

# 반도체 제조공정에서의 환경제어 기술

김 용 진

## Environmental Control in Semiconductor Manufacturing Process

Yong-Jin Kim



- 김용진 (한국기계연구원 공조기기실)
- 1959년생.
- 에어로졸 입자 운동학을 전공하였으며, 공기청정과 대기오염 방지기에 관심을 가지고 있다.

### 1. 머리말

최근 반도체 산업의 고집적화에 따라 그 집적도는 해마다 급진적으로 증가하여 현재 4M DRAM이 양산되고 있으며, 16M DRAM의 양산도 개시되었다. 게다가 현재 선진국의 반도체 제조회사에서는 64M DRAM의 디바이스(device) 개발과 256M DRAM의 요소기술 개발이 가속화되고 있다.

이러한 ULSI 제조에서 고성능 프로세스(process) 기술이 확립되어야 하며, 그 가운데 하나로서, 초청정 프로세스 분위기를 만드는 환경 시스템 기술이 필요하다.<sup>(1,2)</sup> 표 1에서 보는 바와 같이, 최첨단 반도체 디바이스에 있어서 최소패턴(pattern)의 선폭은 16M DRAM에서  $0.4\mu\text{m}$ 이며, 256M DRAM에서는  $0.2\mu\text{m}$  이하가 되며 이 때에 실리콘 산화막의 두께는 5nm의 단위가 된다. 일반적으로 관리 및 제어대상의 입자의 크기는 최소패턴치수의 약 1/10이라고 알려져 있으며,

표 1에서 보는 바와 같이, 256M DRAM인 경우  $0.02\mu\text{m}$  입경의 입자를 제어하여야 한다. 그리고 이 때의 대응되는 클린룸 환경조건에서의 입자의 개수 농도는 그림 1에서와 같다. 그림에서 나타난 바와 같이 16Mbit에서의 관리입경은  $0.05\mu\text{m}$ 에서 농도는 약 5개/ $\text{ft}^3$ 이며, 4Gbit인 경우  $0.01\mu\text{m}$ 에서 0.4~0.8개/ $\text{ft}^3$ 가 된다.

따라서 이러한 미세가공이 실현되고 반도체 제품의 생산수율과 품질 및 신뢰도를 향상시키기 위하여는 모든 시설물을 대상으로 제조환경의 극한적인 클린화가 수반되어야 한다.<sup>(3,4)</sup> 이러한 생산기반기술인 클린룸(cleanroom) 기술은 종래의 입자(particle)를 주된 대상으로 하여, 입경의 미세화에 대한 입자농도를 저감시키는 연구가 주로 수행되어 왔다. 그러나 현재의 ULSI의 시대에서는 미립자에 부가되어, 클린룸 내로 확산되는 미량의 금속 및 알칼리 이온, 그리고 유기가스 등에 대한 오염제어 연구가 매우 중요시되고 있으며, 온·습도 및 기류, 그리고 정전기 및 진동 등의 환경조건에 대하여 정

표 1 반도체 집적도와 제반인자

DRAM(bit)	1 M	4 M	16M	64~256M
패턴치수 ( $\mu\text{m}$ )	1.0	0.6	0.4	0.25~0.2
관리입경 ( $\mu\text{m}$ )	0.1	0.06	0.04	0.025~0.02
웨이퍼경 (inch)	6	6~8	8	12
산화막두께 (nm)	25	20	15	10~5
리소그라피	* 축소투영노출법 * 다층 레지스터법		* 전자빔(EB) 직접투사법 * X선 노출법	
입자계측기	레이저입자계측기	응축핵계측기		
검출범위	정전입자계측기			

밀하고 엄격한 제어를 필요로 한다.<sup>(5)</sup>

이러한 반도체 제조 공정에서의 극한적인 환경제어 기술을 실현하기 위한 각종 항목과

문제점 및 기술동향에 관하여 기술하고자 한다.

## 2. 환경제어 항목 및 영향

반도체 제조공정에서 환경을 제어하는 궁극적인 목적은 제품의 품질 및 생산수율의 향상에 있으며, 반도체 웨이퍼(wafer) 결함의 최대요인은 그림 2에서 보는 바와 같이 제조공정시의 입자상 불순물의 환경오염에 의한 것으로, 이러한 오염에 의한 제품의 불량률은 집적도가 높아짐에 따라 증가하고 있다는 것을 보여주고 있다. 따라서 앞으로의 반도체 산업의 발달과 함께, 제품의 수율을 크게 좌우하는 오염물질의 제어는, 한층 정

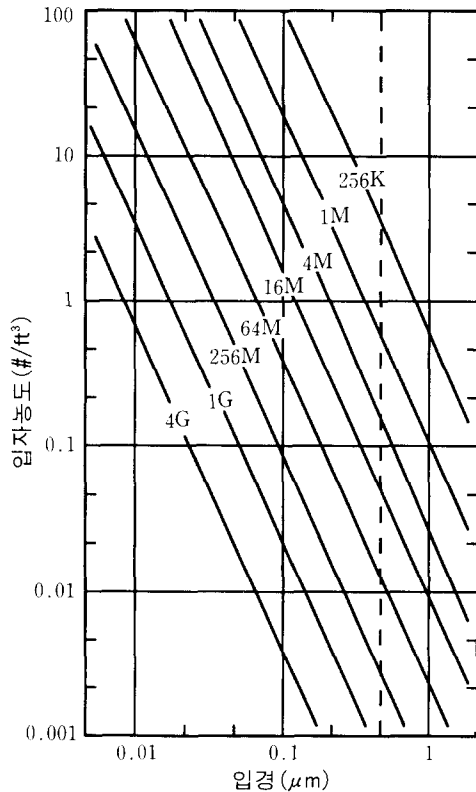


그림 1 관리대상 입경과 누적입자 농도(미연방규격 기준)

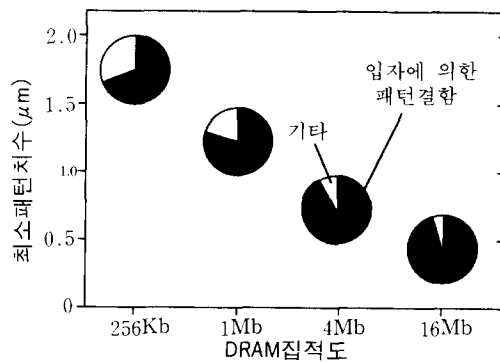


그림 2 입자오염에 의한 웨이퍼 불량

밀하고 엄격하게 제어되어야 할 것으로 사료되는데, 이러한 오염물질은 종래에는 작업자의 인체로부터 주로 기인되었으나, 최근에 무인화 및 자동화 공정에 따라 제조장치 자체로부터 생성되는 오염물질이 주로 문제시되고 있다. 일반적으로 반도체 제조장치에서 발생하는 입자상의 오염물질은 아래 사항에 의해 생성된다.

- 1) 반응프로세스 자체로부터 발생
- 2) 플라즈마 또는 이온빔에 의한 반응실 내면 및 부품 등으로부터 스퍼터 (sputtering)
- 3) 각종 챔버(chamber) 내의 침전물의 재비산
- 4) 진공배기와 벤트(vent)시, 미스트 생성 및 부착입자의 비산
- 5) 웨이퍼 운송 및 흡착기구로부터 발진
- 6) 회전부, 마찰부, 및 기타 구성부품으로

부터 발진

7) 가스, 약품, 순수 석영 및 웨이퍼 자체 등의 재료로부터 비산

8) 세정 및 유지보수시의 발진

그러므로 이러한 오염물질의 최적제어를 위하여는, 공기, 가스 및 공급수 등을 포함하는 그림 3과 같은 클린룸 구성요소 전체에 대한 복합적인 환경제어가 필요하다.

클린룸 환경제어에서 가장 중요한 공기청정 측면에서, 제어대상의 오염물질은 표 2에서와 같이 미립자, 가스, 이온 등으로 크게 구분되는데, 종래의 클린룸 기술, 즉 공기여과 기술은 주로 입자오염에서부터 제품을 보호하는 것으로부터 발전되었다. 따라서 미립자 오염에 관련한 분야에서는 비교적 일찍부터 연구가 시작되고 진척되어 이에 대한 대책에 관한 어느 정도 여러 경험을 축적하고 있다.

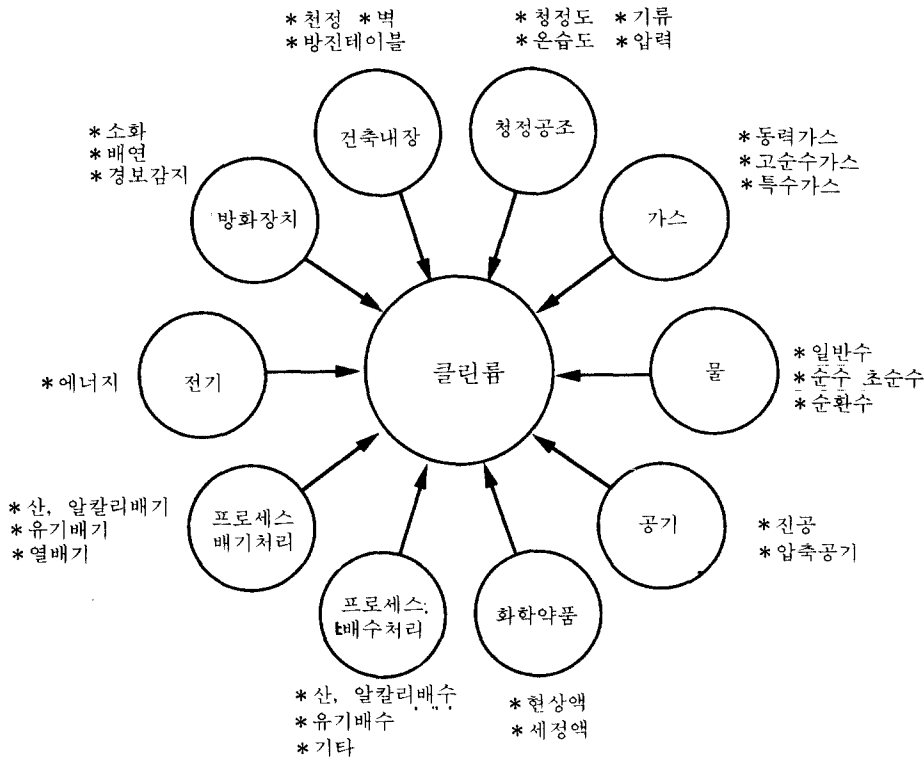


그림 3 클린룸의 구성요소

표 2 오염물질의 분류

오염물질	예	크기
미립자(fine particle)	분진(dust), 미스트(mist)	0.01 $\mu$ m~10 $\mu$ m
가스(gas)	유기가스(organic gas)	0.1nm~1nm
이온(ion)	금속이온(metallic ion)	0.1nm~0.3nm

그런데 최근 반도체 산업과 입자계측 기술의 발달, 특히 소자의 미세화, 고집적화에 따라 미립자는 물론 중금속(Fe, Cu, Ni) 및 알칼리 이온 등의 미량의 불순물들에 대한 오염제어가 요구되는데,<sup>(6)</sup> 이러한 것들은 개개의 반도체 소자의 전하량을 감소시키는 등의 디바이스 특성에 심각한 영향을 미친다. 그 중에서도 특히, Fe, Cu, Ni, Cr, Zn 등의 중금속은 게이트(gate) 산화막의 절연파괴뿐만 아니라, PN 접합부에서의 전류누수의 증가 등의 문제를 가져온다. 따라서 최근의 초미세 소자에 있어서 두드러지게 관찰되고 있는 중금속 오염 또는 플라즈마 손상 등의 문제를 해결하기 위한 앞으로의 클린룸 기술은 미립자, 중금속 및 플라즈마 손상을 총체적으로 포함하는 광범위한 의미에서의 초정정 기술에 대한 연구가 수행되어야 한다.

그리고 고성능의 반도체를 제조하는 데는 약 30여 종 이상의 다종다양한 가스들이 웨

이퍼와의 접촉을 하게 된다.<sup>(7)</sup> 표 3에서 보는 바와 같이 이러한 가스들은, 취급하는데 세심한 주의를 기울여야만 되는 유독성 또는 폭발성의 가스들이다. 그리고 이러한 가스들의 누설은 미량일지라도 반도체 생산과 품질의 저하 및 공장설비의 파손과 손상뿐만 아니라, 분진발진의 원인이 되기도 하고, 그 가운데에서 작업하는 인체에도 치명적인 영향을 미친다. 따라서 이러한 가스들은 연속적으로 매우 정밀한 감지가 요구되는데, 표 3에 가스의 종류에 따른 계측기법들이 나타나 있다. 일반적인 가스오염방지 대책으로 순환공기 계통에 활성탄 필터 또는 화학필터 및 스크루버(scrubber) 등을 설치하여 개선 효과를 높이는 방법이 채택되고 있다.

이상에서 언급된 오염환경 이외에, 온도 및 진동 등을 포함하는 기타 제조환경항목 및 결합요소들을 표 4에 나타내었다.

표 3 반도체 공정에서 사용되는 가스의 분류 및 감지기술

위험성에 의한 분류	가스종류	감도	감지기술
가연성 폭발성	AsH <sub>3</sub> , PH <sub>3</sub> , SiH <sub>4</sub> , B <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , SiH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> , GeH <sub>4</sub> , Sb <sub>6</sub> H <sub>2</sub> , SeH <sub>2</sub> , SiHCl <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> , H <sub>2</sub> S, CO, SiH <sub>4</sub> , Si <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , PH <sub>3</sub> 등	수%~100% VOL ppm	*기체열전도식 *촉매연소식 *반도체식 등 *정전위전해석 +광산란식센서
독성(부식성)	AsH <sub>3</sub> , PH <sub>3</sub> , SiH <sub>4</sub> , B <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , BF <sub>3</sub> , NH <sub>3</sub> , CO, H <sub>2</sub> S, Cl <sub>2</sub> , HCl, BCl <sub>3</sub> , PCl <sub>3</sub> , SiCl <sub>4</sub> , O <sub>3</sub> 등	ppm ppb	*정전위전해석 *화학발광식 *광이온화식 등
질식성	Ar, N <sub>2</sub> , He, CO <sub>2</sub>	0 <sub>2</sub> %	*전지식 *자기식 등

표 4 반도체 제조 장치에서 환경의 영향

환경 항목	영향	제어 항목
온도 변화	열팽창에 의한 기구의 변형 및 위치변화 전기회로소자의 특성변화 열기전력 변화	실온변화 냉각수 온도, 유량변화 배기덕트 압력변화 발열량 변화
진동	기구의 변형에 의한 위치변화 자계 중의 이동에 의한 전압유기	테이블 벽, 천정 소음
전기 잡음	간섭에 의한 전기회로의 변동	전원 및 접지 라인 잡음 전파, 교류자계
기타	전자선의 자계에 의한 편향 습도과대에 의한 절연특성저하 습도과대에 의한 표면반사율 저하	교류자계 습도

### 3. 제조공정별 요구환경 및 제어기술

반도체 제조의 각 공정에 따라 클린룸에서 요구되는 청정도 및 온·습도 조건은 제조되는 반도체 소자의 최소 가공치수에 따라 각각 달라진다. 반도체 제조의 각 공정에 대한 클린룸 환경조건 사이클이 그림 4에 나타나

있다. 그림에서의 초청정 및 고정밀 항온항습을 요구하는 포토(photo)공정은 가장 중요하지만, 일반적으로 클린룸 전체 면적의 약 10% 정도 내외이므로 에너지 절약의 관점에서 클린룸 설계시 각 공정에 따른 환경조건들이 최적화되어야 할 것이다.<sup>(8)</sup>

일반적으로 반도체 공장의 클린룸의 방식은 전면 수직층류형 방식과 베이(bay) 방식

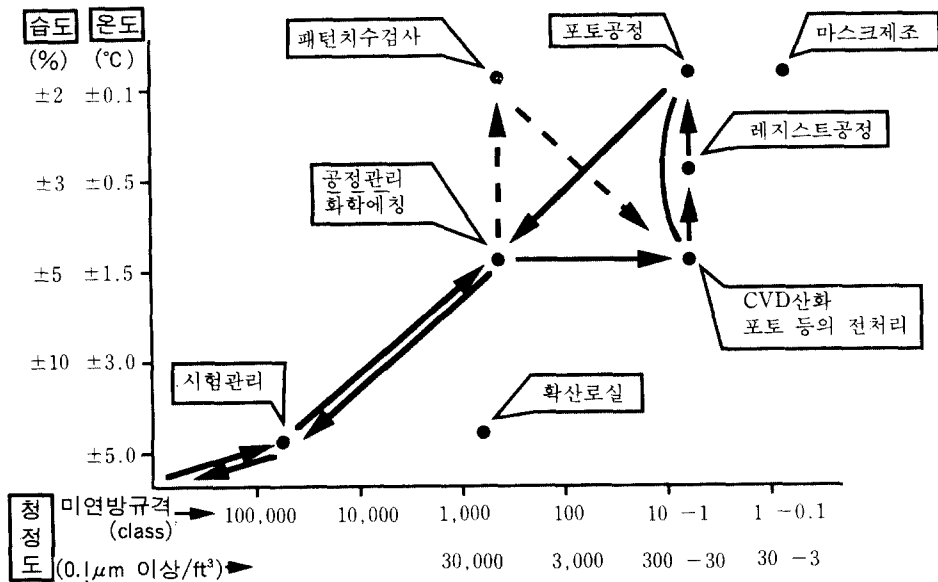


그림 4 반도체 제조 공정별 환경조건

(터널 방식)등 두 가지 방식이 주류이다. 양쪽 방식은 각각 장단점이 있으며, 어느 것이 좋다고는 말할 수 없다. 전면 수직 층류 방식은 구조변경시의 유연성(flexibility)에서 우아하고 베이방식은 중요부를 주변오염으로부터 방지할 수 있는 것과 에너지절약 측면에 있어서 우수하다. 실제에서는 두 방식 모두 하나의 반도체 공장에서 채용, 설치하여 원가절감과 에너지 절약 및 청정도 향상의 효과를 거두고 있다. 예를 들면, 포토리소그라피(photolithography)와 확산 공정에서는 전면 수직 층류 방식을, 습식 에칭 및 기타의 계통에서는 베이 방식을 각각 적용하고 있다. 이 때, 습식 에칭 계통은 화학약품에 의한 부식 방지 대책으로 공기순환계를 기타의 계통과 구별되게 한다.

### 3.1 공정별 환경제어

#### (1) 포토리소그라피 공정

포토리소그라피 공정에서 사용되어지는 스텝퍼(stepper), 어라이너(aligner), 전자빔(EB)등 노광장치 및 이에 따른 부속 웨이퍼 공정 시스템은 교환 빈도가 높고, 작업성과 보수성 등의 관점에서 유연성을 중시하며, 전면 수직층류방식을 적용한다. 이 계통은 실온이  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 로 유지되지 않으면 안되며, 온도의 요동을 방지하기 위하여 전순환풍량을 냉각 코일(coil)을 통과시킨다. 이 때의 냉각수 온도는  $15^{\circ}\text{C}$  전후에서 하는 방법이 제어성에서 양호하다. 청정도도 매우 엄격한 조건으로 작업시  $\geq 0.1\mu\text{m}$  클래스 10 정도가 요구되어 진다. 또한 이 계통전역을  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  정도로 하고 노광장치에서는 전용의  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 의 항온 챔버를 설치, 적용하는 경우가 많다.

#### (2) 확산로 공정

확산로 공정에서의 청정도는 작업시  $\geq 0.1\mu\text{m}$  클래스 10이다. 일반적으로 확산로 부분은 수평층류의 클린 벤치가 로 본체와 조합된다. 확산로, 산화로 등의 전기로 계통

은 로에서 방출되는 복사열이 웨이퍼의 출입 부분에 직접 영향을 주고, 온도를 부분적으로 상승시킬 수 있다. 온도제어는 급기 온도제어가 실제적이다. 확산로의 주변(service)영역은 로 본체에서의 발열량이 크고 청정도는 클래스 1,000 정도로 낮으므로, HEPA 필터를 사용하지 않고 DOP 90% 정도 필터로도 청정도 유지가 가능하다. 그리고 이 계통은 패키지(package)형 공기조화기 등으로 냉각하는 것도 가능하다.

#### (3) 화학처리 공정

습식 에칭에서 대표되는 화학처리 공정은 산에 의한 부식이 문제가 된다. 이 계통을 전면 수직 층류영역 내에 설치하면 부식방지의 대책이 곤란하다. 일반적으로 베이 방식과 독립되는 공기순환 방식을 병행하여 사용한다. 이 방식으로 하면 습식 에칭 프로세스에서 발생하는 산성의 증기(vapor)를 인접 영역에 유출되지 않도록 공기 흐름의 평형을 유지시킬 수 있다. 흡출 풍속은 중앙 작업통로에서  $0.2\sim 0.25\text{m/s}$ , 제조장치의 상부에서  $0.4\sim 0.45\text{m/s}$  정도로 한다. 작업시 청정도는  $\geq 0.1\mu\text{m}$  클래스 10 정도로 하는 것이 적당하다. 그리고 화학 처리공정의 각 베이의 작업 종류에 따라 열부하 특성이 다르므로 필요에 따라 재냉기를 설치하며, 각 베이의 부하특성이 같을 경우에는, 재냉기없이 공조기의 송풍온도제어만으로 온도제어가 가능하다.

#### (4) 웨이퍼 자동운송 공정

웨이퍼의 자동운송은 테이블 위의 주행방식과 천정궤도 방식이 주로 채택되어 있다. 웨이퍼가 운송 케이스(carrier case) 내면에 설치되어 운송되는 경우, 그다지 높은 청정도는 필요하지 않다. 그러나 이 케이스 외면에 먼지가 부착되고 케이스 개폐시에 작업자의 손을 경유하여 웨이퍼가 오염되는 위험성이 있기 때문에 안전을 기하기 위하여 케이스 운송의 경우에도 층류식 라인 부스(booth)를 채택하는 경우가 많다. 일반적으

로, 웨이퍼 자동 운송라인을 클래스 10으로 유지하고, 이 때의 흡출 공기에 의하여 중앙 통로를 클래스 1,000으로 유지하게 한다.

### 3.2 온습도 환경제어

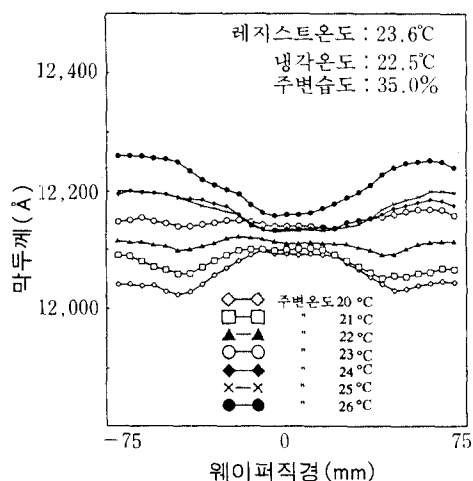
반도체 제조공정에서 온습도 제어는 생산 설비 및 제품에 대하여 안정한 조건을 부여 하는데 매우 필요하며, 특히 포토리소그라피 공정에서 웨이퍼 및 마스크의 열팽창량을 최소한으로 하게 하는 동시에 레지스트액의 밀착성 향상을 위해서도 중요하다. 반도체 클린룸의 각 프로세스에서 요구되는 온습도 조건을 요약하면 표 5에서와 같다. 표 5에서 보는 바와 같이, 포토리소그라피 노광공정에서는 초기 패턴의 미세화 및 치수, 위치 등

에서  $\pm 0.1 \sim 0.5^\circ\text{C}$ 의 높은 정도가 요구되어 진다.

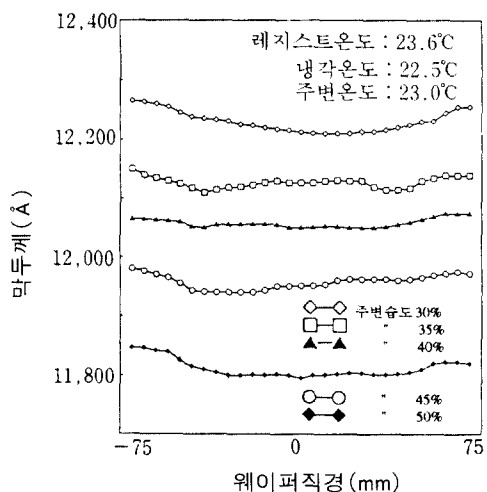
그림 5는 6인치 웨이퍼에 있어서 주위온습도에 대한 레지스트(resist) 막의 두께 변화를 나타내 주고 있다. 레지스터 막 두께의 균일성을 제어하는 것은 매우 중요하며, 그림에서 보는 바와 같이 환경온도  $1^\circ\text{C}$  차이에 대하여 막두께 변화는  $24.9\text{\AA}/^\circ\text{C}$  정도가 되고 있으며, 클린룸 내의 온습도 변화에 따라 상당히 달라지고 있음을 알 수 있다. 실내 열부하는 조명, 팬모터 등은 비교적 안정하더라도 생산 설비로부터 발생하는 열부하는 크게 변동하며, 특히, 노광, 에칭, 확산 및 몰드 프레스 등의 설비에 있어서 온도제어에 대한 충분한 검토가 이루어져야 한다. 이와

표 5 반도체 클린룸의 온습도 조건

실 명	건구온도( $^\circ\text{C}$ )	상대습도(%)
포토리소그라피실	$20 \sim 24 \pm 0.1 \sim 0.5$	$35 \sim 45 \pm 2 \sim 5$
웨이퍼프로세스실	$20 \sim 24 \pm 1 \sim 2$	$35 \sim 45 \pm 2 \sim 5$
로 실	30 이하	55 이하
탈 의 실	$20 \sim 25 \pm 3$	30~55



(a) 주변온도에 따른 막두께 변화



(b) 주변습도에 따른 막두께 변화

그림 5 온습도 환경에 따른 레지스트 막두께 변화

같이 한정된 영역의 항온 요구에 대하여는 항온 클린부스(thermal clean booth)를 클린턴널부에 조합해서 적용하고 있다. 그리고 작업실의 최고 온도값은 25°C 미만이며, 25°C 이상이 될 경우, 클린룸에서 작업하는 사람의 인체에서 땀 등이 발생하게 된다. 반도체 공장에서는 땀에 포함된 나트륨이 심각한 문제가 되기 때문에 실내온도가 20~24°C 가 선정되어지고 온도 변동폭은  $\pm 1\sim 2^\circ\text{C}$  가 요구되어 진다.

그리고 습도제어는 장치의 부식방지, 작업면에서의 수분응축방지, 정전기방지 및 작업자의 쾌감 등의 면에서 필요하다. 웨이퍼를 정밀가공한 표면에서의 부식은 상대습도가 50%를 초과할 때 발생되며, 웨이퍼 표면에 부착된 분진이 습도가 높으면 공기 중의  $\text{H}_2\text{O}$  분자와 응축되어 웨이퍼 표면에 화학적으로 흡착되기도 한다. 그러나 이와 반대로 습도가 30% 이하가 되면 분진은 정전기력에 의해서 기관에 부착되기 쉽다. 그리고 미세 패턴을 형성하기 위하여 웨이퍼와 레지스트액과의 밀착성을 향상시키기 위해서도 습도제어가 필요하며, 이 같은 관점에서 고려할 때 반도체 클린룸에 있어서 최적상대습도는 25~45%의 범위가 되며 이와 같은 습도제어를 위해서는  $\pm 2^\circ\text{C}$  이내에서 온도가 제어되어야 한다.

### 3.3 웨이퍼 표면오염 제어

클린룸 내의 미립자의 발생원은, 클린룸 내의 무인화, 자동화의 진전에 따라 클린룸 자체 및 인체로부터 제조장치 자체로 변화되고 있다. 한 예로, 반도체 제조장치는 감압하에서 작동하는 것이 많으므로 급격한 압력저하 및 단열팽창에 의하여 생성되는 미스트<sup>(9)</sup> 또는 입자화 반응 부산물이 챔버 내벽에 부착한다. 그 후 대기압에 노출시 난류의 발생과 게이트(gate) 개방시 용기 내외의 압력의 불평형 등으로부터 입자가 확산되고 장치 내의 웨이퍼뿐만 아니라 장치 인접부의

운송중인 웨이퍼에까지 오염입자의 위험에 노출될 가능성이 있다.

입자의 웨이퍼로의 부착(침착)은, 제품에 직접적 또는 간접적으로 결함을 발생시키므로 그 메카니즘을 해명하기 위하여 많은 연구가 진행되고 있으며, 이 결과 웨이퍼의 대전에 의하여 생성된 정전기력(주로 콜롱력)이 서브미크론 이하의 입자 부착에 특히 많이 기인한다고 알려져 있다.<sup>(10,11)</sup>

최근, 입자부착을 억제하는 방법 중의 하나로, 부착에 기여도가 큰 정전기를 제거하기 위하여 이온나이저를 사용하거나 주위에 도전성 물질을 이용하여 접지를 함으로써 웨이퍼의 대전 전위를 저하시키는 대책 등이 강구되고 있다. 이 밖에도 웨이퍼를 가열하여 주위의 온도보다 높게 하여 “열영동(thermophoresis)” 힘에 의해서 오염입자의 벽면전달을 방지시키는 방법<sup>(12)</sup> 또는 레이저를 조사하여 “광영동(photophoresis)” 현상을 이용하는 방법들이 고안되고 있다.

### 3.4 기타 환경 제어

청정도와 온습도 및 표현오염 이외에, 작업대 또는 장비의 진동, 정전기 및 전자파 등의 환경제어 문제도 반도체 산업의 발달과 함께 최근 매우 중요하게 대두되고 있는데, 먼저 진동제어에 있어서, 초 LSI 제조 포토리소그래피 공정에 있어서의 노광장치의 테이블면 진동에 대한 요구조건은 5~50Hz의 진동에 대하여 진폭  $1\sim 0.5\mu\text{m}$  가속도  $1\sim 0.2\text{gal}$  정도라고 보고되고 있다. 일반적으로 진동의 요인은 지반 진동과 공기기 등의 건축설비 및 기기진동, 그리고 작업자 또는 물체의 움직임에 의한 진동 등이 있는데, 방진장치의 설계에서 구동체 자체의 진동임피던스를 고려하는 것이 필요하며 또한 기기의 회전수는 구동체 고유진동수를 피하여 선정할 필요가 있다. 아울러, 클린룸 내에 설치된 반도체제조 장치에 부속되는 개별진공배기용 로터리펌프, 저온펌프, 클린벤취 및



클린부스 등도 진동 발생원의 하나이므로 개별 방진 장치를 설치하여야 한다.

그리고 반도체 제조에서 코팅 등의 공정에서 웨이퍼는 쉽게 수천 볼트 정도까지 대전될 수 있는데, 디바이스의 집적도가 낮은 종래에는 정전기에 의한 디바이스의 파괴 및 성능저하는 그다지 문제시되지 않았지만, 집적도가 높아짐에 따라 제어대상의 입자경이 작아지고 정전기에 의한 웨이퍼의 미립자 오염이 증가되고, 산화막의 두께의 감소 때문에 소자의 정전파괴 등의 많은 생산장애를 유발시키는 원인이 되고 있으며,<sup>(13)</sup> 차세대 ULSI 제조에 있어서 매우 심각한 문제가 될 것으로 예상된다. 정전기에 대한 대책으로 대상물을 도전화하여 접지에 의한 정전 하의 제거법과 공기이온에 의하여 대전체 위의 정전하를 중화시키는 방법 등이 있는데, 웨이퍼를 접지가능한 금속으로 처리할 경우 금속 오염을 유발시킬 위험성이 있으므로 공기 이온화에 의한 비접촉 제전방법이 널리 사용되어 지고 있다. 즉, 코로나 방전을 이용하는 정전 이온나이저(ionizer) 시스템인데, 최근의 수퍼 클린룸에서 이온나이저 전극자체의 마모 또는 주변 공기중의 불순물과 전극의 상호작용 등에 의한 미세분진의 발생에 의한 클린룸의 오염 및 코로나 방전시 오존발생 등의 이온나이저 시스템의 문제가 심각하게 대두되고 있다.<sup>(14)</sup> 최근, 이에 대한 해결방안에 관한 연구가 일본을 비롯한 선진국에서 많이 연구되고 있는데, 전기집진기를 사용하여 이온나이저 전극주위에서 생성되는 불순물을 제거한 후 청정공기를 전극 주위에 집중적으로 공급하여 입자화 반응을 줄이고, 활성탄 필터를 사용하여 오존량을 제어하는 매우 효과적인 새로운 방식의 이온나이저 시스템이 개발되고 있다.<sup>(15)</sup>

이 밖에도, 전자현미경 또는 전자빔 주사 장치 등의 전자선을 이용하는 기기에서는, 자계에 의하여 전자선이 편향되어 정밀도를 저하시키는 원인이 되므로,<sup>(16)</sup> 알루미늄 또는

순철 등의 강자성체로 보호시켜야 한다.

#### 4. 맺음말

이상에서 언급한 바와 같이 반도체 산업은 집적화와 제품의 원가절감 및 생산수율 향상에 상반되는 초정정 제어 기술의 한계에도 도전하고 있으며, 앞으로 이에 대한 기술축적이 없으면 반도체 산업의 발전은 이루어질 수가 없을 만큼 중요한 것이라고 사료된다. 초고집적회로의 본격적인 양산시대를 맞이하여, 오염제어 기술에서도 종래의 입자오염 이외에, 유기물, 금속 및 가스상 오염물에 대한 복합적인 새로운 계측, 제어 기술이 개발되어져야 할 것이다.

그리고 공기청정화 환경기술뿐만 아니라, 온·습도, 기류, 정전기 및 진동제어 관한 극한기술도 예외가 될 수 없으며 큰 비중을 차지하게 될 것이다. 공조환경 제어기술에서 에너지 절감 및 운전비 절감에로의 연구와 함께 온·습도 제어 정도에서도 보다 응답성 빠르고, 정밀도 높은 시스템 개발에 대한 연구가 병행되어야 할 것이다.

#### 참고문헌

- (1) Osborn, C. M., et al., 1988, "The Effect of Contamination on Semiconductor Manufacturing Yield," J. of Environmental Science, Vol. 31, No. 2, pp. 45~47.
- (2) Hattori, T. and Koyata, S., 1991, "Applications of an Automated Particle Detection and Identification System in ULSI Wafer Processing," Solid State Technology, Vol. 34, No. 9, pp. S1~S6.
- (3) Ohmi, T., 1988, "Ultraclean Technology: ULSI Processing's Crucial Factor," Microcontamination, Vol. 6, No. 10, pp. 49~58.
- (4) 大見忠弘, 紫田直, 1991, "半導體産業と"

- ウルトラクリーンテクノロジー,” 空気清浄, 第29巻, 第3號, pp. 1~9.
- (5) 佐藤哲雄, 1985, “半導體プロセスにおける温湿度制御計画,” 空気調和と冷凍, 第25巻, 第1號, pp. 113~119.
- (6) Ferguson, L. A., 1986, “Analysis of Organic Impurities on Silicon Wafer Surfaces,” Microcontamination, Vol. 4, No. 4, pp. 33~37.
- (7) 近藤重雄, 1991, “半導體製造と化學物質,” 化學と工業, 第44巻, p. 384.
- (8) Pascal, D. C., 1991, “Evaluating the Impact of SIMF Isolation Technology in ASIC Production,” Microcontamination, Vol. 5, pp. 39~41.
- (9) Zhao, J., et al., 1990, “The Formation of Water Aerosols During Pump-Down of Vacuum Process Tools,” Solid State Technology, Vol. 33, pp. 85~89.
- (10) Turner, J. R., et al., 1989, “Clean Room Applications of Particle Deposition from Stagnation Flow: Electrostatic Effects,” J. Aerosol Sci., Vol. 20, pp. 403~417.
- (11) Donovan, R. P., et al., 1988, “Experimental Study of Particle Deposition on Silicon Wafers under the Combined Effects of Electric Field and Thermal Gradients,” 9th ICCCS Proceedings, pp. 37~42.
- (12) Startmann, F., et al., 1988, “Suppression of Particle Deposition to Surfaces by Thermophoretic Force,” Aerosol Science and Technology, Vol. 9, pp. 115~121.
- (13) Steinman, A. J., 1992, “Evaluating Air Ionization Systems,” The 11th ICCCS Proceeding, London, UK, pp. 229~235.
- (14) 鈴木ほか, 1988, “スーハクリーンルームにおける空気イオン化システムからの發塵特性について,” 第7回 空気清浄とコンタミネーションコントロール 研究會 豫稿集, pp. 225~233.
- (15) Yamaji, Y., 1992, “Air Ionization System for Ultraclean Enviroment,” The 11th ICCCS Proceeding, London, UK, pp. 299~302.
- (16) 稻葉ほか, 1990, “クリーンルームにおける電磁防害,” 第9回 空気清浄とコンタミネーションコントロール 研究會 豫稿集, pp. 57~62. ■