

국내 반도체 공업의 발전 회고

金 忠 基

(正 會 員)

韓國科學技術院 電氣 및 電子工學科 教授

I. 서 론

우리나라에서 반도체 공업의 중요성이 사회에서 인식 되기 시작한 것은 1980년이라고 생각된다. 그러나 전자공학, 특히 반도체 분야에 몸담고 있는 교수, 연구원들 사이에서는 반도체의 중요성이 훨씬 전부터 잘 알려져 왔으며, 이에 따라서 반도체 분야의 소규모 연구, 반도체 사업의 추진계획등이 적은 규모로 조용히 추진되어 왔었다. 반도체 공업이 전자공업 전반에 큰 영향을 주는 기간산업이라는 인식으로부터 1976년 12월에 한국전자기술연구소(KIET)가 정부출연 연구소로 설립 되었으며 연구소를 통한 본격적인 반도체 공업의 육성은 그 후 1984년 한국전자기술연구소 시설의 매각 결정이 있기까지 진행되어 왔다. 그러나 한국전자기술연구소의 활동도 우리나라 반도체 공업의 출발점으로 볼 수는 없으며 반도체 공업이 본격적으로 시작되기 위한 하나의 준비과정으로 보아야 할 것이다.

1984년 삼성반도체통신주식회사는 VLSI의 생산을 위하여 기흥에 4" 웨이퍼 가공공장을 준공하였다. 이때부터 우리나라의 반도체 공업은 어느정도 국제 경쟁력 있는 규모로 본격적인 출발을 하게 된 것이다.

1965년부터 1985년까지 20년동안에 대한전자공학회에서 발간되는 전자공학회 논문지에 발표된 논문을 보면 (그림 1) 1965년에 발표된 논문은 단 6 편이었으나 1985년에는 92편의 논문이 발표되었다. 이 논문중에서 반도체 분야의 논문은 1977년까지는 1년에 5 편 이내였으나 1978년부터는 년 10편 정도로 증가하였으며 1984년에는 27편, 1985년에는 35편으로 급격한 증가 추세를 보이고 있다.

이와 같은 우리나라 반도체 공업의 발전과정은 1978년 이전의 가능성 확립기, 1978년부터 1984년까지의 육성기, 1984년 이후의 성장기로 구분될 수 있다.

이 글에서는 우리나라 전자공업의 발전을 반도체 분

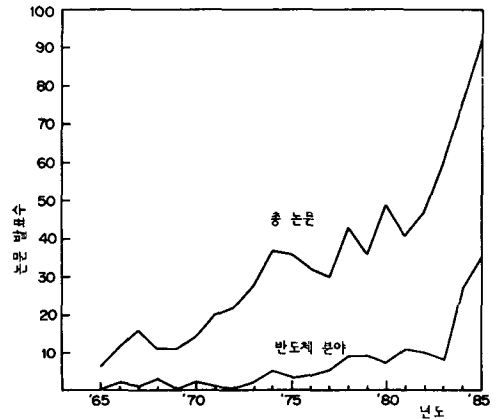


그림 1. 1965년부터 1985년까지 전자공학회지에 발표된 총 연구 논문수와 반도체 분야의 연구 논문 수

야를 중심으로 하여 위의 3 기간으로 분류하고 각 기간의 발전을 알아보기로 한다.

II. 가능성 확립기(1978년 이전)

우리나라에서 처음으로 바이폴라 트랜지스터의 제작이 보고된 것은 지금부터 20년전인 1966년이었다.^{1,2} 정만영씨, 안병성씨, 김준호씨(본 고에서는 모든 존칭을 "씨"로 통일한다)는 1966년의 전자공학회지 1월호와 12월호에 발표한 논문에서 "마스크 어라인먼트 셋트(mask alignment set)"와 "확산용 박스(diffusion box)"를 이용하여 npn 프래너 트랜지스터를 성공적으로 제작한 결과를 보고하였다. 이때 사용된 실험기구의 개략도를 그림 2와 그림 3에 보였고 제작된 트랜지스터의 mask dimension을 그림 4에 보였다. 이때의 트랜지스터는 그 크기가 $271\mu \times 246\mu$ 이었고, 최소 선폭은 44μ 이었다.

"무려 160여회의 실험 실패 끝에 성공한" 제조공정

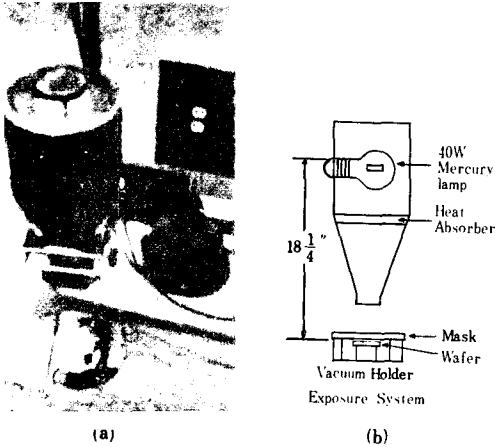


그림 2. 정만영씨등이 1966년에 푸래너 다이오드와 트랜지스터를 제작할 때 사용한 마스크 어라인먼트 셋트(mask alignment set), 대한전자공학회지, 제 3 권 제 2 호

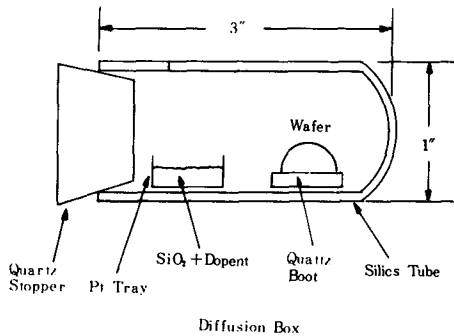


그림 3. 정만영씨등이 1966년에 푸래너 다이오드와 트랜지스터를 제작할 때 사용한 확산용 박스(diffusion box), 대한전자공학회지, 제 3 권 제 2 호

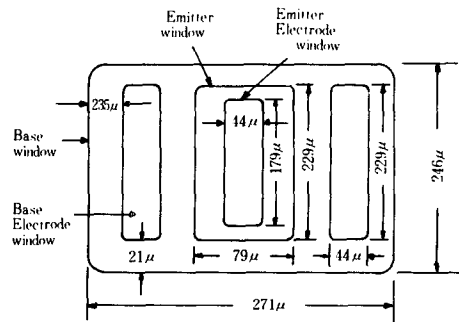


그림 4. 정만영씨등이 1966년에 제작한 푸래너 트랜지스터의 mask dimension, 대한전자공학회지, 제 3 권 제 4 호

을 거쳐서 제작된 트랜지스터의 성능은 h_{fe} 가 30~70까지 가능하였다. 그림 5는 이때 제작된 트랜지스터의 성능을 보여준다. 정만영씨는 그후 한국과학기술연구소, 전자장치연구실로 자리를 옮겨서 voltage variable capacitance diode의 시작(試作), 응용분야에서 계속 연구하였다.^{8,41}

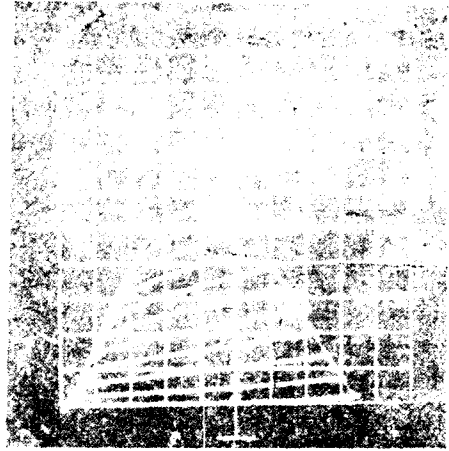


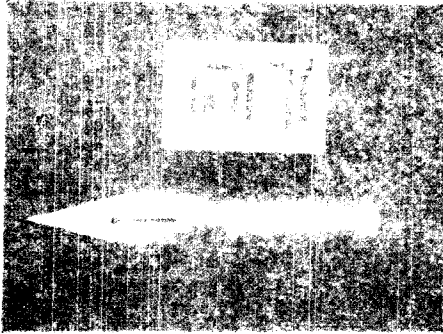
그림 5. 정만영씨등이 1966년에 제작한 푸래너 트랜지스터의 콜렉터 특성, 대한전자공학회지, 제 3 권 제 4 호

1968년 12월, 한국과학기술연구소의 newsletter에 소개된 VVC diode의 제조방법은 다음과 같다. “제조방법은 실리콘 단결정 웨이퍼 위에 산화막을 성장시키고 윈도우를 만든 후, 도어(도너의 오기?) 및 액셉터 불순물로서 안치모니 및 알루미늄을 진공 증착하여 고온도에서 확산 처리함으로써 원하는 p-n 접합 다이오드를 시작 하였다.” 이러한 제조 공정을 요즈음의 VLSI의 제조공정과 비교하여 보면 세부적인 기술내용에서는 큰 차이를 보이고 있지만 원리적인 면에서는 20년 동안 그렇게 큰 변화가 있었던 것은 아님을 알 수 있다.

정만영씨의 VVC diode에 관한 연구는 과학기술처가 선정한 1968년도의 최우수연구 3개중의 하나로 뽑힌 바 있다. 정만영씨의 프래너 트랜지스터와 VVC diode에 관한 연구는 우리나라 반도체 소자 분야의 출발점이 되었다.

1970년대에 들어 오면서 한국과학기술연구소를 중심으로 반도체 분야의 연구가 활기를 띠기 시작하였다. 1971년에는 정선호씨 등이 민성전자공업주식회사와 계약에 의하여 혼성집적회로(hybrid integrated circuit)

기술을 이용하여 음성전단 증폭기를 개발하였다.¹⁵⁾ 이때에 개발된 증폭기의 사진과 성능을 그림 6에 보였다. 정선호씨등의 연구는 monolithic은 아니지만 하나의 집적된 형태를 갖는 회로를 국내에서 최초로 시도하였다는 점에서 정만영씨의 연구결과를 한 걸음 더 발전시킨 것으로 볼 수 있다.



(a)

항 목	결 과	조 건
전 압 이 득	43±0.5db	f=1KHz, 출력전압 = 1volt
최대무의출력	최소 5V (RMS)	f=1KHz
소 비 전 류	최대 9.6mA	
입력임피던스	60kΩ	f=1KHz
출력임피던스	150Ω	f=1KHz
주 파 수 특 성	±0.5db (20Hz~20KHz)	f=1KHz 기준, 출력전압=1volt
잡 음 전 압	최대 2.0mV	입력 22kΩ 터미네이트
의 율	최대 0.2%	f=1KHz, 출력전압 = 1volt

(b) 電氣的 特性測定 結果

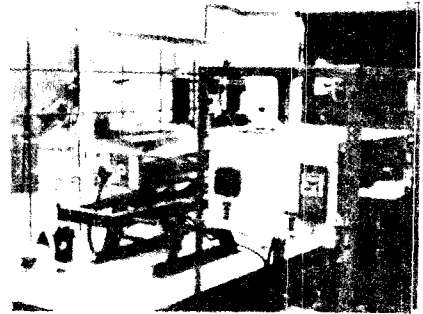
그림 6. 정선호씨 등이 1971년에 제작한 음성전단증폭기의 사진(a)와 전기적 특성 (b), 대한전자공학회지, 제 8 권 제 5 호

1973년에는 한국과학기술연구소에서 김종국씨등이 국내에서는 최초로 발광다이오드의 제작에 성공하였다.¹⁶⁾ 한국과학기술원 newsletter¹⁷⁾에 의하면 김종국씨의 연구는 “갈륨인의 단결정을 성장시켜 n형 및 p형 접합형성에 성공, 효율 높은 적색발광을 1mA에서 이룩한 것”으로 보고되고 있다. 김종국씨의 연구결과는 III-V 화합물 반도체 연구의 출발이 되었으나 애석하게도 그 후로 계속 연구가 수행되지 못하여 우리나라의 화합물

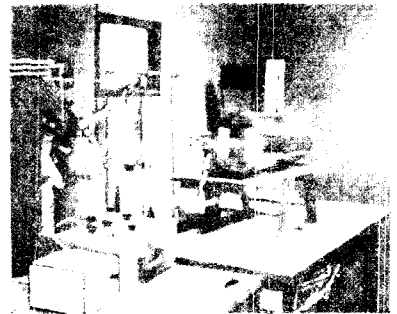
반도체 연구가 일찍 자리를 잡을 수 있도록 하는 기초가 되지 못하였다. 그림 7은 김종국씨 등이 GaP LED를 제조하기 위하여 사용한 액상적층성장장치 (liquid phase epitaxy system)를 보여 주고 있으며 그림 8은 이때 제작된 발광 다이오드에서 나온 빛의 스펙트럼을 보여준다.

1970년대 초반의 활동으로 특기할 만한 사실은 안병성씨등에 의한 탁상 전자계산기의 국산화이다.¹⁸⁾ 이 연구는 반도체 소자의 제조는 아니지만 집적회로를 응용하여 하나의 상품을 개발한 것으로 반도체의 중요성을 사회에 인식시키는데 있어서 큰 역할을 담당하였다. 안병성씨는 본 연구로 1972년 9월 제 8 차 수출진흥 확대회의에서 대통령 표창을 받았다.

소자의 제작이나 응용보다 좀더 기초적인 연구로서 GaAs 및 Si의 적층 재료에 관한 연구가 한국과학기술연구소의 정원씨, 민석기씨 등에 의하여 1970년에 수행되었다.¹⁹⁾ 그림 9는 1970년 정원씨 등에 의해 성장된 실리콘, GaAs, GaAlAs의 Epi층의 사진을 보여



(a) p layer 액상 적층 성장장치



(b) n⁺ layer 액상 적층 성장 장치

그림 7. 김종국씨등이 1973년에 제작한 GaP LED를 제작할 때 사용한 액상 적층 성장장치 대한전자공학회지, 제 10권 제 3 호

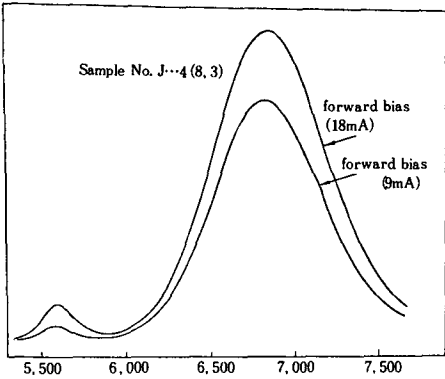
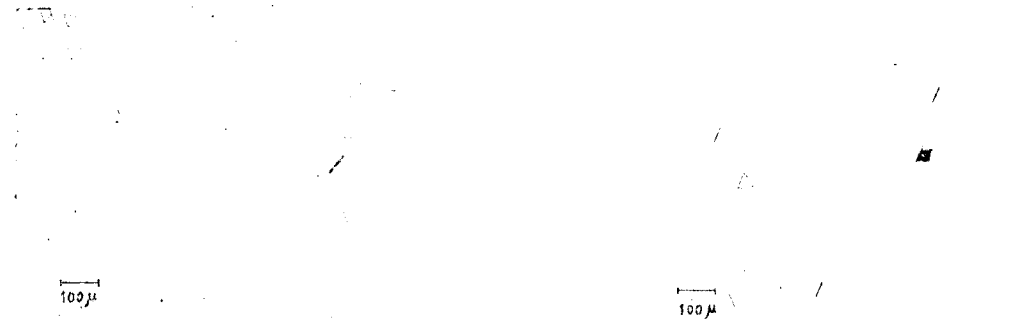


그림 8. 김종국씨등이 1973년에 제작한 GaP LED의 스펙트럼 분포(가로축은 파장으로 단위는 Å) 대한전자공학회지, 제10권 제3호

준다. 요즘은 Molecular beam epitaxy로 성장시킨 Epi 층의 사진과 비교하면 격세지감이 있으나 그때로서는 매우 고무적인 연구 결과였다.

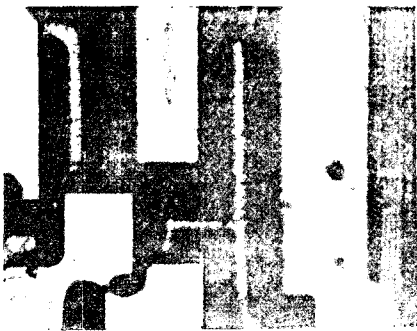
민석기씨등¹¹⁾의 논문제목은 실리콘 적층 재료의 residual impurity에 대한 연구였으나 실리콘 적층을 형성하는 기술은 이때부터 우리나라에 뿌리내리기 시작했다고 보아야 할 것이다. 실리콘 적층 기술이 반도체 소자 생산에 본격적으로 이용된 것은 1980년경이었으며 그때 삼성과 금성이 기술적인 어려움을 극복하기 위하여 많은 어려움을 겪은 것을 생각하면 민석기씨의 연구가 계속되어 기업의 생산활동과 직접 연결되지 못한 것이 매우 아쉽다.

기초연구로 또 눈에 띄는 것은 박창엽씨의 Bi 계 화합물 반도체에 의한 열전발전(熱電發電)이다.¹²⁾ 본 연구는 "Bi 계 화합물 반도체 Sb₂Te₃ 및 소량의 불순물을 함유한 ZnSb를 사용하여 熱電發電을 실험한 것으로 국내의 전기전자분야에서 화합물 반도체를 다룬 것으로는 처음이라고 보인다. 또 이우일씨, 손병기씨, 이건일씨가 1970년에 발표한 논문인 "p-n Junction 에서의 온도상승의 과도현상"¹³⁾은 반도체 소자의 물리적

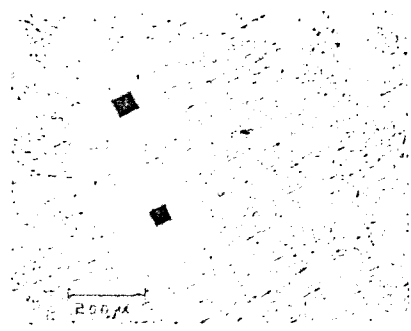


(a) 적층결함이 많이 생긴 실리콘 적층 성장면 (배율×100)

(b) 적층결함이 아주 적은 실리콘 적층 성장면 (배율×100)



(c) GaAs 적층 성장면(배율×200)



(d) Ga_{1-x}Al_xAs 적층 성장면(배율×100)

그림 9. 1970년에 정원씨등에 의하여 성장된 적층 성장면의 사진 (a, b) 실리콘, (c) GaAs, (d) GaAlAs 과학기술처 연구보고서, MOST-R-70-39-EE

인 성질에 관한 국내 최초의 논문이라고 생각된다.

이제까지 언급한 활동은 정만영씨의 트랜지스터와 같이 개별소자를 다루거나 또는 정원씨, 민석기씨의 적층기술과 같이, 집적회로를 제작하기 위한 여러공정 중 어느 한 공정에 대한 활동에 국한되었다. 집적회로를 제조할 수 있는 능력을 처음으로 갖춘 곳은 한국과학기술연구소의 김만진씨 팀이었다. 김만진씨는 미국의 General Electric으로부터 집적회로를 제작할 수 있는 최소의 시설을 기증받아 설치하고, 이들을 이용하여 1973년에 최태현씨는 TV의 동조회로에 사용되는 depletion mode MOS 트랜지스터를 개발하였고, 1976년에 개별 바이폴라 트랜지스터, digital clock, frequency divider, audio Amp 등의 개발에 착수하였다. 이 연구는 금성사와 한국과학기술연구소의 계약에 의한 연구였으며 금성사는 이때 이 연구결과를 응용하여 수년 내에 금성사에서 필요로 하는 각종 집적회로를 생산하고자 계획하고 있었다. 이때 김만진씨 팀에는 연구원으로 박학송씨, 이진효씨, 유영욱씨, 김대용씨, 김석기씨 등이 일하고 있었다. 이들은 모두 우리나라 반도체 분야의 중진 연구원들이 되어 현재 큰 활약을 하고 있다. 한국과학기술연구소의 김만진씨 팀은 1976년 12월에 한국전자기술연구소(KIET)가 설립됨에 따라 모두 KIET로 소속을 옮겼으며 IBRD의 자금으로 구미에 설치되는 연구기기를 사용하여 1982년경부터 집적회로에 대한 많은 연구를 하게 되었다. 그리고 우리나라의 교육기관에서 집적회로를 제조할 수 있는 시설을 처음으로 갖춘 곳은 당시의 한국과학원 전기 및 전자공학과이었다. 이곳에서 필자는 1975년부터 1978년까지의 3년 동안에 간단한 집적회로를 학생들이 직접 설계, 제작, 측정할 수 있는 최소한의 장비를 설치하였다. 이 시설을 이용한 연구결과로 학위를 받은 졸업생들은 여러곳에서 반도체 분야의 발전에 기여하고 있다.

가능성 확립기의 우리나라 반도체 기업 활동은 주로 외국에서 processing이 끝난 웨이퍼를 사용하여 scribing, die bonding, wire bonding, molding 등의 공정을 수행하는 packaging 산업이었다. 고미산업(현재 신도전자), KMI, 아남, 웨어 차일드, 시그네틱스 등의 이와 같은 활동은 1960년대 후반부에 시작된 후에 계속적으로 기술축적을 이루어 지금은 완전히 국제경쟁력을 갖춘 산업으로 발전하였다. 그 뿐 아니라 이러한 사업을 통하여 많은 기술자들이 반도체 분야의 실무경험을 얻게 되어 1980년 이후의 웨이퍼 가공 산업발전에 큰 기여를 하게 되었다.

가능성 확립기의 여러 기업 활동중에서 우리나라의 반도체 산업에 가장 큰 영향을 준 활동은 1974년 강기동씨에 의한 한국반도체주식회사의 설립이었다. 강기동씨는 Motorola 등의 미국회사에서 근무하면서 집적회로의 제조공정에 대한 전문지식을 습득하였으며 이 기술을 기초로하여 한국반도체주식회사를 설립하였고 그 당시로서는 가장 최신기술인 metal gate CMOS 기술로 손목시계용 대형 집적회로를 생산하기 시작하였다. 한국반도체주식회사는 그 후 경영난 때문에 삼성그룹에 인수되었고, 현재 삼성반도체통신주식회사의 출발점이 되었다. 강기동씨는 한국반도체주식회사를 시작할 때 공장의 설치와 함께 많은 실무기술자들을 양성하였으며 이들은 현재 여러곳에서 큰 활약을 하고 있다.

삼성반도체통신은 손목시계용 집적회로의 가격이 급격히 감소하는 1976년, 1977년에 개별소자인 트랜지스터를 생산하기로 결정하고 1977년부터 본격적인 생산을 시작하였다. 또 한국전자도 1979년부터 일본의 Toshiba로부터 Perfect Crystal Technology를 도입하여 트랜지스터를 생산하기 시작하였다. 이와 같은 트랜지스터의 생산은 정만영씨가 처음으로 원자력연구소의 실험실에서 트랜지스터를 시작(試作)한지 10년이 지난 후에나 가능하게 된 것이다. 실험실의 연구결과가 기업에서 응용되어 생산까지 발전하지 못하고 다만 하나의 보고서나 논문발표로 끝난 다음 거의 사회에서 잊혀진 후 기업에서 생산활동이 시작될 때는 다시 새롭게 처음부터 개발하게 되는 모순은 아직도 우리나라의 여러 분야에 많이 남아있는 것으로 보인다.

삼성그룹의 반도체 사업에 자극을 받아 대한전선도 1976년에 대한반도체를 설립하고 구미에 웨이퍼 가공공장을 건설하였으나 이 노들은 결실을 보지 못하고 구미에 건설된 공장은 금성그룹이 인수하여 현재의 금성반도체의 출발점이 되었으며 요즈음은 이 공장에서 트랜지스터와 linear IC등을 생산하고 있다.

대한전선 외에도 원진, 금성사등이 반도체 분야에 투자하는 것을 여러모로 검토하였으나 모두 본격적인 활동으로 발전하지는 못하였다.

Ⅲ. 육성기(1978~1984년)

1978년부터 1984년까지의 기간은 우리나라의 반도체 산업에 가장 중요한 시기였다고 보인다. 사회적으로 반도체 산업의 중요성이 인식되었고, 한국전자기술연구소가 과학기술처의 특정 연구비, 기업주도 연구비 등으

로 집적회로의 연구를 본격적으로 시작하였으며, 한국 과학원에서는 반도체 분야의 실험을 거친 졸업생이 배출되기 시작하였다. 특히 삼성반도체통신은 이 시기에 여러 종류의 집적회로들을 자체 기술진의 힘으로 개발하는데 성공하여 국내기술진, 연구진의 능력이 사회적으로 인정을 받게 되었다. 그 뿐만 아니라 금성반도체는 1984년 microprocessor를 생산하기 시작하였고, 한국전자는 1983년부터 바이폴라 linear IC의 생산을 시작하였고, 현대그룹이 반도체 분야에 큰 투자를하기로 결정하고 1983년 초에 현대전자를 설립하여 집적회로의 생산에 참여하게 되었다.

한국전자기술연구소가 설립되던 시기에는 김만진씨, 장유길씨 등이 많은 활약을 하였으나 도입된 기기들이 설치되고, 연구활동이 본격적으로 시작되는 1981년 초기에는 이종덕씨, 강영일씨, 이문기씨, 김보우씨, 이진효씨, 이철동씨 등이 연구를 주로 담당하였다. 연구소가 1976년에 설립된 후, 1984년 연구시설을 매각하기로 과기처에서 결정하고 1986년 봄에 그 시설을 금성반도체에 매각하기 전까지의 전자기술연구소의 연구업적은 많이 있으나 여기서는 그 중 중요한 몇 가지에 대해서만 언급하기로 한다. 연구소의 첫번째 업적은 1982년의 5 μ m silicon-gate NMOS 공정과 1983년의 4 μ m CMOS 공정의 확립¹¹⁾이라고 할 수 있다. 이 연구는 이종덕씨를 중심으로 시작되었으나 김보우씨에 의하여 마무리되었고, 이때 정립된 NMOS 공정을 이용하여 4K bit SRAM, 32K ROM, 64K ROM, 8-bit micro-computer의 제작에 성공하였고, CMOS 공정으로는 PLA를 제작하여 보았다. 두번째의 주요업적은 1983년의 one-chip 8-bit micro-computer의 설계이다. 이 연구는 이철동씨를 중심으로 수행되었으며 1981년 삼성반도체통신의 조원정씨를 중심으로 수행된 CMOS 4-bit one-chip micro-computer의 설계¹²⁾와 함께 국내의 micro-computer 설계의 출발점이 되었다. 세번째의 업적은 연구소의 이진효씨, 서울대학교의 김원찬씨등의 노력으로 VTR에 사용되는 5종류의 집적회로를 성공적으로 개발한 것이다. 이 집적회로는 integrated injection logic을 사용하는 것으로써 바이폴라 트랜지스터를 사용하면서도 고밀도의 집적회로를 설계할 수 있음을 보여주었다. 네번째의 업적은 미국 San Jose에 있는 VTI사에 1983년 9월부터 1984년 3월까지 6개월간 7명의 연구원을 훈련생으로 파견한 것이다. 이들은 VTI사에서 MOS LSI의 설계 실습과 CAD system 자체에 대한 연구, 분석을 시도하였다. 이 program은 한국의 이철동씨와 연구소의 미국사무소에 있던 유명

옥씨가 중심이 되어 수행된 것으로 우리나라의 CAD 연구가 본격적으로 시작되는 출발점이 되었다.¹³⁾

KIET가 1981년에 연구시설을 최상장비로 새롭게 갖추게 됨에 따라 KIET가 과학기술연구소로부터 인수받아 사용하던 시설은 경북대학에 기증하게 되었다. 이로써 경북대학은 집적회로를 제조할 수 있는 시설을 갖춘 두번째의 학교가 되었다.

한국과학원에서는 석사과정, 박사과정의 학위 연구 과정을 통하여 소규모 MOS 집적회로의 설계¹⁴⁾, 산화막의 성장¹⁵⁾, I'L,¹⁶⁾ CCD,¹⁷⁾ ROM¹⁸⁾ 등의 연구를 수행하였으며 이러한 연구경험을 갖춘 졸업생들은 삼성, 금성등의 기업체와 KIET에서 많은 활동을 하게 되었다. 특히 서광석씨는 I'L의 연구도중, lateral pnp 트랜지스터의 새로운 모델을 제안하게 되었으며 그 결과를 IEEE 학회지에 correspondence로 게재하였다.¹⁹⁾ 반도체 소자 분야에서 국내의 연구결과가 국제학회지에 발표된 것은 서광석씨의 연구가 처음이 아닌가 생각된다. 또 국내의 반도체 소자 연구가 국제학회에서 처음 발표된 것은 경중민씨의 charge coupled A/D 변환기에 관한 논문²⁰⁾이라고 보인다. 이 연구는 경중민씨의 박사학위 논문으로 1981년에 미국 Rochester에서 열린 Custom Integrated Circuit Conference에서 발표되었다. 서광석씨, 경중민씨의 뒤를 이어 과학원 반도체 분야의 연구 결과는 계속하여 국내 및 국제학회지에 발표되고 있다.

삼성반도체통신은 이 육성기에 김광호씨, 김광교씨의 노력으로 집적회로의 개발능력을 확립하였다고 보인다. 표 1에 1978년부터 1984년까지 삼성에서 개발된 집적회로를 열거하였다. 이 중에서 가장 중요한 업적은 64K DRAM의 개발이라고 하겠다. 64K DRAM은 미국 Micron사에서 설계된 것을 이상준씨, 이일복씨 등이 생산성 있는 설계라고 판단하여 삼성에서 생산하게 된 것이다. 그러나 64K DRAM은 삼성에서 대량생산에 성공한 시기에 가격이 급격히 떨어져 초기에는 사업운영면에서 많은 어려움을 겪었다. 그러나 기술적인면에서 보면 64K DRAM의 성공적인 생산은 강기동씨에 의한 CMOS watch chip의 생산 이후로 우리나라의 반도체 공업을 크게 발전시킨 업적이라고 판단된다.

삼성그룹의 이와 같은 발전은 자연히 다른 회사에도 자극을 주게 되어 금성그룹은 금성반도체를 1979년에 설립하여 김창수씨, 이희국씨등의 노력으로 1984년부터 Z-80 micro-computer를 대량 생산하게 되었으며, 현대그룹도 1983년초에 현대전자를 설립하고 반도체

표 1. 삼성반도체통신의 개발에 성공한 집적회로들 (1978년~1984년)

시 기	개 발 품 목
1978. 7	TV Sound IF용 IC
1978. 12	LCD용 전자 손목시계 IC
1980. 8	0.5W Audio Amp
1981. 8	4 bit micro-computer
1981. 11	Color TV 용 Chroma IC
1982. 2	Operational Amplifier (uA 741 Type)
1983. 5	Calculator IC with Basic Functions
1983. 11	64K DRAM
1984. 7	16K EEPROM
1984. 10	256K DRAM

사업에 투자를 시작하였으며, 배명승씨, 천동우씨 등의 노력으로 64K DRAM, 256 KDRAM의 생산을 계획하게 되었다.

1973년 김중국씨가 LED의 제작에 성공한 후에 거의 잊혀져 왔던 화합물 반도체의 연구가 다시 활발하게 시작된 것은 1983년에 한국과학원 전기 및 전자공학과와 권영세씨 팀에서 LPE 시스템을 갖춘 후부터이다. 권영세씨는 이 시스템을 사용하여 AlGaAs/GaAs double heterostructure를 성장시켰으며 이 구조가 LED로 동작함을 확인하였다.¹²¹ 반도체의 재료의 발전은 이 기간 동안에 큰 업적을 이루었다. 한국과학기술원의 민석기씨 팀은 1980년에 직경이 4"인 단결정 실리콘 Ingot의 성장에 성공하였고,²⁴ 1983년에는 직경이 1"인 GaAs의 단결정 성장에 성공하였다.²⁵

1978년부터 1984년까지의 육성기에 일어난 반도체 분야의 중요한 변화는 computer aided design(CAD)에 대한 중요성이 크게 인식된 것이다. CAD에 관한 국내의 최초의 논문은 한양대학교의 임인철씨등에 의한 것²⁶으로 LSI의 설계에서 발생하는 배치문제, 배선문제에 관한 것이었다. 이전에도 컴퓨터를 이용한 회로해석, 반도체 소자의 제조공정에 관한 simulation등은 적은 규모로 연구되었으나 본격적인 LSI의 설계문제를 컴퓨터로 처리하고자 하는 노력은 임인철씨등이 최초라고 보인다.

IV. 성장기(1984년 이후)

1984년부터 우리나라의 반도체 산업은 본격적으로 성장하기 시작하였다. 이제까지의 학교, 연구소 중심의 활동에서 완전히 기업 중심의 활동으로 전환하였다.

삼성반도체통신주식회사의 64K DRAM 공장, 256K DRAM 공장, 연구소 시설의 완공 뿐만 아니라 금성반도체의 안양연구시설의 준공, 현대전자의 64K DRAM, 256K DRAM 공장의 준공등 투자면에서 급격한 성장을 하였고, 신제품의 개발, 생산능력의 향상에도 눈부신 발전을 이룩하였다. 한편 전자기술연구소는 연구시설을 금성반도체에 이양하고 대전의 전자통신연구소와 통합한 후 새로운 발전을 위하여 노력하게 되었다.

1984년 이후의 기업활동은 대규모 투자에서 그 특징을 찾을 수 있다. 이러한 대규모 투자는 많은 인력을 해외로부터 유치하게 되었고, 또 반도체 제조기기의 국내생산의 가능성을 보여주기 시작하였으며, 화학약품, Quartzware등의 원료, 기구등의 국내조달 가능성도 보여주기 시작하였다. 신제품의 개발을 보면 삼성반도체통신에서 그림 10에 보인 256K DRAM을 자체 설계하고 제조공정을 거쳐 신뢰성 있는 부품으로 수출에 성공한 것이 가장 큰 업적이라고 보인다. 삼성반도체통신은 256K DRAM의 판매로 1986년 여름, 전세계 반도체 시장에서의マーケット어가 2% 선까지 성장하였다. 이외에도 삼성은 EEPROM, 64K SRAM, Gate Array, 음성합성기등을 개발하였고 각종 전화기용 IC, 산업용 IC의 개발을 시작하였으며 금성반도체에서도 1M bit ROM, 64K DRAM, 64K SRAM, 64K EPROM, CMOS Gate Array 각종 TTL, Color TV 및 VTR용 IC 등을 개발하였다.

성장기의 연구활동은 화합물 반도체의 연구와 CAD 연구가 빠른 속도로 성장한 것이 특징이다. 화합물 반도체 분야에서는 동국대학교의 강태원씨 팀에서 molecular beam epitaxial system에 RHEED 장치를 부착시켜 단 분자 층 및 초격자(super lattice)를 성장시킨 것²⁷과 한국과학기술원의 민석기씨 팀에서 MOCVD로 두께가 0.15 μ m인 undoped GaAs 층을 포함하는 GaAs/GaAlAs 이중 heterostructure를 제작하여 DH laser를 제작한 것²⁸이 중요한 연구결과이다. 이외에도 과학기술원의 강광남씨는 채널의 길이가 1 μ m 인 GaAs MESFET의 제조에 성공하였고,²⁹ 권영세씨는 파장이 1.3 μ m인 GaInAsP buried heterostructure 형 단일모드 레이저의 상온 연속발진에 성공하였고,³⁰ 한국전자통신연구소의 김홍구씨, 이용탁씨, 강민호씨등은 파장이 1.55 μ m인 GaInAsP/InP DH 레이저의 제작에 성공하였다.³¹

CAD 분야의 연구가 성장기에서 갑자기 활발해진 것은 전자공학회 논문지에 잘 나타나고 있다. CAD

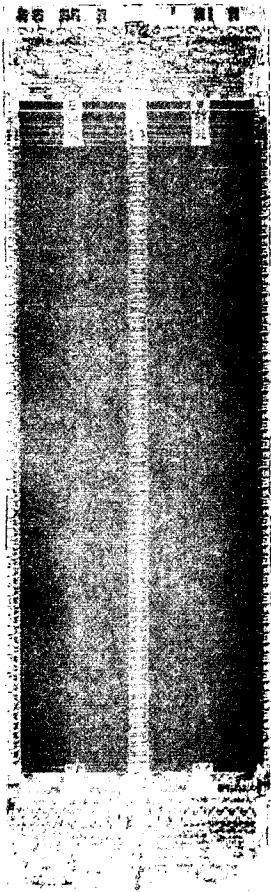


그림10. 삼성반도체통신에서 1984년에 개발한 256K DRAM

분야의 논문은 1982년, 1983년에는 1년에 한, 두편의 논문이 게재되었으나 1984년에는 8편, 1985년에는 7편이 발표되었다. 또 1986년 아주대학교에서 열렸던 대한전자공학회 반도체 및 CAD 연구회의 합동 학술발표회에서는 무려 10편의 연구논문이 CAD 분야에서 발표되었다. CAD분야의 연구가 이와 같이 활발히 진행되고 있는 것은 대규모 집적회로의 설계를 경쟁력 있게 수행하기 위하여는 컴퓨터를 사용하지 않을 수 없다는 인식이 학계 뿐만 아니라 실무를 담당하고 있는 기업체내에서도 확실하게 되었기 때문이다. 이 결과로 국내의 기업체가 CAD 분야에 투입하는 노력도 상당한 수준에 이르게 되었다. CAD 분야의 연구활동으로 빼놓을 수 없는 것은 연세대학교의 이문기씨가 중심이 되어 현재 진행되고 있는 다목적 공동 설계(multi project chip)이다.³²⁾ 이 연구에는 연세대학교의 이문기씨,

서울대학교의 김원찬씨, 고려대학교의 차균현씨, 경북대학교의 정호선씨, 한양대학교의 임인철씨, 중앙대학교의 황호정씨와 과학기술원의 경종민씨가 참여하여 LSI를 설계하였다. 여기에서 설계된 집적회로를 보면 CMOS 8-bit microcomputer, one-chip 디지털 필터, systolic sort processor 및 OP Amp, 교육용 microprocessor, FFT 연산용 시스토크 어레이, RS encoder 및 decoder, step motor를 제어하는 PLA 설계, 테스트가 용이한 PLA의 설계가 포함되어 있다. 이러한 연구에 참여하는 학생들은 졸업후에 VLSI의 설계에 관한 경험을 갖고 기업체에서 일하게 될 것 이므로 앞으로 우리나라의 VLSI 설계 능력을 크게 발전시키는 중요한 역할을 담당하게 될 것이다.

성장기의 연구활동으로 빼 놓을 수 없는 것은 우리나라의 연구결과가 반도체 소자 분야에서 가장 권위 있는 International Electron Devices Meeting (IEDM)에서 발표되기 시작한 것이다. 첫번째 논문은 과학기술원, 오춘식씨의 논문으로 CMOS 회로의 문제점인 latchup을 완전히 제거하는 Schottky Clamped CMOS에 관한 연구이고,³³⁾ 두번째 논문은 한국전자통신연구소의 채상훈씨, 이진효씨의 논문³⁴⁾으로 polysilicon을 사용하는 self-aligned bipolar npn 트랜지스터를 제안하였으며 이 트랜지스터로 제작한 ring oscillator의 전달지연 시간이 52 psec가 됨을 확인하였다. 채상훈씨, 이진효씨의 논문은 bipolar 트랜지스터를 사용하는 논리회로의 동작속도가 20GHz까지 가능함을 세계에서 최초로 보여주는 훌륭한 연구이다.

이제까지 IEDM에 발표된 논문은 위의 두편에 불과하지만 국내 반도체 소자의 연구가 앞으로 국제수준으로 발전할 수 있는 가능성을 찾아 볼 수 있으며, 이러한 연구결과를 활용하는 기업활동도 국제수준으로 성장하게 될 것을 확인시켜 준다.

V. 결 론

1966년 정만영씨에 의하여 바이폴라 트랜지스터가 시험제작된 후 1986년 256K DRAM을 대량 생산할 수 있게 되기까지의 20년 동안 우리나라의 반도체 공업은 매우 빠른 속도로 큰 발전을 이룩하였다. 집적회로의 기술수준을 나타내는 최소 선폭을 보면 1966년의 44 μ m에서 256K DRAM의 1 μ m까지 감소하였고, 하나의 칩에 포함된 트랜지스터의 수를 보더라도 개별 소자에서 VLSI까지 발전하였다.

화합물 반도체 분야에서도 MBE, MOCVD 등의 첨

단장비를 이용하여 laser diode, MESFET의 가능성을 확립하였으며 HEMT를 성공적으로 제작하고 GaAs 집적회로를 생산하는 것도 몇년내에 가능할 것으로 보인다. 1986년까지의 반도체분야를 돌아보면서 앞으로의 발전을 예측해 보면 실리콘 분야에서는 1M DRAM, 4M DRAM 뿐만 아니라 여러 종류의 공업용 집적회로가 국내에서 생산될 수 있을 것이고 이러한 능력은 우리나라 전자공업 발전의 기초를 튼튼하게 할 것이다.

특히, 1985년 7월에 고명삼씨, 이종덕씨, 민홍식씨의 노력으로 설립된 서울대학교 반도체 공동연구소는 앞으로 국내 여러 대학의 반도체 분야 교육의 질을 높일 뿐만 아니라 국제수준의 연구를 수행함으로써 우리나라의 반도체 산업 발전에 필요한 기술과 인력을 공급할 수 있게 될 것으로 기대된다.

본 회고록은 우리나라의 반도체 산업을 현재의 수준까지 발전시키기 위하여 노력하신 많은 선배, 동료, 후배님들의 노력에 의하여 가능하게 된 것입니다. 선배님들 중 특히 이미 타계하신 정원 박사님과 김종국 박사님을 이 글을 쓰면서 다시 한번 생각합니다. 필자의 착오에 의하여 그 동안의 중요한 업적이 누락되었거나 내용이 상세히 기록되지 못한 부분이 있으면 너그럽게 보아 주시기를 바랍니다.

끝으로 본 원고의 자료를 제공하여 주신 삼성반도체 통신주식회사, 금성반도체, 현대전자, 한국전자통신연구소, 한국전자 등의 여러분께 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 정만영, 안병성, 김준호, “푸래너 다이오드와 트랜지스터의 시작(제 I 보),” 대한전자공학회지, 제 3권 제 2호, 1966년 1월.
- [2] 정만영, 안병성, 김준호, “푸래너 다이오드와 트랜지스터의 시작(제 II 보),” 대한전자공학회지, 제 3권 제 4호, 1966년 12월.
- [3] 정만영, 박계영, “VVC 다이오드의 시작 연구 (I),” 대한전자공학회지, 제 5권 제 3호, 1968년 11월.
- [4] 한국과학기술연구원 newsletter, 1968년 12월.
- [5] 정선호, 전현생, “혼성집적회로 기술에 의한 음성 전단 증폭기의 설계와 제작,” 대한전자공학회지, 제 8권 제 5호, 1971년 11월.
- [6] 김종국, 민석기, 김옥기, 최영희, 조희삼웅, “갈륨인 단결정 성장으로 이룩한 적색 발광 다이오드의 제작,” 대한전자공학회지, 제 10권 제 3호, 1973년 6월.
- [7] 한국과학기술연구원 newsletter, 1973년 3월.
- [8] 안병성, “탁상 전자계산기의 국산화,” 새기술, 한국과학기술원, 제 2권 제 3호, 1970년 7월.
- [9] 정원, 민석기, 조희삼웅, 강광남, 김옥기, “GaAs 및 Si 적층 재료를 이용한 마이크로파 발진자와 발광소자의 재료 및 특성의 연구,” 과학기술처 연구보고서, MOST-R-70-39-EE, 1970년.
- [10] 민석기, 김옥기, “Si 적층 재료의 Residual Impurity에 대한 전기적 특성조사,” 한국물리학회, 제 21회 총회발표논문, 1970년 10월.
- [11] 박창엽, “Bi계 화합물 반도체에 의한 열전발전(熱電發電),” 대한전자공학회지, 제 5권 제 3호, 1968년 11월.
- [12] 이우일, 손병기, 이진일, “p-n Junction에서의 온도상승의 과도현상,” 대한전자공학회지, 제 7권 제 4호, 1970년 12월.
- [13] 김보우, “MOS Technology Development에 관한 연구,” 과학기술처 최종보고서, SN8309-F, 1984년 3월.
- [14] 조원정, 이창우, 김석환, “CMOS 4-bit One-chip microcomputer의 설계,” 대한전자공학회, 1981년도 TV, 회로 및 시스템, 반도체 재료 및 부품 연구회 합동 학술발표회 논문집, 송전대학교, 1981년 10월.
- [15] 이철동, “반도체 설계 기술 개발에 관한 연구,” 과학기술처 최종보고서, SN8301-F, 1984년 3월.
- [16] 김충기, 임형규, “PMOS 집적회로 제작기법을 사용한 Seven Segment Decoder/Driver의 설계와 제작,” 대한전자공학회지, 제 15권 제 3호, 1978년.
- [17] 최연익, 김충기, “실리콘 산화공정에 대한 실험적 고찰,” 대한전자공학회지, 제 16권 제 1호, 1979년.
- [18] 서광석, 김충기, “Integrated Injection Logic-설계에 대한 고찰과 실험결과,” 대한전자공학회지, 제 16권 제 2호, 1979년.
- [19] C.M. Kyung and C.K. Kim, “Pipeline Analog-to-Digital Conversion with Charge-Coupled Devices,” *IEEE, Journal of Solid-state Circuits*, vol. SC 15, no. 2, April,

- 1980.
- [20] 신현중, 김충기, "PMOS 기술을 이용한 512 Bit Mask Programmable ROM의 설계 및 제작," 대한전자공학회지, 제18권 제 4 호, 1981년.
- [21] K.S. Seo and C.K. Kim, "On the Geometrical Factor of Lateral p-n-p Transistors," *IEEE Transaction on Electron Devices*, vol. ED-27, January, 1980.
- [22] C.M. Kyung and C.K. Kim, "Charge-Coupled A/D Converter," 1981 Custom Integrated Circuits Conference, Rochester, N.Y., May, 1981.
- [23] 이원성, 권영세, "액상 에피층 성장방법에 의한 AlGaAs/GaAs 이중 헤테로 구조의 성장과 LED의 제작," 대한전자공학회지, 제21권 제5호, 1984년.
- [24] 민석기, "Development of Silicon Single Crystal Growth(II)," 과학기술처 연구보고서, BS-E508(4)-1644-1, 1980년.
- [25] 민석기, "Development of Semiconductor Materials Technology," 과학기술처 연구보고서, 1983년.
- [26] 임인철, 정정화, 이병호, "LSI의 Layout CAD 에 있어서의 배선혼잡도를 고려한 배치문제," 대한전자공학회지, 제19권 제 3 호, 1982년.
- [27] 유순재, 강태원, 이재진, 이정주, 홍치유, 정관수, 김봉열, "RHEED 강도의 진동을 이용한 단분자층 및 초격자 성장," 대한전자공학회 1986년도 반도체 및 CAD 연구회 합동 학술발표회 논문집, 아주대학교, 1986년 5 월.
- [28] 김성일, 김무성, 민석기, "MOCVD로 성장시킨 GaAs-AlGaAs DH Laser Diode의 발전특성 및 Computer Simulation에 의한 횡모드거동," 대한전자공학회 1986년도 반도체 및 CAD 연구회 합동 학술발표회 논문집, 아주대학교, 1986년 5월.
- [29] 강광남, "GaAs 화합물 반도체소자 제조기술 개발," 과학기술처 연구보고서, N122(1)-2448-4, 1986년 4 월.
- [30] 유태경, 정기웅, 권영세, 홍창희, "1.3 μ m GaInAsP BH 형 단일모드 레이저의 상온 연속 발전," 한국물리학회, 제 3 회 광학 및 양자전자학 워크샵 논문집, 강릉대학교, 1986년 8 월.
- [31] 김홍구, 심종인, 남은수, 오광룡, 유태환, 이유태, 홍창희, 마동성, 강민호, "1.55 μ m 파장의 GaInAsP/InP DH 레이저의 제작," 한국물리학회, 제 3 회 광학 및 양자전자학 워크샵 논문집, 강릉대학교, 1986년 8 월.
- [32] 이문기, "다목적 공동설계(Multi Project Chip) 개발에 관한 연구," 과학기술처 연구보고서, 1986년 7 월.
- [33] C.S. Oh, Y.H. Koh and C.K. Kim, "A New P-channel MOSFET Structure with Schottky-Clamped Source and Drain," IEDM, San Francisco, December, 1984.
- [34] S.H. Chai and J.H. Lee, "A New Self-Aligned Bipolar Transistor using Vertical Nitride Mask," IEDM, Washington D.C., December, 1985.*

1986年度 秋季綜合學術發表大會

- 開催日時：1986年 12月 5日(金)～6日(土)
- 場 所：韓國科學技術大學(忠南大德)
- 論文 마감：1986年 11月 8日(土), 提出處：學會 事務局

※ 論文作成은 學術發表會 投稿規定 參考