

GIGA급 초청정 클린룸 기술

초청정 클린룸 기술은 첨단산업인 반도체 산업과 더불어 21세기 유망 고부가가치 산업분야로서 차세대 GIGA급 반도체의 생산을 위해서는 분자 수준까지 공정 오염물을 제어해야만 하는 새로운 클린룸 시스템이 도입되어야 한다. **오명도**

클린룸 산업 현황

클린룸 기술산업은 첨단산업인 반도체 산업과 더불어 21세기 유망 고부가가치 산업분야로 세계적인 주목을 받고 있으며, 이미 미국, 일본, 독일 등 선진국가에서는 주요정책 지원산업으로 적극적인 육성을 하고 있다. 초첨단 제품인 반도체의 기술은 나날이 진보되어 현재는 256M DRAM이 양산단계에 있으며, 2~3년 후에는 표 1과 같이 GIGA급 반도체인 1G DRAM이 양산될 것으로 예상된다. 이처럼 급속도로 발전되고 있는 반도체 기술은 필수적으로 생산공정이 수행되는 환경인 클린

룸의 발전이 수반되어야 한다.

클린룸에서 제어해야 할 입자상 및 가스상 오염물은 그 발생량과 종류가 다양화되고 있으므로 제조공정상의 공기환경 제어, 즉 공정중 불가피하게 발생하는 미립자, 가스상 오염물의 발생원을 분석, 계측하고, 이를 적극적으로 방지할 수 있는 최적의 공기청정 시스템이 구축되어야 한다. 이에 따라 GIGA급 반도체가 생산되어야 할 기본 생산설비인 Ultra 클린룸의 개발이 요망되고 있다. 향후 개발될 16GIGA급 반도체는 최소 선폭이 0.1 μm 이하이고 입자는 선폭의 10분의 1인 0.01 μm 까지 제어되어야 하기 때문에 앞으로는 분자수준의 오염까지

제어되어야 반도체의 생산공정에서 일어나는 불량을 최소화할 수 있다. 반도체 등 첨단산업의 제조공정에서 제조기술의 첨단화에 동반하여 공기청정 제어도 입자상 오염물에서 가스상 오염물인 각종 유기물(DOP, DOA, DBP, DBA, DEP, BHT, TBP, TCEP, TEP 등)과 암모니아, Boron 등이 더욱 엄격히 제어되어야 한다. 현재 가스상 오염물의 효과적인 제어를 위해서 미국, 일본, 유럽 등의 반도체 생산업체에서는 활발한 연구개발이 추진되고 있다.

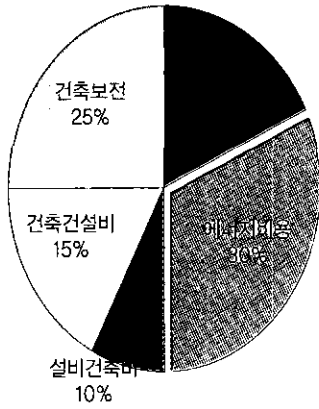
GIGA급 클린룸은 초정밀 제품을 생산하기 위한 조건으로서 온도, 습도, 청정도(입자상, 가스상), 소음, 진동 등 공학적인 기본 요소조건을 모두 어떤 수준 이상으로 고도 제어하지 않으면 안된다. 따라서 클린룸은 일반빌딩과 달리 24시간 연속 운전하며, 이러한 제어조건을 충족시키기 위하여 그림 1과 같이 설비보전 및 에너지 사용에 막대한 비

Year	1995	1998	2001	2004	2007	2010
Feature Size(μm)	0.35	0.25	0.18	0.13	0.10	0.07
Memory(DRAM)	64M	256M	1G	4G	16G	64G
Die Size (mm^2)	160	260	42	670	1,070	1,700

주) Semi Technology Symposium, Japan : '96. 12. 4-6, pp.1~19 참조

• 오명도 / 서울시립대학교 공과대학 기계정보공학과, 교수 / e-mail : mdoh@uos.ac.kr

사무실 빌딩의 라이프 사이클 비용



반도체 라인의 라이프 사이클 비용

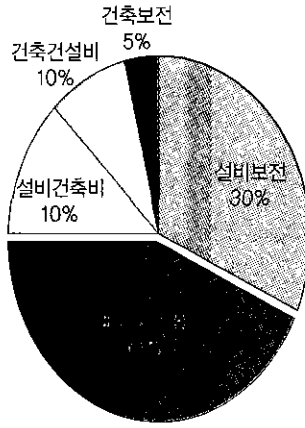


그림 1 일반 빌딩과 반도체 라인의 라이프 사이클 비용 비교

청정도	Class 0.1	Class 0.1	Class 10	Class 100	Class 1000	비 고
단 가	2,500	1,500	1,000	700	400	환기회수, 라인규모, 건물구조에 따라 변함

용을 소모하게 된다. 이러한 조건들은 정밀도가 높아지면 즉, 반도체의 집적도가 높아지면 더욱 더 엄밀한 조건으로 상향 제어되어야 한다. 이 중에서도 특히 반도체의 생산수율에 가장 밀접한 관계가 있는 것은 청정도이다. 반도체 제조 공정상 필요한 청정도를 확보 유지하기 위해서는 클린룸을 구성하는 시스템(장비류, 설비 등), 재료, 운전자를 포함한 모든 구성요소들에 대한 비용이 표 2와 같이 상승되어야 한다. 선진 외국에서는 이를 해결하기 위한 시도가 적극적으로 추진되고 있으며, 클린룸 격리(Isolation) 시스템인 SMIF 시스템을 적용하는 방식으로 전환될 시점에 있다. 이러한 기술적인 경향에 대하

여 반도체 생산장비 관련 사업체들은 막대한 건설비와 시설비가 소용되는 반도체 생산라인을 가능한 저렴화하여 반도체의 가격 경쟁력을 향상시키려는 취지에서 세계적인 규격 제정이나 가이드 라인을 발표하고 있다. 즉, 반도체를 구성하는 모든 요소들을 표준화하여 호환성을 가지게 하여 가격을 낮추고, 호환 장비류의 성능까지를 검증해주는 데까지 발전하고 있다. 이러한 업무를 수행하고 있는 단체로서는 SEMI (Semiconductor Equipment and Materials International), Korea, Japan, U.S.A. 등과 기술적인 사항을 검토 분석하여 기준 제정 작업을 하는 SEMATECH (Semiconductor Manufacturing

Technology)이 있으며, 여기서 발표된 것이 SEMI Standard이다. 이에 따라 앞으로 클린룸 장치류 제작사들은 이 규격에 따라 제작하여 호환성을 가져야만 한다.

전 세계적으로 반도체 생산원가를 낮추기 위해서 적극적으로 검토되고 있는 것이 300 mm 웨이퍼를 사용한 생산이다. 그러나 이 300 mm 웨이퍼는 여러가지 기술적인 과제를 갖고 있는데, 이러한 문제들을 미국(9 사), 유럽(3 사), 한국(3 사), 대만(1 사)의 전문가들로 구성된 I300I (International 300 mm Initiative) 라는 단체에서 300 mm 제조설비(Fab)의 가이드 라인으로 만들어 발표하고 있다. 일본에서는 I300I에 대항해서 일본의 11 개 관련 회사가 참여한 J300 (Japan 300 mm)이 발족되어 공동보조를 맞추고 있으며, 여기에서는 SELETE (Semiconductor Leading Edge Technologies Inc.)를 통해서 현재까지 개발 생산된 장치류에 대해서 그 성능과 신뢰성을 검토하여 발표하는 작업을 주로 하고 있다. 이와 같이 선진 외국에서는 여러 전문가 단체를 통해서 향후의 클린룸을 포함하는 반도체 생산장치 전반에 대해서 그 타당성을 검토하고 관련 산업에 가이드 라인을 제공하고 있다.

현재 국외의 반도체 생산 현황은 표 3과 같이 1996년에 1,292억 달러에 이르고, 2000년에는 2,272억 달러에 이르고 있다. 국

내의 반도체 생산은 1996년에 91억 달러에 이르고, 세계 메모리칩 분야의 시장점유율은 37%를 차지하고 있다.

일본에서의 반도체 생산업체는 NEC, Toshiba, Hitachi, Fujitsu 등이 주축을 이루고 있으며, 1998년 4개사의 반도체 설비 투자는 약 50억 달러에 달하고 이러한 신규투자는 2000년 이후까지 계속될 예정이다. 우리나라는 삼성, 현대, LG의 반도체 설비 투자가 표 3과 같이 1997년의 설비투자가 41억 달러로 일본과 대등한 수준이었으나, 1998년도에 15억 달러에 그쳤으며, 앞으로 비슷한 규모의 투자가 계속될 것으로 예상된다. 한편, 대만은 국가적으로 반도체 부문에 집중적인 설비투자를 하여 1998년도에 62억 달러를 투자하였고, 이러한 투자는 계속될 예정이어서 우리나라의 반도체 산업에 강력한 경쟁국으로 급부상하고 있다.

국내 기술동향

근래에 들어 수출전략 품목인 반도체 생산을 위하여 정부에서는 정책적으로 반도체산업을 중점 육성하고 있다. 그 결과 반도체 특정분야 특히 메모리 반도체 설계 및 생산기술 분야는 미국, 일본 등 선진국을 능가하는 기술적 성과를 올리고 있다. 그러나 지금까지 반도체 생산 관련 대부분의 시스템을 외국으로부터의 수입에 의존하여 오고 있기 때문에 반도체 칩의 집적도가 증가할수록 오히려 생산장비의 수입은

더욱더 늘어날 전망이다.

또한 국내 반도체 생산용 클린룸의 설계와 건설을 위한 기초기술은 아직도 열세를 면치 못하고 있다. 소형 클린룸은 국내 기술로 설계, 시공, 평가가 가능하나, 고집적도의 반도체 생산을 위한 초청정 클린룸의 경우에는 반도체 제조자들의 신뢰성 결여와 기술적 데이터 베이스의 구축 미비로 독자적인 기술확보가 어려운 상황이다. 따라서 우리나라는 첨단 반도체 클린룸에 대한 기본설계를 외국으로부터 수입하고 이를 바탕으로 실시설계를 하고 있다.

이제 한국의 반도체 산업은 세계적인 생산 규모와 시장점유율 측면에서 무시할 수 없게 되어, 한국에 의한 시장 잠식을 두려워하는 경쟁 상대들로부터 심각한 견제를 받고 있다. 따라서 향후 더욱 치열해져 가는 첨단분야의 기술경쟁과 특허분쟁 때문에 이러한 원천 기술의 수입은 더 이상 불가능하기 위해서 생산 관련 시스템과 설비의 독자적인 기술개발 이외의 방법은 없다.

특히 반도체 제조용 클린룸이 규모 면에서 매우 크고, 넓은 분

야의 고난도 기술을 포함하고 있으며, 발전속도가 매우 빠르기 때문에 어느 한 개 기술회사만의 능력으로 극복하기란 매우 어려운 분야이다. 실질적으로 일본은 10여 개의 대기업이 일본과 한국 동남아의 클린룸 시장을 모두 석권하고 있다.

1980년대 대기업들이 첨단산업 분야에 집중적으로 투자함에

		연도				
생 산		1996	1997	1998	1999	2000
일 본	NEC	17	16	15	16	17
	Toshiba	15	15	14	10	11
	Hitachi	13	10	9	10	10
	Fujitsu	16	15	10	11	11
한 국	삼성	19	16	7	7	8
	현대	15	14	2	2	3
	LG	15	15	6	5	4
대 만		45	55	60	62	55

주) 일본경제신문 자료 (1999. 1.)

주) 클린룸 설비 투자액은 반도체 설비투자 비용 중 15%~20%

따라 클린룸의 수요는 급속히 증대한 반면에 국내 클린룸 기술은 매우 취약한 상태였으므로, 클린룸 기술개발에 대한 필요성이 널리 인식되기 시작하였다. 국내 반도체 클린룸 시스템 기술은 50여 개 클린룸 전문업체가 참여하고 있는 한국공기청정협회를 중심으로 연구개발이 이루어지고 있다. 정부의 정책적인 뒷받침에 의해 주로 과학기술처와 통상산업부의 재원으로 정부출연연구소와 한국공기청정연구조합이 중심이 되어 클린룸 관련 연구를 수행하여 왔으며, 최근에 일부 대학에서도 관

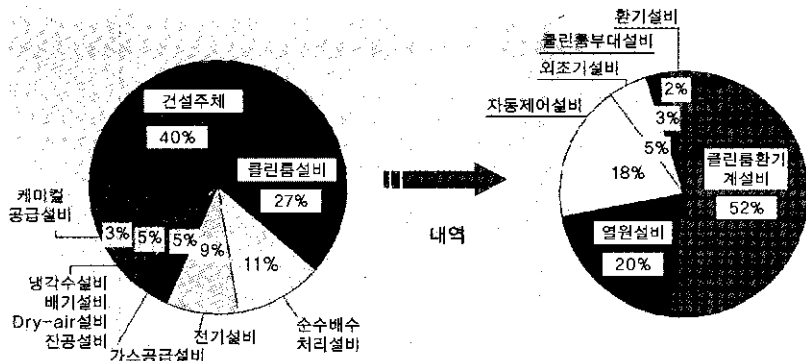


그림 2 라인베이 방식 반도체 클린룸의 설비 내역

심을 갖고 연구를 수행하고 있다. 그러나 대부분의 연구가 산발적으로 이루어지고 개발도 단품에 편중되어 있다.

국내 클린룸 시스템 전문업체는 반도체 제작사가 선진 외국으로부터 수입한 기본설계에 따라 실시설계를 수행하고 시공하는 업무를 수행하여 왔으며, 반도체, LCD 이외의 용도의 소형 클린룸은 자체 기술력에 의하여 설계, 시공을 하여왔다. 따라서 그 부가 가치는 낮을 수밖에 없다.

반도체는 그 집적도가 높아짐에 따라 회로선폭의 간격도 점점 좁아져서 오염제어를 위한 클린룸의 청정도를 높일 수밖에 없으며, 그러기 위해서는 클린룸 설비와 모든 제품의 재질을 포함한 품질이 고급화되어야만 한다. 이는 곧바로 클린룸 건설비와 운전비의 상승을 초래하고 나아가 반도체의 생산원가 상승, 타산성의 악화를 가져오고 있다. 이러한 문제를 근본적으로 극복하기 위해서는 그림 2와 같은 기존의 클린룸 방식과는 다른 새로운 개념의 클린룸 시스템 기술이 요구되고 있다. 종래의 반도체 공장 시스템에서 주류가 된 것은 프로세스 구역

의 전면 층류형 클린룸으로 다량의 에너지와 초기 투자비가 요구되는 시스템이었으나, GIGA급 반도체 생산을 위해서는 운전비를 낮추고 초기 투자비가 적게 드는 국소청정 개념의 클린룸 시스템 개발이 요구되고 있다.

현재까지는 주로 200 mm 웨이퍼를 이용한 16~64 MEGA급 제품이 세계 시장의 주류를 이루고 있고, 우리나라 또한 이 제품에서 세계 시장을 선점하고 있다. 향후 반도체 시장은 300 mm 웨이퍼를 이용한 GIGA급 제품까지 등장하게 되어 국내 반도체 3사도 300 mm 웨이퍼 장비의 적용 단계에 있다. 국내에서는 256 M 반도체 생산을 위하여 국외로부터 국소청정장치 시스템을 도입하여 설치 및 운전하고 있으며, 장차 300 mm 반도체 웨이퍼 생산을 위해서 현대, LG, 삼성 등 대부분의 회사가 국소청정장치 시스템의 적용을 적극 고려 중이다. 최근 국내 클린룸 장비업체도 산업자원부의 지원 하에 공업기반기술로서 국소청정장치인 200 mm SMIF 시스템 개발을 완료하였으며, 300 mm SMIF 시스템 개발에 박차를 가하고 있으나, 아

직 선진제품과 경쟁하기에는 미흡한 실정이다. 현재 국내 반도체 3사에서는 반도체 제작공정에 영향을 주는 클린룸 내의 가스제어를 위해 외조기와 내조기 등에 침착 활성탄, 활성탄소섬유, 이온교환 부직포 타입의 케미컬 필터가 채용되어 암모니아, SO_x, NO_x 등을 제어하고 있으나, 전량 미국, 일본 등으로부터의 수입에 의존하고 있다. 국내에서는 유기 가스 및 탈취를 목적으로 단순한 입상 활성탄을 수 개사에서 생산하고 있으며, 흡수약제 등을 담지시킨 케미컬 필터는 개발단계로서 아직 양산체제로 이행되지 못하고 있는 실정이다. 이러한 활성탄계 케미컬 필터는 분진발생의 문제점이 있어서, 클린룸 내의 내조기 등에서의 사용은 불가능하며, 극히 제한된 영역에서만 채용되고 있다.

반도체공장 외조기 등에 있어서의 습식 흡수방식의 가스 정화 시스템의 채용실적은 전무한 실정이며, 타 산업분야에 있어서 외국 시스템을 모방한 분무방식의 것이 국소수 적용된 사례는 있는 것으로 보이나, 구체적인 기술내용에 대한 소개는 아직 없다. 클린룸 공기 중에 다량 함유되어 있는 암모니아와 같은 염기성 가스는 산성가스와 함께 중화반응이 신속히 진행된다. 이렇게 생성된 초미세 중성염은 웨이퍼 표면에 침착되어 패턴불량, 접촉저항증대, 전기적 특성 변화 등의 영향을 미친다. 이러한 중성염의 일부는 ULPA 필터에 의해 포집되며, 그 중성염은 또다시 비휘발성

강산성가스에 의해 반응하여, 분자량이 작은 휘발성 산성가스는 재방출되어, 클린룸 내의 여러 금속소재의 부식과 HEPA/ULPA 필터의 식각현상을 심화시키며, 공정상의 화학약품들과 반응하는 문제를 야기할 수 있다.

이상과 같은 가스상 물질과 nm 크기 초미세입자의 영향은 향후

계속 개발해 온 경험을 바탕으로 GIGA급 울트라 클린룸에 적합한 장치를 개발하려는 계획을 갖고 있다.

또한 첨단 기술산업 분야의 반도체생산 클린룸에서는 공기청정도, 풍속, 온·습도 등과 함께 미진동 제어에 대한 중요도가 매우 높다. 미진동은 사용성이나 건물

실정이다.

국의 기술 동향

반도체산업은 그 특성상 비약하는 생산기술의 발전속도에 따라 제품의 라이프 사이클(Life Cycle)이 단축되고 고부가 가치 제품의 다변화 추세로 인한 신규 제품의 개발이 요구되고 있다. 이러한 제품의 발전 및 개발속도에 따라 국제적인 경쟁력이 있는 반도체 생산을 위해서는 기본적인 인프라인 클린룸 초청정 생산기술의 확보가 필수적이며 앞으로 반도체 산업의 지속적인 성장에 열쇠가 되고 있다.

반도체 집적도의 발전은 약 2~3 년의 주기로 세대교체가 일어나고 있다. 초첨단 제품인 반도체의 기술은 현재 256 M DRAM이 양산단계에 있으며, 2~3 년 후에는 GIGA급 반도체인 1 G DRAM 개발이 예상된다. 그러나 GIGA급 시대로 돌입해야 하는 시점에서 웨이퍼에 대한 오염제어 범위가 새로이 개발되어 적용되는 생산장비와 연계하여 점차 확대되고 미세화되고 있다.

표 4와 같이 반도체의 발전과 더불어 웨이퍼의 대구경화와 디바이스의 고집적화가 급속하게 진전되어 새로운 물질에 의한 반도체가 개발되지 않는다면 2010년에 16 G까지 발전되어 제어되어야 할 오염은 가공선평의 1/10인 0.01 μm , 즉 10 nm 크기의 입자상과 분자크기의 가스상까지 포함된다. 또한 반도체 생산과

연도	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10
최소선평(μm)	0.35	0.25	0.2		0.18	0.2~0.18		0.13		0.10						
DRAM 추이	16M	64M	256M~1G		4G		16G									
웨이퍼 크기	ϕ 200mm				ϕ 300mm				ϕ 400mm							
관라입자크기(μm)	0.1	0.07	0.05		0.02		0.01									
미진동변이(μm)	0.45	0.35	0.25		0.15											
웨이퍼 금속오염	1×10^9 원자/cm ²				2×10^9 원자/cm ²											
초순수 입자	1EA/ml (0.1 μm)		1EA/ml (0.05 μm)		1EA/ml (0.02 μm)											
클린룸 방식	- 오픈 캐세트 방식 - 공정영역 전체 청정화 - 입자 수준 제어				- 미니 환경 방식/울트라 모듈 방식 (기능분산형). 클린 튜브 시스템 - 웨이퍼 주변 국소 청정화 - 분자 오염수준 제어											
클린룸 면적	1				2~2.5배											
투자금액	1				2배											

소자의 고집적화에 따라 더욱 심각해질 것이므로 이와 같은 오염물질들의 성상을 자동 연속적, In-situ, 실시간으로 측정평가할 수 있는 기술개발과 유해가스를 경제적, 효율적으로 제어할 수 있는 기술개발이 매우 절실히 요구되고 있는 실정이다. 국내 반도체 클린룸에 적용되는 고성능 필터를 제공하고 있는 필터 제조사에서는 반도체 클린룸의 청정도 향상에 발맞추어 UPLA 필터 개발, 저압손 필터, 보론(Boron) 발생량 감소 필터 개발 등 신제품을

안정성을 기준으로 하는 일반진동이나 구조진동의 문제에서는 접하기 어려운 것으로 기존 국내의 반도체공장은 미진동에 대한 방진 및 제진 설계기법이 정립되어 있지 않아 매우 질량이 크고, 큰 강성을 갖는 구조로 파다 설계되고 있다. 그러므로 액세스 플로워(access floor) 구조의 시공성 향상, 경제적인 설계로 원가절감, 효율적인 공법 모색으로 공기단축, 공간활용의 유연성 증대, 추후 보수 보강의 용이성 등 많은 요구조건을 충족시키지 못하는

관련된 미진동 제어치도 0.15 μm 에 이르게 된다.

즉 반도체 제조는 그 집적도가 높아짐에 따라 회로선폭의 간격이 좁아져 생산공정라인에서 제어해야 할 오염입자의 크기도 점점 작아지고 있다. 이러한 생산조건을 만족시키기 위해서는 클린룸의 청정도를 높일 수밖에 없으며, 클린룸 설비의 품질이 미세오염제어 관점에서 고급화될 수밖에 없다. 이는 곧바로 클린룸 건설비와 운전비의 상승을 초래하고 나아가 반도체의 원가 상승, 타산성의 악화를 가져오고 있다.

이러한 문제 해결을 위해서 반도체 생산을 위한 기본적인 인프라인 클린룸에 대한 변화가 요구되고 있으며, 지금까지의 단순한 클린룸 수준의 초정정공간 구성을 위하여 고성능 필터와 적정풍속을 유지하는 것으로써 공정중 입자의 침착을 제어하는 개념에서 벗어나 국소적인 격리(isolation) 개념의 웨이퍼 수준의 오염프리(Contamination Free) 환경을 구성하는 방향으로 발전해야만 한다.

종래의 반도체 공장 시스템에서의 주류가 되는 것은 프로세스 구역의 전면 층류형 클린룸으로서 다량의 에너지와 초기 투자비가 요구되는 시스템이었으나, 반도체 제조원가저감을 위해서 새로운 클린룸 개발이 요구되고 있는 실정이다. 현재 미국 및 일본은 이미 클린룸 국소 청정시스템인 300 mm 웨이퍼 생산용 FOUP(Front Open Uniform Pod)나 오픈카세트(open cassette)를 개발하여 클린

룸의 국소 클린화에 많은 연구와 투자가 이루어진 상태이다. 앞으로 반도체의 집적도가 더욱 향상되어 생산공정라인의 오염분자 수준까지를 제어해야만 하는 상위 GIGA급 반도체의 생산을 위해서는 현재의 클린룸 시스템이 기존방식에서 벗어나 새로운 개념과 방식이 적용되어야 할 단계에 있다.

이처럼 급속도로 발전되고 있는 반도체 기술은 필수적으로 생산공정이 수행되는 기본적인 생산공간인 클린룸의 발전이 수반되지 않으면 안된다. 현재까지는 시스템실링(System Ceiling) 방식이 적용된 오픈베이(Open Bay) 클린룸에서 최근에는 FFU(Fan Filter Unit) 시스템이 적용된 수퍼클린룸(super clean room)이 널리 보급되고 있다. 256 M 이상의 반도체 생산라인의 클린룸인 경우 건설비를 절약하기 위한 방안으로서 국소청정 개념인 SMIF 시스템을 적용하는 방식으로 전환될 시점에 있

다.

국외에서는 Asyst Technology 사가 클린룸 미니환경시스템의 세계시장을 거의 독점을 하고 있으며, 독일의 InFab 사가 300 mm 웨이퍼 국소청정장치 시스템 전문 제조업체로 자리잡으면서 SEMI 표준규격(Standard)에 채택되고 국소청정장치 로더(loader), 인덱서(indexer), 카세트(cassette) 등 국소청정장치 부분품의 생산공급을 시작하였다. 장비의 국소청정화 동향을 살펴보면 장비회사 자체에서 설계하여 장착하기보다는 더욱 전문성이 뛰어난 국소청정장치 시스템 회사에 의뢰하여 장비의 국부적 청정도를 극대화시키는 OEM 생산방향으로 그 추세가 변화하고 있다.

차세대 GIGA급 클린룸 시스템은 사용자의 요구와 생산품의 특성에 따라 달라질 수 있는 것으로 선진국에서도 제품에 따른 확

표 1. 반도체 클린룸 기술 발전 상황

연도	1986	1989	1992	1995	1998	2001	2004	2007	2010
제어 입자 크기 (μm)	1.3	0.8	0.5	0.35	0.25	0.18	0.13	0.10	0.07
메모리 (DRAM)	1M	4M	16M	64M	256M	1G	4G	16G	64G
라인 베이 방식 클린룸	(CTM) Clean Tunnel Module 시스템 시스템 실링 시스템 FFU 시스템 SMIF 시스템 Intg Mini Enc. 시스템								
월드 밀 방식 모듈 클린룸									

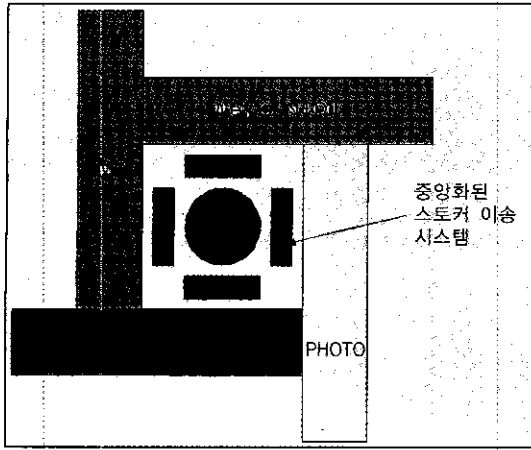


그림 3 GIGA급 윈드밀 모듈 클린룸 개념도

정된 시스템은 없다. GIGA급 초청정 생산시스템으로 표 5에 나타난 바와 같이 궁극적인 격리시스템인 클린튜브시스템이 제안되고 있으나, 단지 개념만으로 실질적인 연구는 수행된 바 없다. 이 시스템은 웨이퍼를 외부 공기와 접촉되지 않고 청정화된 클린튜브를 통해 자동으로 필요공정 챔버로 이송하며, 웨이퍼를 클린룸 내부에 설치된 POD나 FOUP에 넣거나 꺼내는 과정이 없기 때문에 생산성이 향상될 수 있다. 따라서 생산라인의 전공정이 수행되는 공간이 모두 초청정 클린룸일 필요성이 전혀 없기 때문에 건설비 축소의 효과가 매우 커대의 경쟁력 우위를 점할 수 있을 것으로 예측된다.

미국, 일본 및 유럽 등을 비롯한 선진국들에서는 이러한 클린룸의 공기환경에서 지속적인 모델의 개조를 통하여 최근에는 입자 청정도 및 각종 유해 가스를 종합적으로 제어할 수 있는 기술을 보유하고, 개발도상국들로부터의 수출을 통하여 막대한 수입을 올리고 있으며, 계속적인 성능 개선을 위한 연구개발이 주요정

책 지원사업으로 지속적으로 진행되고 있다.

차세대 GIGA급 울트라 클린룸 기술 전망

차세대 GIGA급 울트라 클린룸 시스템을 실용화하기 위하여 지금까지의 기술자료를 근거로 하여 예상될 수 있는 주요한 시스템 분야의 기술 전망을 해보면 다음과 같다.

SMIF, 미니환경 시스템과 연계된 최적의 울트라 클린룸 설계 기술

GIGA급 반도체를 생산하기 위해서는 300 mm 웨이퍼를 이용한 반도체 양산을 위한 신개념 Fab 설계의 기반기술 구축으로 생산원가를 절감하고 생산수율을 높여야 한다. 300 mm 웨이퍼 SMIF 시스템과 인터페이스가 가

능한 GIGA급 총합미니환경(Integrated Mini-Environment)의 개발이 이루어져야 한다. 차세대 GIGA급 초청정 클린룸은 기존의 반도체 제조공정이 라인베 이방식 클린룸과는 전혀 다른 개념이 될 것이다. 그림 3과 같은 웨이퍼의 제조공간간 이송거리를 최소화하고 자동화를 용이하게 하기 위해 풍차모양으로 집결시켜 제조공간을 3차원적으로 구성하여 인터-인트라 이송시스템(Inter-Intra Transport System)으로 연결된 차세대 GIGA급 윈드밀 모듈(Wind Mill Modular) 방식의 기본 개념이 제안되고 있다. 이러한 GIGA급 초청정 클린룸의 설계, 시스템 인터페이스 및 평가기술은 앞으로 중요한 반도체 생산기술이 될 것이다.

울트라 클린튜브시스템의 설계 및 시공기술

16 GIGA급 직경 0.01 m 이상 오염입자 및 오염가스 분자가 제거되는 미니환경시스템과 인터-

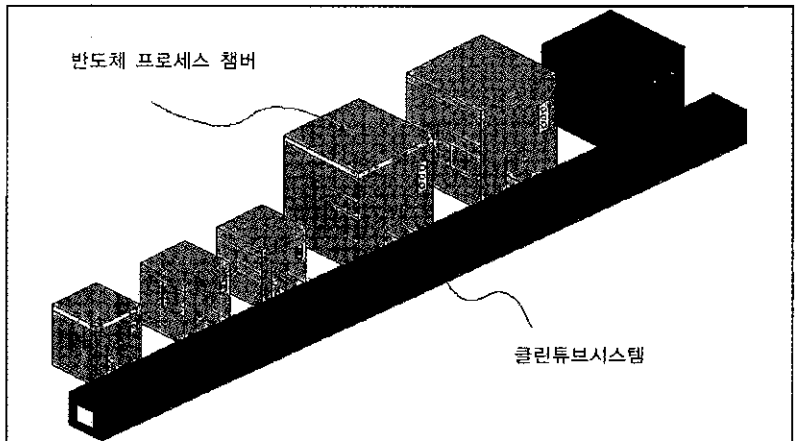


그림 4 16GIGA급 클린튜브시스템 개념도

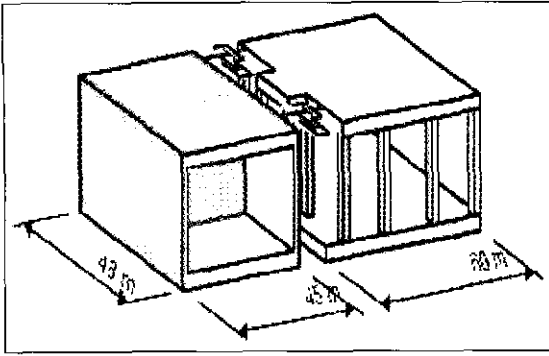


그림 5 GIGA급 SSS(Smart Structure System) 개념도

인트라 이송시스템이 합쳐진 제조공정별 클린룸 모듈을 연결하는 차세대 GIGA급 울트라 클린 튜브시스템이 제안되고 있으며, 그 설계, 제작 및 성능평가 기술은 주요한 연구대상이 될 것이다. 이 시스템은 웨이퍼가 질소 등으로 충전된 클린튜브를 통해 유동 제어나 자기부상방식 등을 통해 자동으로 이송하여 다음 제조공정 챔버로 이동시키기 때문에 외부 클린룸 공기와 웨이퍼의 직접 접촉을 배제하여 오염의 가능성이 없으며, 웨이퍼를 POD나 FOUP에 넣거나 꺼내는 과정이 없기 때문에 생산성이 향상될 수 있다.(그림 4 참조)

울트라 클린룸 미진동제어 시스템
현재 반도체 공장에서 구조물 방제진 대책의 중요한 추세는 특정한 진동제어장치를 부과하여 진동을 감소시키거나 에너지를 소산하여 여타 구조부분에 설계의 자유도를 부과한다는 것이다. 이러한 경향에 맞추어 방진재료나 장치 감쇠기에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있어 미진동 문제에 있어서도 이와 같은 적극적인 방제진 방법이 적용될 것으로 판단된다. GIGA급 울트라 클린

룸 구조를 형성하는 제반 구성요소들의 정밀 방제진 기법의 개발되고 SSS(Smart Structure System)으로 스프링-댐퍼 및 댐퍼를 이용한 반도체 공장 콘크리트 프레임 및 국부적 협진지역의 초정밀 면진을 수행하고, 스마트 재질(Smart Material) 및 정밀 댐퍼를 이용한 펌핑 스테이지의 능동제진시스템이 적용될 것으로 예상된다.(그림 5 참조)

맺음말

첨단산업인 반도체산업은 급속도로 발전하고 있으며, 현재 우리나라 제품이 첨단 산업분야에서 국제적인 경쟁력을 갖고 세계시장을 선점하고 있으나, 반도체산업은 그 특성상 비약하는 제품의 발전 및 개발속도에 따라 제품의 라이프 사이클이 단축되고 고부가 가치제품의 다변화 추세로 인한 신규 제품의 개발이 요구되고 있으므로 국제적인 경쟁력이 있는 클린룸 생산기술의 확보는 앞으로 반도체산업의 지속적인 성장의 열쇠가 되고 있다.

반도체산업의 시장규모가 2000년 기준 세계 32억 달러, 국내 3억 달러로 막대한 규모를 보이고 있으며, 2005년까지 성장률도 세계 15%, 국내 20%로 향후 내수 및 수출시장에서 고속 성장세를 보일 것이다. 현재 우리나라의 클린룸 산업은 반도체 산업과

더불어 1987년부터 대표적인 첨단기술산업으로 발전하였으며, 1998년부터는 지식기반 산업으로 선정 우선 육성지원 업종으로 선정 추진하고 있다.

그러나 국내에서는 미국이나 일본과 달리 클린룸 기술 개발에 대해 연구소와 대학, 산업체간의 컨소시엄을 통한 집중적인 연구가 진행되고 있지 못하다. 그러므로 국내 반도체 회사들이 당면하고 있는 실제 문제에 대한 기술개발 수준까지는 총체적으로 나아가지 못하고 개인 기업의 필요에 다른 개별적이고 산발적인 연구개발만이 진행되고 있다. 국내 클린룸 산업과 관련하여 대기업을 비롯하여 전문 중소기업, 대학, 국공립 연구소가 나름대로 활발한 연구를 수행하고 있으나, 기술, 인력 및 자금의 부족으로 기술개발의 한계점에 와 있으므로 차세대 클린룸 기술의 국내 자립화를 위해서는 국내 자원을 최대한 활용한 체계적인 연구가 절실히 요구된다.

향후 우리나라가 차세대 GIGA급 반도체 생산을 주도하기 위해서는 새로운 개념의 초정정 클린룸 시스템을 독자적으로 개발해 나아가야 한다. 이는 더욱더 높아져 가고 있는 선진기술 장벽에 대한 대처방안으로서뿐만 아니라 고부가가치 산업인 토크 베이스의 클린룸 설계기술과 시공기술의 개발로 국제적인 경쟁력을 갖게 되는 길이라고 할 수 있다.