

반도체 기술

李 振 孝

(正 會 員)

韓國電子通信研究所 集積回路開發部 研究委員

I. 서 론

반도체 기술은 최근 눈부신 기술혁신을 이루어 고도의 정보통신과 정보처리기술 발전을 가져오고 있으며 그 응용범위는 산업뿐 아니라 사회, 공공분야나 가정 생활에 이르기까지 현대사회의 여러 분야에 확대되고 있다.

이와 같은 반도체 산업은 고도 정보화 사회를 구현하고 발전시키는 데 있어서 원동력이 되는 基幹産業으로 모든 산업의 국제경쟁력 확보유지에 필수적 기능을 담당하며 앞으로 국가발전의 우위를 결정하는 데 關鍵이 되는 戰略産業으로 간주되고 있다.

서기 2000년은 우리 모두의 꿈의 한 지표로 우리의 과학기술계도 각 분야마다 야심적인 계획을 수립하고 있으며, 반도체 정밀전자 분야도 그간의 경험과 성과를 바탕으로 根幹戰略을 설정하고 그 구체적인 계획을 착수하였다. 戰略 또는 路線의 결정은 힘의 결집에 가장 유효하며 관련 조직의 안에 있거나 밖에 있거나, 작업인이거나 아직 배움의 인간이거나 간에 그 전문적 행동의 指向이 될 것이기 때문에 금년들어 파기처가 발표한 「2000년대를 향한 과학기술발전 장기계획」은 그런 점에서 매우 중요한 것이겠다.

본고에서는 이 장기계획을 중심으로 그 주요내용을 살펴보고 内外 기술환경 및 세계 기술 전망과 비교 검토한다.

II. 정보화 사회와 반도체 기술

전자기술 및 대개의 경우가 마찬가지겠지만 여기서도 미래 '정보화 사회' 시대로부터 시작하지 않을 수 없다.

시대에 따라 인간의 역사재료가 달라지고 그의 사회적 생활양식도 변화한다. 그리고 그 밑바탕에는 '기술' 변혁이 있었다. 인간의 자연역사를 통해서 보더라도

도구의 사용, 농경의 시작, 그리고 근세에 이르러 원동기에 의한 기계문명시대의 전개등에서 이를 확인할 수 있다. '기술'은 바로 '인간의 존재양식'이라 할 수 있다.

기술변혁은 시대가 지남에 따라서 기하급수적으로 가속화하는 양상이며, 人智의 발달 및 인구수와 밀접한 관련을 가진다. 人智는 文字의 발명으로 축적되기 시작하고 인간의 논리적 사고능력에 비약적인 발전을 가져오고 있으며, 인구의 증가는 文明의 生産力을 기하급수적으로 증가시켰다. 이러한 과정에서 근대 과학 문명의 발전에 기틀이 된 '유클리드 기하학'이 탄생하여 인간의 과학은 더욱 조직적으로 성장 발전하여 오고 있다. 근대 서구 과학문명은 이 '유클리드 기하학'의 연장선에 다름 바 없으며 그것은 과학의 방법론을 아주 훌륭히 마련해줬던 것이다.

기술의 발달은 '산업혁명'에 의한 '기계문명'으로 하여 인간은 막강한 '힘'(육체능력)을 가지게 되고, 그 '힘'에 상응하는 만큼 또한 인구를 증가시켜 소위 '대중사회' 시대가 열린다. 기계문명에 의한 대중사회의 확대는 금세기 들어 새로이 사회관리의 한 위기를 맞게 되는데, 대량 인구와 폭주하는 정보 및 자료처리라는 전통적 관리수법으로는 도저히 감당하기 어려운 사태로 진전되었다.

이 같은 상황에서 전자공학적 발전에 의한 "디지털" 기법의 등장은 이에 한 기술적 돌파구를 열어준다. 기실 전자공학학문 추세속에서 "디지털" 기법의 등장은 저 '유클리드 기하학'만큼이나 중요한 것이겠다. 그리고 그것이 수학자의 손에 의해 이루어진 것도 전혀 의외만은 아니다. "디지털" 곧 量子化의 기법은 전자공학적 트랜지스터 증폭기와 만나 자연의 물리적 잡음 특성을 극복하면서 찬란한 정보처리 세계를 열게 된다. "디지털"이 전자공학과 만나 기본 하드웨어의 영역을

이루었다면 “디지틀”과 수학의 결합은 정보처리의 기계, 곧 컴퓨터시대를 열은 것이다. 유클리드 기하학에서 기계문명시대로, 그리고 수학과 논리학의 정보처리 기계시대로 이어진 것이다.

디지틀 정보처리는 반도체 집적회로 기술이 열리면서 비로소 오늘날과 같은 ‘정보화 시대’의 융성기를 맞게 된다. 반도체, 곧 고체 전자공학(solid-state electronics)은 고체물리학으로부터 파생되어 트랜지스터 발명으로부터 주목받기 시작했다. 그러나 보다 극적인 전개는 트랜지스터 회로의 집적화, 곧 집적회로로부터 시작된다. 집적화 기술은 혁신을 거듭하면서 컴퓨터 등 정보처리기계의 발전을 가져오고 이 정보처리 기술의 범사회적 확산으로 정보화 시대가 구가되고 있다. 반도체 기술은 오늘도 그 기술혁신을 계속하여 정보화 시대의 핵으로서 미래사회를 개척하는 원동력이 되고 있다.

III. 반도체 산업 전망

반도체는 가전제품에서 우주개발에 이르기까지 그 응용범위가 넓어 고도 정보화 사회로 이행됨에 따라서 반도체의 수요는 계속 증대되어 갈 전망이다. 세계 반도체 시장은 '86년 250억불 수준에서 연평균 20%씩 성장하여 2000년대에는 약 4000억불에 달할 것으로 전망된다. 그중 기억소자는 시장의 약 20~30%를 점유하여 2000년엔 800억불 이상이 될 것으로 보인다.

또한 반도체를 활용하여 부가가치를 높이는 전자제품의 시장도 반도체 기술의 발전에 따라서 급속히 신장할 것으로 보이며 '85년에는 3500억불에서 연 12%의 성장율을 보이고 있는데, 특히 반도체 부품의 비중이 약 20%에 달할 것으로 예측된다. 2000년대에 현재보다 활발한 활용이 예측되는 차세대 소자는 2001년에 전체 반도체 시장의 약 10% 정도가 될 것이다.

이런 거대한 시장을 안고 기술혁신이 지속적으로 이루어지는 경쟁적 성장산업인 반도체 산업은 반도체 기술 개발에 따라 반도체를 사용하는 시스템의 경쟁력을 향상시킬 수 있는 고부가가치 산업의 이익도 함께 추구하는 선진제국들이 그들의 우수한 고급 인력기반으로 전자, 물리, 화학, 금속, 기계, 제어, 컴퓨터, 소프트웨어, 재료, 광학 등 여러 분야의 첨단기술과 고급 기술 인력이 어느 산업보다도 절실히 필요한 기술집약 산업적 성격에서, 그리고 집적도의 향상을 위해서 고도의 정밀성이 요구되는 막대한 설비투자 및 연구개발비를 필요로 하는 장치 산업적 성격에서 그들의 유리한 위치를 살려 전략적으로 참여하고 있다.

표 1. 世界 半導體 市場 需要 展望

(單位: 百萬 弗)

年度 區分	1987	1988	1989	1990	1991	1996	年坪均 增加率 (%)	
							87~91	91~96
半 導 體	38,163	47,346	46,357	55,455	67,908	152,562	18.3	17.6
集積回路	30,498	38,670	37,848	46,105	57,264	135,050	20.3	18.7
記憶素子 (MOS)	7,348	10,033	8,935	11,089	14,055	33,082	23.3	18.7

자료: Dataguest, May 1986

반도체 기술은 최근 수년동안 예상보다 더욱 급속히 발전되고 있으며 특히 미국, 일본 등 반도체 기술 선진국에서는 새로운 반도체 장비 및 재료 등의 발전에 따른 고집적화 기술 혁신이 이루어지고 있다. '87년 현재 1·미의 유수 반도체 업체에선 이미 1 μ m급 실리콘 공정기술을 확보하고 1M DRAM을 개발 생산중이며 동시에 서브마이크론급 4M 및 16M DRAM의 개발 시제품을 발표하고 있다(표2). 이같은 추세에서는 2000년이 되기 전에 0.2 μ m급 선폭의 256M DRAM이 출현될 것으로 보인다.

시스템의 다기능화, 고속화, 저전력화, 고신뢰화, 소형화 및 저렴화를 위하여 최근 시스템의 전용 주문형 VLSI 반도체 기술이 많은 관심을 갖고 발전되어 가고 있다. 특히 종합정보통신을 위한 통신 및 컴퓨터기술 분야의 시스템에 이용되는 반도체는 고속화 추세에 있고 이를 위해 고속회로, 고집적회로, 디지틀 및 에널로그 회로 기능이 동시에 같은 칩에 집적될 수 있는 복합소자 기술이 개발 발전되어 가고 있다. 이러한 혼합 복합형 소자기술 개발을 위해서 고집적 저전력 특성의 0.2 μ m급 선폭의 디지틀 CMOS 소자와 동작주파수가 GHz대를 지나는 초고속형 및 에널로그 특성의 바이폴라 소자를 결합시키는 진보된 BiCMOS 기술이 개발되어 수 백만 이상의 회로요소를 하나의 칩상에 집적시킨 시스템 주문형 반도체가 실현될 것이다.

이와 같은 초고속 다기능 고집적회로를 신속·정확하게 설계 및 시험하기 위해서 실리콘 컴파일러에 의한 자동설계기술과 설계자료광 (design database) 구축, 칩 스스로 자기검사를 할 수 있는 내장형 검사기술이 보완 발전되어 갈 것이다.

2000년대에 활용이 본격화될 것으로 보이는 차세대 소자로는 초고속 화합물 반도체소자, 초격자소자, 3차원(입체) 회로소자, 신기능소자, 초전도성 물질에 의

표 2. 日本 會社別 記憶素子 技術開發 現況 및 動向

會社名	技術開發現況	向後動向
NTT (日本 電信電話 株式會社)	-4M DRAM 開發 -0.7 μ m線幅의 16M DRAM 試製品 開發('87. 1)	-0.5 μ m級의 64M DRAM 基礎研究
마쓰시다(松下) 電子	-0.8 μ m 4M DRAM 開發 ('87. 1 Sample 出荷 豫定) -16M DRAM 技術開發 ('87. 3)	-1M DRAM 製品出荷 豫定
도시바(東芝)	-0.9 μ m 4M DRAM 技術 開發 -1M DRAM 製品出荷 -LSI 設計 自動化 技術開發	
히다찌(日立)	-0.8 μ m 4M DRAM 開發 -1M SRAM 開發 -1M DRAM 製品出荷	
미쓰비시(三菱) 電氣	-0.8 μ m 4M DRAM 開發	-1M DRAM 製品出荷 豫定 ('87)
후지쓰(富士通)	-0.7 μ m 4M DRAM 開發	-1M DRAM 製品出荷 豫定 ('87)
NEC (日本電氣)	-1M DRAM 開發	-1M DRAM 製品出荷 豫定 ('87) -半導體 應用 開發 推進
오끼(神)電氣	-1.0 μ m 4M DRAM 技術 開發	
日本工業技術院 電子技術 總合 研究所	-0.025 μ m 線幅의 超微細 集積回路 形成 技術 理論 的 確立	-1Gbit DRAM 實現 追求

자료 : 電波新聞(日) '87. 2. 24~28
The Computer Vision '86. 12
電子振興 '86. 10, '86. 12, '87. 2

한 조셉슨소자 등으로서 소재 자체의 물성적인 특성으로 인한 제조 공정상의 어려움이 있지만 이에 대한 연구를 통하여 개발되어 질 것이다.

요약하면 반도체산업은 초고집적 반도체 기술을 성장핵으로 기술혁신이 계속될 것이며 이 초고집적 기술의 이용가치개발이 주문형 반도체기술로서 제2의 반도체 혁신을 불러일으킬 것이다. 이의 결과는 고도정보화 사회시대의 추진핵심체로서 그 역할이 가속 본격화 될 것이다. 이를 위해 미세형상 형성기술과 그 장비의 개발, 설계자동화에 의한 설계환경 기반구축, 시스템설계와 반도체기술의 주문형 반도체 기술로의 만남이 주요 관문이 되고 있다.

IV. 우리나라의 반도체 산업

우리나라의 반도체 산업은 '60년대 후반의 태동기, '70

년대 초반의 가능성 확인기, '70년대 후반부터 '80년대 초반기의 육성기, '80년대 후반기의 도약기로 구분된다.

1960년대에는 국내에 진출한 외국 기업들이 가공된 웨이퍼를 들여와서 조립생산을 시작하였으며, 당시 원자력연구소의 실험실에서 처음으로 트랜지스터 제작에 관심을 갖고 시도함으로써 우리나라 반도체 산업이 태동되기 시작하였다.

1970년에 당시 한국과학기술연구소 내에 소규모의 반도체 연구실이 생겨 반도체 공정등의 기초연구를 시작하였고 '74년에 국내 처음으로 반도체 가공 생산업체인 한국반도체 주식회사가 설립되어 반도체 조립생산 형태에서 가공생산으로 전환을 시도함으로써 우리나라의 반도체 산업의 가능성을 확인한 것으로 볼 수 있다.

1976년부터 '85년까지는 우리나라의 반도체 산업이 전자공업의 기간산업으로서 중요성이 사회에서 절실히 인식되어 연구소 설립, 생산시설 확대 및 기술개발을 적극 추진한 육성기라고 볼 수 있다. 1976년에 설립된 한국전자기술연구소를 중심으로 '86년말의 구미 이전 시까지는 당시 한국과학기술연구소 내에서 반도체 집적회로의 기초연구를 수행하였다.

구미 전자공업단지에서 새로운 연구 및 소량 생산 겸용의 반도체 일괄 공정시설을 갖춘 한국전자기술연구소에서 '82년부터 시작된 특정연구사업을 통하여 본격적인 고집적회로의 설계, 공정 및 시험등 기본 기술 개발을 기업과 공동으로 착수하였다. 1982년에는 국내 처음으로 실리콘게이트 NMOS의 32K 및 64K ROM 집적회로의 시험생산이 진전됨과 때를 같이하여 국내 우수기업들이 반도체 대량 생산체제를 갖추기 시작하였고 기술도입과 자체 기술 축적을 통하여 '84년에 64K DRAM, '85년에는 256K DRAM을 개발하여 생산단계에 돌입하였고 '86년에는 1M DRAM의 시제품을 내놓을 수 있었다.

그러나 '80년대에 들어 전략적인 급격한 산업화는 그에 필요한 국내적 기술력바탕이 미흡한 속에 해외로부터의 도입에 의한 것으로서 외면적 화려한 발전 이면에 우리 기술계가 채워야 할 인적 기술적 공백을 크게 남겨주고 있다. 이러한 기반의 확실한 확충없이 계속적인 도약적 성장이 어려울 뿐 아니라 대외적 견제가 작용하기 시작하면 아무런 힘도 갖지 못한다. 2000년을 향하여 치열한 국제간 경쟁을 뚫고 나가려면 기술의 하부구조를 견실하게 하여 자력 성장의 바탕을 마련하고, 이런 구체적인 경험위에서 주요 전략요소를 조직적으로 밀고 나가야 할 것이다. 기술은 결코 추상이 아닌 가장 구체적인 현실이다. 그러므로 산업의 기반

없이는 기술이 나올 수 없고 기술이 산업에 실제로 적용됨 없이는 결코 완전한 현실일 수 없다. 2000년은 이런 구체적인 '현실기술'을 쌓아올려 닿는 세계일 것이다.

국내의 기술수준을 보면 먼저 조립기술은 선진국 수준에 도달 되었으며, 시험 및 분석기술은 제품의 성능검사를 할 수 있는 수준이나, 자체적으로 정밀시험, 분석, 평가를 할 수 있는 개발능력은 미흡하다. 가공기술은 최근 5년간의 집중적인 기술도입 등으로 인하여 생산기술 측면에서는 거의 선진국 수준에 도달하여 가고 있다고 볼 수 있으며, 새로운 개념의 고도의 공정기술 개발측면에서는 그동안 적극추진된 기술개발 등의 결과로 0.8 μ m급의 초고집적 반도체 기술을 자체적으로 개발할 수 있는 능력을 확보하였다고 볼 수 있다.

그리고 설계기술은 아직 상당부분을 모방설계 등에 의존하고 있는 실정이지만 1M급 이상의 기억소자 설계는 자체적으로 수행할 수 있으며 아울러 각 분야에서 서서히 시스템과 연계하여 자체구상에 의한 집적회로 설계기술 개발이 추진되고 있는 단계이다. 설계자동화를 위하여 필수요건인 CAD 시스템 및 그의 소프트웨어에 있어서도 거의 외국에 의존하고 있는 실정이지만 연구소 및 학계에서 이에 대한 기본 기술개발을 추진하여 도면설계 분야등에서는 어느정도 자체적으로 수행할 수 있는 능력을 확보하여 가고 있다.

또한 생산장비 및 재료등 주변 관련기술 측면에서는 선진국의 반도체 고집적화에 따른 형상의 미세화, 웨이퍼의 대구경화등을 행할 수 있는 장비의 개발등이 추진되고 있는데 반하여 우리나라의 경우 아직까지는 대부분 미국, 일본 등으로부터 수입에 의존하고 있지만, 장비의 국산 조립화가 점차 추진되고 있는 단계이다. 한편 산업계의 생산규모가 급격히 확대되므로써 반도체 주변 부품소재의 국산화 노력이 지난 2~3년 동안에 경주되어 왔다. 반도체 리드 프레임용 소재, 세금선, 봉지재의 국산화와 직경 6인치까지의 실리콘 단결정 성장, 가공시설 준공등으로 반도체 생산을 위한 전반적인 국산화율이 급격히 높아질 전망이다.

지난 5년간의 우리나라 반도체 기술은 초기도약단계로서 기술도입 및 기술모방 연구를 통하여 고도의 첨단 반도체 기술분야에서는 선진국과 대등한 수준에서 경쟁할 수 있는 기본기술을 확보하였다. 이를 토대로 지난 해에 대형 국책사업으로 착수된 초고집적 반도체 기술 공동개발을 통하여 독자적인 초고집적 공정기술, 설계기술, 시험기술 및 분석기술을 확보할 것이고 또

한 향후 2년내에 생산성이 있는 4M DRAM의 출현이 예상되며 시스템 성능개선, 원가절감 및 신뢰성 향상을 위한 고도의 고속 통신용 반도체를 비롯한 각종 주문형 반도체 개발에 산·연이 공동보조를 취하므로써 '90년대에는 국내 생산제품에 소요되는 반도체 집적회로가 대부분 국산 공급될 수 있을 것이다.

V. 주요 선진국의 첨단 기술개발 전략

自國의 국력확보라는 차원에서 세계의 주요 선진국 가들이 국력을 집중하여 첨단 기술개발 경쟁에 全力을 競走하고 있다. 제각기 당면한 구체적 위치는 다르지만, 첨단 기술력에 의한 목적지향은 동일하다. 일부는 공세에 있기도 하고 또 일부는 수세에 있다. 잘 알려진 미·일간의 기술개발 경쟁외에도 유럽에서는 태평양시대 도래에 대한 위기감의 작용등으로 범유럽적 국가공동기술 개발계획을 그들의 전통적인 양질의 기술력을 바탕으로 벌여가고 있다.

이 보이지 않는 전쟁, 곧 기술개발 경쟁은 좀더 현실적 구체성을 띠 때 경제·무역전쟁과 또는 더욱 적극적으로 국가 방위력의 고도화에 의한 실력증강이 된다. 그래서 오늘날의 첨단 기술개발은 국력차원에서 경주되고 있다.

기술개발의 선두를 뺏으려는 일본, 세계 최강의 실력유지를 위해 선두를 뺏길 수 없는 미국, 첨단기술개발에 의해 선진국으로 도약하려는 개도국, 세계대권을 태평양에 넘겨줄 수 없는 유럽제국등 제각기 긴박한 자기이익을 위해 기술개발에 열을 올리고 있다.

일본은 고집적 기술등 주로 공정기술을 중심으로 다른 부분으로 확장하는 반면 미국은 고도의 집적회로 설계기술로 시스템산업에 기여하는 데 역점을 두고 있다. 또한 유럽에서는 반도체 기술의 응용확산에 중점이 주어진 주문형 설계기술에서 성과를 나타내고 있다. 이 모두 반도체 기술을 보는 自國의 산업현실을 바탕으로 한 시각임을 알 수 있고, 우리는 이런 다양한 각도를 종합할 때 반도체 산업의 실상을 좀더 정확하게 파악할 수 있고 적극 우리의 기술전략을 펼칠 수 있겠다.

표3에서는 이들 주요 국가별 전략적인 대형 첨단기술 연구개발 계획을 모았다.

1. 미국

막강한 일본세에 혹독히 시달려온 미국이지만 첨단 반도체 기술은 첨단과학기술에 의한 국력의 열쇠가 되므로 정부를 위시하여 국방성·주요 대기업의 연합에 의한 첨단 반도체 기술 개발력 강화에 안간힘을 쏟고 있다.

표 3. 주요 국가의 전략 첨단기술 개발 계획

구분	주 관 부 서	프로젝트 이름	내 용	개 발 비
미 국	국 방 성	VHSIC 계획	<ul style="list-style-type: none"> • Phase 1('81~'84) <ul style="list-style-type: none"> - 1.25μm 공정기술 개발 - 50,000 게이트 수준 - 50MHz 클럭 속도, 25MHz 데이터 속도 • Phase 2('84~'89) <ul style="list-style-type: none"> - 0.5μm 공정기술 개발 - 100,000 게이트 수준 - 100MHz 클럭 속도, 50MHz 데이터 속도 	정부보조금 4.8억불
	SEMATECH (반도체 제조기술 협회)	SEMATECH	<ul style="list-style-type: none"> • 최신 반도체 제조설비 및 시스템 개발 (5사 반도체 제조업체, 3사 컴퓨터 업체) - 64M DRAM 개발 - 4M DRAM 양산기술 확립 • 시험 line 도입을 통한 신제품 제조 기술 실증 	미 전자업계 10억불, 정부기금 지원 10억불
일 본	과학기술용 고속 계산 시스템 기술 개발 연구조합	과학기술용 고속 계산 시스템 개발 계획('81~'89)	• 조셉슨 소자, HEMT 소자 등 (6개사)	정부보조금 230억엔
	신기능 소자 연구 개발협회	차세대산업기술연구 개발 계획	<ul style="list-style-type: none"> • 초격자소자, 3차원회로, 내환경 강화소자 등 개발 (11개사) • Bio소자, 광반응성소자 개발 	정부보조금 250억엔 정부보조금 64억엔
	통 산 성	VLSI 개발계획 ('76~'79) 5세대 컴퓨터 연구 개발계획 ('82~'91)	• 신형 컴퓨터의 VLSI 내장	총 개발비 700억엔 중 291억엔 지원 ('82~'84) 83억엔 지원 ('82~'84)
EC	EC 10개국	ESPRIT 계획 ('84~'93)	<ul style="list-style-type: none"> • Micro Electronics • 정보처리 및 Software 기술 • 공정자동화 및 사무자동화 기술 	13억불 - EC : 50% - 참여기업 : 50%
	프랑스, 영국, 서독 정부	EUREKA PROGRAM	<ul style="list-style-type: none"> • 슈퍼 컴퓨터 (2.9억불) • 차세대 실리콘 IC (11.3억불) • 초고속 GaAs IC (1.6억불) • FA시스템 (1.6억불) • Software (2.3억불) • 지능 로봇 (1억불) 	20.7억불
영 국	정 부 주 관	MISP II ('84~'94)	<ul style="list-style-type: none"> • 디자인 및 공정개발 • GaAs 등 신소재 개발 	1.8억불 지원
		ALVEY PROGRAM ('83~'87)	<ul style="list-style-type: none"> • 5세대 컴퓨터 공동개발 계획 • Software, Man-Machine interface 	4.6억불
		JOERS ('82~'89)	• 광전자공학 합동연구계획	62.5파운드
프랑스		Integrated Circuits Plan ('78~'82)	• MOS 기술, 광기술, CAD 및 전자 BEAM 개발	1.3억불 지원
		Components Plan	• 1 μ m 급 VLSI 개발을 위한 CAD 시스템 확립	4.1억불

일본세에 대하여 국방성이 중심이 되어 VHSIC (very high speed integrated circuit) 프로그램의 제 1 단계('81~'84), 제 2 단계('84~'89)를 진행해 오고 있으나 이 계획을 앞질러 일본등 민간부문에서 그 목표치가 이미 달성됨으로 해서 당초 목적인 만큼의 파급효과는 올리기 어렵게 되었지만, 이 프로그램에 의

한 결과물이 전략방위용 최신장치에 적용되고 있음은 고도기술과 국가 안보력과의 관계를 직접적으로 보여준다. 그러나 이 대규모의 일괄 연구개발사업으로 설계 방법론, 포장기술, 초고속 IC 시험장치개발 그리고 차세대 미세형상 형성기술에 대한 실제 경험등의 큰 성과가 있었고 현재의 반도체 기술 위치에도 크게 기여하고

있는 것으로 보인다.

올해 초에는 좀더 민간부문 대기업이 중심되어 SEMATECH라는 공동연구가 결성되고 정부가 이를 적극 지원하여 첨단 반도체 기술개발에 전략적으로 사업을 추진하고 있다. 그 목적내용은 4M DRAM 양산기술과 64M DRAM 개발을 목표로 하며 최신 반도체 제조설비, 시험제작라인 및 시스템 개발까지 일괄하고 있다. 특히 미국 5대 반도체 제조업체인 NS, TI, 모토롤라, 인텔, AMD사 외에 대형 컴퓨터 업체인 IBM, DEC, HP사가 참여하고 있는 것이 주목된다. 소요재원은 참여업체와 정부가 절반씩 각 10억불 규모를 출자할 것으로 보인다.

2. 일본

반도체 부문을 필두로 미국 및 세계에 대해서 대단한 첨단 기술개발 공세를 펼치고 있는 일본은 고집적 반도체, 5세대 컴퓨터, 신소재등 여러 방면으로 이미 성과를 거두고 있다. 특히 고집적 반도체 부문은 이미 선두자리를 굳히고 자신감을 보이고 있다.

실리콘 반도체는 산업기술로 분류하여 주요 반도체 업체 스스로 善戰하고 있다. 전문적 연구부문에서는 차세대를 향한 기반기술에 보다 광범위한 연구력이 투입되고 있다. 무엇보다도 일본은 광범한 연구인력의 기반이 존재한다는 점이다. 산업계 및 전문 연구기관의 규모도 크지만, 학계가 첨단 기술개발에서 훌륭히 후방의 역할을 다하고 있다.

이들의 국책연구사업은 오늘날의 세계적 거대 첨단 기술개발 계획의 시발점이 되고 있을 정도로 다양하고 그 수행이 모범적이다.

3. 유럽

전통적으로 양호한 그들의 기술력을 바탕으로 EC 국가가 연합하여 ESPRIT 계획, EUREKA 프로그램 등을 추진하고 있다. 안보·통신등 우주개발에서 첨단 반도체 기술개발까지의 종합적인 계획인데, 내용을 보면 첨단기술의 이용실체에 보다 관심이 집중되어 있다. 즉 반도체 기술부문을 보면 설계방법론에 집중적 노력이 가해져 상당한 성과가 나타나고 있다.

EC 10개국에 주관하고 있는 ESPRIT 계획('84~'93)과 프랑스·영국·서독 공동의 EUREKA 프로그램이 국가공동으로 진행되고 있고 그 내용은 첨단 반도체 기술을 핵심으로全般 정보화 기술과 자동화 기술이 포함되어 있다.

영국에서는 또한 정보과학기술분야 종합연구계획인 ALVEY 프로그램과 광전자공학 계획인 JOERS를 추진

하여 첨단 과학기술 개발노력을 강화하고 있다. 특히 영국의 연구사업은 그 세부 연구과제의 편성에 산업계와 함께 반드시 몇개 대학이 포함되어 사업수행의 두뇌源으로써, 그리고 첨단 과학기술 인력의 육성에 매우 효과적으로 역할하고 있는 점이 돋보인다.

VI. 우리나라에서의 반도체 기술 개발전략

우리나라의 반도체 산업은 256K DRAM의 양산수출에 이어 1M DRAM의 시제품을 개발하고 양산화 기술을 개발중에 있으며, 초고집적 반도체 기술의 공동개발로 선진국과의 격차를 좁혀가고 있다. 지금까지의 반도체 기술을 바탕으로 국내 잠재력을 효율적으로 투입할 경우 미래에는 선진국과 대등한 경쟁단계까지 발전할 수 있을 것으로 기대된다. 이에 따라 시장의 소량 다품종화에 대비한 설계기술의 고도화, 선진국의 기술 보호주의에 대비한 반도체 개발장비의 생산기술 확립, 고집적 다기능 반도체 개발기술등이 앞당겨 확보해야 할 과제로 대두된다.

과거처의「2000년대를 향한 과학기술 장기발전계획」⁽¹¹⁾에 의하면 이를 위해서 현재 보유한 국내기술을 기반으로 하여 최첨단 수준에도달 가능한 분야, 반도체 산업의 부가가치를 향상시키고 국제 경쟁력을 높일수 있는 반도체 관련 지원기술분야, 다음 시대에 본격활용이 예상되는 미래지향적인 기술분야에 대한 중점 추진과제를 도출하고 이들을 고집적 반도체 기술, 주문형 반도체 기술, 반도체 소재 및 소자기술, 생산지원 기술로 분류하였다.

다음은 같은 곳⁽¹¹⁾에서 나타난 반도체 기술분야의 장기 계획 내용이다.

1. 고집적 반도체기술

먼저 고집적 반도체 기술은 기억소자등 모든 반도체 제품의 생산성 향상에 기반이 되는 핵심기술로서, 그동안 256K DRAM의 생산과 1M DRAM의 연구개발 등을 통하여 축적된 기술을 바탕으로 최첨단 고집적 반도체 공정기술을 확보하는 목표이다.

이를 위해 제 1 단계('86~'91년)에서 4M DRAM 개발생산 및 16M DRAM 기술개발, 제 2 단계('92~'96년)에서는 64M DRAM 기술개발, 제 3 단계('97~2001년)에서는 64M DRAM 개발생산 및 256M DRAM 기술개발을 목표로 설계기술, 공정기술, 검사기술등을 개발 추진하는 것이다. (표4).

2. 주문형 반도체 기술

주문형 반도체 기술은 전자 및 통신시스템의 고성능

표 4. 반도체 기술 개발 계획 : 고집적 반도체기술 분야

세부추진 과 제	주 요 연 구 개 발 과 제		
	1 단 계	2 단 계	3 단 계
設計技術	• 4/16M DRAM 설계기술	• 16/64M DRAM 설계기술	• 64/256M DRAM 설계기술
工 程 技 術	• 0.8 μ m級 미세 패턴 工 程 技 術	• 0.5 μ m급 미세 패턴 공정기술	• 0.3 μ m급 미세 DRAM 설계기술
	• 0.8 μ m級 素子 構造開發	• 0.5 μ m급 소자 구조개발	• 0.3 μ m급 소자 구조개발
	• 0.8 μ m級 單位 工 程 技 術	• 0.5 μ m급 단위 공정기술	• 0.3 μ m급 단위공정 및 3차원 공정기술
	• 4M DRAM級 半導體 生産技術	• 16M DRAM급 반도체 생산기술	• 64M DRAM級 半導體 生産技術
檢査技術	• 試驗/檢査技術		

화, 다기능화에 따라 그 수요가 급증할 것으로 예상되는 기술로서 국내 정보산업의 선진화를 뒷받침할 주문형 반도체를 자체생산·공급하는 목표이다. 이를 위해 주문형 반도체 설계기술, 자동설계기술, 혼합기술형 주문형 반도체 소자기술 등의 세부 추진과제에 대하여 제 1 단계에서는 현재 활용되고 있는 정보통신시스템용 주문형 고집적회로(VLSI) 기술을 확보하고, 제 2 단계에서는 독창적인 통신 및 컴퓨터 시스템용 주문형 초고 집적회로(ULSI)를 개발하며, 제 3 단계에는 종합정보 통신망용 고속초고집적회로(HSULSI)의 국산화를 목표로 단계적으로 추진토록 되어 있다(표 5).

3. 반도체 소재 및 소자기술

반도체 소재 및 소자기술에서는 실리콘 등 기존 반도체 소재 및 소자기술을 개발하여 반도체 산업의 기술 자립화를 이룩하는 동시에 차세대 시스템에 활용될 화합물반도체, 광소자, 감지소자들을 개발하는 것이다. 2001년까지 반도체 신소재 및 소자의 독자적 개발능력을 확립하는 목표아래 실리콘 반도체, 비정질 반도체, 세라믹 반도체, 화합물 반도체, 광소자 및 감지소자들의 세부 추진과제로 제 1 단계에서는 대형 고품위 단결정 실리콘 제조기술 확립, 각종 화합물 반도체의 단결정 및 결정성장기술을 확립하고, 제 2 단계에서는 단결정 성장기술의 현 선진국 수준화와 각종 화합물 반도체의 실용화를 달성하고, 제 3 단계에서는 각종 재료 및 소자 제품의 다양화를 추진하는 것이다(표 6).

4. 생산지원기술

생산지원기술에서는 반도체와 관련된 원·부자재, 마스크제작, 장비 및 물성분석 등 생산지원 기술

을 개발하여 반도체 산업의 부가 가치를 향상시키고, 독자적인 개발능력을 확보하여 국제 경쟁력을 제고키 위하여 현재 극히 초보단계인 생산지원기술을 2001년까지는 독자개발·선진 수준화 하는 목표이다.

이와 같은 목표아래 반도체 재료 제조기술, 장비제작 및 공정자동화기술, 패키징기술, 초정밀 자동품질관리 기술, 마스크제작 및 시험·분석 등의 공용지원기술을 제 1 단계에서 자립기반을 조성하고, 제 2 단계에서는 독자기술을 확보하며, 제 3 단계에서 완전 국산 자체개발을 추진토록 되어 있다(표 7).

VII. 2000년대 반도체 기술의 의미

2000년은 '80년, '90년대를 통한 우리의 노력의 수확 기로서의 그것이다. 이 기간을 우리가 최선을 다하지 못하면 2000년대의 '수확'이란 저 19세기에서 처럼 우리 자신들의 터를 남의 손에 또 다시 넘기게 되는 피동적 역사의 반복일 것이다. 첨단 기술개발은 우리가 치열한 현대사 경쟁장에 스스로 뛰어들은 것이다.

표 5. 반도체 기술개발 계획 : 주문형 반도체 기술분야

세부추진 과 제	주 요 연 구 개 발 과 제		
	1 단 계	2 단 계	3 단 계
注文型 半導體 設計技術	(VLSI) • 32/64비트 마이크로 프로세서용 반도체 설계 기술 • 全電子交換機 반도체 설계기술 • ISDN用 VLSI 설계기술	(ULSI) • 高速多重處理裝置 用 반도체 설계 기술 • 次世代 全電子交換機 用 반도체 설계기술 • ISDN用 ULSI 설계기술	(HSULSI) • 知能型 컴퓨터用 반도체 설계기술 • 高性能 複合 워드 스테이션용 반도체 설계기술 • ISDN用 HSULSI 實用化 技術
	(IC 수준) • 自動設計機器 활용 기술확립 • 시뮬레이터 개발 • Layout 소프트웨어 개발 • 素子 모델링 연구 • 標準 셀 라이브러리 개발 • 범용 CAD DBMS 개발	(Board 수준) • Board Electronics 관련 Tool 개발 (PCB, Hybrid, WSI) • ULSI 素子 모델링 연구 • WSI용 셀 라이브러리 개발 • 실리콘 컴파일러 用 지능형 DBMS 개발	(시스템수준) • 시스템 설계에 관련된 Tool 개발 • 시스템 수준의 모델링 연구 • 複合 半導體用 셀 라이브러리 개발 • 시스템 설계를 위한 DBMS 개발
	混合技術型 注文型 半導體 素子技術	• 아나로그/디지털 ULSI 소자기술 • 超高速 실리콘 소자 기술	• 超高速 高集積 混合型 소자 기술
	高速 실리콘 바이올라 소자 기술		

표 6. 반도체 기술개발 계획 : 반도체 소재 및 소자 기술 분야

세부추진 과제	주요 연구 개발 과제		
	1 단 계	2 단 계	3 단 계
실리콘 반도체	• 單結晶 大型化 및 高純度化 • 連續 單結晶 成長 技術	• 웨이퍼 工程 應用 研究	
非晶質 반도체	• 太陽電池 量產 技術	• 新 非晶質材料 開發	• 非晶質 素材製品 개발 및 성능 고도화
세라믹 반도체	• 電子用 抵抗體 콘덴서 국산화	• 센서用 반도체 技術	
	• SiC 半導體 素材 研究	• 新세라믹 半導體	
化合物 반도체	• GaAs 單結晶 성장 技術	• InP, GaP 단결정 성장 技術	• InAs, InSb, GaSb 單結晶 成長 技術
		• 多層 에피성장 技術	
	• HgCdTe (HCT) 에피 成長	• 3·4원계 에피성장 • 超格子 構造 素子	• 5차원 HCT 素子 開發 • GaAs 超高速 集積回路 技術 및 응용 技術
光素子	• 레이저 다이오드 등 光素子 技術	• 光素子 集積回路 技術	• 光素子 집적회로 技術 및 응용 技術
感知素子	• 感知素子 技術	• 感知素子 집적 회로 技術	• 感知素子 집적 회로 技術 및 응용 技術

반도체 산업의 2000년대 계획은 이런 우리의 경험과 전략에 의해 짜여진 것이다. 그 목표치라는 것은 현재로서의 목적지향으로 우리가 진행하는 바에 따라서, 그리고 내외적 환경에 따라 더 높아질 수도 또는 얼마간 방향을 이동할 수도 있다. 즉 2000년을 향한 계획은 바로 우리의 경험과 현재적 인식의 소산인 '현재적 존재' 일 것이기 때문이다.

반도체 기술의 전략요소를 고집적 반도체기술, 주문형 반도체기술, 반도체 소재 및 소자기술 그리고 생산지원기술의 내부분으로 나누고 있는 것도 이 '현재적 존재'로서의 우리의 현재적 요구를 크게 반영하고 있는 결과이다.

고집적 반도체 기술은 반도체 정밀전자 기술의 원천이다. 이는 반도체 기술혁신의 과거와 현재를 이어서 그 은 미래선상이다. 현재 및 미래의 반도체 산업도 이 선

표 7. 반도체 기술개발 계획 : 생산지원 기술 분야

세부추진 과제	주요 연구 개발 과제		
	1 단 계	2 단 계	3 단 계
반도체 재료제조 기술	• 실리콘 半導體 基板 제조 技術 • 複合 半導體 基板 제조 技術 • 고순도 화학약품, 금속 및 특수가스 半加工 技術	• 複合 半導體 基板 제조 技術 • 高純度 化學藥品, 金屬 및 特殊가스 제조 技術	• 高度 半導體 材料 生産 技術
裝備製作 및 工程 自動化 技術	• 半導體裝備 組立 技術 • 반도체 웨이퍼 工程管理 및 組立 自動化 技術	• 半導體裝備 製作 技術 • 반도체 웨이퍼 部分的 工程 自動 化 技術	• 精密 半導體裝備 生産 技術 • 반도체 웨이퍼 生産 工程 自動化 技術
패키징 技術	• VLSI패키징기술	• ULSI패키징기술	• WSI패키징기술
超精密 自動品質 管理 技術	• 自動 品質管理 시스템의 모듈化 技術	• 無人 輸送을 위한 精密計測 監視 技術	• 超精密 自動診斷 시스템 技術
共 用 支援 技術	• 마스크 製作 技術 • 試驗 · 分析 技術		

상에서 크게 벗어나지 않으며 오히려 이선의 주변으로 폭넓게 발전하는 것이겠다. 그러므로 이 고집적 반도체 기술은 앞으로도 계속 가장 주목받는 분야일 것이며, 꾸준히 반도체 기술혁신의 용광로 구실을 다할 것이다.

고집적 반도체 기술의 침범은 기억소자인데, 이것은 그 설계의 범용성으로 하여 또한 그 시장물량으로 하여 제조기술을 개발하는 데 기준으로 삼는 첨단 반도체 기술제품이 되고 있다. 이 목적지향 첨단 공정기술 개발로 하여 개발 완료시점에서는 훌륭한 범용 생산기술이 된다. 이 고집적 반도체 기술을 기반으로 그 위에 주문형 반도체등 여러 응용 집적회로가 개발된다.

이 고집적 반도체 기술은 그의 소요장비에 의존성이 매우 커서 특히 첨단의 미세형상 형성을 위한 장치의 개발은 고집적 반도체 기술 개발의 관건이 되고 있다. 현재로서는 국산 장비개발이 초보단계에서 외국장비로 연구개발을 하고 있지만, 결국은 우리 장비로 개발하는 첨단기술일 때 완전한 기술자립이 이룩될 것이다.

주문형 반도체 기술은 고집적 반도체 기술의 응용활용 부분으로 특히 그것은 오늘날의 반도체 산업의 위치를 잘 대변해 준다. 혁신을 거듭해 온 반도체 기술은 이제 본격적인 응용활용 서비스시대의 채비를 서두르고 있다. 혁신적인 반도체 기술 발전의 이익이 이제 범 기술적으

로 사회적 확산을 시작하는 것을 “주문형 반도체” 기술이란 것이 표현하고 있다.

“VLSI”라고 하는 집적회로 설계영역의 도래는 반도체를 단순히 ‘부품’으로만 볼 수 없게 하였다. 더구나 계속적인 기술혁신과 성능향상은 “슈퍼칩”이라 부를 정도로 그 설계제품의 위력은 대단했던 것이다. 그 대표적인 것이 마이크로프로세서로, 70년대에 등장하여 폭발적인 인기를 누리면서 현재는 32비트 마이크로프로세서의 전성시대를 구가하고 있다. 이러한 고집적 반도체 칩의 위력을 경험한 주변으로 이런 VLSI 칩에 의한 시스템 성능향상이란 당연한 매력이며, 주로 대형 시스템 업체를 중심으로 이들 VLSI 칩이 적극 연구개발 활용되기 시작하였다. 그리고 그것은 그들의 상품성을 지켜주는 보이지 않는 그들의 열쇠였다.

이리하여 가장 세력있는 시스템 산업체에서부터 먼저 고집적 반도체 기술을 자사의 시스템에 신속히 도입하여 시스템의 경쟁력을 확보하였다. 이것이 시스템의 핵심 반도체에만 그치지 않고 주변의 수많은 소규모의 범용 칩들을 전용의 고유칩으로 대체한 결과 드디어 주문형 반도체시대가 된 것이다. 즉 시스템산업에서는 반도체 기술의 혁신적 발전의 결과를 누리고 싶으며 그것은 첫째로 시스템의 고성능화를 위해, 둘째로 강한 개성의 시스템으로 시장침투를 위해, 셋째로 시스템 구성의 경제성을 위해 주문형 반도체 기술을 요구하고 있다.

이러한 사태의 진전에는 CAD 기술의 발전에 의한 설계자동화의 역할이 기초가 된다. 설계자동화에 의한 집적회로 설계부분의 생산성 향상은 고유칩(ASIC)의 개발비를 낮추어 반도체 제품의 대량 생산성이 아니라도 집적 회로화 개발의 경제성을 맞출 수 있게 된 것이다. 고집적 반도체 기술의 지속적인 혁신에 의해 집적회로 설계규모는 기하급수적으로 증대되는 속에서 설계 생산성의 큰 신장을 이룬 것은 반도체 설계에의 컴퓨터 도입으로 자동화 부분을 크게 높인 결과이다. CAD 기술은 더욱 그 규모와 역할이 증대하여 지금은 ‘설계시스템’이라 불리며 집적회로 설계개발의 직접적인 작업환경이 되고 있다. 이 기술은 더욱 발전하여 집적회로 개발을 완전자동화할 理想으로 ‘실리콘 컴파일러’를 목표로 하고 있다.

주문형 반도체 설계의 양식 또한 매우 다양하여, “슈퍼칩”이라는 최고성능의 고도 전문설계에서 양식화 설계(PLA등), 표준 세로방식설계, 반주문형설계(gate array류)까지 스펙트럼을 형성한다. 그러나 우리가 주문형 반도체라 할 때는 첨단 반도체기술의 대중화 국면이

부각되는 반도체 산업의 시대적 양상을 나타내고 있는 것이다.

시스템 설계와 고집적 반도체 설계의 접근은 나아가 시스템업체의 반도체 自家設計로 까지 발전되고 있다.

이러한 반도체 기술의 개방은 물론 고도정보화 사회의 본격적 건설을 위한 일반적 현상이지만, 이 추세는 반도체 기술 자체에도 반영되어 주문자의 요구에 최적 부응하는 소자·공정기술이 적극적으로 개발되기 시작하고 있다. 즉 고속성과 고집적성, 애널로그와 디지털 소자의 동시 집적에 의한 혼합형 소자기술이 그것이다. 이런 추세는 고도정보화 사회를 위한 ISDN 구축이 본격화 될수록 더욱 중요성을 띄고 가속화될 전망이다.

그러나 이러한 활발한 설계만발 시대에도 그 밑에는 기본 회로소자의 모델링/시뮬레이션이 받침이 되고 있으며, 또 그 모두 고집적 반도체 기술이 없이는 성립되지 않는다(그림 1).

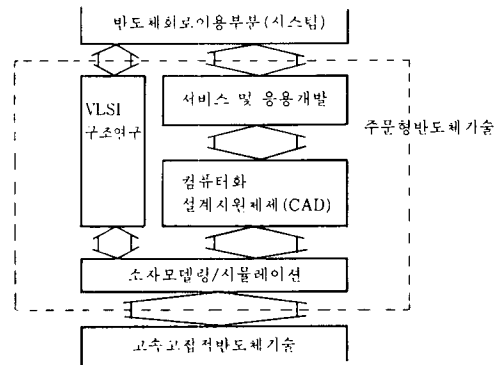


그림 1. 주문형 반도체 기술의 위치

VII. 닫는 말

'70년대의 전자산업입국은 그 시대 여러가지 시도중 '80년대를 통해 훌륭한 결실을 맺고 있는 것중 하나이다. 오늘날 미래관을 펼치는 여러가지 중에서 인간대중에게 가장 현실적으로 맞닿고 내용적으로 풍부한 것은 아마 '정보화 사회'일 것이다. 이것은 '70년대 산업화가 사회적 바탕이 되어 이제 전자·정보화 시대의 미래를 이루어 갈 우리에게 더없이 훌륭한 기회가 되고 있다. 거기에는 또한 많은 난관이 우리의 성실한 노력을 기다리고 있을 것이다. 그 어려움의 극복을 통해 우리의 능력은 향상되고 더 큰 고지도 바라볼 수 있게 된다. 우리에게 첨단기술의 진행길이 어려운 만큼 선

진국 또한 그들의 자리를 지키기는 더 어렵다.

그간 우리의 산업경험을 통해 찾은 여러 문제점들은 참으로 값진 것이다. 그것은 우리가 목표를 제대로 찾은 확인이 되고 발전의 지표가 된다. 이런 큰 문제와의 싸움없이 첨단기술을 확보하길 기대할 수는 없다. 물론 그것이 근본적이고 구조적일 때는 쉬해결이 안될 것이지만, 이러한 것은 다음세대에라도 과제가 되어 이들의 성장에 큰 목적지향으로 발전, 세대성장을 통해서도 해결될 것이다. '문제점'은 바로 큰 발전의 미개봉 상태인 것이며, 이는 우리의 산업발전에 중요 기둥이 될 것이다

'70년대의 노동 집약형 전자산업의 국가 사회적 성과와 '80년대의 첨단 반도체 산업의 입국은 참으로 값진 것이다. 이러한 우리의 사회적 산업적 기반위에 짧은

두뇌와 그들의 왕성한 역할은 첨단기술과 고도사회를 앞당겨 이룩하여 2000년대 정보화 사회대에선 세계에서 주도적 역할을 하게 될 것이다.

參 考 文 獻

- [1] 과학기술처, 「2000년대를 향한 과학기술장기발전계획」 (1987년~2001년), 1982.12.
- [2] 대한상공회의소, 「한·영 기술이전 세미나 자료집」, 1987.3.
- [3] Robert N. Castellano, "VHSIC Program Spurs U. S. IC Technology," Defence Electronics, pp. 114-127, July 1986. *

◆ 用 語 解 說 ◆

Epitaxial growth

Epitaxial이란 "결정축을 따라서"라는 뜻이며 epitaxial growth란 기판의 결정축과 동일한 결정축 방향으로 얇게 단결정을 성장시키는 것을 뜻한다. 트랜지스터의 특성 개량을 목적으로 발전된 기술로서 열 분해법이나 환원법 등의 화학적 방법에 의해 비교적 낮은 온도에서 행해져 양질의 박막결정을 얻을 수 있다. 이 방법의 가장 큰 이점은 기판이 N형이든 P형이든 그 위에 P형 또는 N형 단결정 반도체층을 균일하게 성장시킬 수 있다는 점이다. 오늘날 트랜지스터, 집적회로 및 GaAs 등의 발광 다이오드나 초고주파 소자 등 여러 분야에 이용되어 진다.

移動度 (Mobility)

기체, 액체, 고체 중의 전자, 이온 등 전하를 갖고 있는 입자가 전계 E의 작용을 받아서 그 방향으로 이동할 때의 평균 속도 V는 전계 E에 비례하는 상수이다. 여기서 $V = \mu E$ 이며 μ 가 입자의 이동도이다. 단위로는 $[cm^2/V \cdot s]$ 또는 $[m^2/V \cdot s]$ 가 쓰인다.

MOS IC (Metal Oxide Semiconductor Integrated Circuit)

MOS형 트랜지스터로만 구성된 집적회로로서 쌍극성 집적회로와 비교하면 제조공정이 적고 집적도가 크므로 LSI에 적합하다. 이것은 집적회로 속에 구성되는 채널의 전도형에 따라서 P채널형, N채널형 및 양자를 조합한 상보형(相補型) 집적회로 등의 종류가 있으며, MOS IC 기억 등에 널리 이용되고 있다.

Slot line

유전체의 한쪽 평면에 붙여진 박막도체를 폭이 좁은 간격(gap, slot)으로 통과하는 형태와 선로로서 마이크로 스트립 선로처럼 전송선으로 사용된다. 평판의 다른 면은 직접 공기에 접하며, 회로 소자를 선로에 병렬로 접속하기 쉽다는 특징이 있다.