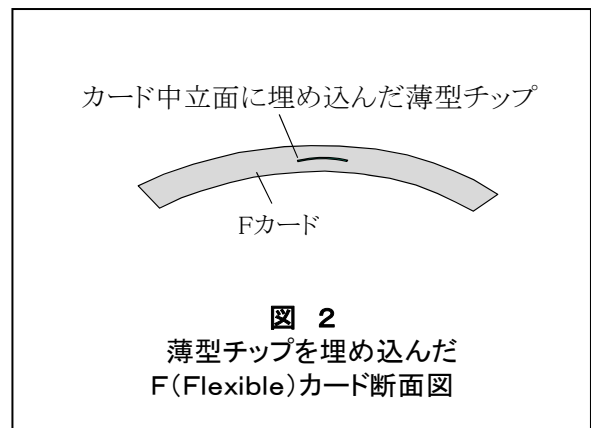


図2
薄型チップを埋め込んだ
F (Flexible) カード断面図

度が抜群によかったということで、かなり話題となりました。それまでは、研究所で IC カードを研究されたことは全くなかったのですが、そのころ社会のさまざまなところでカード化が推進されている時代背景があったものと思います。当初は IC カードを薄くしてどうなる、という議論もありましたが、従来の磁気カードにせまる薄さは、印刷装置が共通化できるなどのメリットがあることがわかりました。

この技術を F カード技術と名付けて、また非接触 IC カードに特化して研究をすすめていったことは大きな成果をもたらすことになりました。結果的に、この日立の薄型非接触 IC カード技術がヨーロッパと異なり、日本で非接触 IC カードのテレホンカードに採用される大きなきっかけとなったようです。

2.3 TRAMET 技術

1990 年代も後半に入って、日本でも乗車券の非接触 IC カード化の機運が出てきました。また国内各社も磁気カードに対して、偽造防止や電子マネーへの展望が出やすい次世代カード技術として期待感が大きくなり、技術習得チャンスをうかがっていました。当時の運輸省の肝いりで、汎用電子乗車券技術研究組合 (TRAMET) が結成され、52 社におよぶ幅広いメーカーが参加しました。日立は IC カード部会の主査をつとめ、参加国内 16 社による IC カード仕様作成や試作のとりまとめを行いました。

実証実験は今の地下鉄大江戸線の一部で行われ、約 2 千枚の IC カードを各社分担で作成しました。IC チップは共通でしたが、IC カードの作成法は各社得意技術か、または検討途中のアイデアで作成したものでした。日立は IC チップを手作りで $60\mu\text{m}$ 程度に薄くして、かつ IC チップを薄いメタルで挟む構造にしました。残念ながらそのチップは SOI ウェハによるものではなかったのですが、薄くして強度を向上させるコンセプトを十分応用したものです。実証実験ですので、毎週のように動作しない参加各社の IC カードが収集、不良分析報告がされていきました。各社ごとに動作しない IC カードの率は大きく異なりました。幸いにして日立の IC カードは大変高成績を残すことができました。

この TRAMET での活動で大変役に立ったことは、各社の IC カード化の開発状況や一線のエンジニアと接触し、さまざまな悩みを共有化することができた点です。そのなかでも IC カードは話題性があってもなかなかピ

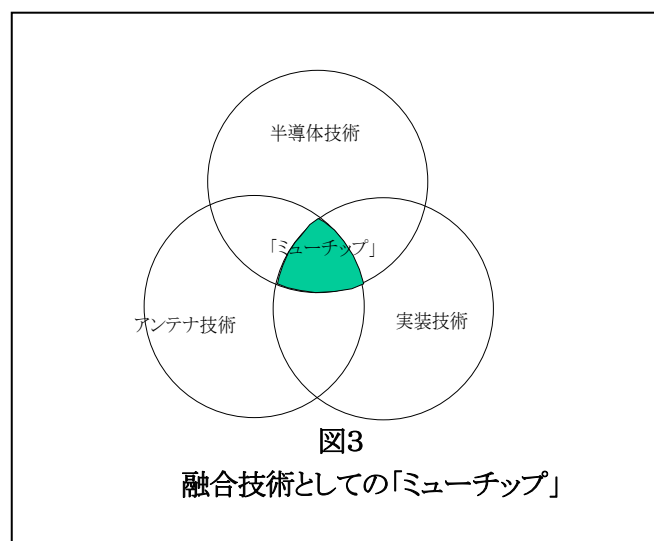
ジネスにならない悩みや、IC カードチップが外部から供給されるためコストが思うように下げられない悩みを何うことができました。

IC カードといえども IC チップが命であること、よい IC チップの開発に成功したら、マーケットでイニシアチブをとれるチャンスがめぐってくる可能性があることなどを痛切に感じることができました。研究開発も実用化を強く求められる時代ですから、時代はどこに向いているのか、またチャンスはどこにあるのかを探る努力は大変重要と思いました。このことが次の「ミューチップ」の発明と開発につながっていくわけです。

3. 「ミューチップ」の発明

発明はある日突然浮かんでくる要素もあると思いますが、実際はかなり問題意識をもって考えてきていて、なんらかの強いきっかけで一気に具体的アイデアとなって現れるという面は否定できないと思います。

ものづくりで一番こころがけなければならないのは、コストと性能と信頼性ではないかと思います。大きなプロジェクトですと、性能と信頼性が決め手になることが多く、コストは次の原価低減活動にゆだねるという戦略がよくとられます。IC カードのように大量に使われるものでは、コストが高いということは致命的で、いずれ市場からの退場を余儀なくされてしまうものと思います。とはいえ、その技術内容は図 3 に示すように、半導体技術に加えて、無線技術、アンテナ技術の集合体という融合技術の典型例となっています。ものはできてもビジネスとして成功するためには、コストという強敵がある



ため、大型計算機の開発よりある意味で難しい面があ

るかもしれません。

IC カードの原価構成を分析するにつれて、次に開発するチャンスがめぐってきたときは、チップサイズは思い切って 0.3mm 角程度まで極端に小さくしてみたいと思うようになってきました。それは、欠陥救済技術の検討過程で、小さな IC チップに対して心理的アレルギーがなくなっている面があったためと、IC チップを小さくすることは一枚のウエハからの取得数と歩留まりの向上に大きく寄与するという事実からです。

ブレーンストーミングの過程で、こんな大きさのチップなら近い将来作れそうということで、切断したシリコン片を前に議論しました。極小の IC チップそれも 0.3mm 角で、電池無しでかつ無線で動作する IC チップを紙幣の中に漉き込む提案を行いました。大きな技術発明はそれを実現する技術力も当然必要ですが、その提案をもたらす課題提起があることも発明の大事な要素であると思います。優れた技術指導力とは、タイミングのよい課題提示ができることもそのひとつではないかという、よい例ではないかと思えます。

それを目の前にしているいろいろとイメージを膨らませながらシステム検討を実施しました。まず、チップには最低限のメモリと通信機能が入っている、としました。通信機能があれば、インターネットに接続でき、一挙に応用は広がります。そのときの課題の一つがセキュリティでした。セキュリティは安全性とコストとの見合いで、ぎりぎりの選択を迫られる技術分野です。最低のセキュリティとは何か、それは、何も対策しないことです。しかし、それでは、あまりに弱すぎます。では、少し機能を入れるとして一番安くできるのは、何か、・・・といった具合に議論を展開しました。開発コードを「ミューチップ」と名付けて検討を続けました。

「ミューチップ」の特許出願は 1998 年 12 月です。これは、社外の顧客に技術提案をするときは必要な発明を必ず出願してから、という規定に従って、徹夜で明細書を書き上げて出願したものです。今では特許登録されている代表的な特許請求項目は、このときのアイデアである「0.5mm 角以下の IC チップサイズの無線による認識チップ」がそのひとつになっています。

顧客へのプレゼンは大きな関心をもって受け取られたのですが、試作品もないコンセプトのプレゼンであったために、2 回までが限界でした。有効な顧客を確保するためには、動作品の有無が決定的な要素をもつという認識で、その後の活動が始まりました。尚、0.3mm 角チップの動作確認は日立中央研究所で 2000 年 7 月

4 日に成功しました。ただし、量産品ではマージンを考慮して 0.4mm 角としました。

4. おわりに

「ミューチップ」をめぐる研究開発はまだまだ端緒についたばかりという認識をもっています。これは、世の中の現場からの視点の中で、相手がものであり、人間であり、ネットワークでありといった対象の複雑性に起因しているためと思っています。IC タグが今後とも注目されていくのは、この実世界とインターネットの広大な仮想世界を繋げる橋渡しの役割を担っているためです。バーコードシステムはシンプルで信頼性の高いシステムですが、課題も多く含んでいます。スーパーマーケットのレジの風景のように、自動認識といいながら人手認識である現実をどのように解決していくか研究開発すべき課題はたくさんあります。

日立がこの分野に参画したのはまだ長くはなく、実際は試行錯誤の連続ではなかったかと思えます。それでも、関係者一様に大きな夢をもって仕事に従事し邁進している姿がとてもすがすがしいという印象をもっています。先端技術は夢を運ぶこと、そしてよい技術、製品で世の中に貢献するという日立の本来の使命をここに改めて強く感じます。最後になりますが、ここまで「ミューチップ」を育て、成長させていただいたお客様、関係者の皆様に心から御礼を申し上げる次第です。

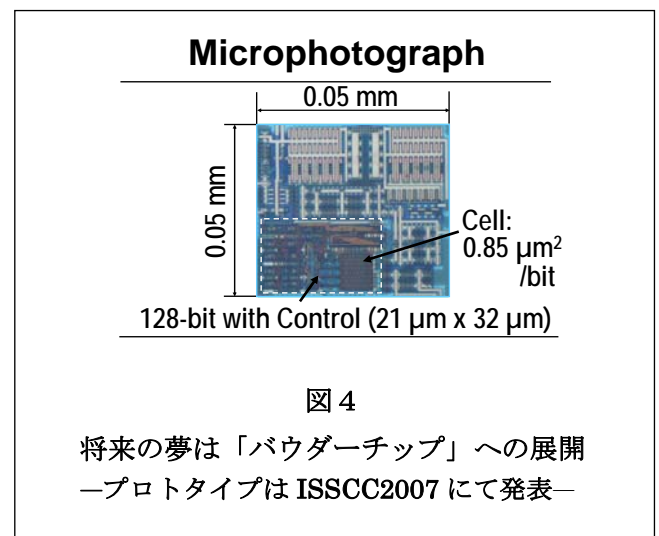


図 4

将来の夢は「パウダーチップ」への展開
—プロトタイプは ISSCC2007 にて発表—

LOC (Lead on Chip) 技術の開発

株式会社 元天 代表取締役 村上 元



1. はじめに

筆者は1967年に大学卒業後、日立製作所で半導体事業を推進していた武蔵工場に配属になりIC、LSIパッケージの設計開発業務を担当させて頂いた。この度、半導体産業人協会殿からDRAM素子の小型高密度実装方式として時代をリードした「LOC技術の開発」をテーマに、投稿するようにとのご要望があり、LOC技術の概要について記述する。

2. DRAM用パッケージの小型化変遷

DRAM素子を保護するパッケージ技術は、ウエハプロセスの微細加工技術と同様、大型コンピュータ実装容積の高効率化を求めて、小型高密度化を進展してきた。1970年台のパッケージ外形はピン挿入型のDIP(Dual In-line Package)であり、パッケージ外形横寸法300ミル(MIL)幅の寸法に、高集積化した大型化する素子寸法を実装してきた。初期のパッケージは積層セラミックパッケージであったが、量産数量の拡大に伴い、安価で生産性の高いプラスチックパッケージに変更した。プラスチックパッケージでは、エポキシ樹脂材料など材料の改良を進め対応した。

1980年中頃に、実装ボードの小型化高密度化が要望されるようになり、高密度実装型として横寸法を100ミルで実装するZIP(Zigzag In-Line Package)が開発された。表面実装型パッケージPLCC(Plastic Leaded Chip Carrier)を小型プリント基板に実装して、8個~9個のDRAM素子を実装した小型実装基板をマザーボードに実装するMemory Module方式が米国(Wang社)から64K DRAMをPLCC実装する提案がなされた。PLCC型は、米国TI社が自動車用マイコン素子などを実装する方式として開発したもので、リード形状をアルファベットのJ文字形状に成形する。長方形スタイルの樹脂外形の4辺からリードを出した。

DRAM素子のチップサイズは、300ミルの制限から素子の高集積化に伴い、長辺側が長い素子になっていった。

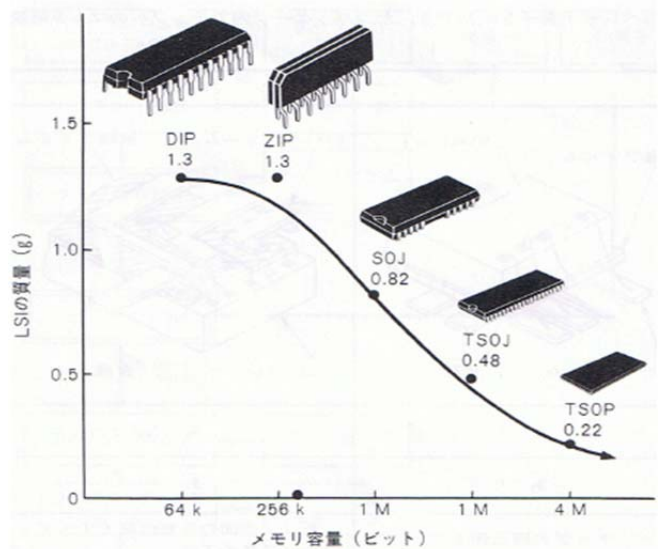


図1 DRAMパッケージの外形形状世代別推移

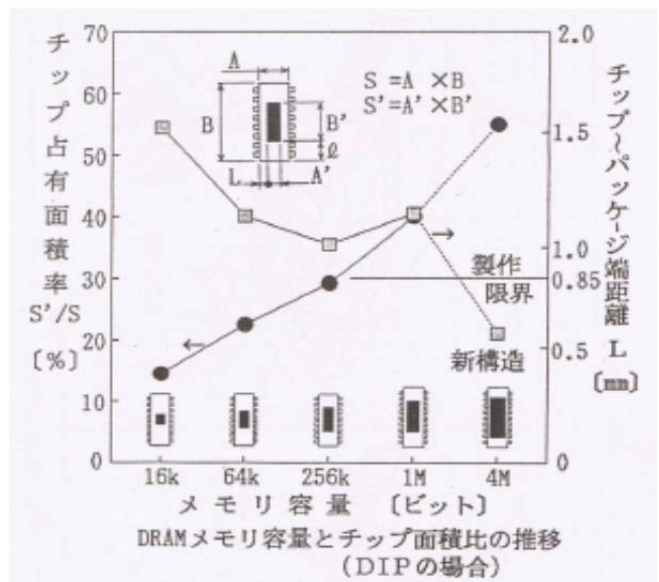


図2 DRAM素子のパッケージ占有率世代別推移

長方形素子を実装するには、パッケージ端子を2方向から出したSOJ(Small Outline J-Leaded)形状を米国標準化委員会(JEDEC)に提案し、1M時代からSOJが採用された。その後、より実装高さが低背実装が出来るTSOP(Thin Small Outline Package)へと移行し、DRAMデバイスの小

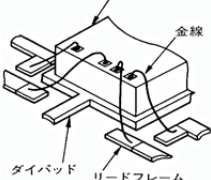
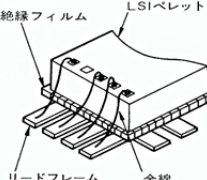
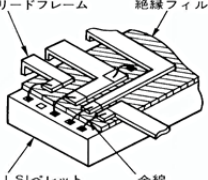
型軽量化が推進された。図1に DRAM パッケージの質量変遷を示し、図2に DRAM 素子容量推移におけるパッケージ外形変遷による実装限界を示す。

プラスチックパッケージはトランスファモールド型で、各種の信頼性寿命評価試験に耐えられるようエポキシ樹脂や、リードフレームなどに多くの工夫をした。エポキシ樹脂では、素子の大型化に追従出来るようにエポキシ樹脂にブレンドするフィラーの充填密度を高めるために、フィラー形状を球形にし、エポキシ樹脂に伸び成分を付与した海島構造型にするなどの工夫を行い、線膨張係数や弾性率を低減させた(表 1)。しかしながら、拡大する DRAM 素子大容量化に伴う素子サイズの拡大に対応する新規構造のパッケージが必要となった¹⁾。

項 目	単 位	DRAMメモリ容量(ビット)			
		64k	256k	1M	
チップサイズ	mm ²	3.56×7.65	4.04×8.78	4.66×13.74	
パッケージの種類 (パッケージ形状)	-	DIP	DIP PLCC ZIP	DIP SOJ ZIP	
レジン材料	線膨張係数	×10 ⁻⁶ /℃	24	19	17
	弾性率	kgf/mm ²	1,500	1,500	1,200
	モールドストレス	kgf/mm ²	0.8	0.4~0.5	0.3~0.4
	抽出 Cl 量	ppm	10↓	1↓	1↓
	U 量	ppb	200↓	1↓	1↓
リードフレーム	材 質	-	鉄・ニッケル合金	Sn・Niめっき鋼合金	Sn・Niめっき鋼合金
	レジン接着強度	kgf/cm ²	12	30	30
	めっき法	-	部分金めっき	部分銀めっき	先端銀めっき
	付着 Cl 量	ng/フレーム	1,000~10,000	300~500	50~200
チップ取付け方法	-	Au・Si共晶	樹脂接着	ゴム接着	
面実装パッケージ出荷形態	防湿包装の有無		開発時なし	あり	

注：略語説明 PLCC(Plastic Leaded Chip Carrier), ZIP(Zigzag Inline Package), SOJ(Small Outline J Leaded Package)

表1 DRAMパッケージ技術推移

項 目		従来構造	COL	LOC
構造	概要			
	リードフレーム	ダイパッド	あり	なし
	絶縁フィルム	なし	あり	あり
ワイヤボンデ	2nd側ワイヤボンデ位置	チップの周辺4辺	チップの短辺側2辺	チップ表面の任意位置ですべてチップサイズ内
	長さ(mm)	2.0~3.0	2.0~2.5	0.2~2.0
ダイボンデ	大チップ	リードフレーム材質との応力アンバランス発生	フィルム材で応力吸収	チップ表面側フィルム材で応力吸収
大ベレット, 収納化率		△	○	◎
最大素子収納率		60%	70%	90%
高 速 化		○	○	◎
マルチ電源化		△	△	◎
信 頼 性		○	○	○
技術的難易度		小	中	大

注：略語説明など COL(Chip On Lead), LOC(Lead On Chip), メリット大◎→○→△小

図3 COL・LOC 構造の特徴

3. LOC 構造

300ミル幅 DIP で、より大きな寸法の素子を収納出来る方法として、リードフレームのダイボンデ部をインナーリードパターンとする方法(COL:Chip on Lead)、インナーリード部を素子面側に配置する方法(LOC: Lead on Chip)構造を考え両構造の検討を行った。検討は日立製作所の大型プロジェクトとして研究所・素子設計者・システム設計者など多くの技術者・研究者が参画して行われ、筆者はこの開発プロジェクトのパッケージ開発プロジェクトの推進リーダーを務めさせて頂いた。

リードフレームと素子の間に挟む絶縁材料として、高温耐性が高く、熱応力を低減できる材料を検討し、日立化成(株)下館工場が開発していた熱可塑性ポリイミドアミド

材料を使えるのではないかと提案があり検討した。

この樹脂は、ワイヤーボンディング時の加熱温度の 220℃以上の温度に耐え、樹脂の硬化反応時に発生するガスも少なく、不純物による DRAM 素子の特性劣化も少ないことが確認された。50 ミクロン厚みのポリイミドテープの両面に、ポリイミドアミド樹脂の接着剤を 25 ミクロンの厚みに塗布した高品質な両面接着テープを開発した。このテープの名前は HM121 と命名された。

この HM121 をプレス金型で打ち抜きリードフレームに張り付ける方法を検討した。リードフレームの貼り付けは、技術の社外漏洩を防止する目的で、日立グループでリードフレーム事業を展開しつつあった日立電線(株)電線工場にお願いした。DRAM 素子のリードフレームとの貼り付けは、それぞれの金線ボンディング部の位置をカメラ画像で認識してから、加熱加圧する装置の開発を(株)新川と日立東京エレクトロニクス(株)甲府工場(現日立ハ

イテック社)に装置開発をお願いした。

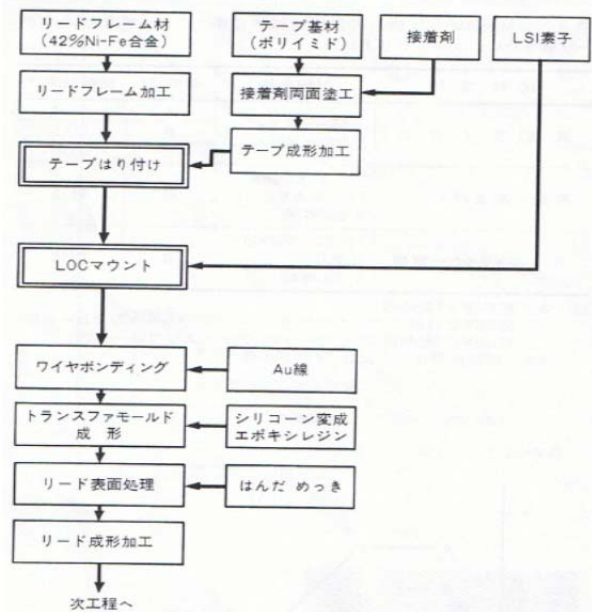


図4 LOC組立フロー

新規に開発された材料と装置を使い、COLとLOC構造の電気的特性・信頼性寿命・実装性・設計自由度を評価検討して、LOC構造大容量素子に適合することが確かめられた。新規構造を検討していることを日立製作所の企業技術雑誌日立評論や日経マイクロデバイス誌などに投稿した²⁾³⁾。

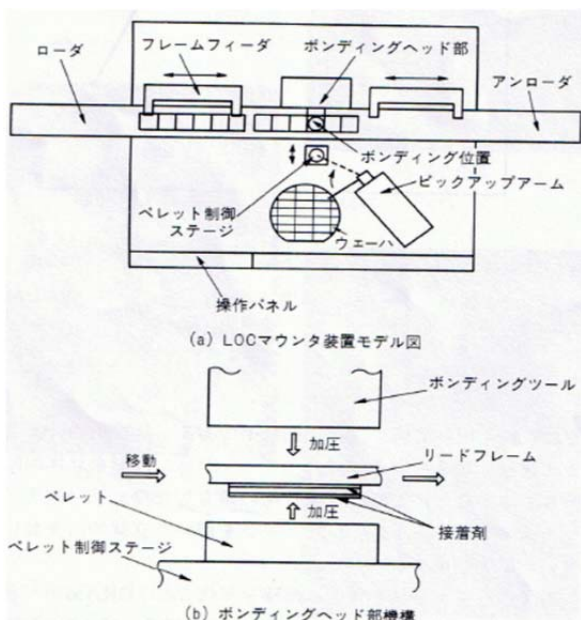


図5 DRAM素子組立装置概念図

4. TI社とLOC構造16M DRAM共同開発

64K DRAMの量産拡大で日本の半導体産業が世界で

トップポジションを得ていた1985年頃、米国の半導体産業は大きく落ち込み、Intelはじめ多くの米国半導体メーカーはDRAM事業から撤退していった。ICの基本特許を持つTI社は、シリコン基板上にトランジスタ・抵抗・コンデンサの回路を構成する素子構造(俗称:キルビー特許)などの特許を武器に日韓半導体メーカーに対して特許侵害を理由に国際貿易委員会(ITC)にDRAMの輸入差し止め訴訟を行った。訴訟の中心に、TI社が開発していた小型表面実装型PLCC適用が取り上げられた。

この特許裁判で日立の主張が認められ、TI社と和解することが出来たので、日立とTI社両者共同で次世代DRAM(16M以降)の共同開発プロジェクト(GT: Got Together)をスタートさせることになり、LOC構造を中心に構造検討、信頼性評価、市場適用性などが広く検討された。TI社のデバイス開発拠点(米国ダラス)・パッケージ製造拠点(シンガポール)・日立デバイス開発拠点(青梅)・日立パッケージ開発拠点(小平市)としてDRAMへのLOC構造適用に向けた開発と評価が進められた。

図6に両社開発のLOC構造16M DRAMの開発状況を示す⁴⁾。

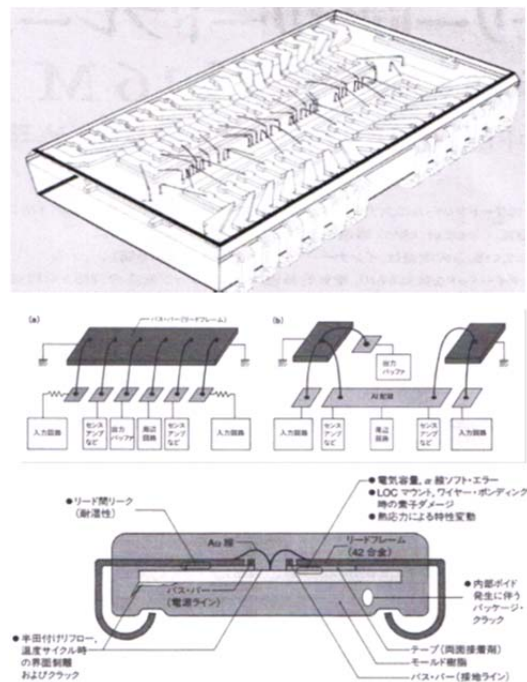


図6 日立-TI社共同開発による16M DRAM⁴⁾

リードフレームの設計では、素子設計を担当していた日立デバイス開発センターのDRAM設計者達と入念な検討を行い、ボンディングパッドは素子長辺中央部に配置する構造とし、電源線をパッケージの左右4隅に配置し、データ線などの信号線は長辺側中央部に配置することとして、素子中央部のボンディングパッドと、電源線(バスバ

一)を跨いで金線で接合する構造にした。このボンディングパッド配列は、従来の周辺配置構造では困難であった素子設計での電力の安定供給が出来ること、より多くの信号線を取り出せること、データの取り出し回路の設計自由度が高まる等多数の設計上利点があった⁴⁾。

なお、LOC 構造の良さを認識した TI 社は、4M DRAM の後半素子から LOC 構造を採用した 4M DRAM を量産適用した。

5. LOC 構造の国内外他社への発展

LOC 構造を DRAM 設計の標準化方式にするために、筆者は 1994 年職場を、LOC リードフレーム設計が LOC 技術のポイント技術になるので、日立電線(株)電線工場に置き、国内外の DRAM メーカーに対して LOC 技術の優位性を啓蒙活動した。この時期はパソコンが発展時期にあたり、国内 DRAM メーカー 7 社、韓国 3 社、台湾 5 社程度が LOC 技術を採用し DRAM 事業を拡大していった。日立電線の LOC リードフレーム、日立化成のテープ材料、日立東京エレクトロニクスの LOC マウンターの事業は飛躍的發展し、日立製作所は半導体メーカー各社から多額の特許料収入を得ることが出来た。

6. LOC 構造の展開(μBGA への展開)

1997 年 Intel は、メインメモリに Rambus 社が開発していた高速伝送方式を採用することを表明し、両社から筆者に対して、低電圧・高速伝送が出来る新しいパッケージ構造を開発したいとの要望がなされた。そこで、米国 Tessera 社が提案していた小型 CSP (Chip Scale Package) 型の μBGA(Micro Ball Grid Array)の採用を提言して、高速と高信頼性を兼ね備えたパッケージの開発を進めた。

リードフレームやプリント基板より薄く、微細配線加工ができ、配線容量や配線抵抗を低く出来る TAB(Tape Automated Bonding)テープを採用し、TAB テープの配線層を直接素子のボンディングパッドに接続する構造とした。銅箔の配線厚みは 25 ミクロンとし、銅表面には Au めっきを施す仕様にした。

素子と配線層の間に入れる応力緩衝膜として微細孔を持つフッ素樹脂(PTFE)を採用した。PTFE の微細孔は、水蒸気は貫通出来るが、撥水性があり水分を吸収しない仕様とした⁵⁾。

その結果、吸湿リフロー耐性の高いパッケージに仕上げることが出来、現在サーバーなど高信頼性を必要とする用途に使われている。

7. LOC 技術 パワーエレクトロニクスへの展開

素子配線面の上にパッケージ材料を載せる LOC 構造は、DRAM の他、高放熱特性を生かしてパワーエレクトロニクスの分野の素子実装に広く使われている。パワー MOSFET や IGBT 素子では、素子に取り付けたバンプにリードフレームを接合する構造であり、素子から発生する熱の放散性が良く、ボンディング線の抵抗成分やインダクタンス成分を少なく出来て低消費デバイス設計が出来る。ルネサス高崎地区製品は、このパッケージを LFPACK[®] (Loss Free Package)と命名してパワー MOSFET 系列の製品展開中である。トヨタ自動車社とデンソー社は、ハイブリッド自動車などのモーター駆動回路部をパワーカード[®]と命名した回路モジュールに採用している。三菱電機では IPM (Intelligent Power Module)に適用し、DIP-IPM[®]と呼んで製品系列の拡充を進めている。

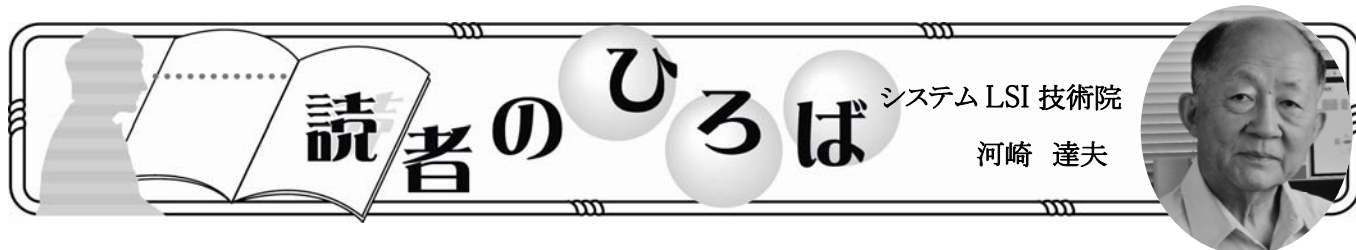
8. おわりに

DRAM 用を開発した素子配線面の上にリードフレームやプリント印刷配線基板を載せるパッケージ構造は、高速伝送や低消費電力のニーズに対応して、大容量メモリやパワーエレクトロニクス系半導体素子実装の中心的地位を占めるようになってきている。LOC 技術が、日本が生んだパッケージ技術として、各種デバイスへの適用を発展させて戴けたなら望外の幸せです。

LOC 関係技術開発に向けて技術推進をご協力戴いた関係各社各位、並びに今回の寄稿の機会を与えていただいた半導体産業人協会関係者各位に感謝致します。

<参考文献>

- 1)村上他、「パッケージ技術」情報産業を支える VLSI 技術、日立評論,Vol.69, No.7(1987-7)
- 2)村上他、「薄形,高密度,高速化対応パッケージ技術」最新半導体技術、日立評論, Vol.72, No.12(1990-12)
- 3)村上、「100mm²のチップを 300ミル DIP に入れる LOC, COL 構造」日経マイクロデバイス 1988 年 5 月号
- 4)安生他、「メモリ向けリードフレームに大変革 LOC 構造を使う 16MDRAM」, 日経マイクロデバイス 1991 年 2 月号
- 5)中村他、「FCA 方式による半導体デバイスの熱粘弾性解析による反り変形挙動の予測」, エレクトロニクス実装学会誌, Vol.2, No.4(1999-7)



私の半導体人生と得られた教訓

MOSLSI の起業

松下電器では 1969 年 8 月 10 日、松下幸之助会長(当時)の下で“IC 会議”が開かれ、MOSIC 事業の推進の方向が決まった。会議には会長、松下正治社長、松下電子三由社長、関係経営幹部が出席した。会長の“締めくくり”は 1) 全社を挙げて真剣にやること 2) 研究—開発—製造について IC の中心を松下電子とする 3) 松下電子研究所を拡充する 4) 拡充した研究所は需要に先行して活動し、IC 需要を喚起せよ、というものだった。会議の議論で、セツ部門から“リニア IC はそこそこうまくいっている、デジタルがうまくいっていない”という意見など、この会議ではシャープの LSI 電卓が意識されていたと思われる。

その翌日 8 月 11 日に松下電子経営委員会(実質的な最高決定機関)が開かれ、その結論は、1) IC 研究開発体制は松村常務(研究所長兼務)が責任持ってやる 2) 研究所の半導体開発部門は総動員して IC 開発にかかれ 3) 場所、設備、人の基本計画を今週中に出せ、8 月 18 日の役員会で報告せよ、となった。研究所では、松村所長から「新組織を IC 研究部とし、その長は奥村次長とする」と決め、計画作成が開始された。

奥村研究室ではすでに MOS トランジスタを製品化(4 極 MOSFET)し、研究所付属の“試作工場”で中量生産を行っており、MOS 集積回路の開発も始めていた。私は当時高耐圧パワートランジスタの開発を担当していて、TV 受像機をトランスレス化するための高耐圧トランジスタ(DMO)3 品種(水平、垂直、音声出力)の開発を完了し、工場量産立ち上げを行っていた。

このようにして、翌 9 月に電子工業研究所内に「IC 研究部」が新設され、研究所メンバーを“結集”し、奥村部長のもと、MOSLSI の開発が開始された。

私が担当することになった設計課は、私より 2 歳ほど若い実力者、栗原、泉、有田の 3 名が、それぞれ、システム、回路、レイアウトを担当、他に新入社員古田の計 5 名。“結集”した結果が 5 名だ。

私はまず設計、製造、検査設備の調査、導入計画にかかった。当時重要設備はほとんどアメリカ製であったので現地を見る必要があると言って、アメリカに出張した。

はじめにサンフランシスコに着き、半導体装置商社の

方の案内でシリコンバレーの企業を訪問して回った。その前年に設立されたインテルの建屋も車の中から眺めて通った。MOSIC で先行していた AMI を訪問し、工場を案内してもらったのが印象に残っている。このときは 3 週間の出張で、フェニックス、ヒューストン、ボストン、ニューヨーク、ワシントン DC、欧州オランダと一人で地球を一周した。ワシントン DC では IEDM に参加したが、そのときの基調講演が「磁気バブルメモリ」と「半導体メモリ」で、半導体メモリの講演の後、座長が“将来コンピュータメモリがすべて半導体メモリになるかも”と冗談風に言ったとき、会場がどっと笑ったのが耳に残っている。

IC 研究部の目標はまず電卓用 LSI の開発、事業化であった。松下通信工業に栗原が社内留学し、電卓回路を習得して戻り、LSI 電卓の設計を開始した。アルミゲートプロセス、デザインルールは 8 ミクロン。シフトレジスタ、マスク ROM などの要素回路を設計し、プロセス開発と合わせて試作し、設計技術を高めていった。そのときの 2560(256×10)ビットマスク ROM は大阪万博のタイムカプセルに収納されている。

IC 研究部が発足して 3 ヶ月経ったころ三由から奥村に、早く製造せよ、との無茶な電話。奥村は反発し、三由は“やめてしまえ”、奥村は“やめます”となり、その收拾に自分も走り回った。その後、IC 研究部全員は半導体事業部に移籍とのこと。この年松下電器から積極経営の方針が出され、それを受けて半導体事業部は半導体事業本部となり、1970 年 4 月に LSI 事業部が誕生した。製造するものが何もない事業部で、奥村は事業部長の下に入る。

電卓用 LSI の開発は開始したが、開発すべき電卓の仕様を顧客となる松下通信はなかなか出してくれない。松下通信には国内外の半導体各社から提案があり、それを使う意向だ。電卓には素人で、開発を始めたばかりのわれわれは信用されない。松下電子トップも独自開発を信用しないのか、フィリップスや米国のソースからの導入を進める。開発部では 71 年 5 月試作完了の計画を立て、12 桁 1 メモリ、7 チップ構成として設計を進めた。河崎は何をしたかと言うと、設計は先に書いた実力者が行う。レイアウトは手書で、これをデジタル化してプロッタで清書する。そのデジタル化、プロットの仕事を設計補

助者と手分けして行った。設計は期日に遅れるので、その遅れをデジタイズ、プロットのところで取り返し、結果として期日に合わせた。したがって、毎日最終退者で、鍵をかけて保安に預け、終電車に間に合うよう駅まで走った。設計を終え試作すると設計ミスがある。それを修正して、再試作、評価するが、その修正業務を自分が引き受け、設計者が次の設計に専念できるよう計らった。

71 年に入って LSI 開発が順調に推移していたとき、松下幸之助会長から、LSI 部門は 1 年間に 3.1 億円の赤字だ、LSI は研究開発にとどめ、製造はやめよ、との指示が出た。三由社長からは、開発を 1 ヶ月早めて 4 月にチップセットを用意せよとの指示。完成したチップセットを松下会長、松下電器経営幹部に見せ、はじめて評価され、その結果、松下通信が松下電子の LSI を使うことが決まった。IC 研究部がスタート後、1 年 9 ヶ月で電卓用チップが完成し、すぐに生産を開始した。このチップセットを搭載した 12 桁電卓は結局松下電子自身がセットまで製造し、完成したセットを松下通信に納入する、という形となった。

IC 研究部が発足した直後から、方針変更、いろいろな

攪乱した情報がある中、奥村部長は開発部内部ではまったく動揺を見せず、設計部隊は一貫して当初企画したチップセット開発に集中して進めることができた。またこの間、優秀な新入社員 西嶋、佐藤、萱原などが配属され LSI 設計力は着実に強



8 桁 1 チップ LSI 電卓

化された。

12 桁のチップセットが完成したことで、松下通信の信用も得、8 桁 1 チップ電卓用 LSI の仕様を共同で決め開発に入った。プロセスはシリコンゲートとし、プリチャージ回路を全面的に採用して省電力化を図った。この品種の量産には上記のチップセットの開発以上に大きな問題が生じたが、結果として成功を収め、LSI の事業が軌道に乗った。

技術の流れを生かす

1973 年、松下電器は富士通との間で合弁会社パナファコム社を設立した。その機会に協力関係を持つと、8 月に会議を持ち、パナファコム社からミニコンピュータ用 LSI の共同開発の提案があり、当方はすぐに同意の意思表示をした。その後、開発テーマは 16 ビットマイクロプロセッサとなり、74 年 2 月、共同開発がスタートした。開発完了を 75 年 3 月、チップサイズ 30mm²、などを合意、松下電子から栗原、筒井の 2 名がパナファコム社のプロセッサアーキテクチャ設計に参加した。回路が固まってきてチップサイズを評価すると 7x7mm² となり、大幅な見直し、変更をすることになり、論理回路が決まったのが 74 年 10 月。ただちにレイアウトに入り、4 名が分担して設計し 12 月末にほぼ完了した。しかしチップサイズは 33mm² を越え、OK を出せない。私はその手書き図面を年末年始をかけてすべてチェックし、正月明けに皆に縮小化を指示した。結果としてチップサイズは 30.8mm² まで縮小され、これをもってよしとし、すぐに試作に入り、期日通りサンプルを完成させた。

この開発では私はテストプログラムを担当した。マクロデータ社の高速テスタ MD501 を購入、その機能をフルに使って、プロセッサのすべての機能をテストし、タイミングでは 1ns 刻みで測り、試作品の機能評価、量産用テストの確立を行った。

このプロセッサ MN1610 は世界初の 16 ビット 1 チップ n チャンネルプロセッサで、インテル 8086 より 2 年早かった。MN1610 を搭載したコンピュータが L-16A としてパナファコムから出荷され、また LKIT-16 として学習用低価格キットが発売された。

この開発で私を含め松下電子 LSI 設計技術者はマイクロコンピュータのアーキテクチャをしっかりと修得した。

このチップのプロセスは n Channel ED LOCOS で、n チャンネルで EDMOS 技術を適用した点では業界でも最も早いレベルであったと思う。LOCOS はフィリップス社が開発したプロセスで、その後業界の標準プロセスとなった。MN1610 は、インテル 8080 同様、3 電源動作であったが、松下通信から、NTT の自動車電話用に 5V 単一電源動作にするよう要請された。なかなか 5V 単一電源動作の見通しが立たず、6V、5.5V と妥協を探ったが 5V でないとダメと言われる。そのとき、CMOS デバイスの動作評価から 5V 動作の見通しを得た。ここで、n チャンネル 5V 単一電源動作の見通しがつき MN1611 として製品化し、初めての自動車電話の制御に採用された。1975 年のことだ。

16 ビットマイコンが完成をしたことで、1975 年 11 月に松下グループ全社の関係者を対象にマイコン説明会を開いた。その反省会場で、松下グループとして 4 ビットマイコンを持つ、ということになり、松下電器技術本部

近藤部長が主唱して委員会がスタートした。委員会には松下グループ主要事業場、研究所、関係会社から参加があり、セカンドソースをするか、独自開発かなど、議論を重ねた。なかなかまとまらなかったが、最後に休日を使って2日間ホテルで集中的に議論した結果、独自開発の方向が決まった。当時市場にあった4ビットマイ



16ビットマイクロプロセッサ学習キット
LKIT-16

コンはすべてpチャンネルであったが、セト事業部門から5V単一電源動作を強く要請された。これを受けて奥村に5V単一電源方式を提案し、承諾された。簡単なことのようにだが、部下が外部の要請を受け入れ、コスト高で、業界の方向とは違う技術を提案したことを認めてくれたことに今でも感謝している。4ビットマイコン開発プロジェクトは全社プロジェクトとして1976年7月にスタート。松下電器中央研究所が中心となって、アーキテクチャ設計は真弓室長、コンパイラ開発は櫛木主任担当、松下電子からは西嶋が参加した。

4ビットマイコンプロジェクトがスタートした翌月、8月28日アメリカに滞在中の松下幸之助相談役(当時)から三由社長に、クエーザ社(松下電器がモトローラ社から買収したTV会社)で新しいTV回路の話があり、技術者を来させるよう電話があり、その日に私はアメリカに発った。時差があるので同じ日にシカゴに着き、すぐに空港から相談役が滞在するホテルに向い、午後9時半にホテルに入った。そこにはテレビ受像機が設置されていて、TTL、PROMなどを200個ほど組み込んだブレッドボードがつながっている。PLL方式のTV選局システムだ。そこに相談役が入って来て、“この回路をLSIにしてほしい、LSIの数は4個でも8個でもよいから早くして欲しい”とのこと。以前からクエーザ社はこの回路のIC化を日本のTV事業部に提案していたが、採用されていなかった。当日も松下電器の幹部は、日本で開発

中のものを採用しようと言う。相談役は“日本はそれでおすすめしてくれ、クエーザにはこれをやってくれ。そうしないと(クエーザは)死んでしまう”と言う。アメリカは82チャンネルで日本とはTV市場が大きく違う。相談役はそのことを感じ取り、電子工業に投げかけてきた。私は先方の回路が、LSI化にとって未検討のところが多く、そのままLSI化(カスタム設計)すると、設計変更が出て時間的にロスが大きい。電卓の開発などの経験から、4ビットマイコンで実現できるとみて、その旨クエーザ社の幹部に提案し、合意を取った。その後、相談役が“検討結果を聞きたい”とアメリカ松下電器の本社のあるニュージャージーからシカゴに戻ってくるとのこと。急いで開発方針を模造紙に書き、説明したが、相談役は説明を丁寧に聞き、最後に“お願いします”と頭を下げられた。このとき相談役は82歳、LSIのスタートのとき同様、経営的に問題のところには自分で出向き、念を入れて方向付けをするところはなかなか普通ではできないところだ。“早くしてくれ”“そうしないと死んでしまう”という言葉が強く残っている。

帰国して、西嶋を呼び戻し、アーキテクチャがほぼ定まっていたマイコンの回路設計を開始。クエーザ社との合意で、回路を考案した技術者が日本に来てマイコン応用ソフトを作ることになり、その技術者に私はマイコンソフトについて説明した。しかしその技術者にはハード回路をマイコンソフトで実現することがまったく分からないようだ。そこで、私は本人からTV仕様を聞き出し、それをタイプして英文の仕様書とし、最後に両方でサインして仕様を固めた。応用ソフトの担当者を持つことができなかったのも、ソフトは自分ですべて書いた。昼間は、会議や多くの開発プロジェクトのことで忙殺され、帰宅して夜は疲れて頭が回らないので、ソフト開発は朝3時から6時の間におこなった。9月から12月まで土日含めて3時間睡眠であった。ソフトを書きながらマイコンチップが最小面積になるよう命令体系、メモリ容量、内部構成回路を決めていった。このようにアーキテクチャの決定からはじめて、回路設計、レイアウトと、それに並行してTV選局ソフトの開発を行い、試作・組立・評価をして同年12月末にアメリカにサンプルを送った。4ヶ月弱での開発であった。クエーザ社はすぐにTVに実装、製品化し、1977年5月に発表した。

この頃民生機器へのマイコン応用が増え、国内でもTV選局用の市場が出てきて、クエーザの経験を生かすことができた。アメリカでは、その年の末、ゼニス社から引き合いがあり、1978年1月シカゴの同社を訪問し、2日間の協議の結果選局システムの受注に成功した。短期開発と、TV選局機能のマイコンソフトをすべて当方で担当したので、その後顧客への訴求力がつき受注につながった。

ビデオ応用では松下電器が VHS を採用して、タイマー時間を長くする必要が出たとき、ROM 容量 2K バイトが必要となったが、1K バイト品の ROM、RAM 領域を 2 倍にする設計作業を 1 週間で仕上げ、サンプル対応した。その結果 RCA への納入が決まり、松下電器はビデオ分野で優位に立つことになった。



4 ビットマイコン選局テレビ
“Compu-matic” 1977.5

16 ビットプロセッサで苦労した n チャンネル 5V 単一電源動作の技術を 4 ビットマイコンに活かし、短期間に生産を開始したことで、市場開拓に先行することができ、ここではじめて MOSLSI の事業が安定して発展する基盤ができた。

超LSIへの挑戦

1979 年に入り、アメリカの大手コンピュータ企業からの引き合いがあり、5 品種の LSI の受注に成功した。当時量産していたプロセスに対し、2 世代先のプロセスを提案し、また先方の提示した仕様を実現する独自の LSI 回路案を提案して、積極的な対応を評価されたと言える。業界では超 LSI 組合が進展していたが、松下は参加してなく、この受注が微細化への大きな力となった。この頃までに半導体の開発部門は R&D センターに集結していて、私は LSI 開発部長であったが、この受注を成功させるため水野博之常務・所長(当時)に提案して特別プロジェクト室を設立し、自らそれに専念することにした。R&D センターでは次世代技術開発のため基礎技術部で 3 ミクロンのプロセス開発を進めていた。水野はこのプロジェクトを促進するため R&D センター内に“超LSI開発センター”を設け、関係部門を結集し、必要な設備を発注して試作ラインを立ち上げた。松下で初めてのステップパ(GCA4800)、プロジェクションアライナ(PE240)、全工程ドライエッチ工程のラインである。私は

このセンターの推進責任者ともなった。量産工場の新設も必要で、引き続いて設備発注、建屋建設が始まった。1980 年 11 月、水野から新工場の責任者を打診された。そのときは開発部門にも籍を残し、かつ新工場を担当する LSI 事業部次長と言うことで、やや気楽に引き受けた。ところが新工場をスタートする段になって、三由社長から、兼任はダメ、専任の事業部長だ、となった。VLSI 事業部の誕生である。

この工場は松下でははじめて 3 層のダウンフロー構造の工場で、設備は試作ラインに合わせ、ステップパ、プロジェクションアライナ、ドライエッチなどを装備したものである。1980 年のこの時期の設備はなお 80%が輸入で、国産品は拡散炉、一部のイオン注入機、洗浄装置などであった。この工場で、上記の開発受託品種の生産のほか、集積度の高いマイコン、DRAM、撮像素子、など新しいデバイスすべてを受け止めることとなり、新製品立ち上げに伴うロスも大きく、開発とはまったく違う経験をした。とくに、松下でははじめて 2 交替制を採用し、私は緊急時に備えて、2 年間朝 1 番から夜最終まで 2 交替の時間ずっと工場に詰めた。

その後、MOSLSI の製造ラインを新潟県新井工場、富山県魚津工場、砺波工場と展開していくが、それらの工場の拡散ラインの責任者はこの VLSI 工場の経験者が勤めることになる。この大手コンピュータ企業からの受注品は集積度、設計手法、検査手法などの点で業界の先端を行くもので松下としては超 LSI への遅れを取り戻すものとなった。

以上長々と書き留めてきたことは、私が松下で MOSLSI の事業開始に参画したときから、課長、部長として、かつプロジェクトリーダーとして担当したときのもので、現在でもその日々を鮮明に記憶しているものである。VLSI 事業部長となり、思考、行動の方向が大きく変わった。私の半導体人生を“起承転結”でまとめると、ここに記したのは“承”の部で、この間に松下電子の MOSLSI の売り上げは 200 億円となった。私としては大学 3 回生のときに半導体を志してから 54 年間の半導体人生の中で最も充実していたときであろう。

☆ 委員会報告 ☆

教育委員会



委員長 高畑幸一郎

半導体入門講座実施報告

1. 4月に実施した集合教育「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21日(木)	テーマ	講師
1 10:00～11:00	半導体とは	堀内豊太郎(理事)
2 11:10～12:40	半導体産業の歴史と展望	牧本次生(理事長)
3 13:30～14:30	半導体の性質とデバイス動作説明	鈴木俊治(教育委員)
4 14:40～18:00	前工程プロセス説明	沢田憲一(会員)
4月22日(金)		
5 10:00～12:00	パッケージング技術説明	村上元(会員)
6 13:00～14:30	回路技術	北村嘉成(教育委員)
7 14:40～16:10	品質・環境管理説明	相原孝(教育委員)
8 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60名(理系卒30名、文系卒30名)
昨春の33名、昨秋の24名に比し、予想以上の多人数参加が実現でき、大変喜んでます。
特に多人数参加企業紹介にご努力・実現された、牧本次生理事長・橋本浩一理事・野澤滋為会員には深く感謝致します。
- 参加者卒業年: '80年卒から'11年新卒(20名最多)まで幅広い年代。多数社がこの4月入社者の新人教育に活用され始めた事は、来年に繋がる良い傾向と喜んでます。
- 賛助会員企業 6社 計32名、一般企業12社計28名
- 参加企業
賛助会員企業: (株)日本マイクロニクス、(株)シバソクノベラスシステムズジャパン(合同)、大陽日酸(株)
(株)ルネサスイーストン、熊本県
一般企業(業種別参加社数)
半導体商社 6社21名、製造装置メーカー 3社4名
材料メーカー 1社1名、投資コンサルタント 1社1名
官公庁 1団体1名
- 終了後の受講者のアンケート結果: 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 3.8 と好評でした。
- 講義中のトラブルも無く、総合として「大成功だった」と判

断し、来年も実施すべく、4月19、20日で会場・講師とも予約済みです。多数のご参加を期待しております。

- 事務局には多大のご支援を頂きました。改めてお礼申し上げます。
- 受講者アンケートで、「もっと交通アクセスの良い会場希望」とありましたら、早速事務局が新たな会場探しを始めてくれました。以下の今秋講座からでも実現できるかもしれません。ご期待下さい。



(講座受講状況)

2. 10月予定の集合教育「半導体アドバンス講座」ご案内
既にご案内済みですが、昨年の反省等から1日のみの受講も可能としたり、急成長3デバイスの講義時間を0.5時間延長して2時間とし、以下の通り実施予定です。
日程: 2011年10月6日(木)、7日(金)
カリキュラム

半導体アドバンス講座カリキュラム		
10月6日(木)	テーマ	講師
1 10:00～11:30	半導体産業の歴史と将来展望	加藤俊夫(教育委員)
2 12:20～16:00	半導体物性・デバイスとCMOS前工程プロセス	鈴木俊治(教育委員)
3 16:10～18:10	PKG新技術と各種デバイス適用例	村上元(会員)
10月7日(金)		
4 10:00～12:00	LED	石谷彰康(サクセス社)
5 13:00～15:00	太陽電池	坂田功(産業総合研)
6 15:10～17:10	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、個人会員様の勤務関連企業・知合い企業へのご紹介ご努力を是非宜しくお願い致します。参加企業が出ましたら謝礼に1000円相当のクオカードを贈呈致します。(以上)

★贊助会員紹介★

シリーズ

オーバートーン株式会社



代表取締役社長 佐藤 正

オーバートーン株式会社は2010年1月に設立。日本発のLSI・FPGA設計の為のEDAベンダーのベンチャー企業です。ハードウェア開発に携わるエンジニア向けに、より効率よく設計いただける高位設計言語「NSL」と統合開発環境「NSL Overture」を提供しています。

半導体の製造技術が大幅に進歩し、ASICやFPGAなどに膨大な機能を作りこむことが可能になりました。しかし、機能を作りこむための回路の設計手法はこの20年間大きな変化がなく、回路規模に開発手法が追いついていないため、設計エンジニアは大きな負担を強いられています。

当社は、米国IP ARCH, Incと共同開発したハードウェア記述言語NSLを核とした論理合成エンジンNSL Core、シミュレータやUMLエディタを統合した開発環境NSL Overtureをご提供することで、回路設計エンジニアの負担を大幅に削減し、エンジニアの生産効率を高める環境を目指します。

本稿では高位設計言語NSLについて、統合開発環境NSL Overture、論理合成エンジンNSL Coreの特長、及び中期開発計画をご紹介します。

1. NSLのルーツは、CSP(Communicating Sequential Processor, 1978, C.A.Hoare)です。

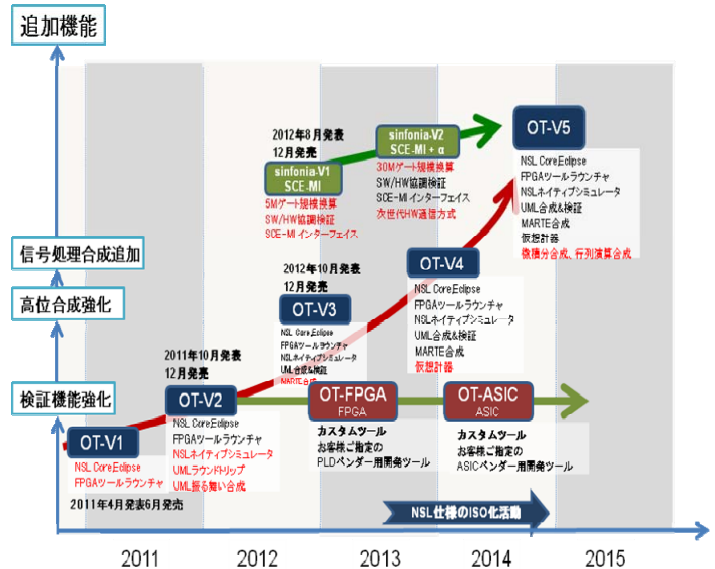
当社はCSPをハードウェアに最適適用するに当たり、過去の事例を詳細に検討し、ハードウェアアーキテクの視点から、細粒度の並列処理と順序処理の微妙なバランスを実現した新しい言語体系を確立したものと自負しています。NSLの論理合成エンジンの開発は、2002年にIP ARCH, Inc.(米国ハワイ州)でスタートし、継続的に熟成を進めてきました。

2. 統合開発環境NSL Overture、論理合成エンジンNSL Coreの主な特長は以下のとおりです。

当社はユーザーの方々のいかなる資産も工数も無駄に致しません。

- 1) 正確且つ高品位なRTLコードの生成
- 2) 設計工程の効率を大幅に改善、検査工程の省力化
- 3) OMG(Object Management Group)の提唱する統一モデリング言語UML対応

3. 当社ではNSL Overtureの成長にUMLの拡張、仮想計器追加、計算用回路の合成を掲げております。それとともにハードウェア・ソフトウェア協調検証への対応もその使命と考えております。2015年までの開発計画を持ち、ユーザーにとって有意義なEDAを目指しております。



当社は日本のものづくりの核である半導体産業において、国産EDAの失われた20年を取戻し、その新しい設計環境から生み出される競争力をこの分野で活躍する技術者の皆さんに享受いただくことを念願しております。

オーバートーン社 ホームページ
URL <http://www.overtone.co.jp/>



新入会員(2011. 3. 1～2011. 6. 30)

個人会員 (ご入会順、敬称略)

中島 幸一 福井 信義 鷹取 正豪
沢田 憲一 下社 貞夫 寺崎 隆一
野原 壽雄

賛助会員 (ご入会順、敬称略)

(株)イーソルエンベックス
鹿児島県

* 新たにご入会の皆様、宜しくお祝い申し上げます。

ご寄付芳名

前回報告(70号:2011.3.1)以降、2011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4名の方々です。ご厚情に厚く御礼申し上げます。(50音順、敬称略)

伊藤 達、金 根東、竹下 晋平、山根 正熙

SSIS 集合教育「半導体アドバンス講座」のご案内

SSIS 教育委員会

1. 開催日時: 2011年10月6日(木)～7日(金)
2. 会場: 全林野会館プラザフォレスト(東京・文京区)
3. 募集人員: 60名

* 昨年開催し、好評にお応えしプログラムを充実しました。
* 2日間のプログラムですが、1日単位の受講も可能です。
* 参加費、カリキュラム、申込方法等詳細はホームページをご参照ください。

URL: <http://www.ssis.gr.jp/ssis013a.htm>

2011年度賛助会員連絡会・特別講演会のご案内

SSIS 事務局

恒例の賛助会員連絡会及び特別講演会を下記のとおり開催いたします。

1. 日時: 9月9日(金) 13:00～19:30
2. 会場: 全林野会館プラザフォレスト(東京・文京区)
3. プログラム
 - * 諮問委員会 13:00～14:00
 - * 賛助会員連絡会 14:30～16:30
 - * 特別講演 17:00～18:30
「東芝の半導体事業戦略」講師: 齋藤 昇三氏
(株)東芝 執行役専務電子デバイス事業グループ CEO
 - * 懇親会 18:30～19:30

日本半導体歴史館募金活動のお知らせとご寄付御礼

一般社団法人半導体産業人協会では日本半導体歴史館の展示内容の充実、英文版掲載によるサービスのグローバル化を目指す Ph-3 プロジェクトの資金として、募金活動を展開中です。

募金目標金額: 150万円

募集期間: 平成23年6月～平成23年10月末日

募金はSSIS全会員各位のほか、一般の個人、企業、団体の皆様に広くご協力をお願いしております。

既に多くの皆様からご寄付が寄せられております。厚く御礼申し上げます。ご芳名はSSISホームページおよび歴史館webサイトに掲載させていただいております。

以上

募金についてのお問合せはSSIS事務局まで。

電話: 03-6457-3245 E-mail: info@ssis.or.jp

関連団体ニュース

I] JASVA殿の会長が交代

社団法人日本半導体ベンチャー協会(JASVA)殿は5月25日開催の総会で会長の交代が承認されました。JASVA設立以来10年間会長を務められた飯塚哲哉氏(ザインエレクトロニクス(株)代表取締役)が退任され、代わって常務理事兼事務局長の泉谷渉氏((株)産業タイムズ社代表取締役社長)が新会長に就任されました。詳しくは <http://www.jasva.org/> をご覧下さい。

II] DAFS殿が協会名称を変更

DAFS 殿は5月27日開催の総会で協会名称の変更が承認されました。より国際化を意識した名称変更です。

旧名称: 「外国系半導体商社協会」略称=DAFS

新名称: 「日本半導体商社協会」略称=DAFS

詳しくは <http://www.dafs.or.jp/> をご覧下さい。

SSIS事務局のメールアドレスが変更になりました

新しいメールアドレスは【7月15日より】

= info@ssis.or.jp =

お手元のアドレス帳の更新をお願い申し上げます。

会員状況(6月30日現在)

個人 313名、賛助 43団体

半導体産業人協会 会報"ENCORE" No.71

発行日: 2011年7月22日

発行者: 一般社団法人半導体産業人協会

理事長 牧本 次生

本号担当編集委員 秋山 信之

〒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.or.jp