

초청정 클린룸(Cleanroom)에서의 새로운 오염 제어 기술

황 정 성 | 삼성전자메모리사업부 기술센터
생산기술팀 오염제어기술그룹 C/R기술파트장
E-Mail : jungsung.hwang@samsung.com

1. 서 론

반도체 양산에서 생산 효율 극대화와 대량 생산을 위한 웨이퍼의 300 mm화는 반도체 업체들로서는 또 다른 도전으로 새로운 전기를 맞이하고 있다. 현재 많은 반도체 생산 업체들이 200 mm에서 300 mm wafer로 양산 체제를 전환하는 상황에서 클린룸(cleanroom)에 대한 EFEM(Equipment Front End Module, [SEMI E101-0600])으로의 개념 변화와 대처 그리고 오염 제어 시스템의 구축 결과가 생산성 향상에 핵심적인 요인으로 예상 되고 있다. 반면, 아직 300mm 웨이퍼를 대량 양산 체제로 완전히 전환한 업체가 없기 때문에 제품의 양산 과정상 나타날지도 모르는 불량에 대한 해답 또는 표준화된 제조 관리 방식(Standard Operation Procedure)이 현재로서는 제시되어 있지 않고 있기 때문에 이러한 면에서 새로운 오염 물에 대한 제어 기술의 확보와 Infrastructure의 구축이 시급히 요구되어 지고 있다.

일반적으로, 반도체 양산 라인에서의 환경 오염은 클린룸 내 NH₃와 같은 각종 케미칼(chemical) 사용에 의한 내부 발생원과 외기(outside air)에 기인하는 오염으로 나눌 수 있는데, SO_x, NO_x 또는 O₃과 같은 외기 오염은 그 동안 계절성 불량 또는 자연 산화막(native oxide)과 같은 이상 성장의 원인으로 작용하여 ASS(air scrubbing system) 및

케미칼 필터(chemical filter)로 제어하여 왔다.[1] 그러나, 향후 나노급으로의 반도체 디바이스 미세화에 수반하여 클린룸 환경 중에 분포하는 AMC (airborne molecular contaminants)에 의한 수율 영향성이 보다 직접적으로 연계 될 것으로 예상되기 때문에, 고집적화에 따라 내적, 외기 기인성 분자성 오염의 제어를 위한 새로운 오염물에 대한 시스템적 대응이 향후 보다 중요한 과제의 하나로 생각된다.[2] 이에 따라서 본 논문에서는 향후 예상되는 초청정 클린룸에 대한 AMC 오염의 종류, 오염 제어 수준 그리고 어떻게 오염 제어 방법을 시스템화 해야 하는지에 대해 알아 보고자 한다.

2. 본 론

2.1 AMC(Airborne Molecular Contaminants)의 정의 및 분류

Airborne Molecular Contamination(AMC)는 SEMATECH의 기준에 따라서 acids, bases, condensibles 및 dopants로 구분된다.(SEMI standard F21-95) SEMATECH 기준의 구분은 표 1과 같다.[2]

2.2 AMC 오염 제어의 필요성

초기 반도체 및 관련 산업에서는 주로 클린룸 내부의 입자(particle) 관리를 중심으로 하여 특정 공정

표 1. SEMATEC에 정의한 AMC 분류 기준

MA (Molecular Acids)	A corrosive material whose chemical reaction characteristics is that of an electron acceptor 부식성을 가진 물질로 화학반응 특성이 전자(electron)를 받음.(산화성)
MB (Molecular Bases)	A corrosive material whose chemical reaction characteristics is that of an electron donor 부식성을 가진 물질로 화학반응 특성이 전자(electron)을 줌.(환원성)
MC (Molecular Condensables)	A chemical substance, typically having a boiling point above room temperature(>150°C) at atmosphere pressure, capable of condensation on a clean surface (excluding water) 전형적으로 끓는 점이 상압(대기압)하에 150°C 이상이며, 깨끗한 표면(물 제외)에 응축 가능한 물질
MD (Molecular Dopants)	A chemical element that modifies the electrical properties of a semiconductive material 반도체 물질의 전기적인 특성을 바꿀 수 있는 화학 물질

의 저해 인자로서 분자성 오염이 부각되어 이에 대한 제어와 최적화가 이루어져 왔다. 그러나, 디바이스 제조업체간 경쟁이 치열해 되면서 수년간 디바이스(device)의 Design Rule의 미세화(shrink)와 신규 공정 및 막질(materials)의 도입에 따라 생산 공정에서 종래의 입자 오염과 더불어 분자상 오염(AMC)이 공정 불량률의 주요 원인으로 부각되었으며 대부분 특성 및 신뢰성 불량(Non Visual Defects)이 나타나기 시작하여 이들 오염의 제어가 점차 심각하게 요구 되어지고 각 오염원에 대한 관리 기준을 설정하며 오염종류에 맞는 제어 시스템과 방법을 선택적으로 활용해야 한다.

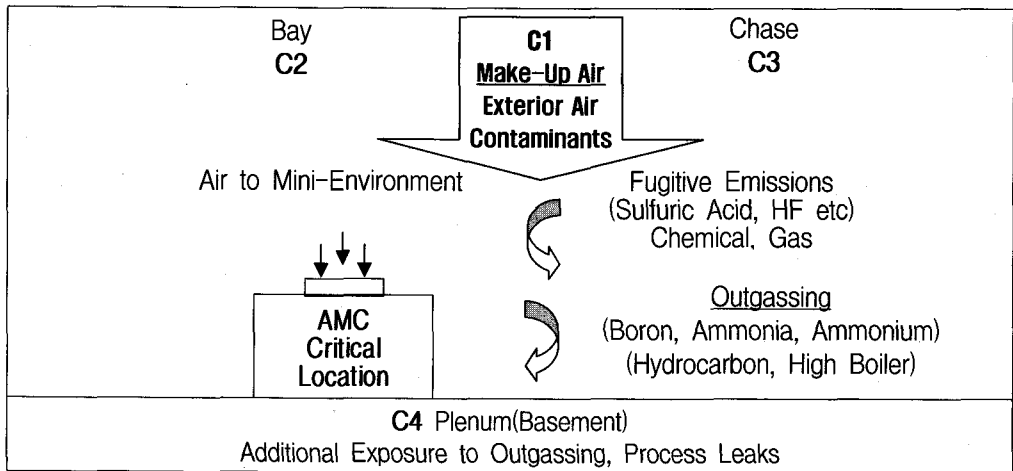
2.3 클린룸 오염 제어 및 관리 방안

AMC오염에 대한 완벽한 제어를 위해서는 오염의 발생과 전이 과정을 정확히 파악해서 해당 오염별 최적의 제어 시스템을 구성해야 한다. 따라서 최적의 제어 시스템을 설정하기 위하여 오염원별 주

요 인자(factor)와 원인 및 오염수준을 적절한 분석기를 활용하여 정확히 진단하여야 한다.

이를 위해서 먼저 오염의 발생원이 규명되어야 한다. 즉, FAB에 존재하는 오염이 외부 또는 프로세스 진행 중 발생하는 지 혹은 작업자 자체에서 발생하는지 명확히 알고 있어야 한다.(그림 1) 둘째로, 오염 평가 및 분석 기술이 있어야 한다. 즉, 고집적 디바이스나 대구경화 웨이퍼에 따라서 실시간 오염 모니터링과 생산 설비 및 프로세스의 평가는 기술적인 문제가 있지만 오염 평가나 분석 능력은 반드시 확보되어야 근본적인 문제가 해결될 수 있다. 그리고, 측정된 오염과 디바이스의 상관성이 파악되어야 한다. 이는 오염의 제어 및 관리 기준을 수립하는데 근간이 된다.

그리고 마지막으로 오염 종류 및 발생원, 관련 공정 특성에 따라 제어 시스템을 갖춰야 한다. 제어가 필요한 프로세스를 정확히 파악하여 효과적이고 효율적으로 오염을 관리(control) 할 수 있는 시스템



Idc 제공, 2000

그림 1. 클린룸내 오염원의 분류

을 구축하여야 한다.

일반적으로 오염에 대한 근본적인 문제는 그림과 같이 서비스 지역이나 facility 혹은 plenum 지역에서 시작된다고 생각된다.

2.3.1 클린룸 오염의 발생원 및 구성

클린룸의 오염은 외기 및 클린룸 내부를 순환하는 공기와 공정 및 생산에 사용되는 각종 가스와 케미칼 기인, 작업자 그리고 클린룸 내장재에 기인하

는 것으로 구분할 수 있다.

그림 1에서 클린룸의 환경 오염을 발생원에 따라 C1, C2, C3, C4로 구분하였다. 즉 C1의 경우 외기에서 유입되는 물질로 분류하고 C2는 Bay내 존재하는 작업자, 설비 등의 자체에서 발생하는 오염, C3는 통상 서비스지역으로서 각종 생산에 필요한 설비 예방정비를 위해 필요한 지역으로 많은 오염원으로 작용되고 있다. 마지막으로 C4는 생산에 공급되는 각종 유틸리티, 부대설비가 자리잡고 있어

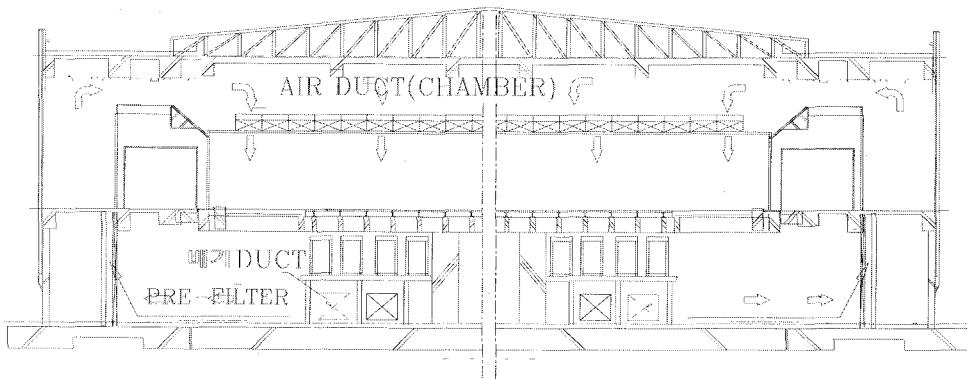


그림 2. 일반적인 클린룸 구조 및 오염원

가스나 케미칼의 오염원으로 이곳을 분리하는 것이 향후 클린룸의 분자성 오염물을 제어 및 관리하는데 성패가 좌우될 것으로 판단된다. 위에서 분류한 이 네곳의 지역을 어떻게 효율적이고 효과적으로 제어할것인가와 어느정도까지 관리해야 할것인가가 항상 오염을 제어하고 연구하는 엔지니어들이 해결해야 할 과제이다.

2.3.2 AMC의 종류 및 불량

현재까지 반도체 공정을 저해하는 것으로 알려진 AMC는 Photo 공정의 T-top 불량을 유발시키는 암모니아(NH₃), thin oxide등에서 자연 산화막을

일으키는 오존(O₃), 그리고 각종 설비 최적화 상태에 악영향을 주는 SOx, NOx 등이 있다.[3] 이와 같은 공정에 연관된 불량을 발생시키는 오염원은 클린룸 내로 공급되는 외기, 공정 케미칼 과 가스 그리고 클린룸 내장재, 작업자 등으로 표 2와 같이 많은 오염물질이 공정 영향성으로 작용된다는 사례를 보여준다.

또한, 디바이스의 집적화가 가속됨에 따라 막질의 두께는 점차 얇아지고 있기 때문에 AMC가 non-visual defect로 작용하는데 있어서 Humidity의 영향성이 매우 중요한 정보를 제공하고 있다. 즉 표 3에서 정리한 내용과 같이 공정 진행 전 그리고

표 2. SEMTECH 분류에 따른 오염원 및 공정 영향성[2]

MA	Hydrofluoric acid, Sulfuric acid, Hydrochloric acid, Nitric acid, Phosphoric acid, Hydrobromic acid
	- Corrosion : Wafers, substrates, Equipments, Instruments - Contact corrosion
MB	Ammonia, Ammonium Hydroxide, TMAH, Dimethylamine, Trimethylamine, Triethylamine, NMP, HMDS, Cyclohexylamine, Diethylaminoethanol
	- T-topping(at DUV Lithography at Chemically Amplified Photo resist from HMDS, SC1) - Silicon may become partially nitrided - Salt formation - Haze on wafer surface - Aluminum or copper corrosion
MC	Silicone(b.p≥150°C), Hydrocarbon(b.p≥150°C)
	- Phthalates affect Gate-oxide reliability - Silicones form particles - Incomplete wet cleaning & etching - Not open contact - Can fog Optics
MD	Boron(boronic acid or BF ₃) Phosphate(organophosphate), Arsenic(arsenate)
	- Doping problems

※ Chlorine, Ozone, Hydrogen Sulfide, Sodium, Potassium, Molecular Metals 등은 SEMATECH 보고서[2]에 언급되어 있지 않으나 공정 영향성이 알려져 있는 오염원임.

표 3. 공정별 AMC 및 수분의 불량발생 영향성¹

Process Step		Failure	Contaminants ²				
			A	B	C	D	H
SiN deposition	CVD	Haze, Low thickness uniformity			●		●
Pattern	Photo	T-topping(DUV)		●			
Gate Oxidation	Diff	Low breakdown Field/Oxidation rate			●		●
Poly Si deposition	CVD	Unusual growth			●		●
Metal RIE	Etch	Corrosion	●				●
BPSG	CVD	Moisture Absorption Vth shift				●	●
CMP	Etch	Contact resistance increase					●

참조 1. 자료 출처 : Toshiba Corp. Semiconductor, 2001 IEEE

2. A: acid B: base C: condensable D: dopant H: humidity

공정 후 막질에 따라 moisture의 관리 및 제어가 디바이스의 신뢰성과 불량 제어에 중요한 인자로 부각 될 것으로 예상된다.

2.3.4 일반적인(Conventional) 클린룸에서 오염제어 방법

클린룸은 공기 순환방식(air-circulation)에 따라 오염 제어 방식에 차이가 있다. 일반적으로는 대부분 오염을 제어하고자 하는 지점에 개별 케미칼 필터(chemical filter)를 설치하여 왔으며 오염물에 따라 제거하는 필터의 미디어(media) 또는 레진(resin)을 적용하여 현재까지 다소 비용면에서 부담감이 있지만 신속한 효과를 보여줄 수 있어 비교적 일반적인 제어 방법으로 적용하여 왔다. 그림 3은 일반적인 클린룸에서의 오염제어 방식의 예를 보여주는데 클린룸 구조에서는 순환기(circulation)와 ULPA상단과 FFU에 설치하거나 설비상으로 설비 상단이나 유틸리티 공급장치에 케미칼 필터를 적용하는 사례가 가장 범용적인 예이다.

2.4 300 mm 양산 FAB에서의 오염 제어 시스템과 요구수준

2.4.1 300 mm EFEM(Equipment Front End Module)

전세계적으로 300mm 양산 FAB에서는 200mm에서와 같은 클린룸 전체를 class 1으로 엄격히 관리하지 않으며 그에 따른 infrastructure가 구축되어 일반적으로 class 100~1000 수준으로 계획되고 있다. 그리고 그림 4와 같이 웨이퍼 이송부(wafer handling zone)인 EFEM이라는 부분을 class 1이하로 관리하여 200mm에서와 같은 생산 조건을 확보하고 있으며 국소적인 오염제어가 더욱 엄격하게 요구되고 있다.

300 mm FAB및 EFEM에서의 오염 제어 방법은 다양하게 적용될 수 있지만 일반적으로 FFU(fan filter unit)에 해당 오염 제어용 케미칼 필터등을 설치하여 쉽게 제어 할 수 있지만 비용적인 측면

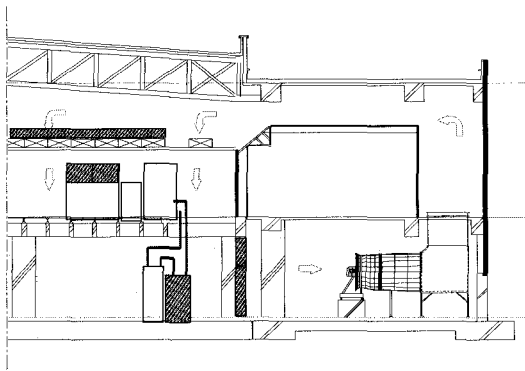


그림 3. 일반적인 클린룸에서 오염제어 방식의 예

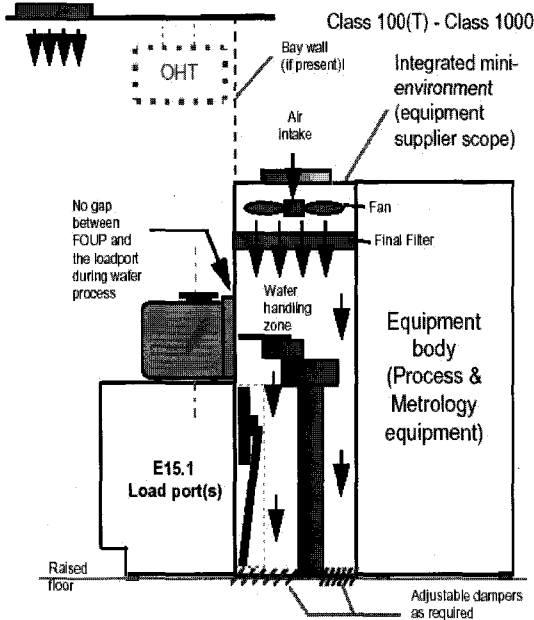
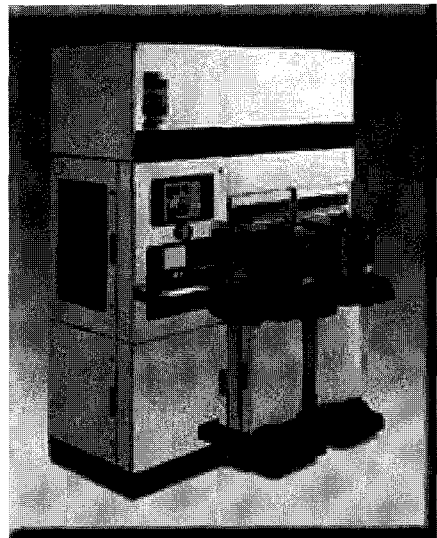
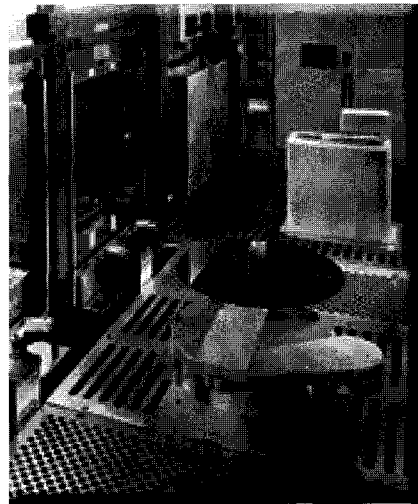


그림 4. 300mm 클린룸 형태와 EFEM 구조



(a) EFEM



(b) EFEM내부

그림 5. EFEM 및 내부 모습

과 관리에서 문제점을 내포하고 있다. 또한 EFEM내부에서의 moisture 관리는 시스템적으로 필터 또는 nitrogen 등 장치의 거대화가 필요한 단점과 환경 안전상 고려해야 할 사항이 많이 있다.(그림 5)

또한 정전기 및 자재에서의 outgassing 오염이

향후 해결해야 할 부분이며 동시에 환경 및 AMC 모니터링을 위한 시스템 설치 등에 따라 장치가 복잡, 다양화가 향후 예상되는 문제로 많은 연구가 요구되는 부분이라 할 수 있다.[4]

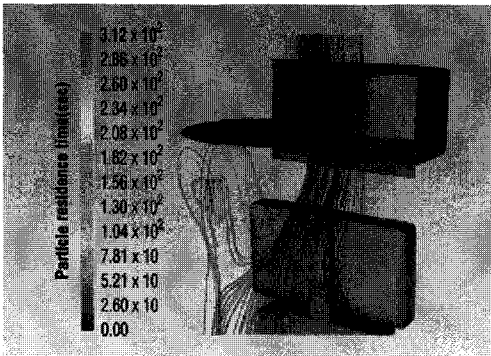


그림 6. EFEM에서 입자 이동 경로와 Air Stream (PMS, 2000)

2.4.2 EFEM내의 오염과 시스템

EFEM내에서는 웨이퍼의 이동(loading/unloading)에 따른 입자(particle) 발생에 따른 웨이퍼 불량량의 영향성이 예상된다. 즉, 그림 6에서 볼 수 있듯이 웨이퍼 자체에 잔존하는 입자나 FOUN door의 개폐(open/close)로 인한 입자 전이가 나타나는데 이 결과로부터 EFEM내의 기류(air stream)와 차압(differential pressure)의 최적화 그리고 각종 재질의 마모 여부가 입자 제어에 매우 중요한 요소임을 예상할 수 있다.

EFEM 전체 구조를 클린룸으로 생각하는 개념

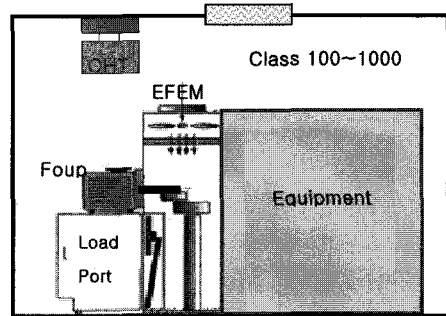
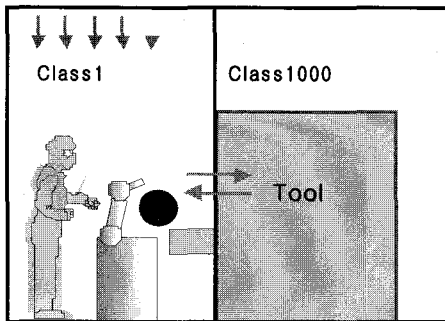


그림 7. 200/300mm 양산 Cleanroom 변화

정립과 오염 관리방법이 구축되어야 하는데 양산 체제로 전환하면서 많은 문제점이 야기될 것으로 예상된다.

2.4.3 200 mm 대비 300 mm 양산 FAB에서의 오염 문제점

300mm 생산 설비에 사용되는 EFEM(equipment front end module) 및 웨이퍼(wafer) 보관과 이동에 사용되는 FOUN(front opening unified pod)는 위에서 살펴 보았듯이 200mm 설비의 이송부(loading)나 웨이퍼 카세트 (cassette)와 달리 대부분 밀폐 구조를 가지고 있기 때문에 내부오염 및 웨이퍼상 전이오염에 대해 취약한 구조를 가지고 있다.

그림 7과 같이 300mm 생산설비에서 로드 포트(loadport)를 통해 웨이퍼를 공정이 이루어지는 챔버(chamber)로 이동하려면 반드시 EFEM을 통과해야 하고 이곳은 200mm의 클린룸과 같은 개념이나 시스템의 최적에 비해 오염이 쉽게 확산되어 웨이퍼에 오염의 영향성은 확률적으로 높아 졌으며 또한 200mm 카세트 경우 자연적인 증발(off-gassing or evaporation)과 같은 오염 이동이 가능했지만 밀폐(sealing)구조에서는 전공정(pre-process)에서 잔존하는 오염이 후공정(post-process)

에 전이되는 문제점을 가지고 있다. 또한 FOUP은 형태적으로 복잡한 내부구조를 갖고 있으며 세정(cleaning) 또한 효과적이지 못해 오염에 대해서는 취약한 문제점을 내포하고 있어 이 또한 오염제어를 연구하는 면에서 반드시 해결해야 할 숙제들이다.

위에서 살펴 보았듯이 300 mm 양산에 있어서 EFEM 전체 구조를 클린룸으로 생각하는 개념 정립과 오염 관리방법이 구축되어야 하는데 현재 수준에서는 양산 체제로 전환하면서 많은 문제점이 야기될 것으로 예상된다.

2.5 오염제어 방법과 시스템 기술

2.5.1 클린룸

300 mm Fab에서는 공간 입자 개념에서 기본적으로 FOUP을 적용하게 되면 자체적으로 격리(Isolation)가 확보되어 FOUP 이동 동선에 고정 정도의 기본 환경이 요구되는 않을 것으로 예상되기 때문에 클린룸은 Class 100, 1000 그리고 생산

장비 내부는 Mini Environment를 적용하여 Class 1, 0.1이 일반적으로 300mm 생산 라인의 Basic Concept이다.

그러나 양산성 확보 차원에서 고려하면 고정정 클린룸이 제품(product)의 안정성에는 장점이 있으나 비용적 측면에서 막대한 투자가 요구된다. 또한, FOUP 기밀도 및 isolation 결과도 PWP(particle wafer per path) 측면에서 보면 안정성이 확보되었고 단지 공정간(process to process) 역오염(cross contamination)과 신뢰성 검증(process reliability)는 반드시 해야 할 필요성이 있다. 아울러 AMC 측면에서 국소지역과 전체개념의 제어 방법을 선택할 것이냐도 중요한 관건이다. 대규모 투자로 인해 효율성이 요구되지만 사안에 따라 공정 및 비용을 고려하여 결정해야 한다.

300 mm FAB 및 EFEM에 대한 오염 제어 방법 으로서는 그림 8과 같이 웨이퍼 이동, 서비스 지역, 작업자 이동 구역을 분리하여 공기 주입률 하고 외기를 직접 정제(C1)하여 프로세스 지역(C2)을 공급하며 순환공기는 서비스나 작업자 이동지역으로

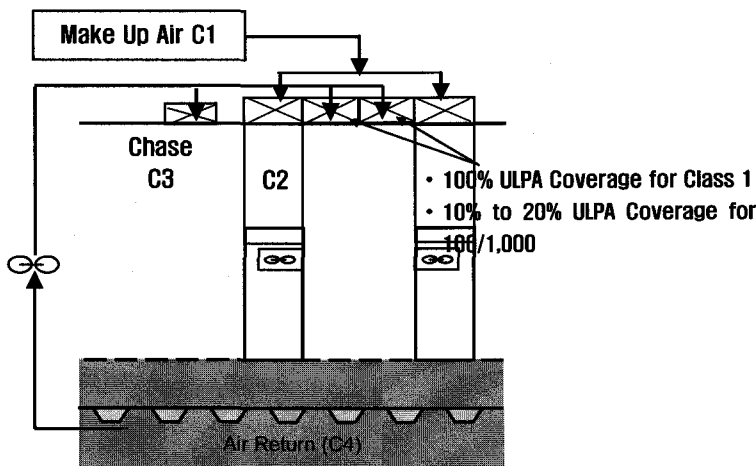


그림 8. Mini Environment 구조 및 오염제어 방법

공급하는 방식이 오염제어에 비교적 효과적이거나 관리 비용을 면밀히 검토해야 한다.

한편, 200 mm FAB개념에서의 일반적인 오염 제어 방법은 앞에서 밝힌 바 있는데 현재까지는 케미칼 필터를 이용한 방법이 가장 범용적으로 OAHU, 순환기, 설비 등에 적용하고 있지만 정기적인 교체가 필요한 단점이 있다. 이에 따라서 최근 들어 비용 절감을 위해 ASS(Air Scrubbing System)도 적극 검토되고 있으며 연구 개발이 활발히 이루어지고 있다.

동시에 클린룸에서 오염을 제어 하는 방법으로 배출원(source)를 찾아 해결하는 것이 가장 중요한 과제로 이 가운데서 설비 자체의 공정 중에서 배출되는 문제가 가장 심하고 특히 배기(exhaust), 스크러버(scrubber), 밸브(valve)와 설비 PM (preventive maintenance)시 오염 배출량이 가장 많기 때문에 향후 이 관점에서의 표준적인 제어 방안의 구축이 필요할 것으로 예상된다.

2.5.2 ME(Mini Environment) 제어

300 mm FAB에서 EFEM오염원이 설비 내부에

발생할 경우, Mini-environment 내부에서 오염의 집중화 현상이 발생할 수 있다. 이에 대한 대책으로서 클린룸과 마찬가지로 케미칼 필터를 가장 많이 사용하며 내부 오염 발생시 신속하게 배출할 수 있는 그레이팅(perforating panel)의 배열도 오염 제어에 주의해야 할 점이다. Minienvironment의 또하나 중요한 것은 오염사고시 얼마나 빠른 시간내에 회복(recovery time)하여 정상화하는냐가 관건이 될 수 있다. 결과적으로 클린룸과 같은 개념의 오염 제어 시스템과 SOP(standard operation procedure)가 구축되어야 할 것이며 차압, FFU유속의 최적화가 그에 대한 가장 중요한 인자가 될 것이다.

2.10.3 FOUP(front opening unified pod)

300 mm Wafer Carrier의 대구경화에 따른 물리적인 문제 해결과 아울러 Process의 진전에 따른 미세화로 제거해야 할 입자의 크기가 작아지고 입자의 관리 기준도 엄격해지고 있다. 특히, 반송중 부착되는 입자의 최대 발진 원인이 사람과 설비 재질(material)인 것이 잘 알려져 있기 때문에 가능한 공장 내에서는 오염원인 작업자의 개입을 피하여야

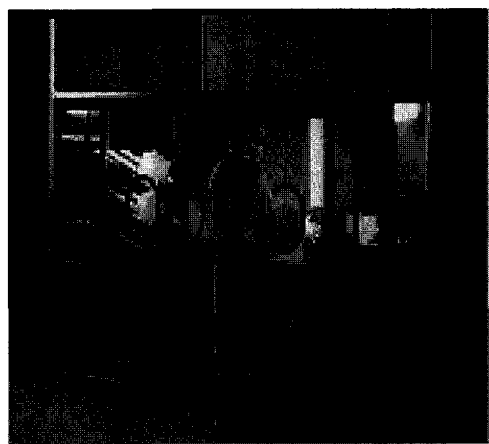
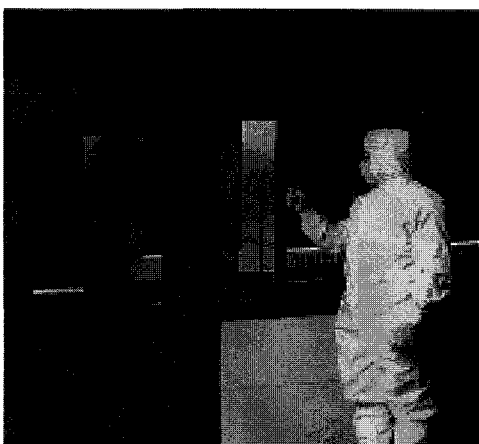


그림 9. Mini Environment

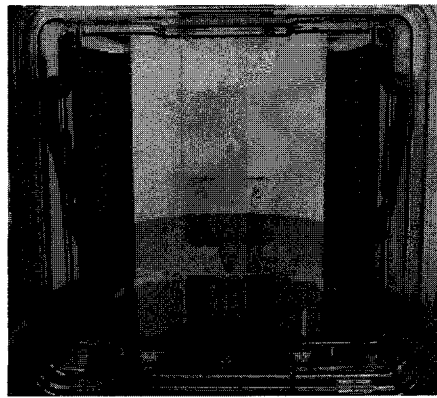
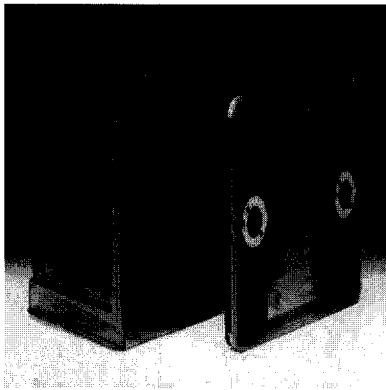


그림 10. FOUF과 내부구조

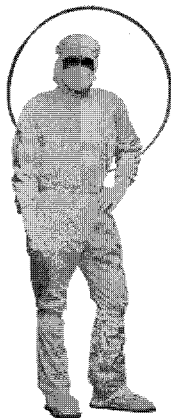


그림 11. 반도체용 방진의류

한다. 따라서, 이상적으로는 완전 자동화를 하고 Maintenance외에는 작업자가 하는 것이 바람직하다.

일반적으로 FOUF은 자체적으로 국소 환경의 구성이 가능하기 때문에, 외부 환경에 대한 보호 측면에서는 양호하나 FOUF 자체 재질에서의 유기오염 및 제품에서의 오염에 의한 자가 오염 및 밀폐된 내부 구조상 국부 오염 문제에 취약하기 때문에 이런 문제의 해결을 위해 요즘은 nitrogen charge 방식이 적극 검토되고 있다.(그림 10)

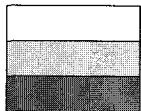
2.5.4 방진의류(Garments)

일반적으로 클린룸내 방진의류(garment)는 오염제어 뿐만 아니라 작업성측면에서 편안하며 저비용화되는 경향을 추구하고 있다. 특히 방진의류는 인체로부터 발생된 오염물의 제어 방법으로 클린룸에 비하면 ULPA 또는 HEPA와 같은 기능을 하기 때문에 매우 중요하다. 주로 직물은 폴리에스터(polyester)를 사용하며 재질의 pore size를 $0.01\mu\text{m}$ 까지 작게 하여 필터효율은 $0.1\sim 0.3\mu\text{m}$ 99.9%정도

표 4. 디바이스별 AMC 오염 제어 기준 (ITRS Roadmap 2001)

Years of Production	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2010
DRAM ½ Pitch(nm)	115	100	90	80	70	65	65
MPU/ASIC ½ Pitch(nm)	130	107	90	80	70	65	50
MPU Printed Gate Length(nm)	75	65	53	45	40	35	25
MPU Physical Gate Length(nm)	53	45	37	32	28	25	18

Lithography-Bases	750	750	750	750	<750	<750	<750
Gate-metals	0.2	0.15	0.1	0.1	<0.07	<0.07	<0.07
Gate-organics	90	80	70	60	60	50	40
Organics(CH ₄)	1620	1440	1260	1100	900	<900	<900
Salicidation contact-acids	10	10	10	10	10	<10	<10
Salicidation contact-nases	16	12	10	8	4	<4	<4
Dopants	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10



White-Manufacturable Solutions exists and are being optimized
 Yellow-Manutacurable Solution are known
 Red-Manutacurable Solution are not known

의 성능을 갖고 있고 그외에 인체로부터의 정전기 제어 기능도 적용되어 있다.

2.6 디바이스별 오염 관리 수준

디바이스에 대한 AMC 오염의 관리 기준은 표 4와 같이 ITRS roadmap에서 제시한 바와 같이 극미량 금속 오염 및 유기 오염에 대한 제어 수준이

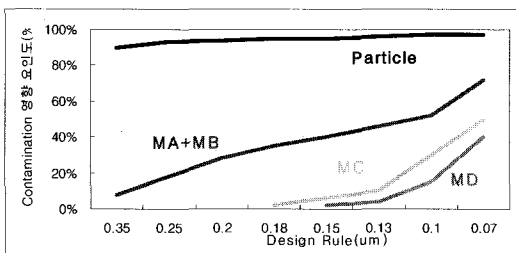


그림 12. 디바이스 scale down에 따른 오염별 영향도

아직 검증되지 않은 면이 있지만 향후 디바이스의 고집적화에 따라서 AMC에 대한 중요성과 오염별 제어방법의 개발이 절대적으로 요구되어 질 것으로 예상할 수 있다.[5]

그림 12은 디바이스의 디자인 룰(Design Rule)의 scale down에 따른 AMC 오염 제어의 중요성을 도식화 한 것으로 표 4와 같이 향후 AMC에 의한 디바이스 특성 영향성의 증가가 예상되는데, AMC 분류 측면에서 MA 및 MB는 많은 경험과 시스템이 구축되어 있고 공정기술의 축적으로 대응력이 있는 반면 MC와 MD는 향후 불량을 유발시키는 주요 인자로 부각될 것으로 예상된다.[1]

따라서 향후 제어방법과 제어 시스템의 연구에서도 MC, MD분야에 대한 집중화가 필요하고 이는 주로 설비 및 관련부품의 재질(Material)에 기인되

는바 새로운 물질 개발과 순도(purity) 향상에 노력해야 한다.

3. 결론

AMC를 제어하고 연구하는 엔지니어들은 다음과 같은 고민을 갖고 있다.

첫째, 어떻게 오염을 제어 할까?

둘째, 어떤 오염물이 영향을 줄까?

셋째, 오염물은 어느 수준(level)까지 제어해야 하나?

넷째, 가장 효율적인 제어방법은 무엇일까?

클린룸 환경의 오염 제어의 관점에서 지금까지의 일반적인 입자 제어에 비해 향후에는 분자성 오염(AMC)이 주 목표가 될 것으로 예상된다. 표 5는 입자와 분자성 오염의 특성을 비교한 것이다.

표 5. 입자 및 분자 오염의 비교

구분	현재	향후
	Particle Contaminants	Molecular Contaminants
크기	1G : 수십~수um 2G : 수um~0.1um	2~50Å
형태	Hard particles	Molecular
제어	Control with Air filter ULPA, HEPA, 케미칼필터	NOT control with Air filter 복합오염제어필터 Nitrogen, 광촉매
특징	Visual Contaminantion	Non-Visual

이러한 관점에 덧붙여 향후 디바이스 집적도 향상이나 대기정화를 추진함에 있어 오염제어기술의 발전을 위해서는 장, 단기적인 로드맵에 따른 지속적으로 투자가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

다음의 표 6은 시계열 관점에서 향후 예상되는

표 6. 향후 예상되는 오염 제어 기술

구분	Short-Term	Mid-Term	Long-Term
클린룸 제어	ASS 케미칼 필터	광촉매	복합 오염 제어
국소 제어	케미칼 필터의 응용 기술	Mini-ASS	UV-광촉매
비고	Bulk한 개념의 제어 시스템	Process개념의 제어 시스템	통합 제어 시스템

오염 제어 기술을 정리한 것으로 클린룸과 설비, 그리고 국소지역의 오염제어기술로 상황 및 목적에 따라 적용될 것으로 예상된다.

위와 같은 오염제어 방법에 있어 경제적(cost effective) 측면에서 경쟁력이 있어야 하는데 케미칼 필터는 성능과 적응성(flexibility)에 유리하지만 소모성인 만큼 비용적인 면에서 부담감이 많다. 따라서 이들 단점을 해결하기 위해 중,장기적인 오염제어시스템의 연구 개발이 활발히 이루어 지고 있으며 조만간 가시적인 효과를 보일 것으로 생각된다.

-참고문헌-

- [1] “반도체 프로세스 환경에서 화학 오염과 대책”, Realize Inc., 1997.
- [2] SEMATECH, Technology Transfer #9505 2812A-TR, 1995.
- [3] A. Grayfer, O. Kishkovich and D. Ruede, “Protecting DUV optics from airborne molecular contamination”, Microlithography World, p20, February, 2002.
- [4] International SEMATECH, Technology Transfer 99033693A-ENG, 1999.
- [5] International SEMATECH, ITRS2001.