

教育特輯 論文2000-37TE-4-5

전문대학 반도체 응용과 교육과정 개발

(Development on the Curriculum of the Department of Semiconductor Technology in Ulsan College)

朴孝烈*, 金根柱*

(Hyo Yeol Park and Keunjoo Kim)

요 약

반도체 전공분야의 교육과정은 반도체소자를 제작하는데 있어 디자인하고 소자특성을 시뮬레이션하기 위한 반도체 설계와 반도체장비를 이용하여 재료를 가공하는 반도체공정 및 제작된 소자의 특성을 평가하고 검사하는 신뢰성 공정, 그리고 패키징 공정까지 포함된다. 반도체응용과의 교육과정을 2년 6학기제로 편성하여, 1학년은 직업인의 기본교양 및 인성교육과 함께 반도체 재료 및 회로등 전공기초 소양 및 원리를 습득하는데 중점을 두고 2학년에서는 국제적인 추세인 반도체 설계분야 및 반도체공정을 이해하게 된다. 특히, 국내의 빈약한 반도체 설계분야를 활성화하기 위하여 설계기술을 집중적으로 훈련시키고 특성화하여, 반도체 설계분야의 기능화된 인력을 공급할 수 있도록 교육과정을 편성하였다.

Abstract

Semiconductor technology includes from semiconductor materials, design, fabrication, handling of process equipments, reliability test to packaged semiconductor devices. Our departmental curriculum is organized with 2-years/6-quarters system of Ulsan College: the understanding for the fundamental of semiconductor is carried out in the first academic year and the training for the design skill on semiconductor devices will be focused in the second academic year. The main focus is reflected on the worldwide trend on the design engineering of semiconductor devices and considered for the market establishment on design engineers trained by the lab-oriented practice as well as the fundamental of semiconductor technology.

I. 서 론

반도체 공학의 눈부신 발전은 전자공학의 한 분야로 분류하기에는 너무나 방대한 분야로서 마치 생물학분야의 유전공학처럼 독립된 핵심분야로 성장하고 있다. 반도체산업 발전추이는 지수 함수적으로 Moore의 법칙에 따라 급속도로 발전하고 있다.^[1] 반도체 소자가 만들어지기 위해서는 반도체재료, 장비, 제조공정, 설

계, 소자특성 검사 및 패키징 분야의 집약기술이 필요하다. 우리나라가 반도체분야에서 두각을 나타낸 것은 칩 패키징 기술로부터 시작하여, 반도체 재료개발 및 제조공정의 일관 라인이 건설되면서 칩 제조 및 판매로 반도체산업의 세계적인 두각을 나타내기 시작하였다. IMF로 인한 기계류 수입에서 반도체 장비수입에 제동이 걸렸고 메모리소자의 가격 하락으로 반도체 산업도 휘청거리다가 이제 제 페이스를 내고 있다. 반도체 세계시장에 대한 WSTS의 98년 하반기 전망은 99년도 10% 성장률을 제시하고 있다.^[2]

그 동안 반도체설계의 인력배출은 필요성에 대한 인식부족과 고가의 설계도구 및 개발한계로 인해 매우 미비하여 인력이 부족하고 소회할 시장도 형성되지 않았다. 또한 부가가치를 창출할 수 있는 분야임에도 불

* 正會員, 蔚山科學大學 半導體應用科

(Department of Semiconductor Technology, Ulsan College)

接受日字:2000年7月4日, 수정완료일:2000年3月16日

구하고 국내의 대기업의 자본집약형 반도체소자 제조 공장의 주도로 다변화된 소량의 주문형 반도체소자의 틈새시장을 확보할 여력이 없었다. 사실, 반도체 제조 공장(foundry)은 소량의 다양화된 제품의 요구 추세로 인해 전문 design house를 필요로 하게 되었고, 반도체 설계전문 Engineering회사가 많이 설립되고 있는 세계적인 추세이다.^[3] 반도체 공정주도의 소자제작이 반도체 하드웨어적 자본집약분야라 한다면, 반도체설계 주도의 소자제작 판매는 반도체분야의 소프트웨어적 벤처분야라 할 수 있다.

물론, 반도체설계분야가 단순히 설계도구를 이용하여 칩 설계기능만 보유하면 된다는 것은 아니다. 현상론적으로 설계도구를 이용하여 수학적 서술에 의한 전자장치의 등가 신호모델을 해석할 수 있겠지만, 역으로 이러한 모델에 있어서 주어지는 제약변수를 이해하고, 회로모델의 성능을 정확히 평가하기 위해서는 반도체재료의 물성 및 소자공정이 파악되어야 한다.^[4] 이러한 반도체소자 제작상의 제 분야의 유기적인 이해가 필요하며 반도체설계분야 특성화 교육과정에 반영되어야 하겠다.

또한 대부분의 국내 반도체 제조회사의 전문대학 출신의 중간 관리자의 업무는 현재까지는 극소수의 반도체소자 설계의 보조인력이고 앞으로 design house의 출현으로 많은 기능화 된 인력도 수급될 전망이지만, 대부분은 반도체 제조 공정사(operator)의 중간관리자나 주변장비의 유지 및 보수 관리자 등의 시설유지 실무자로 인력이 수급되고 있는 실정이다. 이러한 반도체 발전방향 및 취업 전망등, 여러 요인을 고려하여 반도체응용과의 교과과정을 편성하였다.

II. 반도체응용과의 교육방향

1. 교육목표

울산과학대학의 지향 목표인 성실, 창의, 봉사정신으로 이론과 전문적인 지식을 겸비하고 사회인으로서의 인격을 겸한 유능한 기술자 양성에 기초를 두고, 과학 및 사고 능력을 개발하며, 반도체의 기본원리 및 응용전반에 관한 지식을 충실히 갖추 첨단 과학기술 분야뿐만 아니라 고급 기술자와 기능공과의 교량적 역할을 할 수 있는 21세기 지식기반사회에서 선도적인 역할을 수행할 전문직업인을 양성하데 목표로 삼고 있다.^[5]

교육방법에 있어서는 주입식을 배제하고 창의적인 탐구와 스스로의 문제를 처리하는 능력 배양에 중점을 두며, 첨단 과학기술을 지향하는 전반적인 기초 학문과 응용 원리를 체계적으로 이해하고, 특히 반도체 관련 산업체와의 긴밀한 협력하에 실험 및 현장실습 교육을 강화하여 산업체에 곧 바로 연계시킬 수 있는 활동 능력을 기르게 하며, 창의성과 문제 해결 능력을 배양시켜 고도화된 첨단산업 현장에서 부여된 임무를 효율적으로 수행할 수 있는 능력을 기르게 한다.^[6]

본 학과에는 반도체 산업분야에서 기술경쟁력을 갖춘 전문직업인으로서 근본적인 반도체 기본원리 및 전반적인 센서응용기술, 반도체공정 및 설계기술등 반도체 기술을 이해하고, 특히 반도체설계분야에서 특성화된 심화교육을 통하여 비메모리 반도체분야(ASIC)에서 산업현장에서 적용할 수 있는 능력을 기르게 한다.

2. 교육방침

본 학과는 반도체의 재료에서 반도체의 설계에 이르기까지 반도체의 전 분야를 이해할 수 있도록 기본원리를 탐구하고, 반도체 공학, 컴퓨터, 반도체 재료, 전자 회로 및 센서공학 직접회로(VLSI), ASIC, 반도체 공정 등을 교육하고 비메모리 반도체 분야를 중심으로 다루는 최첨단 학과이다. 이 분야의 기초 이론을 탐구함과 동시에 다양한 실험장치를 갖춘 기초 전자 실험실, 전자회로 실험실, 센서응용 실험실, 그리고 각 분야별 전문 실험실을 갖추 다양한 실험·실습에 중점을 두어 교육하고자 한다.

최근의 반도체의 기술 및 학문의 동향은 물론, 차세대대에 요구되는 신기술과 관련한 시사적 내용을 소개함으로써 21세기를 대비한 첨단 과학기술을 접할 수 있게 한다. 반도체 공학의 발전은 전자회로, 반도체 재료, 반도체 레이저, 반도체 센서 등 각종 자동화 등으로 현대 첨단산업 분야 발전에 선도적 역할을 하고 있다. 이러한 상황에 따라 반도체 분야의 고급 인력과 중견기술인 수요가 급격히 증가하고 있으며 이러한 추세에 맞추어 반도체 응용과에서는 우리 나라 첨단 반도체 산업의 발전에 기여할 수 있도록 비메모리분야에서 기술 경쟁력을 갖춘 중견 기술인을 양성하기 위해 다음과 같은 교육 방침을 설정한다.

(1) 1학년 1, 2(여름학기), 3학기에는 반도체 분야의 기초이론 및 실험 실습을 이수하여 반도체 응용분야에 대한 기본지식을 학습하여 반도체 전공을 수용할 수

있는 능력을 기른다.

(2) 2학년 1 학기에 전공분야의 기본과목을 이수케 하여 전공에 대한 기본적인 분야의 내용을 이해시켜 심화 전공을 학습하기 위한 이해력을 키운다.

(3) 2학년 2학기(여름학기)에 학교교육을 현장과 연계시켜 현장 실무능력을 강화하기 위한 전공필수의 현장실습을 실시하고 3학기에는 산업현장과 연계된 세부 전공분야의 심화된 과목에 대한 이론 및 실습과목을 이수토록 하고 산업체 연계교육으로 취업관련 세부분야에 대한 이해력과 응용능력을 배양한다.

(4) 반도체 분야에 종사하는 산업체 실무자들로부터 교육과정에 대한 의견을 수렴하여 교육과정의 개선 및 새로운 학문을 수용하는 주문식 교육체제를 도입하여 변화하는 반도체산업에 적응케 한다.

(5) 산학협동의 활성화로 현장실습 및 취업의 기회를 넓힌다.

Ⅲ. 특성화방안 및 운영방안

1. 최근의 반도체 산업동향

표 1에서처럼 WSTS(World Semiconductor Trade Statistics)에 따르면 반도체시장이 96-98년도의 조정기를 거쳐 99년도부터 안정적인 성장기에 접어들 것으로 예상하고 있다.^[2] 지난 2년간의 침체기를 겪고 있는 세계반도체시장은 전년도 대비 98년도에도 10.9% 감소한 1,222억불에 머물렀으나, 99년도 6.6%의 성장세로 반전될 것이고 2000년 13.6%, 2001년 16.2%의 성장률을 기록할 것으로 긍정적인 전망을 하고 있다.

우리나라의 주력제품인 DRAM의 경우 98년 129억불로 97년도 대비 34.7% 감소했으나 99년도에는 13% 증가한 146억불, 2000년과 2001년에는 각각 26%, 28%씩 증가할 것으로 전망하였다. 이러한 반도체시장에 대한 낙관적인 전망은 DRAM 업체의 구조조정 확산 및 선 후발 업체간 기술격차의 심화에 따라 후발업체의 자연 퇴출이 계속될 것으로 예상되며, 수급조절 외에도 개인용 컴퓨터 판매가 연간 13-16%의 성장률을 지속할 것으로 예상되는 동시에 인터넷 및 동영상 멀티미디어 등의 통신산업의 급속한 발전으로 반도체 수요가 증가하는 것을 반영하고 있다. 칩체기의 DRAM가격은 공급과잉으로 인한 가격급락이 주원인 있었으며 업계의 감산노력으로 99년 초의 조정기의 보합세를 나타내고 있다. 하지만 Data Quest는 98년도

의 10%의 공급과잉이후 수급안정기는 2000년 이후로 개선될 것으로 전망하고 있다.

표 1. 세계 반도체 시장전망
Table 1. '98 WSTS Fall Forecast.

구분 (단위: 억불, %)		97	98	99	2000	2001
MOS Memory	수요	293.4	217.9	235.4	280.1	341.8
	성장율	-18.6	-25.7	8.0	19.0	22.0
MOS Micro	수요	477.8	462.4	502.9	579.8	679.8
	성장율	19.9	-3.2	8.8	15.3	17.2
MOS Logic	수요	210.5	179.1	188.1	208.4	238.0
	성장율	4.6	-14.9	5.0	10.8	14.2
Analog	수요	197.9	188.7	202.5	227.7	261.8
	성장율	16.1	-4.6	7.3	12.4	15.0
Bipolar Digital	수요	15.9	10.9	8.8	7.7	6.8
	성장율	-17.2	-31.6	-19.6	-12.0	-11.9
IC계	수요	1,195.3	1,059.0	1,137.7	1,303.7	1,528.2
	성장율	4.0	-11.4	7.4	14.6	17.2
Discrete 계	수요	131.6	117.3	117.2	122.6	130.4
	성장율	2.2	-10.9	-0.0	4.6	6.3
반도체 총계	수요	1,372.0	1,222.3	1,302.9	1,480.2	1,719.3
	성장율	4.0	-10.9	6.6	13.6	16.2

일본과 한국이 60-70%를 공급하고 있는 DRAM시장의 가격 불안정성은 공급과잉에 따른 가격급락이 심한 상태이다. 사실 MOS Microprocessor와 MOS Memory를 주도하던 Intel이 70년대 말에 일본이 Memory 시장을 점유하기 시작하자 사업을 Microprocessor만으로 국한하는 구조조정을 하였고, 80년도 중반에는 한국의 Memory 시장진출에 의해 일본과의 치열한 경쟁을 하여 Memory시장을 일본이 31%, 한국이 33%를 점유하는 현 상태에 이르렀다. 표 2에서처럼 한국반도체산업협회는 앞으로 메모리시장은 인터넷등 통신산업의 발전과 함께 성장을 계속될 것이며, 2000년도 일관공정제품의 수출이 98년도 대비 약 10% 증가한 75억불, 조립부문을 포함한 전체수출은 약 11% 증가한 182억불 규모가 될 것으로 전망하고 있다.

표 2. 국내 반도체생산 및 수출전망(KSLA:일관공정 5개사, KOTIS:조립)

Table 2. Production of semiconductor devices of Korea.

구분(단위:억불, %)		97년도	98년도	99년도		
생산 (일관공정)	메모리	80.1	64.0	-20.2	71.0	10.9
	(DRAM)	71.7	55.0	-23.3	62.0	12.7
	비메모리	17.0	12.0	-29.3	13.0	8.3
	일관공정계	97.1	76.0	-21.7	84.0	10.5
수출 (일관공정)	메모리	75.2	59.0	-21.5	65.0	10.2
	(DRAM)	67.7	50.0	-26.2	57.0	14.0
	비메모리	11.1	9.0	-18.6	10.0	11.1
	일관공정계	86.3	68.0	-21.2	75.0	10.3
수출 (조립기타)	OEM	88.0	96.0	9.1	107.0	11.5
수출 총계		174.2	164.0	-5.9	182.0	11.0

반도체시장이 자본집약형의 일관공정에 의한 메모리시장에 집중된 국내의 반도체 산업의 구조로 인하여 국내산업의 근본이 반도체시장에 의한 영향을 받고 있으나, 다행히도 안정적인 조립 패키징 부분의 안정적인 시장형성으로 기조를 유지하고 있다. 따라서 비메모리 부분에 대한 집중육성과 설계산업의 경쟁력강화로 21세기 지식기반사회의 첨단분야인 소프트웨어적 반도체 설계산업을 육성하여야 하며, 이에 필요한 고급인력(대학 및 대학원) 및 저변인력(전문대)을 배양할 필요가 있다.^[4,7]

또한 반도체 산업에 관련된 사업에 시너지효과를 줄 수 있으며, 특히 기계류수입으로 무역적자를 면치 못하다가 환율폭등으로 인해 IMF 기간 동안에는 첨단 기계류수입의 환율장벽으로 무역흑자를 내었다. 기계류수입의 가격이 2배로 상승한 결과이다. 반도체 장비도 대부분 수입되었지만 꾸준한 국산화 개발노력에도 불구하고, 99년도 국내 반도체 장비시장은 국내 반도체 소자 제조업체의 투자 재개로 98년 대비 2배 가까이 늘어난 22억불에 달하지만, 수입이 19억불에 달할 전망이다. 반도체 재료시장도 생산확대에 따른 수요증가로 98년도의 19억불에서 99년도는 23억불로 증가될 것으로 예상되며, 이중 14억불정도의 재료가 국내 조달될 것으로 전망된다.

2. 반도체설계 특성화방안

우리나라 반도체 산업구조를 살펴보았듯이 반도체소

자 생산에서 메모리와 비메모리반도체소자가 차지하는 비율이 각각 85와 15%의 비정상적인 구조이다. 균형있는 portfolio가 될 필요가 있다. 즉 메모리반도체의 가격변동에도 국가 경제가 흔들리지 않도록 비교적 소규모의 중소기업형의 다양화된 설계주문형 반도체분야인 비메모리분야의 육성이 필요하게 되고 장기적으로도 급변하는 시장성에 빠른 대응이 가능하고 교부가가치를 창출할 수 있는 ASIC분야로 다변화되어야 하겠다.

과연, 그렇다면, 단기교육과정을 통하여 반도체설계 분야에서 국가사회의 발전에 기여할 수 있는 중견기술인 또는 전문직업인의 역할이 기대될 수 있는가. 즉, 21세기 지식기반의 반도체 산업사회에 부응할 수 있는 직업교육으로서의 독자적인 역할이나 영역이 존재하는가. 가능한 영역이 있다고 생각한다. 배움이란 처음 시작이 중요하다. 물론, 2년의 짧은 수학 연한에 4년 동안의 교과과정의 대부분을 다룰 수는 없다. 따라서 산업현장에서 적용할 수 있는 이론적인 근본원리 습득과 이를 응용하는 실습능력 배양에 중점을 두어야 하겠다. 즉 실업고교에 대한 전문대학의 역할은 4년제 대학에 대한 대학원 석사과정에 대응된다. 실업고교생의 생산직 기능인력의 숙달에 이를 관리할 수 있는 이론적인 숙지능력을 보유한 전문대출신의 역할은 4년제 대학출신의 전공지식상태에 고유 전공 연구분야에 대한 실험적 인지능력까지 보유한 대학원생의 관계라 말할 수 있다. 즉 전문대출신은 4년제 대학출신과 실험실습능력에서 차별화 되어야 한다.^[8]

따라서 반도체설계분야에서 대학원출신의 전문기술인 과 최소한의 이론적 배경을 숙지하고 잘 숙달된 실습능력을 보유한 전문대출신의 전문직업인의 콤비상태는 기대할 만 하다. 현재 우리나라의 전기전자관련분야의 학위배출은 연간 전문대 16,000명, 4년제 대학 25,000명, 석사 1,800명, 박사 500명 정도로 양적으로 선진국수준에 비해 큰 차이는 없다.^[4] 그런데 이런 배출되는 인력의 대부분이 거의 동일한 교과과정을 이수한 졸업생이라는 큰 틀을 벗어나지 못하고 있다. 따라서 특성화된 전문인력이 필요하다. 예를 들어 전문대학의 경우 반도체분야를 집중 육성하는 경우 어느 대학은 반도체 장비기술의 관점에서 반도체 공학을 가르치고, 어느 대학은 반도체공정 관점에서, 어느 대학은 반도체설계분야에 집중하여 반도체분야를 접근하는 특성화된 시도와 이에 따른 집중 정부지원체제를 필요하게 된다.^[9,10]

표 3. 특성화방안 및 운영방안

Table 3. ASIC design directed major subjects.

특성화 방안	특성화관련 교과과정	운 영 방 안
반도체설계 과정 (ASIC)	1) 디지털논리 회로 2) 디지털논리 회로설계 3) VHDL 4) 직접회로 설계(1, 2) 5) ASIC 설계(1, 2) 6) 소프트웨어 실습 7) 직접회로 설계실습(1,2) 8) ASIC 설계 실습(1, 2)	1) 비메모리 반도체와 관련 회사와의 산학 협동을 위해 산학 협의체를 상시 구성하여 운영한다. 2) 비메모리 반도체 관련 산업체 분야의 전문가를 겸임교수로 초빙하여 현장 실무지식을 습득케 한다. 3) 매 학기별로 비메모리 반도체 관련 전문가를 초빙한 초빙 강좌를 개설한다. 4) 부산, 경남, 경북지역의 각 대학들과 비메모리 반도체 관련학과 협의체를 구성하여 정보를 서로 교환한다. 5) 비메모리 반도체관련 실험, 실습실을 구축하여 현장과 실험을 연계 운영한다. 6) 산학 연계를 통한 실무중심에 부응할 수 있는 교육 실시한다. 7) 비메모리 반도체를 설계 및 chip제조공정 기술 습득을 위한 초빙강좌를 매 학기말 개설한다. 8) 비메모리 반도체를 설계시설을 갖춘 업체를 현장 견학하여 현장 실무 지식을 습득케 한다. 9) ASIC설계 동아리를 만들어 각종 반도체 설계경진대회에 참가시켜 비메모리 반도체에 대한 중요성을 인식시킨다

이러한 관점에서 울산과학대학 반도체응용과는 표 3의 비메모리 설계분야를 특성화하여 설계 인력을 공급하려 한다. 또한 설계분야의 인력수요가 점증하리라 생각하며, 대학원출신의 전문기술인의 보조설계인력으로서 기능화 된 전문대출신의 전문직업인의 역할을 기대할 수 있다고 판단되며, 실제 IC 설계기술과 경험을 조기 습득시켜 저변인력을 확보할 수 있으리라 생각한다.

IV. 산업체 인력소요 및 교육요청 교과목

1. 전문화된 주문형 인력

반도체응용과 졸업 후에 필요한 관련산업체의 인력수급 소요조사를 실시하였다. 표 4는 산업체별 소요인력을 반도체설계분야 및 반도체공정분야 또는 센서 및 신호처리분야로 나누어 조사하였으며 산업체의 실무위치에 있는 관리자에 의해 판단된 자료이며 예상되는 인력수급을 응답한 자료이다. 샘플의 선정의 객관성이 결여되어 있어 더 많은 업체의 조사를 필요로 하며 지속적인 조사를 필요로 한다. 더 많은 업체와의 산학협동을 노력하고 있지만 요청된 자료의 결과는 산업체 업종에 따라 큰 상관성을 보이며, 중소기업형태의 산업체에서는 더욱 전문화된 주문형 인력을 필요로 하고 있다.

표 4. 산업체별 소요 인력

Table 4. Industrial field oriented duties.

회사명	직무명		
	직무 A	직무 B	직무 C
서 두 인 칩	6		
캐 린 더 스 튜 디오	2		
Newave	2		
I. M. P	1		
코 비 넷	10		
세 민 정 보 기 술	1		
코르반정보시스템(주)	5		
홀름한커뮤니케이션	5		
(주) 비 전 로 지 텍	5		
(주) 서 두 로 직	5		
애 녹 엔 지 리 어 링	5		
베 콧 사 이 언 스		1	
(주) 씨 스템 키트	2	1	
(주) 흥 창			3
코리아 바콧테크(주)		2	
동우화인켄 주식회사		1	
광 전 자(주)	1	2	2
(주) 경 인	1		1
(주) 광 전 자 INT	5	5	5
(주) 한 백		2	
합 계	51	14	11
비 고	반도체 설계	반도체 공정	센서 및 신호처리

표 5는 산업체에서 요청한 교과과목에 대한 분류를 반도체 교양과목, 전공기초과목, 반도체설계, 반도체공정, 센서 및 신호처리 관련과목으로 하였다. 산업체에서는 전공과목보다는 상대적으로 교양과목에 관심이 적으며, 또한 전공과목에서도 전공기초과목보다는 세부 전공과목에 높은 관심도를 보였다. 제일 관심도가 집중되는 분야가 반도체설계분야이며, 반도체공정에 대해서도 비교적 높은 관심을 보였다. 또한 특정산업체에서 주문한 과목도 있으며 LCD공학, Wafer공학, 유기금속 가스공학 등이 있다. 교과목의 설정은 여러 각도에서

검토되어야 하기 때문에 신중을 기해야 한다. 반도체설계분야가 유망한 분야이지만 현재 상태에서 배출인력을 소화할 정도는 아니며, 기존의 국내 반도체 산업발전 추이가 제조공정에 집중되어 있으며, 또한 많은 전자 및 반도체 관련 중소기업체가 신호처리를 중시하기 때문에 반도체 설계분야를 집중 특성화하고, 이에 보조하는 전반적인 구성 차원의 안배에서 반도체공정 및 신호처리를 조화시켜 교육과정을 편성하여야 할 것으로 생각된다.

표 5. 산업체 요청 교과과목
Table 5. Industrial field oriented major subjects.

과목 분류	과 목 명	요 청 회 사 수			
		매우 필요	필요	다소필 요	
전공기초 과목	일반물리학(1,2)	6	9	3	
	공업수학	3	4	11	
	반도체공학(1,2)	12	6	1	
	반도체 재료	9	9	1	
	진공학	4	9	4	
	전자물리	4	11	3	
	반도체회로실험(1, 2)	12	11	2	
반도체 설계	디지털회로실험	11	6	1	
	직접회로 설계(1, 2)	11	9	1	
	ASIC설계(1, 2)	12	7	1	
	직접회로설계실습(1, 2)	12	7	1	
	ASIC설계실습(1, 2)	8	7	1	
	반도체회로 CAD실습	8	7	3	
	VHDL	7	8	3	
센서 및 신호처리	소프트웨어실습(C언어)	8	7	3	
	반도체회로설계	13	4	1	
	반도체회로	15	1	1	
	디지털논리회로	15	5	1	
	센서공학	9	9		
	반도체 공정	반도체 공정(1, 2)	9	7	2
		반도체공정실습(1, 2)	10	7	1
반도체결정성장		4	8	6	
박막공학		5	7	7	
LCD 공학		1			
Wafer 공학		1			
교양 및 인성과목	유기금속 가스공학	1			
	생활영어(1, 2, 3, 4)	9	7	2	
	직업윤리	2	7	11	
	한국의 문화와 역사	0	3	15	
	생활법률	1	4	12	

2. 직무분석에 따른 교과목 선정

표 6은 직무분석에 따른 교과목의 분류이다. 직무분야는 반도체 설계, 반도체 공정, 센서 및 신호처리분야이다. 반도체 설계관련분야에 해당하는 교과목은 컴퓨터와 정보통신 및 소프트웨어실습(C-언어)를 익히고 CAD 및 VHDL 언어를 배운 다음, 기초설계에 필요한 디지털 논리회로 및 설계, 반도체 회로 설계 등을 교육 한 다음 FPGA를 이용한 ASIC설계, 직접회로설계 및 실습을 통하여 설계 Tool에 대한 이해와 숙달을 하게 된다. 따라서 반도체응용과는 반도체 설계분야를 심화 교육시키는 특성화된 교육체계를 갖는다.

표 6. 직무분석에 따른 교과목 선정
Table 6. Selected subjects from duty analysis.

분야별	직무별	직무관련 과목	관련산업체
반도체 분야	반도체 설계	디지털논리회로 직접회로설계 ASIC설계 디지털논리회로설계 디지털논리회로실험 VHDL실습 직접회로설계실습 ASIC설계실습 C-언어, OS	반도체설계업체 아남반도체 현대, LG, 삼성,
	반도체 공정	반도체재료 반도체공정 진공학 박막공학 반도체공정실습	반도체 제조업체 (현대, LG, 삼성, 아남, 한국전자) 반도체 장비업체
	센서 및 신호처리	반도체회로 센서공학 반도체회로실험 센서응용실습 신호처리공학	PCB제조업체 센서취급업체 반도체장비업체 신호처리업체

반도체 공정관련분야에 해당하는 교과목은 반도체재료 및 반도체공정 상에 필요한 보조재료의 일반에 대한 내용을 반도체 재료, 반도체공정과목에서 단위공정 및 집적공정을 교육하게 되며, 공정에 필요한 웨이퍼 가공 기술에 관련된 반도체 결정성장 및 웨이퍼 위에 성장시킨 박막의 제 특성을 평가하는 반도체박막 공학 등이 있다.

센서 및 신호처리기술관련 과목에는 전공기초과목이라 할 수 있는 반도체회로, 센서공학, 신호처리공학 및 반도체회로실험 및 센서응용기술을 숙달시켜 하드웨어적으로 기계와 전자회로 사이를 컴퓨터의 인터페이스로 연결하는 시스템 구현을 할 수 있도록 숙달한다.

V. 반도체응용과 교육과정(99학년도)

1. 교양과목

울산과학대학의 교육과정은 2년 6학기제로서, 긴 여름방학을 활성화하여 단기집중 여름학기를 편성하였다.^[5,6] 표 7(A)는 반도체응용과의 교양과목에 대한 교육과정이다. 개설되는 교양 과목 수는 15개 과목 23학점에 33시간으로 이중 1-2학기(여름학기)의 5개 과목

표 7(A). 교육과정표(교양과목)
Table 7(A). Curriculum of basic studies.

학기	1-1	학점	시간	1-2	학점	시간	1-3	학점	시간
교양과목	공업수학	3	3	PC활용	2	3	직업윤리	2	2
	생활영어(1)	1	2	인터넷검색	2	3	생활영어(2)	1	2
	컴퓨터와 정보통신(1)	2	4	워드프로세스(W.P.)	1	2			
	사회봉사	1		토익(TOEIC)	1	2			
				생활일어	1	2			
교양학점		7	9		7	12		3	4
학기	2-1	학점	시간	2-2	학점	시간	2-3	학점	시간
교양과목	한국문화와 역사	2	2				생활영어(4)	1	2
	생활영어(3)	1	2				생활법률	2	2
교양학점		3	4					3	4

7학점 12시간은 선택적이다. 전공에 필요한 교양과목으로 공업수학, 생활영어 및 컴퓨터과목이 있으며, 인성과목인 직업윤리, 생활법률 및 한국의 문화와 역사에 대한 과목 등이 개설된다. 특히, 생활영어 과목은 2년 동안 매 학기마다 교육함으로써 생활영어구사에 능통하도록 하였다.^[5]

2. 전공과목(1학년)

반도체응용과의 입학생의 출신별 분포는 인문계열과 실업계열비가 40:60으로 인문계열의 학생은 수학, 물리, 화학 교과목의 교육이 양호한 반면, 실업계열의 학생의 고교교육과정에 수학, 공통과학(물리, 화학) 교과목이 2년간 편성되어 교육을 실시하지만 실제로 교육효율이 매우 낮다. 이를 반영하여 표 7(B)에서처럼 1-1학기에는 실업계열출신의 학생에 대한 수준으로 전공관련 기초과목인 수학 및 일반물리학을 평탄화하며, 인문계열출신의 실습능력이 상대적으로 취약하기 때문에 이를 반영하여 기초적인 반도체 회로 및 디지털논리회로 교과목을 이론 및 실습으로 나누어 개설하였다. 또한, 반도체공학, 반도체재료 등의 기초 전공과목을 개설하여 전공과목에 입문할 수 있도록 하였다.

표 7(B). 교육과정표(1학년 전공과목)
Table 7(B). Curriculum of 1st year major courses.

학기	1-1	학점	시간	1-2	학점	시간	1-3	학점	시간
전공과목	반도체공학(1)	3	3	디지털논리회로설계	2	3	반도체공학(2)	3	3
	반도체재료	3	3	반도체회로(2)	2	3	신호처리공학	3	3
	일반물리학(1)	2	2				일반물리학(2)	2	2
	반도체회로(1)	3	3				반도체박막공학	3	3
	디지털논리회로	2	2				VHDL실습	2	4
	반도체회로실험(1)	2	4				디지털논리회로설계실습	2	4
	디지털논리회로실험	2	4				반도체회로실험(2)	2	4
C 언어	2	4							
전공학점		19	25		4	6		17	23

여름학기인 1-2학기에는 개설목적에 따라 즉, 학기 중 주당 과다한 수업으로 인한 부족한 분야 선택학습 기회를 제공하고, 부족한 전공교과의 확충기회를 부여하기 위해 개설하였다. 전공개설과목은 반도체회로, 디지털 논리회로설계 교과목이며, 1-1학기의 부족한 부위를 집중 교육한다.

가을학기인 1-3학기에는 일반물리학, 반도체 전반에 관한 개론인 반도체공학을 연장교육하고, 반도체설계분야 실습과목으로서 디지털 논리회로 설계실습 및 VHDL실습을 통하여 회로설계방법 및 CAD 사용방법을 숙지한다. 또한 반도체 박막공학으로 반도체공정분야의 기초지식을 습득하며, 신호처리공학을 교육한다.

3. 전공과목 (2학년)

표 7(C)에서처럼 2-1학기에는 반도체설계분야에 집중하여 교과목을 배정하였다. 설계: 신호처리:공정의 시간할당 비율을 14:7:3으로 하여 반도체설계분야에 심화교육이 가능하도록 고려하였다. 특히, ASIC설계 이론 및 실습과 VLSI설계 및 실습을 통하여, 기초적인 CAD tool 사용훈련과 집적회로설계 및 시스템 설계기술을 습득한다. 또한 센서 및 신호처리기술을 익히기 위해 센서공학 및 응용실험을 통하여 기초적인 응용기술을 배양하고, 반도체장비기술에 필수적인 진공학의 기본지식을 습득하여 산업현장 적응력을 기른다.

여름학기인 2-2학기에는 현장실습을 산업체에서 실시하며, 취업에 연계되도록 산학협동을 구성한다. 하지만 반도체 제조분야에서의 현장실습이 매우 어려운 기술적인 문제가 있다. 대부분의 반도체 제조회사에서는 외부인에 대해 생산라인이나 설계도구에 기술보안상의 문제로 폐쇄적이기 때문에 이를 설득에 의한 노력으로 해결될 일이 아니며, 이런 문제를 효과적으로 극복하기 위해서는 학교가 산업체에 상응하는 기술수준으로 향상될 수 있는 창업보육센터나 학교 실험실 기업형태의 설립이 바람직하다. 적극적인 벤처기업의 학교 내로의 유인과 생산기술 개발단계에 대한 대학의 역할을 수행하면서, 이윤을 지향하는 영리기업보다는 project 형태의 실습교육으로 기업체를 선도하는 방향으로 현장실습 방향을 설정할 필요가 있다.

1-3학기에도 설계분야의 설계기술능력을 심화시키기 위해 설계: 공정: project(졸업작품과제)의 비율을 14:7:4의 비율로 하였다. 특히 현장실습 및 산업체 인력수급요청에 대응하여 projects를 주문식 교육으로 실시하려 한다.

표 7(C). 교육과정표(2학년 전공과목)
Table 7(C). Curriculum of 2nd year major courses

학기	2-1		2-2		2-3	
	학점	시간	학점	시간	학점	시간
전공과목	VLSI 설계(1)	3 3	현장실습	4	VLSI 설계(2)	3 3
	ASIC 설계(1)	3 3			ASIC 설계(2)	3 3
	센서공학	3 3			반도체 공정	3 3
	VLSI설계 실습(1)	2 4			Projects	2 4
	ASIC설계 실습(1)	2 4			VLSI설계 실습(2)	2 4
	센서응용 실험	2 4			ASIC설계 실습(2)	2 4
	진공학	3 3			반도체 공정실험	2 4
전공학점	18	24	4		17	25

표 8. 전공교과목 편성비율
Table 8. Credit percentage of selected major duties.

구분	반도체 설계		센서 및 신호처리		반도체공정		전공기초	
	학점비	시수비	학점비	시수비	학점비	시수비	학점비	시수비
전공비율(%)	43	48	23	23	18	16	16	13
이론/실습	16/16	17/32	11/6	12/12	12/2	12/4	10/2	10/4

4. 교과목 편성비율

총 취득 가능한 설강 학점수는 102 학점에 136시간이며, 이중 교양과목은 23학점에 33시간이 편성되었으며, 이수학점은 15학점에 21시간이다. 전공학점은 79학점에 103시간이 개설되고 이중 이수학점은 75학점에 97시간이다. 표 8은 전공교과목에 대한 편성비율을 나타낸다.

반도체설계 분야를 특성화하여 비교적 높은 학점비율을 교육과정에 반영하였으며, 상대적으로 센서 및 신호처리, 반도체공정, 전공기초과목의 비율이 상대적으로 낮게 편성되었다. 이것을 이론 및 실습시간 비율에 대한 편성에서 보면 반도체설계 분야에서 실습시간을 집중 할애하였기 때문이며, 반면에 여타 분야에서는 상

대적으로 실습시간이 매우 낮게 반영하게 되었다. 즉 교육과정을 분석하면 이론강의 시간은 반도체설계분야가 상대적으로 조금 우세할 뿐이며, 반도체분야의 전반적인 지식을 습득하고 반도체 설계분야의 실습위주 형태로 교육과정을 편성했다 할 수 있다.

현재의 국내의 반도체산업은 아직은 제조업분야 위주로 orientation되어 있으며, 새로운 반도체 설계산업의 paradigm을 창출하는 방향으로 나가고 있어 이를 반영하였지만, 반도체 공정에 필요한 학생실습용 반도체장비의 학교투자가 실제로 어려운 실정이며, 산업체 수준의 양질의 반도체공정 실습을 수행하기 위해서는 많은 산업체로부터의 중고장비의 관리전환이나 반도체 장비 제조업체와의 장비개발에 따른 초기제품의 학교 운용이 필요하겠다.

표 9는 실험실습 교과목 편성현황을 나타낸다. 반도체 설계분야를 집중적으로 실습하여 특성화된 심화교육을 실시하려 한다.

표 9. 실험실습교과목 편성 현황
Table 9. Lab. courses of selected major duties.

분야별	직무별	직무관련 과목	
반도체분야	반도체설계	디지털논리회로실험 소프트웨어실습 (C-언어) VHDL실습 ASIC설계실습(1) ASIC설계실습(2) 직접회로설계실습 (1) 직접회로설계실습 (2)	
		센서 및 신호처리	반도체회로실험(1) 반도체회로실험(2) 센서응용실험
		반도체공정	반도체공정실습
		현 장 실 습	

VI. 반도체응용과 교과목별 교수요목

1. 일반물리학(1, 2)(General Physics)(2학점 2시간)
물리학의 기본원리를 터득하게 함과 동시에 과학적 사고를 길러 운동역학, 전자기학 및 현대물리의 파동론적 원리를 파악한다. 그리고 운동역학 부분에서 물체의 거시적 입자계의 거동과 전자기학 부분에서는 전자에 의한 대전된 전하의 개념, 현대물리의 파동론적 역학개념에 대해서 강의한다.

2. 반도체 공학(1, 2)(Semiconductor Engineering)(3학점 3시간)

반도체분야의 전반적인 소개와 기본개론을 강의하며, 결정구조, 전기 전도의 mechanism, 반도체의 광학적 성질, PN접합, 금속과 반도체의 접촉, 결정질의 고체의 에너지 띠이론, 결정내의 불순물, 비정질의 반도체, 화합물 반도체 등의 반도체 물성과 반도체소자 분류와 집적회로의 발명에 따른 VLSI에로의 발전 및 현대사회에 끼친 역할을 소개한다.

3. 반도체 재료(Semiconductor Materials)(3학점 3시간)

반도체의 재료적 관점에서 재료의 결정특성 및 전기적 특성, 광학적 특성 등의 제 특성을 이해하고 반도체재료의 종류 및 분류와 전자들의 동작 원리를 이해하여 반도체소자에 응용되는 예를 이해한다. 또한 반도체 보조재료, 금속, 절연체 및 반도체결정성장이나 가공에 필요한 공급 가스원 및 화학약품의 이용되는 예를 이해한다.

4. 반도체 회로 (Electronic Circuits)(3학점 3시간)

RLC 기본 전기소자와 다이오드 및 트랜지스터의 전자 소자의 동작특성을 이해하며 증폭특성 및 전류전압 특성 곡선, 금속/반도체 Schottky 접합특성, 광소자인 LED, Solar cell, 광 감지기 등을 실험하며, 이들 소자가 집적화 되어지는 방법을 이해하고, 반도체 소자의 특성에 대해서 강의한다.

5. 디지털 논리 회로(Digital Logic Circuits)(2학점 2시간)

아날로그 신호와 시스템에 대한 디지털 신호 및 시스템의 개념을 이해시키고 2진수 체계에서의 신호표시 연산 및 전송 등과 2진 논리의 기초대수를 강의하고 Bool 대수에 기초한 결합논리회로의 설계 및 해석법과 기본기억소자인 Flip-Flop의 동작원리와 그것을 이용한 순서논리회로의 설계 및 해석방법에 대하여 강의한다.

6. 센서공학(Sensor Engineering)(3학점 3시간)

센서는 외계의 물리 현상을 감지하는 인간의 5감(시각, 청각, 미각, 후각, 촉각)에 상응하는 감지 소자로서, 엑추에이터나 기계 및 컴퓨터 등과의 조합에 의해 필요한 기능을 수행한다. 미래의 기계 기술을 지배

할 하나의 주요 소자로서의 센서에 대한 기본원리와 응용 및 제어에 대해서 강의한다.

7. 진공학(Vacuum Science)(3학점 3시간)

반도체장비는 반도체재료의 전기적, 광학적 특성을 조절 제어 가능한 반도체공정을 필요로 하기 때문에 고 진공속에서 분자나 원자를 통제하면서 필요한 소재의 제조작업을 수행하게 된다. 이러한 진공학의 기초원리, 진공펌프, 진공측정장치 및 누설탐지기의 원리 및 응용에 대해서 강의한다.

8. 신호처리공학(Signal Control Engineering)(3학점 3시간)

전자제어계에 대한 다양한 부품에 대해서 이해하고 생산자동화 및 컴퓨터제어, 디지털제어 및 원격제어기술의 기초지식을 이해하고 응용력을 배양할 수 있는 시스템 제어기술을 습득한다.

9. 디지털논리회로 설계(Digital Logic Circuit Designs)(2학점 3시간)

디지털 회로와 시스템을 설계하는데 필요한 기초지식을 이해하고 응용할 수 있도록 디지털 공학의 전반적인 논리회로의 설계기술을 배양한다. 컴퓨터나, 마이크로프로세서, VLSI 시스템 설계 등에 필요한 기초적인 지식을 제공하도록 강의한다.

10. 집적회로설계(1,2)(VLSI Designs)(3학점 3시간)

IC cell에 쓰이는 복잡한 계통을 위한 VLSI설계 및 배선에 대한 개요 및 컴퓨터workstation을 사용하여 새로운 집적회로 구성기법을 설계할 수 있는 기능을 익히게 한다.

11. ASIC 설계(1,2)(ASIC Designs)(3학점 3시간)

ASIC에 필요한 기술에는 공정기술과 설계기술로 나눌 수 있다. ASIC을 위한 공정기술에는 TTL로 널리 사용되어온 Bipolar 기술, 기억소자 등의 디지털 초고 집적회로 (VLSI)용 공정기술인 MOS 기술, Bipolar 기술과 CMOS 기술의 장점을 취한 BiMOS 기술, 초고속용 화합물 반도체 기술인 GaAs 기술이 있다. 이러한 공정과 설계에 대해서 강의한다

12. 반도체공정(1, 2)(Semiconductor Fabrications)(3학점 3시간)

반도체 디바이스를 제조하는 데 사용하는 기본적인

프로세스에 대한 단위공정을 다룬다. 패턴 형성을 위한 리소그래피 및 식각 프로세스를 비롯하여 산화 및 확산 프로세스에 대하여 각각의 목적 및 방법 등을 다루며, 디바이스를 형성하기 위한 각 단위공정의 활용에 대한 기초적인 지식을 강의한다.

13. 반도체박막공학(Semiconductor Thin Films)(3학점 3시간)

반도체 박막에는 비정질박막과 에피텍셜(epitaxial) 단결정 박막이 있으며, 또한 유전체나 금속박막도 반도체 공정에서 필수적인 박막공정이다. 박막성장방법과 장치 및 박막 특성평가 분석 방법 등을 이해한다. 또한 이러한 박막의 반도체소자에 응용되는 예를 이해한다.

14. 소프트웨어실습(C Language)(2학점 4시간)

개인용 컴퓨터의 기본적인 운영체제를 익힌 후 C-언어의 문법 등에 대한 내용을 숙지하여 수치 해석적인 개념을 바탕으로 한 반도체설계에 관련된 프로그램 작성 능력을 향상시킨다.

15. 반도체회로실험(1, 2)(Electronic Circuits Lab)(2학점 4시간)

Diode와 Tr의 특성, MOS 및 Bipolar 트랜지스터의 증폭 특성 및 전류전압 특성 곡선, 금속/반도체 Schottky 접합특성, 광소자인 LED, Solar cell, 광 감지기 등을 실험하며, 반도체 소자의 특성평가용 측정용 기기들을 학습한다.

16. 디지털 논리회로실험(Digital Logic Circuits Lab)(2학점 4시간)

아날로그 신호 및 시스템에 대한 디지털 신호 및 시스템의 개념을 이해시키고 2진수체계에서의 신호표시 연산 및 전송 등과 2진 논리의 기초대수를 강의하고 Bool 대수에 결합논리회로의 설계 및 해석법과 기본기억소자인 Flip-Flop의 동작원리에 대해서 실험한다.

17. 센서응용실험(Sensor Applications Lab)(2학점 4시간)

온도센서, 광센서, 회전센서 홀센서, 근접센서, 압력센서의 특성과 동작원리 실험 실습 OP Amp., Comparator, AD변환기, DA변환기 및 GPIB에 의한 응용실습 한다.

18. 디지털 논리회로 설계실습(Digital Logic Circuits Design Lab)(2학점 4시간)

집적회로 및 ASIC을 설계하기 위한 컴퓨터 Tool 및 각각의 소자 또는 회로의 디자인방법에 대해서 공부하고, 반도체 회로를 설계한 후 인쇄기판을 제작할 수 있도록 한다.

19. VHDL 실습(VHDL Lab)(2학점 4시간)

하드웨어로 구현이 가능한 VHDL의 문법과 구문을 중심으로 이론적인 설명과 함께 디지털 시스템설계에 널리 사용되는 하드웨어 구성요소들에 대한 표현예와 이들의 시뮬레이션 실습을 행함으로써 VHDL에 대한 이해와 응용력을 배양하여 ASIC설계를 위하여 VHDL을 효율적으로 사용할 수 있도록 강의한다.

20. ASIC설계실습(1,2)(ASIC Design Lab)(2학점 4시간)

ASIC을 위한 설계 기술에는 시스템 설계, 모듈설계, 회로설계, 단위 셀 설계 등의 특정용도 집적회로 설계 등이 있다. PC나 workstation에 ASIC용 소프트웨어(CAD tool)를 사용하여 ASIC 설계기술을 습득하고 ASIC training kit를 이용하여 설계를 검증한다.

21. 직접회로 설계 실습(1,2)(VLSI Design Lab)(2학점 4시간)

MOS 집적회로의 설계와 제작 기술을 익히며, IC소자의 구성과 전기적 성질 및 IC의 기본적 제한, Analog 및 Digital IC의 해석과 설계에 대해서 실습한다.

22. 반도체공정실험(Semiconductor Fabrication Lab)(2학점 4시간)

반도체 소자를 제작하기 위하여 사용되는 각종 공정의 기본적인 내용과 각 공정에 사용되는 장비의 기본적인 구조를 이해하고 반도체 디바이스의 제조 과정에 대한 기본적인 지식을 습득한다.

VII. 결 론

첨단 반도체 산업분야의 구조적 변환기에 있는 현실을 감안하여 울산과학대학의 반도체응용과의 교육과정을 편성하였다. 반도체 전공분야의 교육과정은 반도체 장비를 이용하여 재료를 가공하는 반도체공정 및 반도체소자를 설계하여 제작 구현하고, 제작된 소자를 검사

하는 신뢰성 공정과 조립공정까지 포함해야 한다. 국내의 반도체산업은 패키징 기술이 일찍이 발달하여 대량의 인력수급이 가능하였고, 또한 반도체 소자 제조공정에 관련하여서도 생산직 및 기술관리직 또한 그 중간의 역할을 수행하는 중간관리자로서 전문대출신의 진로가 대부분이며, 다수의 학생들이 이러한 위치의 반도체 제조 및 주변장비의 유지보수관리직에서 종사하고 있다.

교과과정은 이러한 점을 고려하여 반도체공정 및 신호처리 기술 분야 등 전반적인 반도체분야에 필요한 기초지식을 접하도록 교육시간을 할애하였으며, 21세기 지식기반사회의 첨단 반도체분야인 반도체설계기술의 습득에도 주안점을 두었다. 현재의 경우 설계인력을 수급할 수 있는 산업체는 대기업을 중심으로 소수의 정예인력을 필요로 하지만 반도체설계분야의 발전과 비메모리분야의 소량의 주문형 반도체의 중소기업형 foundry의 형성으로 저변 설계기술인력의 수요가 창출되리라 생각된다. 반도체응용과의 교육과정을 2년 6학기제로 편성하였으며, 1학년은 직업인의 기본교양 및 인성교육과 함께 반도체 재료 및 회로의 기초소양 및 원리 습득에 중점을 두고 2학년에서는 반도체 설계분야 및 반도체공정을 이해하도록 편성하였다. 특히, 반도체 설계분야를 집중적으로 심화된 실습훈련시간을 배정시킴으로써 반도체 설계분야의 저변의 기능화 된 인력을 공급할 수 있도록 반도체설계분야를 특성화한 교육과정을 편성하였다.

이러한 반도체응용과의 교육과정은 장기적인 계획을 갖고 끈임 없이 개발되어야 할 것이며, 반도체설계분야의 실습뿐만 아니라 반도체공정분야에 대한 실습을 강화시켜 세부전공화 하여야 하며, 반도체산업분야의 인력수급방향의 관점에서 고려되어야 하겠다.

후 기

본 연구는 교육부의 주문식교육과정 개발사업의 일환으로 울산과학대학에 지원된 과제에 일부임.

참 고 문 헌

- [1] 한국전자통신연구소, 반도체소자기술(1993)
- [2] WSTS, 세계반도체 시장 및 경기전망(1998)

- [3] 산업자원부, 반도체설계인력 육성 기술기반조성에 관한 보고서(3차년도 중간보고서-한국과학기술원) (1998)
- [4] 반도체설계교육센터, VLSI 설계, 이론 및 실습 (1996)
- [5] 울산과학대학, 1999학년도 교육과정(1999)
- [6] 울산과학대학, 우수공업계 전문대학 지원계획서: 기획99-R-9(1999)
- [7] 반도체설계교육센터, 반도체설계인력양성사업 요약(1999)
- [8] 영남전문대학, 기계공업의 발전에 따른 전문대학 기계과의 교육과정 개발에 관한 연구(1996)
- [9] 최규훈, 박원일, 허정인, 고덕영, 차효진, 이종하, 시스템. 반도체 설계 특성화 전자과 교육과정 개발(교육부 연구보고서), 전주공업대학 전자과 (1997)
- [10] 전주공업대학 전기전자중간기술센터, 발전보고서 (1998)

저 자 소 개

朴 孝 烈(正會員)

1995년 부산대학교 물리학과 졸업 (이학박사). 1995년 3월~97년 2월 부산대학교 유전체물성연구소 연구원. 1997년 3월~98년 2월 경북대학교 물리학과 연구원. 1998년 3월~99년 2월 동의대학교 기초과학연구소 연구원. 1999년 3월~현재 울산과학대학 반도체응용과 전임강사

金 根 柱(正會員)

1983년 2월 전북대학교 기계공학과 졸업(학사). 1985년 8월 전북대학교 물리학과 졸업(석사). 1994년 8월 미국 University of Alabama at Birmingham 물리학과 졸업(박사). 1994년 9월~1997년 1월 전북대학교 반도체물성센터 연구원. 1997년 2월~1999년 2월 광전자반도체(주) 부설연구소 책임연구원. 1999년 3월~현재 울산과학대학 반도체응용과 전임강사