

우리 나라의 半 導 體 產 業 1974~1989

金 忠 基

韓國科學技術院 電氣 및 電子工學科 教授(工博)

要 約

본고에서는 1974년부터 1984년까지 10년 동안의 국내 반도체 산업의 발전을 웨이퍼 가공을 중심으로 살펴보고 앞으로 5년 동안의 발전을 예상하여 본다.

I. 실리콘 웨이퍼의 제조

우리 나라에서 단결정 실리콘 웨이퍼가 생산공장의 원자재로 사용되기 시작한 것은 1974년부터이다. 그때 설립된 한국반도체주식회사는 3inch, n-형 실리콘 웨이퍼를 원자재로 이용하고 p-well, metal-gate CMOS 공정을 표준 공정으로 사용하여 전자식 손목 시계용 반도체 칩을 생산하였다. 한국반도체주식회사는 그후에 삼성그룹에 인수되었으며, 현재의 삼성반도체통신주식회사의 부천 공장이 되었다. 우리 나라에서 사용되는 실리콘 웨이퍼의 크기는 그 후에 4inch로 증가하였으며 현재 국내에서 사용되는 실리콘 웨이퍼는 4inch 웨이퍼가 주종을 이루고 있다. 이러한 추세는 앞으로도 계속 될 것으로 전망되며 1985년부터는 6inch 웨이퍼가 생산에 이용될 것으로 전망된다.

한편 단결정 실리콘 웨이퍼의 제조는 실험실에서 이루어지고 있는 상태이다. 단결정 실리콘 잉고트(Ingot)가 처음으로 국내에서 성장된 것은 1980년이었으며 그때의 웨이퍼의 직경은 3inch와 4inch였다. 최초의 실리콘 잉고트는 불순물이 첨가되지 않는 상태로 성장시켰으나 그 후의 지속적인 연구로 현재는 n-형과 p-형의 잉고트를 성장시킬 수 있게 되었다.

단결정 실리콘의 생산활동은 국내에서 이루어지고 있지 않으며 실리콘 잉고트를 수입하여 4inch 실리콘 웨이퍼를 생산하고자 하는 계획이 있을 뿐이다.

II. 집적회로의 설계

우리 나라 반도체 산업체에서 집적회로 설계가 시도된 것은 1978~1979년이라고 생각된다. 삼성반도체주

식회사(현 삼성반도체통신주식회사)가 그때까지 생산하여 오던 CMOS watch chip에 여러 가지 기능을 첨부한 새로운 watch chip을 설계하여 생산한 것이 집적회로의 설계를 통한 신제품 생산의 출발이었다고 보인다.

그 이전의 설계활동은 주로 학교, 연구소에서 이루어졌으며 1976년경에는 KIST의 반도체 연구실에서 3ipolar 트랜지스터를 사용하는 linear I. C.의 설계와 시험 생산에 성공하였다.

국내 집적회로의 설계는 독창적인 설계보다는 reverse engineering에 의한 설계로 출발하였으며 현재까지도 국내에서의 대부분의 설계활동은 reverse engineering에 의존하고 있다.

독창적으로 집적회로를 설계하고 설계된 새로운 집적회로를 생산하는데에 성공한 것은 1978~1979년경의 watch chip의 설계에서 시작되었다고 할 수 있다. 그 당시에는 외국에서 설계된 watch chip을 분석하여 그 성능과 회로를 파악한 후에 이 지식을 토대로 하여 새로운 기능이 첨부된 watch chip을 설계하였다. Linear I. C. 분야에서 독창적인 설계에 성공한 것은 1982년에 삼성반도체주식회사가 장난감 자동차용 custom I.C.의 개발에 성공한 것이 처음이라고 보인다. 선진국에서 집적회로의 설계가 주로 대규모 digital 집적회로로 바뀌고 있으며 민생용 선형 집적회로에 대한 관심이 감소되는 추세를 보면 새로운 민생용 선형 집적회로를 국내에서 독자적으로 설계하는 것은 앞으로 국내 반도체 산업의 발전에 중요한 계기를 마련하여 줄 것으로 예상된다. 현재 삼성반도체주식회사와 금성반도체가 보유하고 있는 독창적인 집적회로의 설계능력과 학교, 연구소에서 집적회로의 설계를 중요하게 다루고 있는 추세는 이러한 관점에서 매우 고무적인 현상이다.

국내에서의 digital 집적회로의 설계는 watch chip을 제외하면 선형 집적회로의 설계활동에 비하여 아직 미

비한 상태이다.

1980년경부터 컴퓨터를 이용하여 집적회로를 설계하는 CAD(computer aided design)의 필요성이 국내에서 크게 대두되었다. CAD 분야는 한국전자기술연구소가 제일 먼저 시작하였으며 컴퓨터를 이용하여 집적회로의 마스크 패턴을 설계하는 작업이 1982년경에 시작되어 4K SRAM을 설계하였다. 그후 CAD의 연구는 외국에서 개발된 program을 도입하여 이용하는 방향과 국내에서 program을 개발하는 방향의 두 갈래로 진행되어 왔다. process simulation, circuit simulation, logic simulation program들이 도입되어 현재 이용되고 있으며 layout에 필요한 software들은 전자기술연구소의 Applicon system, 금성반도체, 삼성반도체, 금성사에 설치된 Calma system에 따라서 도입되어 이용되고 있다.

한편 CAD에 필요한 software의 개발에서도 지난 수년 동안에 logic simulation program, circuit extraction program, placement and routing program, CIF based layout program들이 개발되어 현재 대학교, 연구소, 산업체에서 이용되고 있다.

이러한 CAD system의 도입에 따라 집적회로의 설계능력도 크게 발전하였으며 현재 각종 민생용 선형 집적회로, 전화기용 집적회로등이 설계, 생산되고 있으며 1983년에는 한국전자기술연구소에서 8-bit microcomputer의 설계, 시험 생산에 성공하였다.

1983년에 삼성반도체통신주식회사가 64K DRAM의 시험생산에 성공하고 현재 대량생산이 시작됨에 따라 국내에서도 반도체 기억소자의 생산에 대한 관심이 매우 높아지고 있다. 그러나 현재 국내에서 제작되는 기억소자의 설계는 외국으로 부터 도입된 것이며 국내에서 설계된 기억소자가 대량 생산되는 시기는 1985년 이후가 될 것으로 예상된다.

세계적으로 집적회로는 VLSI, custom I. C., Integrated system쪽으로 발전하고 있으므로 새로운 집적회로를 정확하게 빠른 기간내에 설계하는 능력을 기르는 것은 비단 반도체산업 뿐만 아니라 전자공업 전체를 생각할 때에도 매우 중요한 일이다. 앞으로 5년후의 미래를 예상하여 보면 집적회로의 설계능력은 국내 대학과 연구소에서 주로 발전될 것으로 보이며 이러한 활동에 참여하면서 훈련을 받은 인재들이 국내 산업체에서 활발하게 일하게 되는 시기도 멀지 않은 장래에 오게 될 것으로 기대된다.

III. 집적회로의 제조공정

앞에서 언급한 바와 같이 우리 나라에서 1974년에 최초로 생산된 집적회로에서는 metal gate CMOS 공정을 bipolar 집적회로의 이용하였다. 한편 공정은 1976년에 KIST의 반도체 연구실에서 standard buried collector(SBC) 공정을 사용하여 선형 집적회로의 제조공정의 시험에 성공한 것이 출발점이었다.

한국반도체가 삼성그룹에 인수되면서 삼성반도체에서도 SBC 공정과 개별 트랜지스터의 제조공정을 수립하여 각종 민생용 집적회로와 개별 트랜지스터를 생산하기 시작하였다. 또 금성반도체, 한국전자등에서도 bipolar 트랜지스터와 선형 집적회로를 1979년경 부터 생산하기 시작하였으며 대한전선에서도 소규모의 선형 집적회로 생산 시설을 연구소에서 운영하였다. 이중에서 금성반도체가 collector diffused isolation(CDI) 공정을 사용하여 전자 교환기의 부품이 되는 집적회로를 제조하는 것과 한국전자가 일본의 도시바에서 개발된 perfect crystal technology(PCT)를 이용하는 것이 특색이라고 할 수 있다. 한국전자기술연구소에서는 1983년에 I²L 공정을 수립하는데 성공하였고 이를 이용하여 analog 회로와 digital 회로가 한개의 실리콘 칩에 동시에 집적된 특수회로들을 개발하는데 성공하였다. 이 특수회로들은 video tape recorder의 부품들로서 이러한 집적회로들을 설계하고 제조할 수 있다는 것은 우리 나라에서도 새로운 집적회로를 생산하고 이들을 이용하여 새로운 전자기기를 개발 할 수 있다는 능력을 보여 주고 있다.

MOS 분야의 집적회로 제조기술은 삼성반도체주식회사가 보유하고 있는 metal gate CMOS 공정이 현재 우리 나라에서 가장 많이 사용되는 제조공정이라고 할 수 있다. 삼성반도체는 지난 10년간 계속하여 metal gate CMOS 공정을 사용하여 watch chip을 생산하여 왔으며 그 동안의 경험과 기술개발을 통하여 metal gate CMOS 공정을 완전히 소화하였다고 보인다.

Silicon gate NMOS 공정은 1982년에 한국전자기술연구소에서 개발되었으며 이 공정으로 32K ROM, 64K ROM을 1983년에 성공적으로 시험 생산하였고 또 8-bit microcomputer도 제작하였다. 한국전자기술연구소의 NMOS 공정에 관한 연구와 삼성반도체통신이 1980년 이후 자체적으로 소규모로 시도한 silicon gate 기술이 기반이 되고 여기에 미국 마이크론사의 NMOS 기술이 종합되어 64K DRAM을 1983년에 국내에서 시험생산 할 수 있었던 것이다.

MOS 공정 기술에서 장래가 가장 밝다고 전망되는 silicon gate CMOS 기술은 1983년부터 한국전자기술

연구소가 개발하고 있으며 이미 PLA chip의 시험생산에 성공하였다.

국내의 여러 반도체 업체들은 현재 MOS 공정기술의 개발에 많은 노력을 기울이고 있다. 금성반도체주식회사는 silicon gate NMOS 공정으로 Z-80 micro-processor를 금년중에 생산할 계획을 갖고 있으며 이와는 별도로 silicon gate CMOS 공정을 1985년에 확립할 예정이다. 최근 한국전자기술연구소의 생산시설을 인수한 대우반도체에서도 silicon gate CMOS 공정을 기본 공정으로 채택할 움직임을 보이고 있으며 삼성반도체통신도 metal gate CMOS 공정의 경험을 살려서 silicon gate CMOS 공정을 빠른 시일내에 확립할 것으로 예상된다. 또 현대전자에서도 silicon gate NMOS 공정과 silicon gate CMOS 공정을 기본 공정으로 사용하고자 계획하고 있다.

IV. 집적회로의 응용

집적회로는 전자기기, 전자 system의 부품이므로 집적회로의 생산은 전자기기와 system 산업의 요구에 의해서 결정되는 것이 보통이다. 우리 나라의 전자공업은 그동안 외국에서 개발, 생산된 집적회로를 이용하는 조립산업으로 성장하였으며 이러한 배경은 국내 반도체 산업체들로 하여금 이미 국내에서 사용되고 있는 집적회로와 동일한 성능을 갖는 집적회로를 생산하도록 유도하고 있다. 그러나 전세계적으로 볼때 새로운 집적회로들이 매우 빠른 속도로 개발되기 때문에 어느 하나의 집적회로를 국내에서 reverse engineering을 통하여 설계, 생산하게 되면 그 집적회로의 사용기간은 매우 짧게 되며 심지어는 개발이 완료되기전에 그 집적회로의 사용이 신제품으로 대체되는 경우까지 있다. 삼성에서 1983년에 개발되어 1984년 여름부터 본격적으로 생산이 시작된 64K DRAM의 시장이 어느 시기에 256K DRAM으로 바뀔 것인가에 대하여 여러 사람들이 걱정하는 것도 바로 이러한 현상이다. 이러한 문제점을 해결하는 방법은 독자적인 집적회로를 개발하고 이들을 이용하여 새로운 전자기기나 전자 system을 상품화하는 것이라고 생각 할 수 있겠으나 현재 우리 나라의 전자 공업은 이와 같은 노력이 매우 부족한 상태이다.

1984년 현재의 우리 나라 집적회로의 설계, 제조 능력은 bipolar 집적회로의 경우에는 최소선폭이 5micron

정도이고 트랜지스터의 수가 5,000개 정도, MOS 집적회로인 경우에는 최소선폭 3micron, 트랜지스터의 수가 30,000개 정도인 집적회로를 자체 개발 할 수 있다고 보인다. 그러나 이러한 능력을 이용하여 어떤 집적회로를 개발하는 것이 우리 나라의 전자공업 발전에 기여 할 수 있으며 그 집적회로가 상품화 될 수 있을지에 대하여는 아직 누구도 명확한 해답을 찾지 못하고 있는 상태이다.

앞으로 이러한 방향으로 많은 연구가 수행되어 현재 우리가 보유하고 있는 집적회로의 기술이 전자공업에 충분히 활용되고 또 계속하여 새로운 기술이 발전되어야 할 것이다.

V. 복합 반도체 소자

복합 반도체 분야는 그동안 국내 대학의 물리학과에서 주로 연구되어 왔다. 서울대학교와 연세대학교에서는 복합 반도체의 물성 파악에 관한 연구, 단결정 성장에 관한 연구가 지난 5~6년 동안 꾸준히 계속되어 왔다. GaAs의 단결정 성장에 관한 연구가 본격적으로 수행된 것은 1983년이며 그 결과 같은 해에 한국과학기술원의 응용 물리부에서는 2inch 단결정 Ingot를 성장시키는 데에 성공하였다. 또 liquid phase epitaxy (LPE), metal-organic chemical vapor deposition (MOCVD), molecular beam epitaxy (MBE) 등에 관한 연구도 1983년부터 매우 활발하게 진행되고 있다. 특히 동국대학교에는 국내에서 유일하게 MBE system이 설치되어 있어 앞으로 이를 이용한 여러 가지 연구가 수행 될 것으로 여상된다.

최근 복합 반도체 소자에 관한 연구가 갑자기 활발하게 된 이유는 광통신 시스템의 주요 요소인 optical fiber에 관한 연구가 결실을 맺어 국내에서도 광통신 시스템이 설치됨에 따라 이에 필요한 light emitting diode, laser diode 등의 수요가 커질 것으로 예상되기 때문이며, 또 direct broadcast system(DBS)이 곧 현실화 될 전망에 따라 GaAs MESFET의 수요도 증가할 것으로 보이기 때문이다. 이러한 복합 반도체 소자에 관한 연구, 수요증가의 예상에 따라서 국내 기업체에서도 복합 반도체 소자를 생산하고자 하는 계획을 세우고 있으며 1989년 전에는 국내에서 생산된 복합 반도체 소자가 실제 시스템에 응용될 것으로 보인다.