

半導體 분야의 산학협동

- 스탠포드대학의 예와 우리의 방향 -

李 熙 國

金星半導體(株) 本部長

산학협동의 필요성

선진국의 기술 발전의 속도가 더욱 가속되고 개발도상국의 많은 나라들이 낮은 임금의 잇점에 힘입어 반도체 패키징(IC packaging) 등의 분야에서 경쟁력을 높여가는 시점에 이르러 한국 경제의 당면 과제는 고급 기술 개발과 생산성 향상을 바탕으로 한 수준높은 제품 생산국으로의 전환이라는 점에는 별로 이견(異見)이 없을 것이다. 다가오는 정보시대(information age)를 선도하는 반도체 산업분야도 이것은 예외일 수 없으며, 정부의 반도체 산업 육성책과 각 기업의 사업계획은 모두 첨단 생산 시설의 설치와 기술의 정착, 고급 기술 인력의 다수 확보 및 양성, 그리고 전략적 제품개발을 통한 해외 경쟁력 강화에 초점이 맞추어져 있다. 그러나, 여러가지 야심적 계획과 활발한 공장 건설에도 불구하고 국가적 차원에서 장기적 기술육성 방안과 세부계획은 아직 미흡한 실정이며, 이것은 정부, 기업, 그리고 학교 및 연구기관 모두의 힘으로 해결해야 할 과제일 것이다.

기업의 현실을 보면 우선 첨단기술 산업에 장기적 안목을 가지고 합리적으로 이끌어 갈 경영자 및 고급 관리자, 생산과 개발에 중추적 역할을 할 젊은 엔지니어층, 오랜 경험을 바탕으로 높은 생산성을 유지하는 숙련 기능공의 재충충 어느 분야도 충분히 확보되지 못한채 우선 여러 신규제품의 개발과 생산수행에 급급한 실정이다. 상당수의 기업이 연구소 체제를 갖추고 있으나, 실제 수행되는 업무들 보면 장기적 기술개발과 연구보다는 대부분 외국서 개발된 제품과 기술의 복사, 당면한 제품의 개발에 머무르고 있다. 물론 이것도 매우 중요한 임무임에는 틀림이 없으나 장기적인 개발과 연구가 어렵다는 것이다.

대학의 경우 교수진의 부족과 실험실 시설의 미비, 그리고 이에 따른 연구활동의 제약때문에 박사과정에 진학할 수 있는 상당수의 우수한 학생들이 외국으로 유

학을 가고 있는데, 이것은 기업과 학교 모두에 큰 손실을 주고 있는 안타까운 상황이다.

이런 부족한 여건속에서도 이를 극복하려는 노력이 최근에 곳곳에서 일어나고 있다. 상당수의 고급 기술 인력을 국내외에서 유치한 기업의 연구소에서 시작된 기술 개발계획, 여러 대학에서 활발히 전개하는 세미나 및 워크샵(workshop) 그리고 소수의 경우지만 기업 연구소와 대학이 공동 추진하는 프로젝트의 시작등이 눈에 띄이고 있다. 국가 전체적으로 아저도 고급 기술 인력과 연구시설 그리고, 연구 재원(財源)이 부족한 실정에서 이렇게 기업과 학교가 공동으로 추구하는 기술개발 및 연구의 시작은 참으로 뜻깊고 소중한 것으로서의 정책 당국의 적극적인 지원과 배려가 꼭 필요한 것이다.

산학협동에 그 초점을 맞춘 이 글은 우선 미국의 경우에도 대표적 사례인 스탠포드(Stanford)대학의 산학협동의 내용을 소개한 후 한국에서 바람직한 산학협동의 방향을 제시하고자 한다.

스탠포드(Stanford) 대학의 산학협동

미국 캘리포니아주의 샌프란시스코(San Francisco) 부근에 세계 최대의 반도체 산업단지인 실리콘 벨리(Silicon Valley)가 형성되어 있는 것은 잘 알려진 사실이며 이곳에 위치한 스탠포드 대학은 많은 분야에서 기초 및 응용연구를 수행하면서 다수의 고급 과학기술자를 배출하여 이 지역의 고도성장에 큰 역할을 해오고 있다. 그런데, 우리의 현 관심사인 반도체 산업 육성을 위한 산학협동의 측면에서 보면 지난 10년을 편 의상 70년대 후반기와 80년대 초반기로 나누어 스탠포드대학의 역할을 이야기 할 수 있을 것이다.

70년대 후반기는 반도체 산업이 LSI 수준에서 VLSI 수준으로 도약하는 시기였다. 이 도약을 위해서는 많은 기술적 진보와 기초 과학에 근거를 둔 반도체 재료

및 공정의 이해가 절실히 필요하게 되었다. 예를 들면 실리콘 웨이퍼(silicon wafer) 표면에 산화막(oxide)을 기르는 공정기술도 이전에는 간단한 이론과 실험결과에 의한 경험만으로 처리할 수 있던 것이 VLSI 급의 집적회로를 만들기 위한 산화막 공정의 경우 웨이퍼 표면의 여러가지 예민한 물리화학적 성질과 불완전성(defect)에 대한 과학적 이해없이 까다로운 기술조건을 만족시키는 산화막을 기를 수 없게 된 것이다.

스탠포드대학의 연구진은 반도체 전 공정에 대한 과학적 이해를 증진하고 그 결과가 직접 제품제조 공정에 쓰일 수 있도록 suprem이라는 컴퓨터 프로그램을 개발하여서 VLSI 기술발전에 큰 기여를 하게 되었다. 즉, 연구를 통한 지식증진의 수준에 머무르지 않고 그 지식이 첨단기술에 직접 활용되도록 하여 그 공헌이 더욱 빛나게 된 것이다. 그런데, 이런 뛰어난 연구결과를 가능하게 한 연구 시설을 보면 물론 대학의 실험실로서는 매우 잘 갖추어졌다고 할 수 있으나, 70년대 후반의 기술 수준에서 볼때 여러 기업의 연구나 생산시설에는 훨씬 못미치는 수준이었다.

그러므로, 주된 연구분야를 선택할 때, 매우 가는 선택의 제작등 첨단 생산기술 개발에 힘을 쏟은 것이 아니라, 그 기술의 배경을 이루는 기초 물성(material property)과 공정기술의 물리화학적 특성에 치중하였다. 그리고, 이런 연구가 가능했던 것은 전자현미경(SEM), 표면분석(surface analysis)을 위한 여러 측정기(예: Auger, SIMS, RBS 등)의 시설이 잘 갖추어진 실험실이 있었기 때문이다. 하여튼 주어진 환경과 시설을 최대한 활용하여 더 나은 시설을 가진 기업의 연구소에 못지 않은 연구결과를 얻은 노력, 연구방향 선택의 정확한 감각, 그리고 프로젝트의 수행에 필요한 여러 조건을 만족시키는 경영 능력을 높이 들 수 있다.

흔히 대학의 연구라고 하면 기술적인 면만 생각하기 쉬우나 반도체 기술처럼 큰 시설이 요구되고 많은 분야의 전문가가 모여야 좋은 결과를 얻을 수 있는 경우는 프로젝트 경영(project management)의 중요성이 인식되어야 할 것이다.

그런데, 80년대 초반에 이르러 스탠포드 대학의 반도체 연구에 큰 전환점이 필요하게 되었다. 우선 각 기업들이 계속 생산기술을 발전시키고 이를 뒷받침하는 엄청난 시설 투자를 하게 되자 기존의 스탠포드대학 시설로서는 더 이상 첨단기술에 맞는 연구를 수행하는데 한계를 느끼게 되었다. 또, VLSI 기술이 발전함에 따라 한 칩안에 전체 시스템 기능이 포함되는

것이 가능해지고 제조공정(process), 회로설계(circuit design) 및 시스템 설계(system design)가 따로 독립적으로 존재하지 않고 서로 밀접한 연관관계를 맺을 필요가 생기게 되었다. 따라서, 재료공학, 공정기술, 회로설계, 컴퓨터 공학들의 여러 전문가들이 한 지붕 밑에 모여 원활한 정보교환을 통해 집적 시스템(integrated system)을 개발하고 연구할 필요성이 뚜렷해진 것이다.

그런데, VLSI급의 집적회로를 제작하려면 큰 시설 투자가 필요한데 대학 당국이나 정부의 예산에 기대할 수가 없었으므로 이런 연구시설이 스탠포드대학에 있어야 한다고 생각하는 기업인들이 중심이 되어 후원을 하게 되었다.

1980년 설립된 집적 System연구소(CIS: Center for Integrated System)에 Hewlett-Packard, IBM, TI 등의 19개 회사가 각각 3년에 걸쳐 75만불씩 기증하여 1,400만불 상당의 건물을 마련하고 이 회사들이 다시 매년 10만불씩 내어 교육, 연구 및 행정을 지원하게 된 것이다. 한편 VLSI 제조를 위한 기계를 마련하는데는 미 국방성의 연구지원기금 800만불이 배당되었고, 각 공정기계 제작회사에서 150만불 이상의 기계를 기증하였다. CIS 건물 중앙에 설치될 반도체 생산 시설은 300평 규모의 면적내에 집적회로 제작의 전 공정을 가능하게 하는 기계와 전자도안 제작기(electron beam pattern generator), 시험기(tester), 패키징 시설까지 갖추게 된다. 별도로 공조(air handling) 시설과 폐수처리 시설도 설치된다. 생산시설을 중심으로 주위에는 일반 실험실, 회의실 및 65개의 연구실에서 반도체, 컴퓨터 설계 및 재료공학의 여러분야 전문인들이 한곳에 모이게 된다. 빠른 연구수행을 위하여, 집적회로 설계후 mask가 얻어지면 10일 이내로 전 공정이 끝나고 시험하고 패키징된 시제품이 완성되는 것이 목표이다.

이 연구소를 적극 지원하게 된 수많은 기업들의 입장에서는 우선 고급인력이 집중된 이 연구소의 많은 연구결과에 기대를 모으고 또 각 기업에서 과전되어 이 연구소에 상주할 연구원을 통해 최신 정보를 입수하고 실력있는 대학원생들을 미리 알게 되어 유치할 수 있는 장점이 있는 것이다. 그뿐 아니라 건물은 각 기업의 공동지원으로 이루어졌으나, 이런 첨단 시설이 갖추어지면 앞으로 국방성의 풍부한 연구기금이 이곳에 집중 지원될 수 있는 점도 고려되었다. 그리고, 국방성과 대학만의 연관에서 진행되는 연구수행태도보다 각 기업이 원하는 분야에 연구가 되도록 영향력을 미치기

가 수월하게 되고 이 연구소에서 매년 배출될 박사 30명, 석사 100명의 고급 기술자도 큰 수확이 된다. 그리고, 이 연구소에서 만들어지는 각종 교육자료를 기업이 자체 연구하여 교육에 쓸 수 있게 된다.

그런데, 이런 연구소의 뚜렷한 필요성에도 불구하고 그 설립과정이 순탄한 것만은 아니었다. 그 진행상황을 보면 77년 무렵 교수들에 의해서 처음 이 연구소의 설립이 구성된 후 79년에 Hewlett-Packard 사의 John Young 사장이 연구소 설립 위원회의장을 맡게 되고 각 기업의 장들과 학교재단을 설득하는데 힘을 합하면서 80년도 1월에 CIS가 발족 되었다. 81년 3월까지 10개 회사가 각각 기금을 내는데 동의하였고 그 후에 이 숫자는 19개로 늘어났다. 82년 5월에 드디어 이 연구소의 건물이 착공되었고 85년초에 완공될 예정이니 처음 구상부터 연구소 완공에 8년의 시간이 소요된 셈이다. 그동안 연구결과의 특허권 귀속문제, 후원회에 가담하지 않은 회사들이 연구결과를 이용하는 일, 각 기업의 입김으로 대학 연구의 본질에 변화가 일어나지 않을까 하는 많은 우려가 있었고 이 제반 문제에 대한 오랜 의견 조정이 필요하였다. 반면에 이런 문제들이 모두 정리되고 시설의 기술적 사항도 충분히 점검된 후이므로 85년에 이 연구소가 시작되면 빠른 시일내에 많은 결과를 기대할 수 있을 것 같다.

한국 산학협동의 방향

위에서 보인 스탠포드대학의 산학협동의 예는 우리나라 반도체 기술의 발전을 위해서 좋은 모델을 제시하고 있다. 물론 기업과 학교의 기술 수준과 인력구조가 다르므로 꼭 같은 방식으로 추진할 수는 없지만 학교와 기업, 그리고 정부가 긴밀히 협조하여 그 수준에 맞는 방안을 강구한다는 점에서는 큰 차이가 없을 것이다. 산학협동에 성공하기 위해서는 그 노력에 참가하는 구성원이 목적하는 바가 무엇인가가 뚜렷이 정의되어야 하고 그 구성원의 능력이 개관적이고도 구체적으로 평가되어 실정에 맞는 계획이 서야 할 것이다.

필자가 보는 관점에서 현재 반도체 사업에 종사하고 있는 기업이 대학에 비라는 것은 무엇보다도 기업의 빠른 기술발전과 사업성장을 위한 고급 기술 인력의 배출이라고 하겠다. 고급인력이 학교 졸업후 짧은 기간내에 기업에 공헌할 수 있게 되려면 학교에서의 연구분야 선택과 기초 지식의 수련에 학교와 기업의 긴밀한 협조가 있어야 한다. 예를 들어 석사나 박사과정의 논문 방향설정에 현재나 가까운 미래에 기업에 유용하게 쓰일 수 있는 분야를 제시해 주고 이를 수

행하는데 연구비를 지원하거나 시설을 제공하는 방법들은 매우 쉽게 시행될 수 있는 것이다. 그런데, 이런 방법으로 대학과 기업이 연과를 맺는 것은 비교적 용이하지만, 이 관계가 가까운 장래에 유능한 졸업생을 확보한다는 소극적인 목표에 그치지 말고, 그 연구 자체가 기업과 대학에 뚜렷한 의의가 있도록 연구내용을 설정하는 것은 상당한 노력을 필요로 한다. 필자가 소속된 금성반도체의 예를 들면 1984년 초에 4개 대학과 공동 프로젝트를 시작하였는데 그 이전 6개월 정도에 걸쳐 구체적인 연구방향과 사회에 설정하는 작업이 필요하였다. 특히 연구 수행에 필요한 웨이퍼 가공의 경우 상당한 노력과 비용이 소요되기 때문에 이미 미국에서 많이 활용되고 있는 다종류 칩(multi project chip) 방식을 채택하였고 이를 성공리에 수행하려면 다종류 칩을 공동 제작할 여러 대학과의 긴밀한 협조가 요구되는데 이런 방식의 프로젝트 수행은 앞으로도 계속 많이 진행될 예정이므로 이번에 귀중한 경험을 얻게 될 것으로 믿어진다. 연구내용은 CMOS와 BIPOLAR 기술에서 제품응용이 가능한 분야를 선택하되 그 프로젝트의 수행 과정에서 대학의 기준에 맞는 충실한 연구 논문이 나오도록 진행하게 될 것이다.

그런데, 이런 방식으로 기업과 대학의 공동 연구수행이 궤도에 오르기 시작하면 그 다음 단계로 국가적 차원에서의 산학 협동을 기대할 수 있다. 앞에서 설명한 방식으로는 현재 큰 준비없이 곧 시작할 수는 있으나, 실험시설을 기업에 의존하여야 하고 기업의 경우 기존의 여러가지 업무와 산학협동 실험과의 우선 순위를 정하는 고충을 겪는데 짧은 시간안에 실험을 수행하지 못할 경우가 많이 있으리라고 짐작된다.

그뿐 아니라 기업의 시설에서 사용하지 않는 새로운 공정의 개발에는 큰 제약이 있는 것이다. 그러므로, 대학이 자체적으로 실험을 할 수 있는 시설이 필요하게 될 것을 쉽게 짐작할 수 있다. 이런 방향으로 향하는 노력으로 지난 4월 대한전자공학회에서 제안된 대학공동반도체연구센터(가칭)를 주목하게 된다. 대학 공동으로의 기초 연구, 학생들의 실기 교육, 그리고 기업체 기술자들의 훈련 등 세가지 목적을 제안하고 있는 이 연구 센터는 그 규모나 설립 취기에 있어 현재 국내 반도체 업계가 당면한 여러 어려움을 해소하는데 큰 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다. 그런데, 이 국가차원의 연구 센터가 실제 설치되었을 경우 그 노력과 투자를 최대한 활용하기 위하여서는 지난 4월에 제출된 제안 이상의 구체적 계획이 필

요할 것으로 믿어진다. 앞에서 스탠포드대학의 CIS 연구시설의 설립에 8년이 소요된 것을 지적한 바 있는데, 우리 나라의 경우 이처럼 오랜 세월이 걸려야 한다는 것은 절대 아니지만 이런 규모의 연구시설을 마련하는데 들어가는 엄청난 노력과 투자가 헛되게 되지 않으려면 세밀한 계획이 수립되고 검토되어야 한다는 점을 강조하고 싶다. 뿐만 아니라 산학협동의 관점에서 볼 때 이 연구 센터의 설립과 운영에는 기업이 적극적으로 참여하는 것이 매우 필요할 것으로 생각된다. 기업이 연구센터의 설립에 기여할 수 있는 면은 재정적인 지원의 측면과 기업의 생산경험에 의해 연구소에 가장 적절한 시설과 기계를 갖추도록 정보를 제공하며 이 시설과 연구 프로젝트를 합리적으로 운영하도록 경영방향 설정에 대한 의견의 제공이라고 할 수 있다. 조금 더 구체적인 예를 든다면, 반도체 제조처럼 하나의 시제품 제작을 위해 오랜 기간동안 많고 복잡한 기계를 쓰는 경우 각 기계가 제 성능을 발휘하도록 유지하고 보수하는 것이 매우 중요한 일이다. 대학 공동시설의 경우 예산상 제약 때문에 많은 기계종류를 각각 하나씩밖에 마련되지 못할 것이 예상되며 이때 특정기계 한 두개의 고장 때문에 이 공동 시설에서 수행될 많은 프로젝트 전부에 결정적 타격을 줄 수 있는 것이 얼마든지 가능한 문제점이다.

그러므로, 하나 하나의 장비 선택에는 많은 사항이 고려되어야 하는데, 몇 가지 예로는 가격, 성능, 국내 대리점의 서비스, spare part 확보 및 국내 기업체에 맞는 기계와의 상호 보완 가능성 등이 있다.

공동시설의 운영과 경영방향 설정에 있어서도 향후 예상되지 못했던 많은 난관에 부딪칠 수 있는데 이런 문제점에 능동적으로 돌파구를 마련하는 기업의 적극적인 경영방식이 국가나 공공기관의 관료적 경영 방식에 우선하여 적용되어야 할 것으로 생각된다. 이 연구센터의 효과적 운영은 대학에 못지 않게 기업의 큰 관심사이고 기업의 적극적 참여는 유능한 기술인력을 제공

하는 방향으로 나타나. 이 연구 센터의 가치를 더욱 높여 줄 것이다. 현재 미국과 일본에 뒤떨어진 우리나라의 기술 수준으로 볼 때 국가적 차원의 협조와 공동 프로젝트 수행이 매우 필요한 것이 사실이지만 각 기업의 현 상황을 보면 심한 경쟁의식을 버리지 못하고 있어 기업들만의 상호 연구 협조는 당분간 기대하기 힘든 실정이다. 공동 연구센터는 중간에 서서 이런 문제점도 타개해 줄 수 있는 위치에 서야 할 것이다.

맺 는 말

이 글에서는 스탠포드대학의 산학협동 활동의 예를 살펴보고 한국의 경우 향후 몇년간 수행될 수 있는 방법을 두 단계로 나누어서 제안하였다. 현재 대학에 반도체 소자 제조에 필요한 시설이 충분히 갖추어져 있지 않으므로 산학 협동의 첫 단계에서는 우선 기업과 대학이 공동으로 관심있는 연구 분야를 결정하고 필요 시 기업의 시설을 이용하는 방법이다. 기업의 경우 생산에 사용되는 시설을 이런 연구목적에 제공하는 것이 수월하게 처리되려면 그 연구 결과가 기업에 가져다 줄 수 있는 이익이 구체적으로 제시되는 것이 매우 바람직하다고 본다. 이 경우 연구할 수 있는 분야가 제약을 받는 것이 사실이고 연구 수행의 일정도 길어지는 문제 때문에 대학 공동의 수준급 연구시설을 마련하는 두번째 단계가 빨리 실현되어야 할 것이다. 이런 시설의 마련에 드는 큰 노력과 투자로 볼 때 시설이 갖추어진 후 기대했던 효과가 나타나지 않는다면 향후 더 큰 연구시설의 마련이 필요하게 될 반도체 연구분야가 장기적으로 지원을 받는데 매우 부정적인 영향을 줄 것이 우려되며 따라서, 지금 추진되고 있는 공동 연구 시설이 꼭 성공을 거둘 수 있도록 세밀하고 현실적인 계획이 보완되어야 할 것이다. 이 계획의 마련과 추진에 기업의 적극적인 지원이 크게 도움을 줄 수 있다고 생각된다. *

◆ 用 語 解 說 ◆

옐로우 페이지(yellow page)

美國 등 外國의 職業別 電話番號簿의 代名詞, 黃色 바탕에 黑色印刷가 아주 보기 쉽기 때문에 옐로우 페이퍼를 채용한데서 이렇게 불린다. 電話番號簿라기 보다는 商品·서비스의 索引 가이드이다. 모든 業種을 망라한 情報誌로, 生活의 便覽으로서, 비즈니스의 誇아트너로서 그 利用度는 높다.

인프라스트럭처(infrastructure)

社會的 基盤, 都市構造의 基盤이 되는 施設 즉 道路, 上下木道, 鐵道, 港灣施設을 말한다. 최근은 情報社會의 進展에 따라 電氣通信施設이 産業, 經濟, 社會, 文化의 基盤으로서 중요시되고 있으며 이들 構造의 基盤의 뜻으로서 通信인프라스트럭처라는 말이 빈번하게 사용되고 있다.