



## 美國 大學에서의 VLSI 研究

李文基

延世大學校 工科學科 電子工學科 教授(工博)

### 머릿말

VLSI(very large scale integrated circuit)의 개발 경쟁이 미국, 일본 그리고 유럽 각국에서 바야흐로 시작되었다. 캘리포니아 공과대학 교수인 C. A. Mead는 말하기를 집적회로의 개발은 산업혁명이후의 최대의 획기적인 발전으로써 VLSI의 경쟁은 산업계와 이에 관련된 공업제품, 민생품에 일대 변혁을 일으켜 통신, 통상, 교육, 오락 그리고 과학의 형태가 변화될 것이고 문화의 변혁이 급속히 진행될 것이라고 하였다.

전자 산업의 중심인 마이크로일렉트로닉스(micro-electronics)는 1980년도에 석유, 자동차 산업과 더불어 거대한 산업 구조가 되고 이의 시장도 약 400억달러에 이를 것이다. 또한 장래 전세계의 힘의 구조를 좌우할 만큼 중요한 경쟁이다.

미국에서는 집적회로의 새로운 기술 혁신의 종자가 뿌리를 내리기 시작했다. 이것은 IC 산업계의 요청이라기 보다는 대학 교수의 노력과 산업계에 산재되어 있는 개개인의 공동 작업에 의한 것이다. 산업계 그리고 국가안전관리국(National Security Agency)과 국방부 산하 여러 연구기관과 같은 정부기관의 지원을 받아 미국 대학에서는 VLSI 연구가 활발히 진행되고 있고 이를 통해 고도로 발달된 IC기술자가 배출되고 있다. 대학에서의 VLSI 연구는 유능한 교수와 열심히 노력하는 대학원생 그리고 더욱 더 중요한 것은 충분한 연구 자금과 좋은 연구 시설에 달려 있다. 국내 각 대학의 대학원 학생수는 요즘 급격히 증가하여 많은 수의 석사 이상의 학위가 배출되고 있지만 이것만으로는 VLSI 경쟁을 할 엄두도 못 낸다. 더욱 더 많은 전자공학 지식과 더불어 계산기와 정보 시스템(information system)개념을 갖고 실습 실기 교육을 통해 IC설계 제조 분야에 손에 익은 경험이 필요하다.

더욱이 과거에는 IC설계가 그렇게 큰 문제가 되지 않았지만 오늘날은 IC자체가 바로 하나의 시스템을 구성하므로 더욱 더 이의 설계가 큰 문제로 대두되고 있다. 이에 미국 여러 대학에서의 VLSI 연구를 간단히 정리 소개하며 대학에 대한 국내 산업체와 정부의 적극적 지원이 있기를 바란다.

### 제록스연구소(Xerox Research Center)와 대학 공동의 다종류 칩 계획(Multi Project Chip)\*

Palo Alto 소재 제록스연구소에서 1970년 중반부터 집적회로 시스템의 아키텍처(architecture)와 설계에 관한 연구를 하던 L Conway가 1978년 M. I. T.(Massachusetts Institute of Technology)에 객원 교수로 초빙되어 최초로 VLSI의 설계 교육을 전기공학과에서 교수하였다. 그 후 제록스 연구팀이 통신 전송망을 통해 원격지에서 입력된 칩(chip)설계를 매우 빠른 턴어라운드(turnaround) 시간에 대단히 저렴한 비용으로 제작할 수 있는 VLSI 제조 시스템을 최초로 개발 운영하였다. 1979년 MPC 79로 알려진 연구 계획에 의해 미국 각대학의 VLSI 관계 학생들로 구성된 사용자들 대상으로 제록스연구소는 위의 시스템의 위력을 발휘했다. 124명의 설계자가 설계한 82종류의 설계 파일(file)이 국방성의 ARPA(Advanced Research Projects Agency)계산기 회로망을 통해 Palo Alto 소재 제록스연구소로 전송되었다. 그 후 제록스 시스템은 전자우편(electronic mail)을 통해 자동적으로 입력된 파일이 다종류 칩(multi-project chip) 사양서에 맞게 작성되어 전자빔 마스크(electron beam mask)에 적합하게 변환되었다. 전자빔 마스크는 Micro Mask Inc.에서 제조되었다. Hewlett Packard사의 집적회로프로세싱연구소(Integrated Circuit Processing Laboratory)에서 다종류 칩을 제조하였고 제록스연구

소에서 웨이퍼를 개별적인 칩으로 분리하여 설계자에게 보냈다. 각 연구 계획별로 설계 자료가 전송된지 4주만에 bonding되고 packaging이 되어 완성된 칩이 성공리에 끝났다. 각 연구 계획별 평균 비용은 500달러 이하였으며 이 계획은 1980년 봄 다시 MPC580이라는 이름 아래 가동되어 훌륭한 업적을 남겼다. 이때는 12개의 대학으로부터 220명의 설계자에 의한 170개의 설계가 완성되어 제조 되었다.

남가주대학(University of Southern California)의 I. S. I(Information Science Institute)에 새로운 시스템이 설치되어 국방성 ARPA의 VLSI 연구 계획을 지원하기 위해 이용되고 있다. 또한 영국과 호주에도 이와 비슷한 시스템이 VLSI 연구를 위해 도입 운영되고 있다.\*

### 스텐포드대학교(Stanford University)

과거 25년동안 산업계와 고도로 생산적인 상호 관계를 강력히 유지해온 스탠포드대학은 대학 구내에 집적화 시스템 센타(Integrated System Center)로 불리는 연구 기구를 설립하였다. 대학 당국과 연방 정부와 산업체의 공동 지원을 받아 이 센타는 학생과 중견 기술자 교육 그리고 VLSI 시스템을 발전시키기 위한 새로운 아이디어(idea)를 창출하기 위한 것이다. 센타의 목표는 다음과 같다.

- 전자빔과 X선 사진 식각 기술, 그리고 레이저 빔 야닐링(laser beam annealing)을 포함한 기초 기술
- 설계자동화와 계산기에 의한 제조 시설의 자동 관리 능력 개발
- 계산, 통신 그리고 제어 기능을 최대로 발휘하는 VLSI 시스템 설계, 제조시험
- 단기 집중 강의, 회의, 워크샵(work shop) 그리고 비디오(video) 교재 제작
- 30명의 박사학위와 100명의 석사학위 배출 교육
- 시스템 지향적 사고 방식을 가지고 VLSI 제품 개발, 설계, 제조를 위한 과학자, 기술자 양성

스텐포드센타의 특징은 IC 시스템의 설계, 제조, 시험용으로 턴·어라운드 시간이 빠른 최신의 프로세싱(processing)과 제조 설비이다. 고속 턴·어라운드란 실험적 IC를 1~2주간의 처리할 수 있는 능력을 말한다. 이것은 센타의 연구가 기술 발전에 큰 공헌을 하기 위해 필수적이다. 이와 같은 센타를 지원하기 위해 유해독가스 洗淨장치, 산중화 탱크, 고순수 여과장치,

중앙진공장치, 중앙압축 공기장치, 초대형 변압기, 그리고 공기, 온도, 습도, 먼지 크기 및 량을 제어하기 위한 고도의 정밀장치등 비용이 엄청나게 많이 드는 특수 부대 시설을 보유 운용하고 있다.

스텐포드는 국방부의 ARPA로부터 집적 시스템 연구에 관해 많은 연구 계약을 맺고 있고 여러 업체로부터 많은 지원을 받고 있다. 업계 후원자는 센타의 대학원 학생과 전문가를 합동으로 선발하는데 참여하여 VLSI 전문가를 채용할 수 있는 좋은 기회를 얻게 된다.

### 캘리포니아 공과대학교 (California Institute of Technology)

캘리포니아 공과대학에서의 VLSI의 목표는 실리콘 기술(silicon technology)를 계산기에 결합시키는데 있다. 이와 같은 개념에서 출발한 것이 실리콘 컴파일러(silicon compiler)이다. 이것은 캘리포니아 공과대학에서 최초로 발전 되었다. 기본적으로 컴파일러는 일종의 프로그램으로 칩의 기능적 기술(functional description)을 입력시키면 요구되는 기능을 수행할 수 있는 칩의 설계 도면이 출력으로 나온다. 이런 컴파일러는 설계공기(design time)을 100배 이상 단축시킨다.

산업계를 위한 특수 연구 계획 silicon structure program은 업계의 후원자가 자금을 지원하고 이 계획에 참여하여 일할 사람을 대학으로 파견한다. 이런 상호 협동 조치를 통해 기술 전수가 잘 진행되고 있고 이에 기술자를 파견한 회사는 Xerox, Intel, Burrough, Honeywell, Digital Equipmeat Corp., IBM 그리고 Hewlett Packard 등의 회사이다. 캘리포니아 공과대학은 또한 여러 회사가 공동으로 쓸 수 있는 자체 제조 설비 개념, 즉 silicon foundry 를 장려하고 있다. 이와 같은 것은 집적회로 업계에 본질적인 변화가 일어나고 있기 때문에 필요하다. 과거 20년 동안 미국 IC 업계의 기술혁신의 최첨단은 venture capital 로 재정지원을 받아 새로 시작된 새로운 회사들이었다. 결과적으로 이들이 시장의 중심이 되었고 또 다른 새 기회를 형성하여 부수적으로 새로운 일거리를 만들었다. 앞으로 중소기업이 대기업을 무찌르고 이길 수 있는 영역은 IC 프로세스기술이 아닌 시스템 설계 분야이다. 이와 같은 설계를 실현하기 위해서는 소기업으로는 감당하기 어려운 정도의 대규모 웨이퍼 가공 제조 설비가 필요하다. 그러므로 다수의 소기업이 이용할 수 있는 가공 제조 설비, 즉 실리콘 파운드리가 요구된다.

**카네기·멜론대학교 (Carnegie-Mellon University)**

국방부 ARPA 의 자금 원조를 받아 진행중인 연구 목표는 전산 과학 분야에서 IC를 이용한 계산 알고리즘(algorithm)에 관계되는 기본 이론과 새로운 방법으로 VLSI를 개발하는데 필요한 복합 CAD 시스템의 설계에 관한 것이다. 또한 실제로 IC의 제조상 기하학적 크기가 제한되는 경우 효율적인 연산기법에 관해 이론적으로 연구하면서 직접 이것을 직접회로로 실현하려고 설계를 시도하고 있다.

국방성의 VHSIC (very high speed integrated circuit)개발 프로그램에도 참가중이며 다음과 같은 세 가지 분야에 연구 계획을 디바이스 물리 측면에서 수행하고 있다.

- 금속박막-GaAs 박막-GaAs 사이의 경계면 문제
- 금속 박막에서의 전자 이동
- 금속박막에서의 표면 이온 이동. 이러한 연구를 진행하기 위해 새로운 clean room, molecular beam epitaxial system과 자동 X선 회절장치를 설치했다.

**코넬대학교 (Cornell University)**

코넬대학교에서의 VLSI 연구는 그 초점이 submicron 구조의 연구에 있으며 이를 위해 설립된 국가적인 연구시설(National Research and Resource Facility for Submicron Structures)를 운영하고 있다. 이 시설은 국립과학기금(National Science Foundation)의 보조금을 받고 대학당국의 투자로 1977년 설립되었다. 이 시설은 미국의 각 대학교가 공동 협의하여 사용할 수 있게 되 있으며 주된 연구 계획은 submicron 구조에서

- 디바이스와 회로 설계, 그리고 레이아웃
  - 사진식각법(photolithography)
  - 디바이스용 박막 재료 성장과 제조
  - 디바이스 재료의 특성 연구
- 등이다.

이 연구 계획은 22개의 기업체로부터 지원을 받아 진행중이고 작년에 추가로 3백 4십만달러 상당의 새로운 제조 설비를 설치했다. CAD 시스템, 컴퓨터, 전자빔 lithography, X-ray lithography, reactive ion beam system 등을 설치한 7500평방ft의 class 1000이하의 clean room을 갖추고 있다.

**북캐롤리나주립대학교  
(North Carolina State University)**

북 캐롤리나 주정부가 IC 산업체의 유치와 성장을 돕기 위해 1981년부터 2년에 걸쳐 2천 4백만달러를 지원하여 MCNC(Microelectronic Center of North Carolina)를 북캐롤리나주립대학교내에 설립하였다. 이 연구 센터는 Duke University, North Carolina University, North Carolina A & T State University, University of North Carolina at Chapel Hill, University of North Carolina at Charlotte, 그리고 Research Triangle Institute 등 6개 기관의 교육과 연구 업무를 위해 공동으로 운영되고 있다.

1천 5십만달러가 70,000평방ft의 제조시설을 위해 투자되었고 8백 6십만달러가 CAD system, IC fabrication equipment 그리고 마스크 제조설비와 테스트 장비에 사용되었으며 2백 8십만달러가 경상비로 쓰이고 있다. 연구 계획을 지원하기 위해 2백 5십만달러 정도가 연구비로 사용되고 있다. MCNC의 주된 목표는 IC산업체가 필요로 하는 실리콘 집적 시스템을 6개 기관이 공동으로 참여하여 개발하고 있다.

**매사추세츠 공과대학교  
(Massachusetts Institute of Technology)**

M. I. T.에서는 4개 분야에서 VLSI 연구를 진행하고 있다. 첫째가 submicrometer 구조, 즉 0.5 $\mu$ m 이하의 구조와 형태에 대한 연구로써 X-ray, 홀로그래픽 사진 식각법 그리고 플라즈마와 리액티브 이온 부식법 등이다. 또 다른 활발한 연구 분야는 graphoepitaxy 비결정질 기판에 형성시킨 서브마이크로컴퓨터 구조에 방향성 결정체 성장이다.

둘째는 반도체 재료와 프로세싱에 관한 연구이다. 특히 초고순도로 대단히 균일한 실리콘 성장법과 습도와 연기 감지기(smoke sensor)의 집적회로화와 같은 감지기의 집적회로화 연구이다.

셋째는 IC설계 자동화이다.

넷째는 시스템 아키텍처 분야이다. 이것은 VLSI 기술을 이용하여 계산기를 제작할 목적으로 활발히 연구되고 있다.

**캘리포니아대학교  
(University of California at Berkeley)**

이 대학이 산업계에 기여한 최고의 공헌중 하나는 아마도 회로 시뮬레이터인 SPICE를 개발한 것이다. 현재 수백개의 산업체와 대학에서 널리 이용되고 있는

이 SPICE는 약10인의 대학원생과 교수 4명이 10년에 걸쳐 개발한 것이다. 이 대학의 특징은 LSI (large-scale integrated circuit)의 제조를 학생 각자가 실습을 하여 경험을 쌓도록 되있는 점이다. 다수의 이용자가 공동으로 사용하고 있는 제조 시설속에서 학생 자신이 자기의 회로를 직접 제조하도록 되어 있다. 이와 같은 과정을 통해 IC실험실 사용 자격을 얻은 학생수가 120명 정도 된다. 현재 연구 항목은 CAD 소프트웨어 개발과 MOS 디바이스와 스위칭 정전 용량을 이용한 아날로그 회로 집적도 향상, 고주파 영역 동작 특성 개선등을 포함한 애널로그와 디지털 LSI 기술이다. 또한 양자전자, 집적광전공학(integrated photonics), 음향 표면파 디바이스, 조셉슨 냉각소자 그리고 특수 감지기(sensor) 등이다. 현재 보유하고 있는 IC 제조 시설의 3배이상 확장된 시설을 갖출 수 있도록 약3백만달러 정도의 자금 지원을 주정부로부터 받고 있다. 그 외에도 국립과학재단, 군의 연구기관들과 국방부의 ARPA가 출자한 VLSI 연구를 진행하고 있다. 그 내용은 대략 새로운 시스템 아키텍처, 회로 구성의 혁신적 방법, 설계 자동화장치, VLSI를 위한 제조 기술 등이다. 또한 이 대학은 IC업계와 밀접히 연결되어 매년 10여명의 업계 기술자가 교내에 파견되어 공동 연구를 수행하고 있다. 마이크로일렉트로닉스 분야에서 10여명의 박사과 40여명의 석사학위가 매년 배출되고 있다.

### 맺 음 말

“과학기술 교육의 진흥을 위해 정부는 기초 과학 교육을 확충하고 실험 실습과 실기 중심의 교육을 정착 시키며 고급 기술 인력의 양성으로 우리 경제의 국제 경쟁력을 키워 나가는데 공헌할 수 있도록 유도해 나갈 것입니다.”

이것은 1983년 새해 대통령의 국정연설중 과학기술

교육에 대한 내용이다. 작년부터 정부에서 반도체를 국책 과제로 선정하여 적극 육성시킬 계획을 추진하고 있음은 다행한 일이다. 이에 기술 인력 양성을 맡고 있는 대학에서의 집적회로 교육을 되살려 보며 국제적 경쟁력을 키워나가기 위해서 무엇을 어떻게 할 것인지 정부, 학교, 산업체가 삼위일체가 되어 심사숙고하여 실천해야만 할 것이다. 우리 나라 대학에서도 집적회로 설계 제조 분야의 교육과 연구가 가능해질 그날을 기대해 본다.

### 參 考 文 獻

- [1] John F. Mason, VLSI goes to school, *IEEE Spectrum*, PP. 48-52, Nov. 1980.
- [2] B.O., “VLSI at new castle university,” *Semiconductor International*, pp. 22, June 1982.
- [3] W.S., Microelectronics Research Center Established in australia,” *Semiconductor International*, PP. 30, June 1981.
- [4] W.S., “VLSI project launched in australia,” *Semiconductor International*, PP. 18, July 1982.
- [5] 이문기, LSI/VLSI 설계자동화, 전자공학회잡지, 제 8 권 4 호, pp. 10-18, 12월 1981.
- [6] L. Conway, “VLSI Design in the universities,” *VLSI Design*, PP. 65-69, 4th Quarter, 1980.
- [7] J. Frey, “VLSI related activities at the national research and resource facility,” *VLSI Design*, PP. 56-57, May/June 1982.
- [8] P. Denyer, “Edinburgh designs validate UK LSI implementation route,” *VLSI Design*, PP. 51, Jan/Feb. 1982.

(\* 표시의 내용은 다음 기회에 자세히 발표할 예정임.)