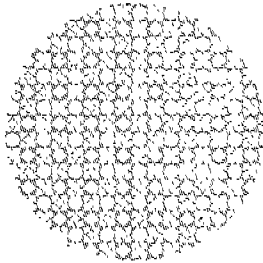


우리나라 半導體 産業의 現況과 展望

The Present Status and
Future Prospect of
Semiconductor Industry
in Korea



金 忠 基

한국과학기술원
전기 및 전자공학과의 교수

I. 서 론

현대 전자산업의 핵으로 불리는 반도체는 전체산업의 양상을 소형화, 경량화, 다기능화등으로 크게 바꾸어 놓았다. 이미 세계 각국에서는 반도체의 중요성을 인식하여 이에 대한 연구에 전력하고 있으며 우리나라에서도 수년전 부터 반도체의 중요성을 인식하여 최근에는 집중적인 투자를 아끼지 않고 있다. 그러나 빠른 속도로 발전하는 반도체 기술에 따라 기초연구의 부족, 기술 및 인력, 자원 부족의 문제점도 노출되고 있다. 본고에서는 국내 반도체 산업의 현황을 여러분야로 나누어 점검해 보고 앞으로의 전망을 예상하여 본다.

II. 실리콘 Wafer 의 제조

우리나라에서 반도체 소자의 생산공장에서 원재료로 쓰이는 실리콘 Wafer는 전량 수입에 의존하여 쓰이고 있는 실정이며 단결정 실리콘 Wafer의 제작은 실험실에서 이루어지고 있다. 처음으로 우리나라에서 단결정 실리콘 ingot가 성장된 것은 1980년으로, 그때의 Wafer 직경은 3 inch와 4 inch였다. 이 ingot는 불순물이 첨가되지 않은 상태였으나 그후 계속적인 연구로 n형과 p형의 ingot를 성장 시키는데 성공하였다. 실리콘 wafer의 국내 생산은 미국의 Monsanto 회사와 우리나라의 동부산업 주식회사가 공동으로 설립한 코실(Korsil)에서 계획하고 있다. 코실은 1986년 11월에 공장을 준공하였으며 제 1 단계로 절단된 wafer의 polishing을 수행하고 제 2 단계에서는 ingot의 절단에서 부터 wafer를 생산하고 제 3 단계에서는 단결정 ingot를 성장시켜 최종 wafer를 생산할 것을 계획하고 있다.

단결정 실리콘 wafer가 생산공장에서 쓰이기 시작한 것은 1974년 부터이다. 이때 한국반도체 주식회사(현 삼성반도체통신 주식회사)는 3 inch n형 실리콘 wafer로 metal-gate CMOS공정을 이용하여 전자 손목시계용 chip을 만들었다. 그후 1984년 삼성반도체통신 주식회사는 VLSI의 생산을 위해 경기도 기흥에 4 inch 실리콘 wafer가공 공장을 설립하였으며

현재에는 삼성반도체, 금성반도체, 현대전자등 대부분의 회사에서 6 inch 실리콘 wafer가 생산에 이용되고 있다. 이러한 추세는 당분간 계속될 전망이다. 1990년 경에는 8 inch 실리콘 wafer가 생산에 이용될 것으로 전망된다.

Ⅲ. 반도체 소자의 제조 공정

반도체 소자의 제조기술은 크게 Bipolar기술과 MOS기술의 두가지로 구분된다. Bipolar 집적회로는 1976년 KIST의 반도체연구실에서 Standard Buried Collector (SBC) 공정을 사용하여 선형 집적회로의 시험제작에 성공한 것이 그 출발점이 되었으며 현재 국내 대부분의 반도체 회사에서는 선형 집적회로, Bipolar 트랜지스터등 상당수의 Bipolar 소자를 제작 판매하고 있다. 여기서 특기할 점은 1983년 한국전자기술연구소(현 한국전자통신연구소)에서 I²L공정을 수립하여 Analog회로와 Digital회로를 한 Chip에 집적시킨 특수회로를 개발해낸 것이다.

이 특수회로는 VTR (Video Tape Recorder)의 부품으로서 우리나라에서도 새로운 집적회로를 개발할 수 있으며 이를 이용하여 새로운 전자기기를 개발할 수 있다는 가능성을 보여주었다. 한편, MOS분야의 제조기술은 우리나라에서 가장 많이 쓰인 Metal-gate CMOS 공정을 기본공정으로 확립하고 있다. 수년 전에 국내에서 큰 뉴스가 된 64K DRAM도 MOS 공정으로 제작된 기억소자이다. 64K DRAM은 미국 Micron사에서 설계된 것으로, 삼성반도체의 실리콘 Gate 기술과 Micron사의 NMOS 설계기술이 종합되어 1983년에 국내에서 시험 생산할 수 있었던 것이다. 64K DRAM은 개발된 후 가격이 급격히 떨어져 사업운영에서는 어려움이 많았으나 기술적인 면에서는 CMOS watch chip 생산 이후로 우리나라 반도체 산업을 크게 발전시킨 업적이라고 생각된다. MOS기술의 계속되는 연구결과로, 현재는 1M DRAM의 개발이 완료단계에 있으며 4M DRAM의 개발이 시작되고 있다. 이에 따라서 최소 선폭이 줄어들면서 많은 문제점이 나타났다. Hot Electron, Punch-through, 저항의 증가, Short-channel 현상등이 바로

그것이다. 이러한 문제를 해결하기 위한 노력은 LDD (Lightly Doped Drain), Silicide 등으로 개발되어 실제의 제조공정에 이미 도입되고 있다. 앞으로 개발될 4M, 16M DRAM이상의 집적도에서는 Silicide Interconnection으로는 저항문제의 해결이 어려워 다시 AL 같은 Metal의 사용이 검토되고 있으며 또 열 왜곡문제, Shallow Junction문제등으로 하여 공정온도의 저온화는 필수적인 요소로 등장하였다. 공정온도의 저온화는 박막성질의 저하, 공정시간의 길어짐 등 많은 문제점을 안고 있어 최근 wafer의 온도를 순간적으로 1000°C 이상까지 올려 수초간의 열처리를 하는 RTA (Rapid Thermal Annealing) 공정이 강력히 대두되고 있다. 1985년 말부터 한국과학기술원 반도체실에서 개발중인 RTA장비는 현대전자와 금성반도체에서도 시험중인 것으로 알려져 있다.

ULSI (Ultra Large Scale Integrated Circuits) 시대에 접어들어 따라 노출된 많은 문제점들을 RTA 장비에 의해 해결할 수 있으리라 전망된다. 그러나 RTA로도 해결할 수 없는 문제점이 Lithography와 Etch문제이다. 현재의 Lithography 기술로는 최소 선폭 0.7~0.5um 까지 개발이 가능하리라 보면 1990년대까지는 현재의 방법이 지속되리라 본다. 최소 선폭 0.5um 이하에서는 E-beam과 X-ray Lithography로 가능한데 거대한 장치와 Mask제작의 문제점으로 화학적 Etch를 동시에 수행할 수 있는 Focused Ion Beam Lithography가 가장 많이 쓰일 것으로 보인다. 또한 집적도를 높이는 문제로는 Trench 구조가 사용되고 있으며 SOI (Silicon on Insulator)를 이용하여 3차원 소자의 개발에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다.

Ⅳ. 반도체소자의 설계

우리나라 반도체 산업에서 집적회로 설계가 시도된 것은 1978~1979년경 Watch Chip의 설계라고 할 수 있다. 선진국에서는 집적회로의 설계가 주로 대규모 Digital 집적회로로 바뀌고 있으며 민생용 소형 집적회로에 대한 관심이 감소되는 추세를 보면

새로운 민생용 선형 집적회로를 국내에서 독자적으로 설계하는 것은 앞으로 국내 반도체 산업의 발전에 중요한 발판이 될 것으로 예측된다. 국내 집적회로의 설계는 현재까지도 대규모 집적회로등에 대한 설계는 대부분 Reverse Engineering에 의존하고 있다. 즉, 반도체 제조기술 면에서는 1M DRAM을 제작할 수 있는 거의 세계적인 수준으로까지 성장하였으나 회로의 설계에 있어서는 아직 그만큼 따르지 못하고 있는 것이다.

1980년경 부터 컴퓨터를 이용하여 집적회로를 설계하는 CAD (Computer Aided Design)에 대한 중요성이 크게 인식되었다. CAD분야는 1982년 한국전자기술연구소에서 먼저 시작되어 4K SRAM의 Mask Pattern을 설계하였다. 그후 CAD의 연구는 외국에서 개발된 Program을 도입하여 이용하는 것과 국내에서 Program을 개발하는 것의 두방향으로 진행되어 현재 Logic Simulation Program, Circuit Extraction Program, Placement and Routing Program, CIF Based Layout Program들이 국내에서 개발되어 대학, 연구소 및 산업체에서 응용되고 있다.

1983년 삼성반도체 주식회사에서 제작에 성공한 64K DRAM의 경우 설계는 외국에서 들여온 것이었으나 이 기술을 바탕으로 1985년 256K DRAM을 자치설계와 제조공정으로 개발하여 신뢰성 있는 부품으로 수출에 성공한 것이 가장 큰 업적이라 할 수 있다. 이 256K DRAM의 판매로 1986년 삼성반도체 통신은 세계 반도체 시장에서의 Market Share가 2.1%선까지 성장하였다. 이외에도 E² PROM, 256K SRAM, Gate Array, 전화기용 IC, 음성합성기동을 개발하였으며 금성반도체에서도 1M bit ROM, 64K DRAM, 256K SRAM, CMOS Gate Array, 각종 TTL, Color TV 및 VTR용 IC등을 개발하였다. 세계적인 추세로 집적회로는 ULSI, Custom IC, Ingerated System 쪽으로 발전하고 있으므로 새로운 집적회로를 정확하게 빠른 시간내에 설계하는 능력을 기르는 것은 반도체 산업뿐만 아니라 전자공업 전체에 있어서도 매우 중요한 일이다.

이와 같은 설계능력의 배양에서는 CAD를 이용하

는 자동화가 가장 중요한 관건이 된다.

현재 집적회로의 설계에 관한 연구, 교육이 국내 대학과 연구소에서 시작되고 있으므로 이러한 활동을 통하여 교육받은 인력들이 국내 산업계를 이끌어 나갈 시기도 그리 멀지 않을 것이다.

V. 반도체소자의 응용

집적회로는 가전제품이나 컴퓨터 같은 전자System의 한 부품이 된다. 그러므로 집적회로는 전자 기기나 System의 요구에 의해 결정 되어진다. 우리나라 전자공업은 그동안 외국에서 개발, 생산된 집적회로를 이용하는 조립산업으로 발전되어 왔으며 이는 국내 반도체 업체들로 하여금 이미 국내에서 사용되고 있는 집적회로와 동일한 성능을 갖는 집적회로를 생산하도록 유도하고 있다. 그러나 전 세계적으로 볼 때 새로운 집적회로들이 매우 빠른 속도로 개발되기 때문에 어느 하나를 국내에서 Reverse Engineering을 통하여 설계, 생산하게 되면 그 집적회로의 사용기간은 매우 짧게되며 심지어는 개발이 완료되기 전에 그 집적회로가 신제품으로 대체되는 경우까지 있다. 이러한 문제점을 해결하는 방법은 독자적인 집적회로를 개발하고 이들을 이용하여 새로운 전자기기나 전자System을 상품화하는 것이라고 생각할 수 있다. 현재 우리나라의 전자공업은 이러한 노력이 매우 부족한 상태이다. 1986년 현재 우리나라의 집적회로 설계, 제조능력은 256K, 1M DRAM을 개발할 수 있는데 까지 왔으나 이러한 능력을 이용하여 어떠한 집적회로를 개발하는 것이 우리나라 전자공업 발전에 얼마나 기여할 수 있는지, 또 그 집적회로가 상품화될 수 있는지에 대하여는 아직 명확한 해답을 얻지 못하고 있다.

앞으로 이러한 방향으로 많은 연구가 수행되어 현재 우리가 보유하고 있는 집적회로 기술이 전자공업 뿐만 아니라 전체 산업에 충분히 활용되고 또 계속하여 새로운 기술이 발전되어야 할 것이다.

VI. 복합 반도체 소자

복합 반도체 분야는 그동안 국내대학의 물리학과에서 주로 연구되어 왔다. 대표적 복합 반도체로는 GaAs를 들 수 있는데 1983년 한국과학기술원의 응용물리부에서는 2 inch 단결정 ingot를 성장시키는데 성공하였다. 또 Liquid Phase Epitaxy (LPE), Metal-Organic Chemical Vapor Deposition (MOCVD), Molecular Beam Epitaxy (MBE) 등에 관한 연구도 1983년 부터 매우 활발히 진행되고 있다. 이 복합 반도체는 높은 캐리어 이동도, 발광성, 내열성 등의 장점으로 실리콘으로는 해결하지 못하는 여러 형태의 소자를 만드는데 기여해 왔으며, GaAs가 가지고 있는 발광성을 이용하여 LD (Laser Diode), LED (Light Emitting Diode)를 제조하여 광통신 등에 응용되고 있다.

GaAs 소자는 Switching 시간이 실리콘 보다 훨씬 빨라 10 GHz 이상의 Microwave의 발진소자로도 응용되어 우주산업에 큰 기여를 할 것으로 보인다.

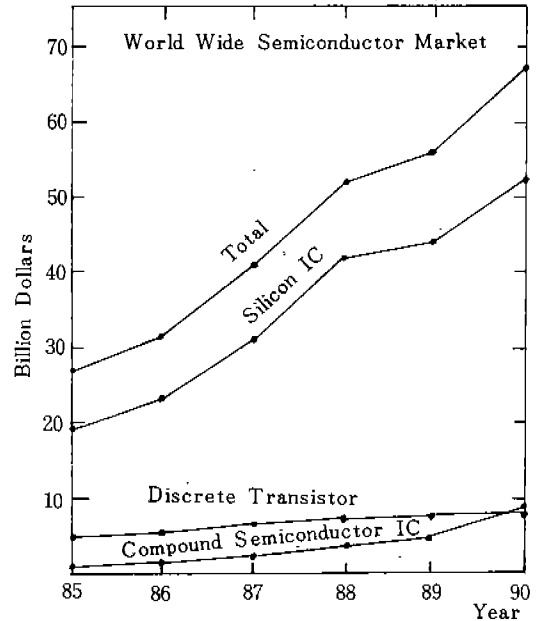
또한 빠른 계산 속도를 갖는 Super Computer의 CPU에도 그 응용이 주목받고 있다.

현재 세계적인 GaAs 기술수준은 LSI정도이나 우리나라의 경우 단일 MESFET의 제작에 성공한 정도이다. 70년대에 GaAs가 처음 등장한 후 몇년 전까지만 해도 GaAs가 실리콘을 대체하리라는 예상이 있었으나 요즘은 실리콘과 GaAs가 각기 자기 고유의 특징을 살리면서 상호 보완적으로 발전할 것이라고 보는 것이 공통된 의견이다. 그림 1은 반도체 시장의 앞으로의 추세이다.

그림에서 보이듯이 복합 반도체는 전체 반도체시장의 10~20% 정도를 차지할 것으로 보인다. 이러한 복합 반도체 소자에 관한 연구, 수요증가의 예상에 따라 국내 연구소 및 기업에서도 복합반도체를 생산하려는 계획으로 일을 추진하고 있으며, 1990년경에는 국내에서 생산된 복합반도체 소자가 실제 System에 응용될 수 있으리라 본다.

Ⅶ. 맺음말

우리나라의 반도체 산업은 1966년 정만영 씨등에 의해 Bipolar Transistor가 처음 시험제작된 후 20



〈그림-1〉 Trend of world wide semiconductor market

여년이 경과하면서 급속한 발전을 이룩하여 1M DRAM의 시험제작에 까지 성공하였으나, 설계기술 기초연구, 원자재의 부족등 여러가지 문제점이 나타나고 있다. 반도체 산업은 일종의 장비산업으로 ULSI수준으로 도달하기 위해서는 엄청난 고가의 장비가 필요하며 이의 유지 보수에서도 문제점이 있다.

이런 여러가지 문제점에도 불구하고 우리나라 반도체 산업의 앞날은 희망적이라 할 수 있다. 정부의 정책적인 배려와 국내 각 대학, 연구소, 산업체에서의 끊임없는 노력만이 이 문제를 해결할 수 있으며 우리가 투자한 만큼의 대가를 얻을 수 있을 것으로 생각한다. 그 대가에 의해 우리나라 전자공업은 더욱 발전하게 될 것이다. *