

반도체의 기술개발동향과 국제경쟁력 -메모리소자를 중심으로-

金仁鎬*

I. 머리말

차세대 고집적반도체개발을 위한 국가간 국제공동연구 및 국제협력이 활발히 논의, 구체화되고 있다. 문자, 음성, 화상 등의 멀티미디어 신호의 처리를 위해 통신망은 지능화, 고도화되고 있으며, 이에 메모리반도체인 DRAM은 영상 신호처리를 위해 더욱 고집적화가 요구되고 있다. 일본을 비롯한 반도체기술선진국들은 반도체 핵심기술의 선점을 위한 기술개발을 위해 국가간 협력을 모색하고 있다.

DRAM 분야에서 세계정상의 생산기술을 가지고 있는 우리나라로서는 이 분야에서 지속적인 우위를 유지하기 위한 전략의 수립과 함께 비메모리분야의 발전방안도 적극적으로 검토 추진해야 할 시점으로 생각된다. 세계적인 정보통신망의 구축이 활발히 진행됨과 더불어 국내외적으로 정보기기의 휴대화에 따른 비메모리분야의 반도체의 시장수요가 국내외적으로 급속히 커지고 있기 때문이다.

본 고에서는 기술력에서 선진수준에 근접해 있는 메모리소자를 중심으로 국내외 기술개발동향과 반도체기술수준을 살펴보고자 한다.

II. 국내외 기술개발동향

1. 선진국 동향

미국은 Microprocessor 등 고부가가치 제품에 주력하고 있으며, 메모리산업에서는 일본과 우리나라에 비하여 미미하다. 일본은 4M, 16M DRAM을 양산하고 있으며, 64M DRAM은 양산개발 착수, 256M DRAM은 시제품을 개발하는 단계이다(〈표 1〉 참조).

256M DRAM의 기술개발 현황을 보면 Mitsubishi는 고우전체 절연막을 사용하여 Cell을 간단히 하고 있으며, NEC에서는 기억 저장 Capacitor의 면적을 최대한으로 늘이는 구조를 채택하고 있고, Matsushita와 Fujitsu도 이와 유사한 구조를 채택하고 있다. 한편 Toshiba는 미국의 TI와 독일의 Simense와 공동으로 256M DRAM을 연구하고 있는데 여기에서는 Trench형의 Cell을 채택하고 있으며, 이미 이 구조로 64M DRAM에서는 양산에 적용할 단계에 있다. 한편 Sony에서는 SOI 구조의 Cell 트랜지스터를 채택한 DRAM을 연구 중인데 실용화 가능성은 아직 미지수이다. 한편

* 기술평가실 선임연구원, 공학 박사

〈표 1〉 DRAM 기술개발동향 및 연구개발 현황

구 분	주요 항목	선진국	국내
16M DRAM	- 개발현황	- 양산중	- 양산중
64M DRAM	- 개발현황 - 채널길이 - Memory cell - Cell size - Cs - 설계기술 - Access time	- 양산품 개발에 착수 - 0.35-0.4 μ m - Stack형 (Shield,Trench,FIN) - 1.3~1.8 μ m ² - 30~44fF - 고속화/잡음 방지회로 개발 - 50~60ns	- 양산품 개발에 착수 - 0.35-0.4 μ m - Stack과 trench기술의 혼용 - 1.4~1.7 μ m ² ->30fF - 고속화 설계기술 개발중 - 50~60ns
256M DRAM	- 개발현황 - 채널길이 - Memory cell - Cell size - Cs - 설계기술 - Access time	- 시제품발표 '94(ISSCC;NEC) - 0.25 μ m - Stack형 (Shield,Trench,FIN) - 0.6~0.72 μ m ² - 25~44fF - 고속화/잡음 방지회로 개발 - 40-65ns	- 시제품발표 '94(ISSCC;NEC) - 0.25 μ m - Stack과 trench기술의 혼용 - 0.7 μ m ² ->30fF - 고속화 설계기술 개발 중 - 40-50ns
1G DRAM	- 개발현황 - 채널길이 - Memory cell - Cell size - Cs - 설계기술 - Access time	- 기초연구단계 - 0.15 μ m 수준	- 기초연구단계

1G DRAM에서는 0.3 μ m²의 작은 Cell면적에 30fF의 기억저장 Capacitor를 확보하기 위한 새로운 입체축전구조와 고유전체의 개발에 주력하고 있다.

CMOS소자기술은 개별소자 수준에서는 최근에 채널길이 0.1 μ m인 CMOS를 IBM과 AT&T에서 발표하였으며 Short Channel Effect를 감소시키기 위하여 NMOS와 PMOS에 Source/Drain Extension 구조와 Short Channel Effect에 덜 민감한 표면채널형 PMOS를 제작하기 위하여 p+ 폴리실리컨이 사용되었다. 현재 NMOS로서 가장 작은 소자로서는 Toshiba에서는 채널길이 0.04 μ m인 것

을 발표하였으며 Gate 산화막의 두께는 3nm이다. 그러나 현재 ASIC에 널리 상용화되고 있는 기술은 '93년 이후 0.8 μ m/0.6 μ m이 주류를 이루고 있으며, 95년에는 0.5 μ m급이 주류를 이룰 것으로 예측된다. 금속배선은 4층 이상으로 Memory의 2층에 비하여 훨씬 복잡하다. 저전압 CMOS 소자기술로는 휴대용 시스템이 개발되어 보편화 됨에 따라 시스템의 동작 전압을 낮추어서 소비전력을 감소시키고 있다. 이에 따라 소자의 동작속도가 줄어드는 단점을 극복하기 위하여 소자크기의 축소, 소자구조의 최적화와 시스템 및 회로의 최적화에 대한 연구가 수행되고 있다.

반도체 소재기술에 있어서는 웨이퍼 제조기술은 대구경화 추세로 현재 8" 웨이퍼는 양산단계이고 12" 웨이퍼 기술개발 중이다. 고순도 Chemical 제조기술 중에서 i-line용 포토레지스트는 양산단계이며, Excimer Laser 및 E-beam용 포토레지스트는 개발 및 일부제품 양산 중이고, X-ray용 포토레지스트는 연구개발 중이다.

장비분야에 있어서는 '80년대 초반까지는 미국이 독주를 하였으나, 최근에는 노광장비, 식각장비, 열처리장비 등에서 이미 일본이 앞서기 시작하고 있으며, 국내의 기술수준은 선진국에 8년이상 뒤진 상태이다. 일본의 장비업체는 Memory 등 양산용 장비의 개발에 치중하여 Nikon사의 Stepper는 i-line으로 0.35 μ m까지 미세패턴의 형성을 보장하는 최고의 성능을 보유하고 있다. 이에 반하여 미국의 장비업체에서는 ASIC 등 소량다품종의 생산에 맞게 기존의 장비를 모듈별로 Cluster로 결합하고 제어 H/W의 규격을 설정하고 있고, 이에 따라 Brooks, Techware 등 군소업체가 중심이 되어 H/W 및 S/W를 개발하여 공정을 자동화하는 방향으로 활발히 진행되고 있다.

2. 국내 동향

국내 반도체 산업은 반도체기술의 선도적 역할을 하는 고집적소자인 Memory 소자개발에 역점을 두어 비약적인 발전을 해왔으며, 현재 DRAM 수출 2위국으로 부상하여 미국, 일본과 함께 세계 반도체 시장을 주도해 나가고 있다. 16M DRAM에서는 일본과 함께 거의 비슷한 시기에 자체기술력으로 생산하여 수출하

고 있으며, '93년도에 64M DRAM 시제품을 개발하였다. 그리고 '94년도에는 256M DRAM Working Die 수준의 시제품을 개발하였다.

국내의 제품별 출하 동향은 제조기술에서는 선두를 달려 4M DRAM을 양산하는 단계이며, 월평균 생산량이 1,550만개 수준으로 3,220만개인 일본의 절반 정도이나, 16M DRAM 인 경우 월 평균 생산량이 650만개 정도로 전체 시장의 약 50%이상을 점유할 것으로 예측된다. 64M DRAM은 생산기술 개발을 진행하고 있으며, 설비투자가 일본보다 선행되어, 양산체제가 완비되는 '96년에는 생산량에 있어서 일본을 능가할 것으로 추정된다. 256M DRAM의 경우 국내에서 양산을 위한 기술개발을 하고 있으며, 도입되는 생산설비로 추정할 때, 세계시장을 70% 정도 점유도 가능할 것으로 전망하고 있다.

반도체 재료분야에 있어서는 웨이퍼제조 분야는 포스코홀츠와 실트론에서 외국과의 기술 합작으로 6" 웨이퍼를 양산하고 있고, 8"는 양산을 위한 연구개발 및 시설투자를 추진중에 있다. 감광제는 제일합성, 웨스트코리아, 동진화성 등에서 생산 중에 있으며, 그 밖의 동우반도체약품, 삼영순화, 고려아연, 동양화학 등에서 16M DRAM급 황산과 과산화수소 등을 양산하거나 준비 중에 있다. 고순도 특수게스는 아직 국내생산이 되지 않고 있다. 배선재료는 풍산금속, LG정보통신, 삼성항공, 미림사, Herous Oriental 등에서 리드프레임, 본딩용 Au, Al Wire 등을 양산하고 있으나 일반반도체 제조공정용 Sputtering Target 재료는 아직 국내에서 전혀 생산되지 않고 있다. 그리고 반도체 실장재료는 고려화학, LG그룹 연구소

등에서 연구만 되고 있을 뿐 90% 이상을 수입에 의존하고 있다.

반도체 장비분야는 현재 선진국에 비하여 매우 뒤떨어져 있으며, 저급의 Wet Station, Etcher, CVD 장비는 자체개발하여 사용하고 있지만 반응 용기의 크기가 작고 성능이나 재현성이 보장이 되지않아 주로 대학에서 사용 중이고, 그 밖의 조립용 장비의 일부나 Tester Handler 그리고 Burn-in 등 신뢰성 측정장비는 어느정도 국산화가 되어 있다. 그러나 양산용의 Sputter, Ion implantor는 미국의 Varian사와 합작하여 조립생산 중이다. 반도체 장비산업은 아직 고급기술의 기술축적이 없이 선진국과 합작투자에 의한 시설투자가 시작되는 등 아직 태동기에 불과하다. 장비분야의 국산화율은 현재 13% 정도이며, 이 중에서도 웨이퍼 가공분야의 국산화율은 4%에 불과하고 나머지는 비교적 기술수준이 낮은 조립 및 검사 분야에서 15%의 수준이다. 그러나 현재 국내의 반도체 투자규모도 이미 거대해져 '93년에 12억 불에 달하는 큰 시장을 형성하고 있고, 기술적으로도 장비를 국내업체에서 생산할 수 있는 여건이 갖추어짐에 따라 세계유수의 반도체 기업들이 국내기업과 합작 혹은 단독으로 출자하여 천안, 송탄 등지의 반도체 장비산업단지에서 생산을 위한 시설투자에 착수하고 있으므로 향후 전망은 밝은 편이다. 이 분야에서는 일찌기 Varian Korea가 미국의 Varian사와 합작하여 Ion Implantor와 Sputter를 조립생산하기 시작한 것을 시초로 하여 최근 한국 DNS가 일본의 DNS와 합작으로 Wet Station, 국제일렉트코리아가 일본의 Kokusai와 합작으로 Furnace와 CVD를, 그리고 PSK Tech가 일본

의 Plasma System과 합작하여 PR Stripper 등의 생산설비를 갖추고 있거나, 미국의 AMT, LAM사 등은 단독으로도 국내출자를 하여 각각 Dry Etcher, CVD 등의 반도체장비 생산시설 투자를 추진 중이며, 앞으로도 이러한 합작투자 생산은 활발히 진행될 것으로 보인다. 그러나 장비 중 가장 기술적으로나 전략적으로 핵심이 되는 Stepper 등 미세노광 장비는 광원, 광학계, 정렬계, 제어계 등 기본기술의 축적이 없어 아직 연구단계에 머물러 있으며 아직 이렇다할 개발이나 생산투자의 실마리를 풀지 못하고 있다. 더욱이 Stepper는 관련 원천기술의 기술격차로 인해 개발에 어려움을 겪고 있는 장비이다.

한편 이러한 장비업체의 노력에 도움이 되도록 하기 위하여 정부주도의 G7사업의 일환으로 추진 중인 차세대반도체 기반기술개발사업 중 핵심장비개발 과제로서 삼성전자, LG전자, 현대전자가 각각 Sputter/Wafer Track장비, CVD/Wafer Cleanintg 장비, 그리고 Dry Etching/Furnace 장비를 육성하기로 하고 현재 한국 Varian, 한국 DNS, Applied Materials, TEL, PSK Tech.사 등을 협력업체로 하여 추진 중에 있다.

Ⅲ. 국내기술수준분석

우리나라의 고집적반도체 소자와 관련된 요소기술별로 선진국인 미국과 일본 그리고 NICs 국가와의 기술수준을 살펴보기로 하자. 소자 및 공정기술분야를 보면 <표 2>에 나타낸것 처럼 우리나라가 두개의 기술분야에서 선진국수준을 유지하고 있으며 향후 우리나라와 경쟁관계로

예상되는 NICS국가보다는 기술적 우위에 있음을 알 수 있다.

반도체 소재 관련 기술에서는 <표 3>처럼 선진국에 비해 상당히 낙후되어 있는 것을 알 수 있다. 반도체의 원·부자재기술에서 웨이퍼제조기술은 8"가 개발되고 있으나 선진국에서는 12"웨이퍼가 생산되고 있다.

이러한 소재기술분야는 최근 국내 중소기업을 중심으로 외국회사와 기술협력을 통한 개발이 활발히 진행되고 있어 가까운 기간내에 기술 확보가 가능할 것으로 판단되나, 물성분석 및 신소재기술 등의 기초기반기술분야에서는 아직

도 기술격차가 있는것으로 지적되고 있다.

<표 4>는 장비기술의 기술수준을 표시하고 있으며, 이표에서 나타낸 바와 같이 반도체 장비기술은 특히 선진국에 비해 기술적으로 격차가 심한 분야로써 우리나라의 반도체산업의 발전을 위해 해결해야 할 분야이다.

우리나라는 장비기술수준은 저급중착장비, 식각장비, 세척장비분야에서만 일부 국산화가 이루어지고 있으나, 고급중착장비, 식각장비, 열처리장비, 세척장비등은 기술합작을 통한 생산준비단계이고 가속장비는 조립생산단계, 특히 초고집적소자의 핵심인

<표 2>소자 및 공정기술 수준비교

세부분야	세부분야	분류	국명	기술수준	주요특징			
고집적반도체기술	소자기술	응용	미국	①	〈상대수준 90〉 16M DRAM 생산단계 기초기술우위			
						설계기술		
						소자기술		
						Cell기술		
공정기술	메모리집적공정기술	기반	일본	①	〈상대수준 100〉 16M DRAM 생산단계, Video RAM 등 고부가가치 제품생산으로 전환단계			
	미세패턴형성기술							
	고유전체형성기술							
	미세contact기술							
	미세배선기술		NICs	②	〈상대수준 70〉 16M DRAM 개발단계 (대만)			
	Shallow집합형성기술							
	Isolation기술							
	세정기술							
	Mask기술							
	메모리소자계측기술					한국	①	〈상대수준 100〉 16M DRAM 생산단계, 생산관리기술 우위
	메모리시험기술							
	환경기술							
환경기술								

〈표 3〉 소재기술수준비교

세부분야	세세부분야	분류	국명	기술수준	주요특징	
반도체소재기술	반도체원부소재기술	기반	미국	①	〈상대수준 90〉 - 물성분석, 신소재 원천기술우위	
						웨이퍼제조기술
						Photoresist제조기술
			고순도chemical제조기술			
			고순도gas제조기술			
			고순도배선재료기술			
	물성분석기술	반도체물성평가기술	기반	일본	①	〈상대수준 100〉 - 원·부소재 및 에피성장 기술우위
	에피성장기술	MOCVD에피기술	기반	NICS	④	〈상대수준 20〉 원·부소재 원료수입 가공단계
		MBE에피기술				
		저가격 LPE에피기술				
		Si에피 및 기관기술				
	신소재기술	미세구조양자소자기술	기반	한국	③	〈상대수준 60〉 - 원 부소재 원료수입 가공단계 - 에피성장기술 개발단계 - 신소재기술 모방
		양자효과소자기술				
		신소재소자기술				

노광장비는 연구단계의 수준에 머무르고 있다.

Ⅳ. 기술발전전망

고집적반도체분야에서는 DRAM의 용량을 보면 3년의 주기로 4배씩 증가하는 기술혁신을 거듭하였으며, 그 특성은 범용, 대용량 소자이므로 집적도와 생산성이 관건이 된다. 집적도가 4배씩 증가함에 따라 지금까지의 추세로 볼 때 Chip면적이 1.7배, 소자밀도는 2.5배씩 증가되었다. 설계규칙은 1G DRAM에서는 선풍이 0.15 μ m의 미세가공기술이 요구된다.

또한 사용전압은 현재 16M급의 5V/3.3V에서 2.5V를 거쳐 1G급에서 1.5/1.0V등으로 계속 낮아져 고집적, 저전력화가 실현될 것으로 전망된다. 고집적화를 이루는 방안으로 선풍의 미세화와 함께 Memory의 기본이 되는 셀 구조 발전도 예상되는데, 기억 Capacitor는 (Ba,Sr)TiO₃등의 고유전체 박막의 실용화와 함께 현재 적층형에서 점차 입체형으로 진행될 것으로 전망된다. 또한 생산기술 확보를 위한 12", 16"급 대구형 웨이퍼 적용기술, 생산비용 감소와 수율향상을 위한 반도체 장비기술개발도 함께 진행되고 있다. 2010년에 상품화 될

〈표 4〉 반도체 장비기술 수준비교

세부분야	세세부분야	분류	국명	기술수준	주요 특징			
반도체장비기술	노광장비기술	기반	미국	①	〈상대수준 100〉 - 증착장비, 가속장비, 공정 자동화기술, 측정장비기술 분야 우위			
						Stepper장비기술		
						X-ray장비기술		
	E-beam장비기술							
	식각장비기술					RIE장비기술		
						ECR장비기술		
						ICP장비기술		
	증착장비기술					MOCVD장비기술		
						PVD장비기술		
						PECVD장비기술		
			RTCVD장비기술					
			LPCVD장비기술					
			Thermal CVD장비기술					
	열처리 장비기술		Furnace장비기술					
			RTP장비기술					
	이온주입 장비기술		Ion implantor장비기술	일본	①	〈상대수준 100〉 - 노광장비, 식각장비, 열처리장비, 세척장비기술 분야 우위		
	세척 장비기술		Vapor세척장비기술					
			Wet세척장비기술					
	평탄화 장비기술		CMP장비기술					
	공정자동화 기술		Cluster기술					
공정자동화기술								
측정장비기술	Memory test장비기술	NICS	⑤				〈상대수준 10〉 - 저급장비 모방개발단계	
	Function test장비기술							
	소자 test장비기술							
	고주파 test장비기술							
	FIB 장비기술							
	In-line SEM장비기술							
	신뢰성 test장비기술							
측정장비기술	Memory test장비기술			기반	한국	③		〈상대수준 40〉 - 저급증착장비, 식각장비, 세척장비 국산화 - 고급증착장비, 식각장비, 열처리장비, 세척장비 기술 합작 생산준비단계 - 가속장비 조립생산단계 - 노광장비 연구단계 - 기타 수입에 의존
	Function test장비기술							
	소자 test장비기술							
	고주파 test장비기술							
	FIB 장비기술							
	In-line SEM장비기술							
	신뢰성 test장비기술							

주: 기술수준 ① 기술선진국 수준(선진국 최고수준)/ ② 기술선진국 수준은 아니나 우수기술 확보 / ③ 기술선진국가에 비하여 상대적으로 낙후된 수준/ ④ 선진기술을 모방·습득하는 수준/ ⑤ 관련 기술개발 미착수 단계

16G DRAM의 설계규칙은 0.05 μm 정도가 예상된다. 이렇게 소자가 미세화됨에 따르는 문제는 소오스/드레인 항복전압의 감소로 동작전압이 1V이하가 되어야 하고, 드레인 누설전류를 방지하기 위하여 Gate 물질의 대체가 요구된다. 그러나 이러한 극미세 소자라도 동작전압을 1V이하로 떨어뜨리면 전자의 파장인 0.002 μm 보다는 훨씬 커서 그 때까지도 양자효과는 크게 나타나지 않으나, 대신 동작전압의 열화가 심하여 기판은 현재까지 SOI(Silicon on Insulator)가 유일한 대안이며, Gate 구조도 상·하 이중 구조나 입체구조가 필요하게 될 것으로 예측된다. 그리고 Cell에 사용되는 소자는 채널길이가 0.1 μm 까지는 기본적인 구조에서 크게 벗어나지 않을 것으로 예상되나, 공정장비부분에서는 이 시점에서 현재의 한계를 극복할 수 있는 혁신적인 기술개발이 필요하다.

반도체 재료기술은 기반기술의 특성으로, 제품의 수율향상이나 공정의 수요에 의해 소재개발의 중요성이 대두됨에 따라 연구 및 투자가 이루어지는 후행적인 형태의 기술발전과정을 거쳐왔으나, 향후는 제품의 개발에 앞서 선행적인 발전과정을 거치게 될 것이다. 그 전개방향은 웨이퍼의 대구경화, 내식각성 Excimer Laser/X-ray PR 개발, 고순도, 저입자 화학약품 개발, CVD 및 식각용 고순도 특수가스 개발, 내온 항습성 에폭시 및 실리콘 수지개발로 활발히 진행될 것이다.

신소자 분야에 있어서 2000년대에는 초격자를 이용한 논리기억소자가 개발되어 보급됨은 물론, 원자층을 제어할 수 있는 극피막 에피성장기술과 미세패턴 형성기술의 발달로 Nanometer급의 양자세션 및 양자세점 구조의 소자

가 등장하고, 양자효과 소자로서 앞서 언급된 초전도체 소자이외에도 전자회절 소자 등이 등장하여 소자당 신호지연시간이 1psec이하가 달성되며, 에너지 소모도 기존의 1,000분의 1이하로 축소될 것이다. 그리고 250 $^{\circ}\text{C}$ 이상의 고온용과 고이득용 반도체로서 SiC나 Diamond를 소재로 하는 새로운 반도체 재료는 현재까지 이종에피 성장이 어렵고 불순물 도오핑 기술, Surface Morphology 불량으로 인하여 아직 기초연구의 단계에 머물러 있으나 향후에는 기술개발이 본격화 될것으로 예측된다.

한편 초고속 Computer용 반도체 소자기술에 있어서도 2000년대에 이르면 성능이 현재의 1,000배 정도 이상으로 향상되기 때문에 전자기 상호간섭의 영향을 배제하기 위해 광기술을 이용하며, 여기에 필요한 소자는 원리적으로 광의 제2, 제3 고조파의 정밀한 제어에 의하여 구현될 수 있다. 이와 같은 광기능 소자는 초고속 Computer System에서 광 Processor, 광데이터통신로 및 광메모리 분야에서 부분적으로 기존의 전자소자를 대체할 수 있을 것으로 예측되며, 본격적인 실용화 시기는 2020년경이 될 것이다.

장비분야는 우리의 반도체 산업의 지속적 성장을 보장하는 가장 현안분야로서 그 세부내용별로 살펴보면 다음과 같다. 리소그라피 장비에서 Stepper광원의 광단파장화, 변형조명, PSM법 등 초해상기술, FLEX법, 고해상 포토레지스트 기술이 개발되고 있고, 장비기술로서는 i-line/Excimer Laser Stepper, DUV 반사투영노광(Sep & Scan), High NA Lens, Large-field Size, Scan 방식 등 Hybrid화 장치가 개발되고 있다. 건식식각 장비분야는 저에

너지화(마이크로파, 자장), 고밀도 플라즈마 발생, Clean화, 저온에칭, 다층막 동시에칭, 이방성, 고선택비, 고속식각속도의 확보가 관건이 되어 ECR, Magnetron RIE, 새로운 구조의 Plasma Source(Hellion, ICP등), Multi-process Chamber 등이 새로운 기술로 대두되고 있다.

그리고 증착장비기술 중 CVD는 고유전율/극박막형성, 고평판 절연막형성, W막 형성, AlCu막형성, Doped a-Si막 형성, 유기 Source, 표면제어 연속처리기술 등이 개발되고 있으며, 장치는 Vertical CVD Reactor, MOCVD, TEOS CVD 장비, UHV-CVD 장비, RTCVD 장비, Multi-process Chamber 등이 개발되고 있다. PVD 장비는 연속처리(전처리/다중막 증착)기술, Step Coverage 향상 등이 현안문제이며, Multi-process Chamber, 고진공화, Collimated Sputter 장비기술로 나아가고 있다. 산화·열처리 장비는 저온공정화, RTP, 열응력제어, 고품위산화막 형성, 자연산화막 제거, 연속열처리 기술이 연구되고 있고 Vertical Furnace, RTP 장비, Vacuum Load-lock, Multi-process Chamber로 발전될 것이다. 또한 이온주입 장비는 고/저 에너지 이온주입, Charge-up Control, 저온염화 등이 주요 관건이다. 장비기술은 기존의 고/저전압 이온주입 기능 이외에도, Parallel-beam Scan 방식, 회전이온주입 장비 등이 새로이 개발되고

있다.

세척장비는 표면처리공정, Dry Cleaning 등이 관건이다. 장비기술은 무수 HF 세정장비, O₃ UV 세척장비, Plasma Cleaning장비, 광세척장비 등이 개발될 예정이다. 평탄화장비는 평탄화 공정기술로서는 넓은 지역(global) 평탄화, Trench 금속배선기술, Hole 매립기술 등이 개발추세이며, 장비는 Single-wafer Multi-bed 경향으로 발전되고 있다.

공정자동화기술은 미국을 중심으로 장비간 Cluster화, Cluster간의 Interface, 공정자동화, 자동화의 표준화가 이루어지고 있다. 기술 추세는 CIM, Cluster, SMIF, AVP(Advanced Vacuum Processor)등의 단계를 지나 전체 Fab. Automation, MMST(Microelectronics Manufacturing Science & Technology)등의 시도가 진행되고 있다. 이를 위한 부품기술로서는 Robot, Transport-chamber, In-situ Sensor, AGV(Automation Guided Vehicle)등의 기술로 급속히 발전되고 있다. 측정장비기술은 공정분야에서는 0.01 μ m이내로 초미립자 분석검출이 수율향상을 위한 관건이 될 것이며, 소자의 전기적 시험을 위해서는 ASIC을 위한 Pin 수의 1,000개 이상의 확장, 그리고 FIB와 고속 컴퓨터, 계측기를 결합한 GHz급 고속소자의 모듈별 분할동작기능 시험기술이 확립될 것이다.