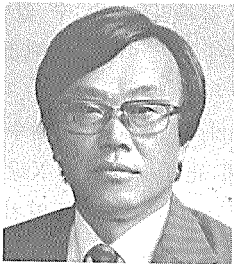


# 半導体産業 發展과 컴퓨터에의 波及 效果



成 英 權

高麗大學校 電氣工學科 教授/工博

20세기의 일렉트로닉스의 급속한 발전으로 반도체산업도 VLSI 및 ULSI시대로 돌입하였다. 이러한 기술적인 진보로 컴퓨터산업에서도 고성능, 고기능, 소형화 및 저가격화에 효과를 보이고 있으며 특히 Custom IC 및 ASIC의 발전으로 우리나라도 디자인 기술인 소프트웨어의 충실화를 CAD/CAM을 통하여 상호간에 이루어야 한다.

## 1. 序 言

20세기의 科學技術의 특징은 일렉트로닉스의 급속한 進歩 發展이며 이 일렉트로닉스 發展의 代表例가 1M DRAM이나 256K SRAM의 量産이 개시되어 본격적인 VLSI 時代를 맞이한 先導的 技術産業인 半導体和 컴퓨터라 할 수 있다. 특히 半導体産業은 技術革新과 價格 인하에 의해 차례차례로 應用分野를 개척하여 高度成長을 계속해 왔다.

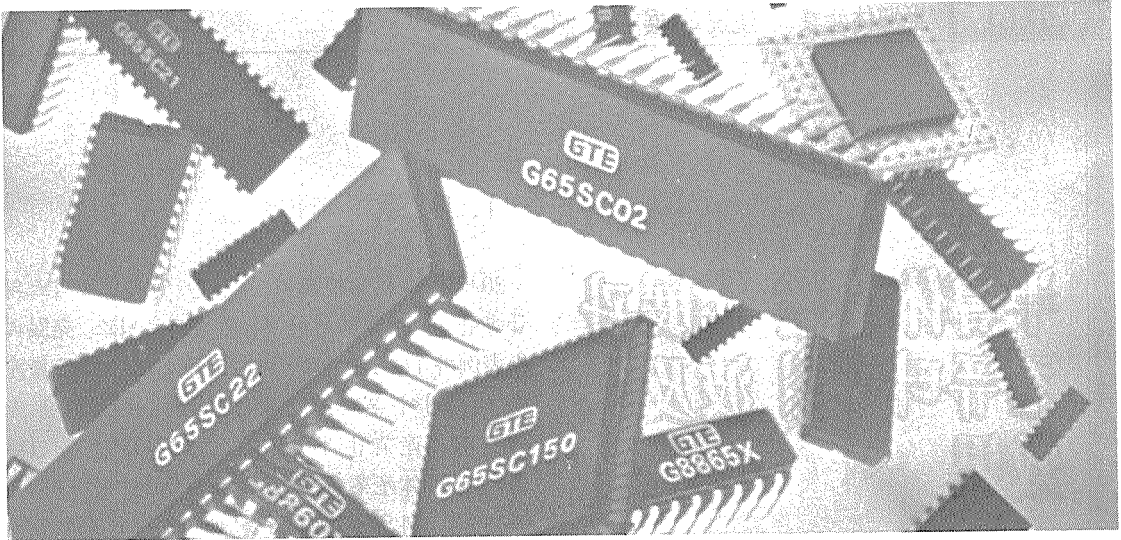
그 중에서도 VLSI의 技術的 進展은 그 集積化가 無限이라 할 수 있을 정도로 進行되어 1M DRAM의 샘플 出荷 소리와 더불어 4M DRAM의 試作이 발표되었고 웨이퍼의 크기도 8 인치로 향하는 등 분주하게 發展하고 있으나 요컨대 半導体産業은 여러 尖端技術을 토대로 하는 하이테크 分野의 先行産業이라 할 수 있다.

따라서 이와 같은 VLSI의 技術的 進展에 힘입어 그 파급은 각종 機器 특히 컴퓨터의 高性能化, 高機能化, 小形化 및 低廉化에 큰 효과를 올려 오늘날의 人類社會 전체에 큰 변혁을 초래했을 뿐만 아니라 현재도 VLSI 革命이라 할 技術革新이 進行되고 있다.

여기서는 이와 같은 半導体産業 특히 VLSI의 發展 推移와 컴퓨터에의 波及 效果 및 VLSI와 컴퓨터와의 相關性的의 概況을 살펴보기로 한다.

## 2. 半導体産業의 發展推移와 그 方向

1947年 트랜지스터의 발명에 의해 시작된 오늘날의 半導体産業은 1960年代 후반에 들어 MOS의 플레나 기술(Planar Technology)이 정착되자 바로 半導体的 技術이 대두되어 그 이듬해인 1970년에 Intel社가 MOS 메모리의 高集積化에의 단서가 된 최초의 1K DRAM을 製品



반도체산업과 컴퓨터는 상호간 특성을 이해하여 유기적으로 공존, 발전시켜 나가야 한다.

화시켜 그후 3년만에 4배라는 경이적인 속도로 발전되어 왔으며 15년 사이에 실로 1,000배에 달하고 있다. 당초 10 $\mu$ m였던 최소 패턴치수는 15년후의 1M DRAM에서 1.3~1.0 $\mu$ m 정도의 1/10로 축소시켜 본격적인 VLSI 시대에 접어들었다.

VLSI의 대표예로서는 1984년부터 출현하여 오늘날 主流를 이루고 있는 256K Bit 메모리(數mm 角칩에 約 60만개의 Tr 매입)와 그 해에 試作한 그 4배의 記憶容量을 지닌 1M Bit 메모리이며 今年度에는 新聞의 16페이지 分을 記憶할 수 있는 能力을 갖춘 4M Bit(約 1,000 万개의 Tr. 매입), 1990년에는 約 4,000万개의 部品을 갖춘 16M Bit를 거쳐 64M Bit까지는 既定路線으로 되어 있으며 나아가 1996년에는 記憶容量 100M Bit의 IC 메모리가 出現되어 VLSI를 훨씬 능가한 소위 ULSI(Ultra LSI)時代로 代替되리라 展望하고 있다.

이와 같이 半導体産業이 IC → LSI → VLSI → ULSI로 發展해 나가게 된 요인은 오로지 8 $\mu$  rule에서 1.2 $\mu$  rule의 微細化를 추진시켜온 패턴 技術과 그 量産性을 IC 칩 크기의 縮小化와 더불어 웨이퍼의 大口徑化를 추진시켜 가능케한 生産技術의 발전이며 아울러 1機能當의 價格이 累積 生産量에 의해 20~30%씩 내린다는 經驗曲線의 영향도 미치고 있다.

이러한 生産技術中에는 그 동안의 設備開發, 自動化의 推進과 다채로운 시스템적인 開發이 포함되며 高收率 디바이스의 生産 實現과 高附加價値의 디바이스를 翫가로 공급한다는 基本적인 理想實現 노력의 결과라고 볼 수 있다.

현재 微細加工 發生의 기둥이 되는 寫眞蝕刻 技術(Lithography)에 의한 回路 패턴의 치수는 光學的 한계에 이르렀기에 보다 작은 치수를 얻기 위해 可視光 대신에 電子비임이나 X線 등을 사용하고 있으며 사용 웨이퍼는 4인치(16K DRAM)에서 6인치(256K DRAM)를 거쳐 8인치(4M DRAM)로 이행되면서 1 $\mu$  級 以下의 Submicron 領域에 들어가고 있다.

특히 美國의 TI社는 4M DRAM을 1988년에는 샘플을 出荷하고 1989년에는 量産한다고 鼓舞적인 발표를 하고 있으나 아직도 1987년에는 256K DRAM이 主宗을 이루게 되리라 생각되므로 1988年 後半부터라야 1M DRAM이 본격화될 추세이다.

따라서 1M DRAM과의 交替는 1988年 後半부터 나타나리라고 예상된다.

<그림-1>은 半導体 IC 生産中에서 約 1/3을 차지하는 MOS 메모리 素子中 DRAM의 集積度와 最小 패턴 치수에 대한 年代 推移와 그 사이에 적용된 새로운 프로세스 技術의 推移를 나타낸 것으로 1990年代 중반에서는 16M bit의

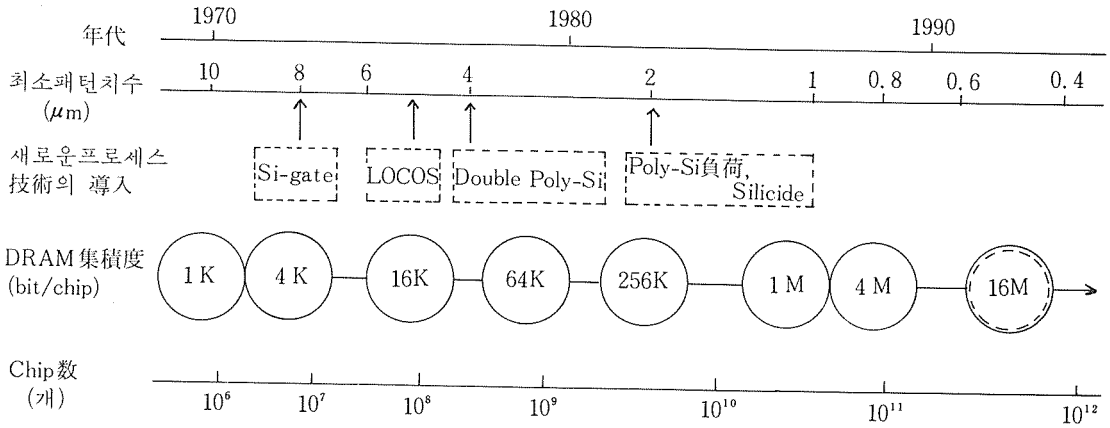


그림 1. MOS-DRAM의 集積度, 最小 패턴 치수 및 導入技術의 年代 推移

ULSI를 年間 數千億個나 生産하게 된다. 또 과거 20年間 IC에서 VLSI로 발전해나간 사이에 나타난 몇 파라미터 比率를 <표-1>에 나타낸 바와 같이 그 變化量이 엄청나며 이에 따라 이들을 활용한 각 System에 큰 變換을 초래하였음을 推察할 수 있다.

표 1. 集積回路 20年間の 進歩 발자취 結果

파라미터	比率
集積度	$10^4$
칩사이즈	25~40
最小線幅	1/16~1/20
動作速度	100
메모리코스트	$10^{-4}$
게이트코스트	$10^{-3}$

한편 우리나라에서의 IC의 開發 推移를 살펴 보면 1983年 64K DRAM, 1985년에 64K SRAM 등을 開發 生産하였고 잇따라 美, 日 다음에 세 번째로 256K SRAM 開發에 성공하여 半導體産業의 歷史가 짧음에도 불구하고 단기간의 技術 蓄積만으로 製品設計에서 製造技術까지 개발했다는 것은 대단히 경이적이라 앞으로의 展望이 기대된다.

이상과 같이 半導體産業은 DRAM에 의해 最新技術이 실시되어 테크놀로지의 先導的 역할을 하고 있으나 이들 IC~VLSI에 관한 技術의 開發動向은 요건대 高集積化와 高速化의 두가지로 요약할 수 있다.

高集積化는 레지스터, 加算回路, 디코더, 記憶回路 등 主要 機能單位로서의 集積化가 先行되고 製造技術的으로는 모노리틱 (Monolithic) LSI와 비교적 集積도가 낮은 IC와 세라믹 配線 基板을 組合시켜 모듈 (Module) 化시킨 Repeatability가 높은 하이브리드 (Hybrid) LSI이다. 그 결과 25年前의 50mm (2 인치)의 웨이퍼는 200 mm (8 인치)로 향함에 따라 웨이퍼상의 칩數는 16倍로 증가하여 과거 10年 사이에 디바이스의 集積도는 64倍, 사용 웨이퍼의 크기가 2~2.3倍로 增加하는 등 앞으로 실제로 어디까지 集積도가 계속 향상될지 예상할 수 없을 정도로 발전해 가고 있다.

한편 高速化에 대해서는 마스크 패턴의 細密化, 擴散技術의 진보 등에 의해 이미 遲延時間이 1ns 以下인 것도 출현되는 등 回路素子の 高速化가 이루어지고 있으나 이것 역시 回路素子の 高速化가 시스템의 速度를 좌우하는 것이지만 素子 自体보다는 오히려 回路素子間的 배선에 의한 遲延時間의 短縮化라는 의미로 素子の 集積도를 높이는데 주력해 왔다.

즉 回路의 動作速度는 <그림-2>에 나타낸 바와 같이 디바이스의 種類, 치수 및 素材 등에 따라 다르나 消費電力×遲延時間인 에너지는 대체로 일정하게 나타나는 特性을 지니며 이외에 寄生素子에 의한 傳達信號의 지연을 위시하여 각 配線容量의 充放電時間이나 配線의 인덕턴스에 따른 遲延時間과 寄生效果 등에 의해 좌우된

다. 이의 해결책으로는 配線幅을 줄이고 길이를 가능한 짧게 해야 하나 폭은 微細加工, 길이도 디바이스를 작게 하는 微細加工 등으로 가능하므로 결국 單位面積당의 디바이스 數의 增大를 위한 集積密度의 高度化와 하나의 IC 칩에 수용되는 디바이스 數의 增大를 위한 集積度의 향상에 注力하게 된 것이다.

이에 따라 後述하는 바와 같이 컴퓨터에서의 回路素子の 寸수가 작게되어 價格이 引下됨과 동시에 素子の 基本的인 동작도 개선되어 동작이 빨라지고 消費電力도 回路面積과 더불어 감소하게 되었다.

오늘날은 이와 같은 컴퓨터에서 디바이스의 高速化 요구에 디바이스側은 주로 Si bipolar와 GaAsFET가 速度競爭을 이루게 되고 (표-2)에 나타낸 바와 같이 새로운 高速化의 포텐셜을 지닌 超格子 디바이스 (HEMT, HBT) 등의 개발에 拍車를 가하고 있는 것이다.

이외에 平面的인 IC를 立体化시킨 3次元素

子나 640M bit의 메모리의 출현에도 주력하고 있고 아울러 Si-VLSI, GaAs, 조셀슨 接合素子 등을 위주로 한 ULSI (Ultra LSI)에 邁進하고 있다.

표 2. 超高速 디바이스의 性能

게이트遲延 디바이스	現 狀		將 來 的 期 待 值
	링 오 실 레이 터	게 이 트 어 레 이	
Si 바이폴라	30ps	80ps	10ps以下
GaAs FET	10ps	40ps	5ps以下
超格子디바이스 (HEMT, HBT)	10ps	-	1ps以下

### 3. 컴퓨터産業의 發展 推移와 그 方向

컴퓨터는 출현된 당시부터 高機能化, 小形化, 低廉化를 위해 注力해 왔으나 그때마다 무리한 難題는 半導體産業의 디바이스 技術에 轉嫁시켰으나 半導體産業은 이러한 難題들을 해결해 주

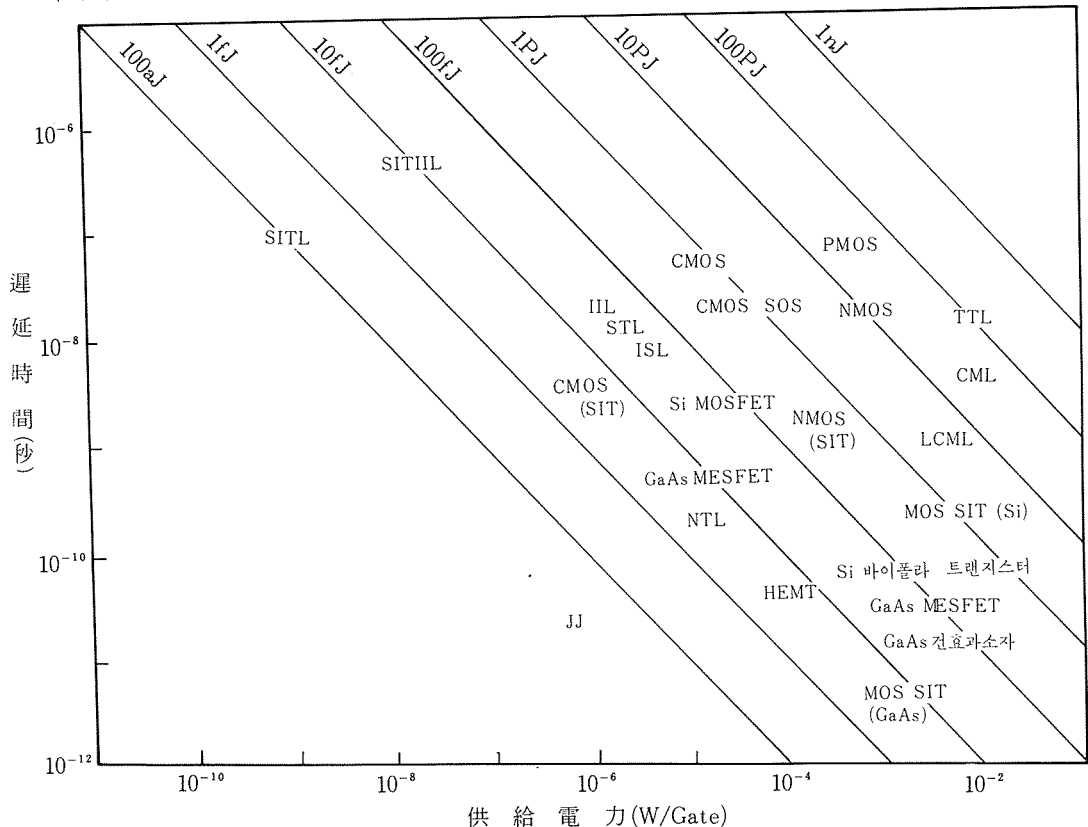


그림 2. 代表的인 IC의 電力 - 遲延特性

면서 발전해 왔다. 따라서 오늘날과 같이 컴퓨터産業이 극도로 발달한 배경은 앞서 언급한 바와 같이 오로지 1960年代를 起點으로 하여 극적으로 발전한 半導體産業의 테크놀로지에 의거한 것이다.

즉, 1960年代 후반까지는 바이폴라 素子が 主流을 이루고 있었으나 그 構成部品 密度를 높이지 못했을 뿐만 아니라 取率도 나쁘고 熱發散問題로 基板의 크기도 한정되어 있었다. 이에 따라 이것을 사용한 컴퓨터도 機能度에 비해 大型인 동시에 操作이나 管理面에 있어서의 불편 등이 수반되고 있었다.

이러한 時期에 半導體産業에서는 MOS가 出現되어 部品 密度가 높아지고 熱發生이 낮은 大型 유니폴라(Unipolar) 素子の 경제적인 제작이 가능해짐에 따라 처음에는 바이폴라에 비해 速度가 느리나 部品 密度가 높고 電力消費도 적으며 取率이 높은 PMOS가 컴퓨터 메모리에 적합함을 활용하여 컴퓨터의 그 여러 복잡성이 단순화되어가면서 高機能化, 小型化되기 시작하여 1971년에는 급속히 성장하였다.

그후 잇따라 開發된 IC, LSI, VLSI 技術로 인해 半導體素子の 集積度의 超高度化가 진전됨에 따라 컴퓨터도 電力消費量을 더욱 줄이고 外部雜音에 강하여 動作速度가 보다 빠른 NMOS 또는 CMOS 등을 활용함으로써 소위 部品化된 마이크로프로세서(Microprocessor)가 出現되어 더욱 低電力化, 小型化, 低廉化가 이루어져 오늘날에는 通信의 네트워크를 이용하여 종래의 集中處理에서 分散處理化하기에 이르르게 되었다.

따라서 그 사이에 더욱더 컴퓨터의 小型化와 高信賴化로 그 性能은 착실하게 향상되었고 시스템 크기와 價格은 매년 30%씩 低減되어 오늘날의 마이크로 컴퓨터와 퍼스널 컴퓨터 등이 出現하였다.

이와 같이 半導體産業에서의 IC~VLSI의 현저한 進歩는 컴퓨터産業 發展의 原動力이 되었으나 비록 컴퓨터에 한정된 것이 아니라 온 세계에 큰 영향을 미쳐 오늘날에는 적어도 技術分野에 있어서 IC~VLSI 技術을 무시해서는

새로운 發展을 기약할 수 없게 되었다.

따라서 컴퓨터는 그것에 사용되고 있는 素子에 따라 世代分되어 발전해 왔다고 할 수 있다. 즉, 眞空管式의 第1世代로부터 半導體産業의 誕生과 더불어 트랜지스터式의 第2世代를 거쳐 IC 出現과 더불어 IC式의 第3世代, 나아가 1970年 後半부터 1982년에 걸친 LSI式의 IC와 결합시켜 소위 部品化된 마이크로 프로세서(Microprocessor)를 出現시킨 第3.5世代를 거치면서 오늘날은 VLSI컴퓨터 즉 第4世代 컴퓨터時代에 돌입하였으며 앞으로 1990年代에는 知的인터페이스(Interface)와 知的 프로그래밍(Programming) 機能을 기본적으로 갖춘 第5世代 컴퓨터를 맞이하게 될 추세이다.

특히 第5世代에 있어서는 人間の 눈, 코, 입에 해당하는 機能을 갖춘 컴퓨터가 出現될 것이나 이를 위해서는 더욱 多機能의 情報處理機構를 갖추어야 하니 앞으로는 더욱더 半導體産業, 특히 高集積度의 VLSI 技術의 의존성이 높아질 것으로 본다.

이상과 같이 發展된 컴퓨터의 발자취를 돌이켜 보건대 高集積化된 VLSI의 半導體産業과 같이 컴퓨터産業도 두 방향을 향해 진보해 왔다고 할 수 있다.

원래 컴퓨터回路의 性能은 대별하여 論理와 記憶回路이기 때문에 이들의 개선과 향상을 감안하여 하나의 방향은 종래 별개의 LSI칩으로 실현된 컴퓨터로서의 모든 性能部分 즉, 演算프로그램 메모리, 데이터 메모리, 入出力 인터페이스(Interface), 클럭(Clock) 發生器 등이 5mm 정도의 웨이퍼에 取入시킨 One Chip化에의 방향이며 또 하나의 방향은 集積密度의 증가에 따라 動作速度가 현저하게 빨라진 NMOS 또는 HMOS에 지탱된 高性能 마이크로 컴퓨터에 의한 高速·大容量化 실현에 注力하면서 컴퓨터의 LSI 또는 VLSI化에 박차를 가하고 있다. 다행히도 컴퓨터는 이와 같은 VLSI化에의 好條件을 갖추고 있다. 즉 그 조건은

- 1) 디지털 回路가 주체이기 때문에 비교적 部品の 허용편차를 크게 취할 수 있다.
- 2) 기본적으로 NOR回路뿐으로 論理設計가

가능하기 때문에 回路種類가 적어도 된다.

3) 回路種類가 적기 때문에 同一回路가 대량으로 사용된다.

4) 대량으로 사용되기 때문에 量産化가 가능해지고 저렴화가 기대된다.

5) 基本回路의 結合條件이 量子化되고 있기 때문에 一連의 設計自動化가 가능해져 大型 컴퓨터에 통용된다.

따라서 종래 컴퓨터産業에서 高價品으로 되어왔던 論理回路 素子로서는 結線部分과 SW素子 등이 半導体 IC의 技術에 의해 半導体 모노리틱(Monolithic) IC가 사용되어 低廉化되었고 하이브리드(Hybrid) IC는 大電力의 電流驅動回路나 드럼, 디스크裝置 등의 Read回路, 記入回路 또는 시간적으로 高精度를 요하는 클럭펄스(Clock Pulse)分配回路, 定電源回路 등의 特殊回路에 이용되기 시작하여 半導体産業에서의 VLSI技術의 영향이 컴퓨터의 설계뿐만 아니라 컴퓨터가 이용되는 知的 Flame Work에 까지 혁신이 가해질 단계에 이르게 되었다.

한편 半導体産業에서의 IC~VLSI 技術은 高集積化가 더욱 이루어져 가고 아날로그 디지털 混存技術의 실현 등이 진전되어 감에 따라 앞으로의 VLSI化를 위한 컴퓨터産業의 하드웨어(Hardware)의 技術開發도 모노리틱 칩과의 混成技術과 膜生成技術 등이 모노리틱 VLSI

위에의 膜受動素子の 적용에 대한 混成技術에 살려져 보다 高密度化, 高精度化에의 技術手段으로서 활용되어 나아갈 것이다.

이에는 필수적으로 半導体産業技術에 힘입어야 한다. 참고로 컴퓨터의 半導体産業에의 요구와 그 逆을 表記하면 표3과 같다.

따라서 컴퓨터産業의 하드웨어 개발은 스스로 半導体 製品을 개발할 수 있는 능력을 지녀야 하고 素子에서 시스템에 이르기까지 일괄성있는 製造條件을 갖추어야 할 것이다.

요컨대, 컴퓨터産業의 發展 계보는 이것을 技術적으로 뒷받침 해주는 高度화된 半導体集積度の 결실인 VLSI 技術活用に 의해 메모리, 스위칭 등의 單位價格을 내리면서 디지털화과 分散化를 促進시켜 나아가야 할 것이다.

#### 4. 半導体産業과 컴퓨터의 相扶相助

上述한 바와 같이 컴퓨터의 高機能化, 小形化, 低廉化 등의 요구조건을 타개하기 위해서는 우선 半導体産業에서 VLSI 등에 대해 보다 高集積度の 진전을 실현시켜야 한다.

이를 위해서는 더욱더 取率의 향상, 品質均一化 및 TAT(Turn Around Time)가 개선되어야 하나 이에는 VLSI 技術을 導入한 컴퓨터에 의한 自動化가 이루어져야 한다. 원래 VLSI産

표 3. 컴퓨터와 半導体産業에의 상호 要求條件과 適用例

컴퓨터의 半導体産業에의 要求條件				半導体産業의 컴퓨터에의 要求條件	
要求條件	超高速化	高集積化	低電力高耐壓	結晶成長微細加工과 設計作業의 省力化, 効率化, 能率化	生産活動과 그 準備作業의 能率化, 効率化, 省力化
技術	超高速Si bipolar, GaAs FET, 超格子디바이스, MMIC, 光IC	Sub-micron MOS, 3次元構造	高耐壓디바이스, 디지털-아날로그混存 LSI	CAD	CAM
應用	超高速메모리와 프로세서, 超高速 SW LSI	高性能 마이크로 프로세서, 大容量메모리, 画像 Flame메모리, DSP, DFP	Bi-CMOS, 高耐壓디바이스, 音聲合成用 LSI	結晶成長의 시뮬레이션과 自動化, 패턴設計의 自動化, 一括自動設計시스템, 各種 CAD machine	各種 프로세스의 自動化와 CAD machine, 프로세스 in situ체크, 프로세스의 單純化, 一括自動組立시스템

業 自体가 소프트웨어(Software)에 重点을 둔 하드웨어(Hardware)이기 때문에 複雜多樣하여 이에 따라 精確한 프로세스 制御가 필연 불가피하니 더욱 컴퓨터의 힘을 빌려야 한다.

가령 VLSI用 웨이퍼 處理工程만 하더라도 約 200여 정도의 Sub Step이 있으며 이들 全 스텝에 걸쳐 1~2 $\mu$ m 또는 그 以上의 패턴 集 合을 완벽하게 處理하여야 하므로 사람에 의한 Handing에서 벗어나면서 缺陷 低減과 品質 均一性, 省力化, 效率 向上 및 Quick TAT 등을 위해서도 반드시 컴퓨터에 의한 一括直結形의 自動制御가 필수적이다.

아울러 組立에서 Testing에 이르는 後工程에 있어서도 한장의 웨이퍼는 100~2,000의 칩에 분할되면서 각 칩마다 20~200개소의 Bonding 이 필요로 하게 되어 결국 1장의 웨이퍼에 대 해 約 2만개소의 Bonding이 필요하게 된다.

이와 같이 막대한 數를 취급하는 後工程은 前工程에 대 해 約 3倍의 作業者가 필요함에

따라 사람에 대한 의존도가 強하게 되어 品質 的 不均一性을 초래케 된다.

따라서 後工程도 省力化와 品質 均一化를 위해서도 컴퓨터에 의한 自動化가 필수적으로 된다. 그림 3은 後工程의 自動化에 의한 生産性 向上의 推移를 나타낸 것으로 1970年代의 手動 에 比 해 최 신의 一括 自動組立 시스템에서는 100倍 以上의 生産性 向上이 가능함을 보이고 있다.

따라서 高度화된 VLSI의 生産에는 필수적으로 VLSI 컴퓨터가 활용되어야 하며 결국 VLSI  $\rightarrow$  VLSI 컴퓨터  $\rightarrow$  VLSI 라는 일종의 피이드 백 시스템(Feed Back System)의 순환으로 半 導 体 産 業 과 컴퓨터를 相扶相助시키면서 발전시켜 나아가야 한다.

특히 오늘날 半 導 体 産 業 은 용도를 特殊化시킨 IC인 ASIC(Application Specific IC)의 多 品 種, 少 量 生産과 標準品의 메모리, 퍼스컴 등 的 大量 生産으로 2極 分化되어가고 있는 추세 이므로 우리나라도 이에 대응하기 위해 전략적 으로 디자인 技術인 소프트웨어의 充實化는 CAD/CAM을 통해 이루어져야 할 것으로 본다.

## 5. 結 言

이상 半 導 体 産 業 技術의 發展推移와 이것에 의해 새로운 컴퓨터의 出現에 어떻게 關 連되어 발전해 왔는가의 概況의 一端을 VLSI를 代表 例로 들어 概說하였다. 여하튼 半 導 体 産 業 이나 컴퓨터는 상호간의 特性을 이해한 형태로 有機 的으로 共存하면서 發展시켜 나아가는 것이 甚 要하다고 하겠다.

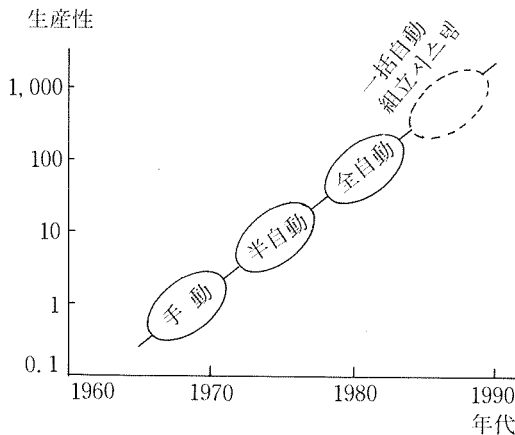


그림 3. 後工程의 自動化에 의한 生産性 向上

