② 한국 반도체의 역사

세계 반도체 역사를 다시 쓴다

글 | 최양규 _ KAIST 전자전산학과 교수 ykchoi@ee.kaist.ac.kr

전세계적으로 하루 동안 생산되는 트랜지스터의 개수는 몇 개나 될까? 대략 1천조 개 정도가 전 세계 반도체 공장에서 생산되는데, 은하수에 있는 별보다 250배나 많은 숫자이다. 인간이 하루 동안 생산하는 단일품목으로 가장 많은 숫자이고, 이것은 반도체 대량 생산 기술에 의해서 가능하다. 현재와 같은 반도체 모습으로 발전하였던 반도체 역사를 세계적인 흐름에서 간략하게 살펴보고, 한국 반도체의 태동, 성장, 성숙기의 관점에서 단계별로 살펴본다.

미, 일본 견제 위해 한국에 반도체기술 이전 묵인

1947년 미국의 존 바딘, 월터 브래튼, 윌리엄 쇼클리는 고체 상태인 게르마늄 기판 위에 반도체 소자의 근간이 되는 최초의 트랜지스터를 만드는데 성공하였고 이 업적을 인정받아 1956년 노벨 물리학상을 공동으로 받았다. 트랜지스터란 트랜스퍼와 레지스터가 합쳐진 합성어이다. 3개 이상의 전극을 가지고 있으며, 전극에 가해진 전압에 따라서 전류를 흘려주기도 하고 끊어주기도 하는 스위치 기능을 하거나 아주 작은 크기의 신호를 크게 만드는 증폭기 기능을 한다. 주변에서 볼 수 있는 전자 기기나 통신 기기는 대부분 집적된 트랜지스터로 이루어져 있다.

고체 상태의 트랜지스터는 전통적인 진공관을 대체하여 오늘날 IT 기술을 필두로 사회, 문화, 경제 전반에 혁명적인 변화를 가져왔다. 과거의 진공관은 높은 진공 속에서 금속을 가열할 때 방출되는 열전자를 전기장으로 제어하여 정류, 증폭 등의 특성을 얻을 수 있는 유리관으로 크기, 전력 소모, 동작속도 면에서 현재의 트랜지스터와는 비교도 안 될 정도로 성능이 뒤떨어진다. 트랜지스터의 발명은 기체 상태의 소자가 고체 상태로 바뀌는 역사적인 사건이다.

이후 1958년 미국의 잭 킬비에 의해 고체상태의 게르마늄 기판 위에 여러 가지 전자소자를 집적한 최초의 집적회로가 개발되었다. 그가 발명한 집적회로 기술 때문에 집채만한 크기의 컴퓨터를 휴대할 수 있는 손바닥 크기로 줄일 수 있게 되어 현대기술의 핵심인 마이크로일렉트로닉스가 탄생할 수 있었다. 그는 이 업적으로 2000년 노벨 물리학상을 받았다.

1947년 트랜지스터 발명 이후 미국은 사실상 반도체 산업의 종주국이었다. 그러나 냉전시대에 미국은 반도체 기술의 군사적인 응용에 역점을 둘 수밖에 없었고, 민간 소비자를 위한 가전과 같은 소비재 부문 응용기술 개발은 상대적으로 위축되었다. 2차 세계대전 패전 후 전후 복구에 열을 올리던 일본은 미국이 집중하지 않은 민간 소비재 부문에 집중하여 반도체 부문의 중흥기를 맞이할 수 있었다. 일본의 반도체 중흥기에 결정적인 기여를 한 또 다른 외부 환경으로는 1949년 미국 법무부의 AT&T에 대한 반독점 금지 판결을 들 수 있다. 외부로의 기술 개방이 가능해져 외국 기업들도 기술료를 지불하면 자유롭게 쓸 수 있게 된 것이다.

소니를 필두로 일본 업체는 휴대용 트랜지스터 라디오를 개발하고 LCD TV의 시제품을 개발한 미국의 RCA를 추월하여 샤프와 세이코는 상용화된 LCD TV를 시장에 먼저 출시하였다. 반도체 기술을 이용한 일본산 가전제품은 빠른 속도로 미국 시장을 잠식해 들

어갔고, 엎친 데 덮친 격으로 1985년 세계 반도체 시장의 불황으로 미국은 큰 피해를 보게 되었다. 결국 미국은 일본에 미 · 일 반도체 협정 체결을 강요하여 그 뜻을 이루었으나 큰 실효는 거두지 못했다. 한편으로 미국은 일본의 반도체 기술을 견제하기 위해 한국에 반도체 관련 기술 이전을 묵인했고 한국 반도체 산업은 전환기를 맞이할 수 있게 되었다.

1990년 소비에트연방 붕괴로 미국은 국방과학 기술에서 민간 소비재 기술 개발에 박차를 가할 수 있는 전환점을 맞이하게 되었다. 때맞춰 반도체 기술의 응용분야가 가전에서 컴퓨터로 이동하고 메모리 시장보다 마이크로프로세서와 같은 비메모리 시장의 빠른 성장이 이루어졌다. 미국 국방부는 미국 내 반도체 산업 육성을 위해 반도체 제조 기술 컨소시엄인 SEMATECH 설립을 지원하여 1990년대 이후 반도체 기술과 시장을 견인하도록 계기를 마련해 주었다.

경제 여건에 최적 산업으로 판단, 집중 투자

한국 반도체 산업은 1965년 미국 기업이 반도체 포장 및 조립 등을 저임금 국가로 이전하면서부터 시작되었다. 당시의 반도체 포장 조립 기술은 세세한 수작업으로 이루어져서 많은 인력이 필요했는데, 값싼 노동력과 숙련된 기술을 가졌던 한국이 적합했었다. 1970년대에 정부는 상공부에 전자공업과를 설치하고 전자공업 육성자금으로 체계적인 지원을 시작하였다. 정부는 또한 전자통신연구소(ETRI)를 설치하여 반도체 산업 육성을 간접적으로 지원하기 시작하였다.

당시 국내 반도체 산업은 선진국의 첨단기술을 모방하기 위해 완성된 칩을 위층에서부터 아래층으로 하나씩 떼어 내서 기술 분석을 하는 리버스 엔지니어링 수준에 머물고 있었다. 반도체기술 자립화를 위해 정부는 1985년 '반도체산업 종합육성계획'을 발표하고 ETRI를 총괄기관으로 삼성전자, 현대전자(2001년 LG 반도체와 합병 후 하이닉스로 개명), 금성반도체 (1995년 LG반도체로 개명)가 참여하는 공동연구를 지원하기 시작하였다. 정부와 반도체 업체 간의 공동기술 연구로 1989년 일본에 몇 개월 밖에 뒤지지 않은 4M DRAM 개발, 일본과 기술 격차가 거의 없는 16M DRAM 개발, 1992년 세계 최초로 64M DRAM 개발과 같은 비약적인 발전을 이루었다. 이 연구 개발 사업으로 현대 전자와 금성반도체는 세계 10위권 안에 드는 주요 DRAM 공급자로 부상하고, 삼성전자는 업계 선두의 확고한 발판을 마련할 수 있게 되었다.

1974년 한국의 반도체 사업은 단순한 포장 및 조립 기술을 탈피하여 미국 ICII사가 설립한 '한국반도체'라는 회사에 의해 시계용 CMOS 반도체 칩 생산을 위한 웨이퍼 가공이 시작되었다. 한국반도체는 반도체 산업의 특징 중의 하나인 동종업체간의 치열한 가격 경쟁 때문에 파산위기에 몰리게 되었고, 1978년 삼성그룹으로 합병되고, 이후 삼성전자로 통폐합되어 한국 반도체 산업의 본격적인 발달이 시작되었다. 한편 1979년 럭키금성 그룹이 대한전선의 반도체 사업부를 인수하고 미국 AT&T와 합작하여 금성반도체를 설립하였고, 1983년 현대그룹도 현대전자를 설립하게 됨으로써 한국 반도체 산업의 중흥기의 토대가 마련되었다.

이 당시에 2차 오일쇼크가 세계 경제를 강타하게 된다. 한국과 마찬가지로 석유가 나오지 않는 일본이 오일 쇼크의 충격을 크게 받지 않는 점에 재계와 정부는 주목했고, 그 한가운데는 첨단기술에 의한 반도체 산업이 큰 역할을 하였다는 것을 알게 되었다. 또한 반도체 산업은 재료비 비중이 낮고 핵심 인적자원에 크게 의존하는 업계 특성과 당시 한국 경제의 여건과 국민성에 최적인 산업으로 판단되어 한국 정부와 재계의 집중적인 투자가 이루어지기 시작했다.

시장규모 큰 DRAM에 집중, 세계 반도체 기술 선도

1983년 삼성전자는 경기도 용인 기흥에 반도체 전용 공장을 설립하고 자체 기술로 64K DRAM 개발 성공을 발표하였다. 한국의 본격적인 DRAM 시대가 열린 것이다. 이후 1984년 256K DRAM, 1986년1M DRAM, 1988년 4M DRAM, 1989년 16M DRAM, 1992년 64M DRAM, 1994년 256M DRAM, 1996년 1G DRAM 개발 성공으로 이어졌다.

DRAM은 한 개의 트랜지스터와 전하 저장을 하는 한 개의 커패시터로 이루어진다. 저장된 전하는 쉽게 손실되어 재생 과정이 필요하여 'Dynamic'이라는 이름으로 불리고, 데이터를 저장할 때 각각의 메모리 위치에 처음부터 순서대로 진행하지 않고 어떤 위치라도 직접 'access'하여 저장할 수 있기 때문에 'Random Access'라는 이름으로 불린다. DRAM은 주로 컴퓨터의 주기억 장치에 이용되고, 마이크로프로세스 내에 탑재되어 캐시 메모리로 주로 쓰이는 빠른 동작 속도를 갖는 SRAM(Static Random Access Memory)은 전원이 공급되는 한 재생과정이 필요하지 않아 'Static'으로 비교되어 불린다.

돌이켜 보면 한국 반도체 산업은 몇 개의 중요한 선택의 기로에

서 있었다. 초창기에는 주문형 반도체와 메모리 반도체라는 갈림길이 있었다. 한국 반도체 산업체는 메모리 반도체 집중이라는 선택을 하게 되었고, 그 결과로 한국 반도체 업체의 생산 구성이 메모리 대 비메모리 비율이 87:13이 되고, 세계 반도체 업체의 평균인 21:79 와 비교할 때 심한 불균형 상태가 초래되었다.

한국 반도체 업계는 두 가지 이유 때문에 메모리 반도체에 대한 집중이 해외 의존형 불균형 성장 전략임에도 불구하고 최적의 선택이라고 판단하였다. 첫째, 반도체 기술 종주국인 미국이 유일하게 일본에 뒤지는 것이 메모리 분야이고 이 분야는 원천기술 못지않게 생산 기술에 크게 의존한다는 사실이다. 둘째, 주문형 반도체는 충분한 설계 기술, 표준화 기술, 공정 기술을 확보하지 못하면 생존할 수 없기 때문에 후발 업체로서는 메모리 반도체에 집중하는 것이 타당하였다. 이후 메모리 반도체 내에서도 DRAM과 SRAM 중 어떤 선택을 해야 하는가에 대한 기로에 섰을 때 한국 반도체 업체는 DRAM 분야에 집중하였다. SRAM은 제품이 다양하고 후발업체의 시장 진입이 상대적으로 쉬웠으나 결정적인 문제는 그 시장 규모가 DRAM의 절반에도 미치지 못했다. 후발업체 여건상 공장 가동률을 극대화하고 재투자를 위한 재원 충당을 위해서는 시장규모가 중요한 판단 기준이 될 수밖에 없었다.

1980년대 후반 DRAM 분야에서 국내 반도체 업계는 또 한번의 선택의 기로에 서게 된다. DRAM을 이루고 있는 커패시터의 3차원 구조로 웨이퍼에 구멍을 파는 트랜치형과 탑처럼 쌓아 나가는 스택형에 대한 선택이었다. 결과적으로 국내 반도체 업체가 선택한 스택형 구조가 탁월한 판단이었으며, 이를 통해 해외 경쟁 업체의 추격을 따돌리고 업계 선두를 차지하는 결정적인 전기를 맞이하였다. DRAM과 SRAM이 전원이 꺼지면 저장된 정보가 사라지는 문제가 있는데, 플래시 메모리 소자는 전원이 꺼진 상태에서도 저장된 정보가 손실되지 않는 장점이 있어 MP3 플레이어, 디지털 카메라, PMP, PDA 등과 같은 개인용 휴대용 단말기에 널리 쓰인다.

1990년대 후반 국내 반도체 업체는 NOR형(프로그램 수행이 가능한 코드형 메모리)과 NAND형(데이터 저장만 가능한 메모리) 플래시 메모리에 대한 또 한번의 선택의 갈림길에 놓이게 된다. 국내 업체의 NAND형 플래시 메모리에 대한 선택은 결과적으로 매우 적절했으며, 이는 MP3 플레이어와 디지털 카메라와 같은 폭발적인 시장 성장에 힘입어 NOR형보다 더 시장 규모가 커졌다는 사실로 입증되었다. 이러한 탁월한 선택으로 DRAM 사업 성공 이후 국내 반도체 업계는 NOR형 플래시 메모리에 집중한 인텔을 시장 점유율에서 앞지르는 비약적인 성장을 하게 된다. 이러한 메모리 분야의 비약적인 성장은 18개월마다 칩의 집적도가 두 배가 된다는 무어의 법칙을 1년마다 두 배가 된다는 황의 법칙에 대한 증명으로 이어져 세계 반도체 역사를 다시 쓰게 되었다.

한국 반도체 산업은 이제 당당하게 세계 반도체 기술을 선도하고, 시장을 견인하게 되었다. 1985년 반도체 산업 침체기와 1997년 외환위기 때 반도체에 대한 투자 축소가 대세였던 세계적인 흐름속에서 오히려 역발상으로 과감하게 투자를 늘린 투자 타이밍, 중요한 선택의 고비 때마다 탁월한 선택과 집중, 정부와 산업체 간의 유기적인 협력으로 마침내 세계 반도체 산업의 주역으로 성장하였다.

리더십, 인재, 정확한 시장 · 기술예측 등이 원동력

삼성전자의 반도체 생산공장 완공의 역사는 현대미포조선과 그 궤를 같이 한다고 볼 수 있다. 배를 사겠다는 선주가 있어야 돈을 빌려준다는 얘기를 듣고 울산 미포만의 백사장 사진 한 장 달랑 들고 선주를 찾아나서 그리스로부터 원유 운반선 두 척을 수주 받아 차관도입을 성공시킨 불가능을 가능하게 한, 업계의 정성을 뒤집는 역발상, 리더의 비전 공유와 강력한 리더십, 엔지니어의 지칠 줄 모르는 노력 측면에서 그렇다. 반도체 업계 정설은 반도체 생산공장 건설에 통상 18개월이 소모되는데, 이병철 회장은 6개월 만에 완성하라는 지시를 했고, 엔지니어들은 24시간 휴일 없이 열심히 일했다. 반도체 공정 장비는 먼지, 진동과 같은 외부 환경에 민감하기 때문에, 공장 반입시 피해를 최소화하기 위해 4km의 비포장도로 구간을 반나절 만에 포장하고, 거대한 선풍기로 말렸다는 일화는 유명하다.

강력한 리더십, 시작점과 끝점을 찍고 불합리한 목표 임에도 불구하고 일직선으로 앞만 보고 달려가서 그 목표를 완수하는 저돌적인 추진력, 뛰어난 인재와 이들의 헌신적인 노력, 정확한 시장 및 기술 예측과 투자시기에 대한 적절한 판단이 오늘날 한국 반도체 산업의 원동력이다. 고려 및 조선시대에 점토 및 실리카를 이용한 도자기 기술은 세계 최고 수준이었다. 현재에 와서 다시 한번 점토와 모래에서 추출한 실리콘으로 세계 반도체 산업의 리더로서 우뚝 선 한국 반도체 산업의 위상이 과거의 역사에서 유래되었다고 생각하는 것은 지나친 논리적 비약일까? ST

글쓴이는 서울대학교 졸업 후 동대학원에서 석사학위를, 캘리포니아-버클리 대학에서 전자공학 박사학위를 받았다.