WSI かハイブリッドか

WSI or Hybrids?

志村 幸雄*

標題の「WSI かハイブリッドか」は編集委員会から与えられたテーマである。「モノリシックかハイブリッドか」ならいざ知らず、一気に WSI に飛んでいることにまず奇異な感じを持つ読者が多いに違いない。これはちょうど「アメリカかソ連か」と対比すべきところを「ニューヨークかソ連か」に置き換えたようなもので、比較検討するためのモノサシが定まらないのである。それゆえ執筆を再三固辞したが、中村編集委員長の強い勧めにより敢えて筆をとる次第である。

1. W(Wafer)SI と W(Wide)SI

WSI, すなわち Wafer Scale Integration という言葉を耳にしてすぐ思い起こすことは、ハイブリッドの分野でも、かつて WSI という提案があったことだ。ただしこの場合は Wide Scale Integration の略で、名付けの親は当時東京三洋電機の三浦敬男氏（現三洋電機取締役）である。同社では1968年に通産省の工業化試験プロジェクトの一環として「線形広範囲集積回路に関する工業化試験」を受託、論理回路の LSI に対応する線形回路の大集積化を厚膜ハイブリッド技術を駆使して実現した（大信号と小信号の各ブロックを1枚の基板上に搭載したハイブリッド IC はその一例）。Wide Scale Integration はこの種のハイブリッドに付せられたネーミングである。

このことが示すように、本来の WSI もハイブリッドも最終的には高集積・多機能化を目指していることに変わりはない。その意味では同じく富士山の頂上を目指しているのだが、ただ御殿場口から登るのと吉田口から登

るのとでは登り方が違うように、目的に対する対応の仕方がずいぶん違うのである。

しかし、それにもかかわらず WSI とハイブリッドとの相関のある種のアナロジー（類推）で捉えたいくなるような衝動にかられるのは、一定の基板上に素子（ないしは回路）があたかもアイランド（島）のような形で分散し、それらが相互結線されることによりシステムないしはサブシステムの機能を体現しているからだ。一方の基板は半導体であり、他方の基板は絶縁体であるが、技術の概念としては相似のものである。

いささか大胆な言い方をすれば、WSI もハイブリッドも、もともとはいわゆるモノリシック IC の代替ないしはアンチテーゼ（反対命題）として考案され、その限りで共通項のものと言えよう。

振り返って WSI の原型である Discretionary Wiring（選択配線）方式が米 TI 社によって提案されたのは1960年代半ばのこと。当時の IC（いわゆる SSI）はたかだか4ゲート程度のもので、できればその数倍から数十倍のチップの出現が望まれていた。だが、当時の加工技術の水準では望むべくもなく、複数のユニットセル（チップに相当）の組み合わせによりそれを実現しようとした。

Discretionary Wiring 方式ではまず複数個の単位基本回路（たとえばゲート）をユニットセルとし、1枚のウェハ上に格子状につくる。ここまでは通常の IC と同じで、IC の場合はこれをユニットセル毎に切り離してパッケージに封入するのであるが、これを切り離さずにウェハの中で相互配線（多層配線）を行う。この場合、ウェハ上に形成された100～200個のユニットセルは全部が良品とは限らない。そこで多層配線を行う前に試験機にかけて良否を判別し、良品の座標を計算機に記憶させる。同時に製造しようとする回路接続の情報を計算機に与え

*Yukio Shimura

工業調査会/Kogyo Chosakai Publishing Co., Ltd.

てやると、計算機は両方の条件を満足するような配線パターンを発生し、それに従って自動露光装置がウェハ上にパターンを焼き付ける。

これでわかるように Discretionary Wiring 方式は、今日の WSI の原点的な存在に当たるものだが、少なくとも、この時点でこの種の手法が考察された背景には、SSI レベルにとどまっていたモノリシック IC 技術の限界を、MSI、LSI へと自己増殖的な技術で置き換えるのではなく、SSI の複合化(いわばマルチチップ化)によって解決しようとしたことだ。WSI ではその解決手段を 1 枚のシリコンウェハ上に求めたが、ハイブリッドでは同種のことを厚膜、薄膜技術を基盤にしながらセラミック基板上に求めた。その意味で SSI → MSI → LSI への技術展開を垂直指向とすれば、WSI ないしハイブリッドへの技術展開は前者の技術を基点にした水平指向の拡がりと言えよう。現に LSI、超 LSI 時代を迎えた今日では、WSI もハイブリッドも LSI、超 LSI (技術) を積極的に取り込みながら、集積度や機能の増大を図っている。

2. WSI とハイブリッドの競合

WSI とハイブリッドとの間には技術的に見て共通の概念があるだけに、逆に競合関係の技術と言えなくもない。WSI 技術が未確立の今日の時点では少なくとも、将来はそういう場面が多くなるかも知れない。

その 1 つとしてメモリ関係の適用例をあげると、富士通は昨年、200Mビットのウェハスケールメモリを発表している。これは 6 インチのシリコンウェハ上に標準の 1 Mビット DRAM を 202 個配列し、それぞれをリード、ライトの入出力線で結線したものである。この場合、ウェハ上の DRAM は欠陥発生のため本来なら全数使用できるわけではないが、独自の欠陥回避技術を用いることにより 200Mビットに近い高歩留りを得ている。

この種のメモリシステム技術としては、すでにハイブリッド技術を基盤にしたメモリモジュールが実用化されている。一例として東芝では電子スチルカメラ向けのものとして 1 Mビット SRAM を 20 個搭載したものを発表しているが、これはガラスエポキシ基板上に TAB 技術を用いて実装している。

同じメモリシステムでも WSI 的アプローチとハイブリッド的アプローチとの間には、さまざまな利害得失が考えられる。WSI の利点としては、①高集積化に向いている、②回路間の相互配線長を短くでき高速化が可能、③組立工程の削減によりコストダウン(特に組立コスト)が可能、などがあげられる。しかし、同時に欠点として、①大面積上のデバイスであるため欠陥の発生からまぬが

れられず、冗長技術、欠陥回避技術といった余分な技術的対応ができ、②ウェハ全体が動作した場合、高い発熱量が予想され、冷却技術が必要、③大面積で薄板のシリコンウェハを用いているため、実装面でメカニカルストレスや熱膨張によるストレスの発生からまぬがられない、などの問題が残されている。

ハイブリッドの利点、欠点はほぼ WSI のそれと裏腹のものであろう。しかし、ハイブリッドアプローチの利点で見落としてならないのは、モノリシックに対するハイブリッドの長所としてしばしば指摘されるように、回路の変更が比較的容易なため多様なニーズにそれだけ柔軟に対応できることである。

3. WSI とハイブリッドの融合

相異なる文化と文化とが接触して新しい文化が創出されるように、技術の世界でも相対立する技術が接近、融合し、より高次の新しい技術を生み出す。ハイブリッド技術と WSI 技術との間にもこのような動きが隙間見られる。ハイブリッド WSI (H-WSI) がその例だ。

H-WSI は、WSI があくまで 1 枚のシリコンウェハ上に回路を集積した、モノリシックアプローチの一手法であるのに対して、シリコンウェハを配線基板用として考え、これに一定の回路機能を持った LSI チップを搭載接続する実装手法である。基本となる技術にはモノリシック技術を用いているが、実装形態としてはハイブリッド技術そのものである。この場合、シリコンウェハプロセスによる配線技術を使用しているため容易に高密度配線が得られ、したがってチップの高密度実装が可能になる。また、LSI チップ—基板間接続部における熱ストレスの発生についても、同一材料を使用しているためほとんど問題にならない。このような利点を買われて、ここ数年、日米の主要メーカーでの取り組みが始まっている。

AT&T レベル研究所では、この種の H-WSI を AVP (Advanced VLSI Package) と呼んで開発中である。プロトタイプモジュールの 1 つとして CPU、MMU (Memory Management Unit)、MAU (Math Accelerator Unit) の 3 チップを搭載したものがあ。シリコン基板側には信号ラインが 2 層構造で配置されており、最小線幅は 10 μ m である。また、バイパスコンデンサが基板表面部分に内蔵されている。基板サイズは 13×13mm で、LSI チップははんだバンプで構成される。

現時点ではウェハスケールというイメージに程遠いが、近い将来には文字通り Chip on wafer とでもいうものが実現するに違いない。