

반도체 산업과 클린룸

자료제공 <삼성종합건설(주) 설비팀>

1. 반도체 기술의 발달

반도체란 1947년 미국 벨 연구소에서 고고성을 울리며 탄생하여 TR→IC→L, S, I→V, L, S, I의 40여년의 역사를 가지고 있으며, 20세기 문명의 성격을 결정지을 정도로 성장, 20세기를 [전자문명시대] 또는 [컴퓨터 문명시대]까지 끌어올리게한 [마법의 돌], [제2의 석유], [제2의 산업혁명]이라 불리우는 집적 회로이다.

제1세대 컴퓨터는 진공관을 사용했고, 제2세대 컴퓨터는 IC (INTERGRATED CIRCUIT)를 사용했으며 V, L, S, I (VERY LARGE SCALE INTERGRATION)를 사용하는 컴퓨터가 제4세대 컴퓨터라고 불린다.

오늘날 우리가 사용하는 컴퓨터들이 대부분 3내지 4세대의 컴퓨터들이다. V, L, S, I는 이제 4MD이 실용화되는 단계에 있지만 반도체의 집적도가 더욱 높아지면 컴퓨터는 고급의 인공지능까지도 가질 수 있게 된다.

현재 이미 일부 실용화된 음성합성이나 시각기능, 외국어번역 기능을 넘어서 컴퓨터 자체가 새로운 사태를 만났을 때 거기서 필요한 내용을 선별하여 받아들이는 학습 기능, 또 자신의 회로에 이상이 생겼을 때 혼자서 그것을 수리하는 자기수복 기능, 고도의 기밀 보호 기능 등을 갖게 한다는 것이 제5세대 컴퓨터의 개발 목표이다.

새로운 차원의 제5세대 컴퓨터는 늦어도 1990년대까지는 개발될 수 있을 것으로 보고 있으며, 이를 뒷받침하기 위한 여러가지의 5세대 반도체들이 집중적으로 개발되고 있다. 따라서 90년대 이후에는 제5세대 컴퓨터가 지금의 제4세대 컴퓨터가 차지하고 있는 자리를 물려받고 다시금 제6세대 컴퓨터를 위한 새로

운 형태의 반도체 (스위치 장치)가 연구될 것으로 보인다.

그러기 위해선 집을 지을 때 땅이 부족하면 고층아파트를 짓는 것처럼 한개의 반도체칩에 집적하는데 한계가 있다면 그것을 입체화해서 집적도를 늘려나간다는 구상이 지금의 반도체를 고층화한다는 아이디어이다.

이런 방법으로 만드는 [적층고밀도 3차원 회로소자 반도체]는 여러층을 쌓아 올리더라도 그 두께를 1/100mm 정도까지 만들수 있어 이 칩이 실용화되면 반도체에 16MEGA BIT까지 집적할 수 있는 것이다.

이것이 90년대를 이끌어나가는 5세대 컴퓨터의 반도체이고 2천년대를 이끌어갈 주역으로 등장하는 6세대 컴퓨터는 현재 [광집적회로]가 유력시되고 있지만 어떤 것이 주역의 자리를 차지할지는 이야기하기가 어렵다.

현재 미국에는 록히드의 우주미사일 사업부를 비롯해 페어차일드, 후레-팩커트, IBM, NATIONAL SEMICONDUCTOR, APPLE COMPUTER, ATARI, INTEL, ADVANCED MICRO, DEVICES, AMERICAN MICRO SYSTEMS, GENERAL ELECTRICS, TEXAS INSTRUMENTS, MOSTEC, MOTOR ROLLA 등의 반도체공장등이 SILICON VALLEY, SILICON PLAIN, SILICON FOREST 등에 위치하고 있으며 IBM과 TEXAS INSTRUMENTS가 선두그룹을 차지하고 있다.

일본에는 선구자인 소니를 비롯하여 도시바, 히다찌, 일본전기, 미쯔비시, 오끼전기, 산요, 샤프 등의 회사가 1953년 소니가 미국의 WESTERN ELECTRIC (WE)로부터 TRANSISTER 기술을 전수받은지 15년만에 기억소자 분야에서 미국을 앞지른 이래 현재는 미국이 일본의 기술이전을 요구하는 역전현상까지 일

어나고 있다. 하지만 전체적인 반도체 수준에서는 아직도 미국이 앞서고 있다.

우리나라는 65년 미국의 KOMG의 한국투자에 의해 합작회사로 세워졌던 [고미산업]이 효시가 되고 74년 미국 ICII사와 합작한 한국반도체가 최초의 반도체 회사이다.

74년 당시에는 비록 외국의 기술 공여였지만 세계에서 5번째의 시계용 L. S. I 생산국이 되었다.

77년에 ICII사의 지분을 삼성이 인수하여 완전히 국내기업화하였고 현재 77년 트랜지스터 개발, 78년 IC 개발, 80년 C-TV용 IC 개발, 82년 64K디램개발(83년 생산), 84년 256K디램개발(85년 생산), 85년 1MEGA디램개발(85년 소량생산), 88년 4MEGA디램을 개발하여 89년말 현재 4MEGA디램 양산 공장을 준공하였다.

그외에는 금성반도체(79년 미국WE사와 제휴), KIET(한국전자 기술연구소 76년 정부출자), 아남산업, 현대전자(83년 출범), 대우(전 대한전선) 등이 반도체산업을 사업목표로 하고 있으며, 삼척산업이 미국의 몬산토와 합작으로 실리콘 반도체의 재료가 되는 실리콘 단결정봉을 생산할 준비를 갖추고 있다.

현재 한국은 외국 선진기술 수준에 이르고 있으며 90년대에 가서는 우리나라도 반도체 선진대국에 들어설 수 있을 것으로 예상된다.

2. 반도체의 가격경쟁 및 기술수준

반도체 산업은 타이밍 산업이라고 일반적으로 일컬어지고 있는데 초기 기술개발, 조기 양산체제 구축 및 세계시장 선점에 따라서 판매 가격에 절대적인 영향을 미치기 때문이다. 어떤 기업이 특정의 반도체를 개발하면 생산 원년에 연구 개발비를 포함한 일부 이익을 상환해야 하는 것이 반도체 산업의 경제이론이다.

일단 제품이 시판되면 다른 기업이 그것을 사서 뜯어보는 것을 방지하는 방법은 아직 없다.

몇년을 걸려서 수십명의 IDEA를 집중시켜 획기적인 반도체를 만들더라도 그것을 절단해서 현미경 사진을 찍게되면 회로 구조가 일목 요연하게 나타날 뿐만 아니라 전문가들이 볼 경우 왜 그같은 형태를 갖게 되었는지를 이해하는 것은 아주 쉬운 일이다.

그다음부터는 약간의 법적인 문제(특허를 냈을 경우)와 그같은 제품을 생산하는 라인의 설치 기간이 필요할뿐 먼저 생산된 반도체를 약간 변형시켜 만드는 데 별 어려움이 없다.

이 경우 나중에 만드는 회사는 개발비가 들지 않았으므로 제품을 훨씬 싼값에 시장에 내놓을 수 있는 유리한 입장에 서게 되는 것이다.

즉 어떤 종류의 반도체가 총10만개가 시장에 나왔을 때의 가격이 1천원이라고 가정할 때 20만개가 출하된 시점에서는 대략 720원이며 40만개가 되었을 때는 520원등의 단계를 밟으면서 제품가격이 하락한다.

일본의 경우 반도체 산업은 과거 10여년간 매년 30% 정도의 성장을 계속해 온 것이 사실이고 미국에서도 성장산업인 것만은 틀림없다.

결승점이 없는 생사를 가름하는 경쟁이 끝없이 지속되는 것이 반도체산업의 특성이다. 그래서 이미 선두에 선 기업들은 그지위를 계속 유지하기 위해 매출액의 10%에 가까운 연구비를 투입하여 항상 새로운 제품개발에 나서고 있다.

겉으로 보기에 화려한 반도체산업은 내부를 들어가보면 막대한 자본금, 시설투자, 인력확보, 신제품개발, 판매전, 보안유지 등 하나라

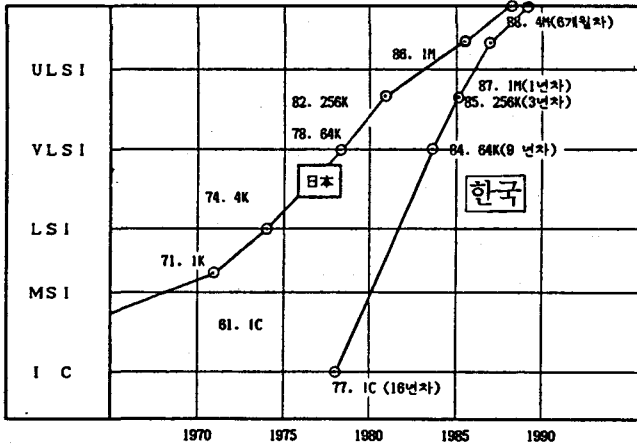
반도체 기술의 발달

ITEM	1970	1975	1980	1985	1990
고 집 적 화	256K	4K	16K	256K	
WAFER	3INCH	4INCH	5INCH	6INCH	6.8INCH
구 경 폭	10u	6u	4u	1.5u	0.8u
선	0.8u	0.6u	0.4u	0.25u	0.15u
제 거 대 상					
면 지					
면 지 숫 자	1,000이하	100이하	10이하	1이하	
생 산 형 태	노동	집약형	수작업	장치산업	로봇화

도 소홀히 할 수 없는 여러가지 어려운 짐을 지고도 앞으로 나아가야만 되는 그런 운명을 지니고 있다.

그러면 일본과 한국의 반도체 기술수준의 변천과정 및 세계 반도체 상위 기업의 매출액 순위 등 상세한 내용을 살펴보기로 한다.

한국 반도체 기술수준



세계의 반도체 상위 20대 기업

1990. 2. 7일자 중앙일보 자료

순위 (89년)	회사명	국적	매출액 (백만\$)	시장점유율 (89년 %)	(88년) 순위
1	NEC	일본	4,964	8.9	1
2	도시바	일본	4,889	8.8	2
3	히타치	일본	3,930	7.0	3
4	모토롤라	미국	3,322	5.9	4
5	후지쓰	일본	2,941	5.3	6
6	T I	미국	2,787	5.0	5
7	미쓰비시	일본	2,629	4.7	8
8	인텔	미국	2,440	4.4	7
9	마쓰시타	일본	1,871	3.4	9
10	필립스	네덜란드	1,690	3.0	10
11	NS	미국	1,618	2.9	11
12	롭슨	프랑스	1,301	2.3	12
13	삼성	한국	1,284	2.3	18
14	샤프	일본	1,230	2.2	15
15	저멘스	독일	1,194	2.1	20
16	산요	일본	1,132	2.0	14
17	오키	일본	1,125	2.0	17
18	AMD	미국	1,082	1.9	13
19	소니	일본	1,077	1.9	16
20	AT&T	미국	873	1.6	19

3. 미래의 반도체산업과 클린룸

1) 미래의 반도체 산업

반도체나 컴퓨터의 궁극적인 목표는 언제나 「보다 작게」, 「보다 빠르게」, 「보다 적게」를 고수하고 있으므로 차세대 반도체도 이런 조건을 만족시키는 범위에서 찾아지고 있다. 보다 작게 하기 위해서는 한개의 칩위에 수억개의 스위치를 집적시킬수는 없는가, 작동속도를 빠르게 하기 위해 지금의 나노(NANO : 10억분의 1초) 및 수백피코(PICO : 1조분의 1초) 단계에 와 있는 속도를 한자리의 피코초 단위까지 끌어 내릴수는 없는가, 소비전력도 지금의 제품에서 수천분의 1이하로 줄이는 방법은 없을까 등이 연구의 핵심이 되고 있고 일부 반도체는 시험적인 제작과 실험을 거치고 있다. 차세대 반도체로 주목이 되고 있는 소자를 몇가지 요약해 본다.

3차원 회로소자

3차원 회로소자란 지금의 실리콘 소자인 VLSI를 초고층화 한다는 것이다.

집을 지을 때 땅이 부족하면 고층아파트를 짓는 것처럼 한개의 칩에 집적하는데 한계가 있다면 그것을 입체화해서 집적도를 늘려간다는 구상이다.

기억기능 3차원 회로소자에는 대략 16MEGA (1천6백만) BIT까지 집적할 수 있으며 64K BIT에 비해 무려 250배의 집적도를 갖는 것이다.

갈륨, 비소(GA, AS)소자

이미 30여년 전부터 반도체의 재료로 거론되어온 갈륨, 비소 화합물 반도체는 광소자로도 쓰인다 다양한 성질을 갖고 있다.

실리콘의 단점을 보완한 새로운 재료로 각광을 받고 있는 갈륨, 비소가 갖는 장점은 전자의 이동속도가 빠르며, 소비전력이 적게 들어 전력절약의 효과가 크며, 고열이나 우주선 등과 같은 환경 변화에도 강한 내성을 갖고 있고, 고출력일때 잡음이 적다는 것이다.

그러나 갈륨, 비소 소자의 재료는 지금의 실리콘 단결정에 비해 10배이상 비싸며 집적도를 높이기가 상당히 어려운 단점이 있다.

조셉슨 접합소자(초전도)

조셉슨소자는 금속이 극저온에 가까워졌을때 나타나는 초전도 성질을 이용하는 스위치 장치이며 수온을 영하 273도 근처까지 온도를 낮추주면 전기적인 저항이 0에 가까워진다는 사실이 밝혀졌고, 초전도란 이치

림 격차가 없고 전자가 쌍을 지어 충돌 없이 지나가므로 속도에서 빠르고 열 손실도 없다.

이같이 금속의 초전도를 이용해 실리콘과 다른 스위치 작용이 가능하다는 이론이다.

조셉슨소자는 실용화시킬 경우 사방이 10cm 인 메인프레임(중앙연산장치 메모리등)을 만들 수 있고 기억용량은 1억2천8백만 BIT, 1초 동안에 7천만개의 명령을 처리하는 초고성능 컴퓨터가 될 수 있다.

그러나 조셉슨소자의 가장 어려운 문제는 섭씨 영하 269도의 헬륨액체 속에서만이 작동하는 조셉슨소자가 실내용도에서 어떻게 될 것이냐는 문제이다.

광집적회로(Integrated Optics)

현재 연구중인 광집적회로는 갈륨, 비소를 기판으로 한 반도체에서 나오는 레이저광을 외부에서 신호를 주어 조절, 스위치의 역할을 갖도록 해보자는 것이다.

외부에서 전압을 걸어 주었을 때 도파로의 굴절을 변화는 그곳을 통과하면 레이저가 하나로 합치기도 하고 다시 둘로 나뉘어서도 갈 수 있다는 것으로 1과 0으로의 해석이 가능해 컴퓨터소자로 쓸 수 있다는 것이다.

레이저광은 마이크로 정도이며 파장이 짧아 부품의 크기를 극소화시킬 수 있는 잇점이 있으나 현단계에서 광집적회로는 너무나 많은 문제점을 안고 있다.

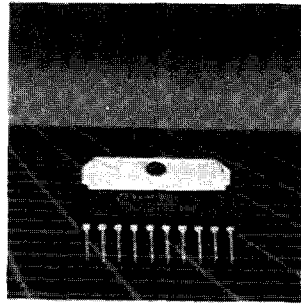
바이오칩, 분자컴퓨터

바이오칩(BIO-CHIP : 생체소자)이나 분자컴퓨터(MOLECULAR ELECTRONIC DEVICE COMPUTER)는 생명을 갖는 생체나 유기물질인 단백질, 화학적인 분자운동을 스위치의 재료나 컴퓨터의 회로소자로 사용해 보자는 발상으로 재료면에서 전혀 차원이 다른 것이다.

예를들면 단백질분자를 이용한 칩의 제조로써 우리의 혈관속에 있는 적혈구분자는 동맥을 통해 갈 때는 산소와 결합되어 있고 정맥으로 돌아올 때는 산소로 분리된 상태를 유지한다.

헤모글로빈도 단백질이므로 위의 예에서 보는 것처럼 헤모글로빈과 산소가 결합된 상태를 0이라고 보면 훌륭한 스위치가 될 수 있다는 것이다.

분자레벨의 소자가 개발된다면 컴퓨터의 개념은 완



전히 바뀌게 되며 소자가 되는 단백질 등을 아주 값싸게 양산할 수 있으며, 실리콘 반도체와는 달리 단백질 분자의 칩은 1cm³안에 1백조 ~ 1천조 비트의 정보를 집어넣을 수 있으며, 분자내에서의 원자나 전자의 이동이므로 이동거리가 짧아 실리콘 반도체회로의 작동

속도보다 1백~1천배나 빨라진다는 잇점이 있으나, 아직은 출발단계에 지나지 않고 이론은 가능하지만 실현까지는 아직도 오랜시간과 연구가 요구되고 있다.

2) 미래의 반도체 클린룸

급변하는 반도체의 신기술 개발과 반도체 산업의 발달에 따라 반도체공장 CLEAN ROOM의 조건은 급속도로 LEVEL-UP되고 있으므로 건설분야의 신기술에 대한 연구개발과 건설현장 관리체제의 혁신에 고삐를 늦출수가 없는 현실이다.

향후 작업원이 FAB AREA에 출입하지 않고 원·부자재의 반입에서부터 제품출하까지 자동화 즉, 무인화가 요구되고 있다. 이는 FAB AREA에 출입하는 작업원 자체가 PARTICLE 발생요인이 될 수가 있기 때문이다.

고집적회로의 반도체와 차세대 반도체가 한차원 높은 단계로 개발이 되어 현실화됨에 따라 고정정파 미진동의 클린룸이 요구되고 있기 때문에 CLEAN ROOM 기자재의 PACKAGE화, 특수내장 재료의 개발 및 표준화, 무정전 내장재료의 개발, 특수공조 SYSTEM의 개발, 성에너지화, 자동화에 획기적인 연구개발이 필요하다고 본다.

차세대 반도체는 「보다 작고」, 「보다 적고」, 「보다 빠르게」를 지향하기 때문에 원자나 분자두께의 옹그스트롬 단위(1억분의 1cm)의 회로를 형성하기 위한 반도체 CLEAN ROOM 공장은 지하 수십미터에서나 가능하게 될지도 모른다.

또한 초전도에서 발견된 초격자 반도체가 현실화된다면 초진공(공기가 1조분의 1밖에 안 섞인 상태)인 우주공간에서만 생산이 가능하다는 연구발표가 있었던바, 2천년대초에는 우주관광을 할 수 있듯이 우주공간에 반도체 공장을 건립하게 될 것이다.