

300mm Wafer시대의 기술전망과 과제

조 상 준
(주) 신 성 이 엔 지
기술연구소 / 부 소장

1. 머리말

서기 2000년에 집적도 256Mbit LSI를 300mm 웨이퍼를 사용하여 생산하려는 계획이 반도체, 제조장치와 웨이퍼 메이커 3분야의 협력을 기반으로 추진되어 왔다. LSI의 수율을 저하시키는 가장 큰 원인은 오랜동안 분진오염이라고 알려져 왔으며, 이 입자오염의 저감이 클린화의 최대 과제가 되어왔다. 구체적으로는 장치발전의 저감, 세정기술의 향상, 클린룸 청정도의 향상 등이 추진되어 왔다. 클린룸의 청정도 향상에 부단히 노력한 결과 1Mbit 시대의 Class 1(0.5 μ m, 1개/cfm) 클린룸으로부터 256Mbit Class 0.01의 슈퍼클린룸에 도달할 수 있는 정도에 까지 왔다. 근래에 들어 와서는 화학오염이 여기에 더 추가되어 중요한 수율저하의 요인으로 등장되었다.

화학오염은 산성가스, 알칼리가스, 휘발성 보론, 인, 유기가스 등으로 대별된다. 발생원은 세정장치, 작업자, 건축부재, 내장재, 외부로부터의 침입등 다양하다. 이와 같이 화학오염이란 HEPA, ULPA Filter로 제거되지 않는 가스상 유해물질들을 총칭한다. 이것들이

생산라인에 미치는 영향은, 산성가스 특히 HF는 필터 여재로부터 보론발생을 촉진시키고, 알칼리성 가스는 레지스트 해상도에 장애가 된다. 보론과 인은 실리콘의 성질(보론은 P형, 인은 n형)을 정하는 중요한 원소로, 이것이 환경중에 있으면 LSI 제품 불량률을 일으킨다. 또 유기가스는 절연막의 내압을 저하시키거나, 스테파의 렌즈를 흐리게 하는 등 영향을 끼친다. 이와 같이 구체적인 악영향의 형태가 서서히 알려지고 있으며, 화학오염의 저감은 지금도 LSI를 높은 수율로 생산하기 위한 중요한 Point가 된다.

이렇듯 클린룸의 환경이 엄격하게 관리되어야 함은 물론, 최근에는 반도체 가격의 하락에 따른 채산성의 문제로, 반도체 메이커들은 어떻게 해서 반도체의 생산원가를 절감할 수 있을가에 초점을 맞추고 있다. 이 과정에서 거론되고 있는 것이 300mm 웨이퍼를 사용하여 반도체를 생산하려는 시도이다. 단지 웨이퍼의 직경이 커짐으로 모든 것이 완료되는 것은 아니며, 이에따른 생산장비를 포함하는 모든 설비와 기술의 발전이 병행되어야 할 것이다.

반도체의 설계 및 생산분야에서 선진기술

을 보유하고 있는 우리나라로서는 안타깝게도 반도체를 생산하는 설비와 분진 및 가스상 오염제어에 대한 시스템기술의 면에서는 후진성을 면치 못하고 있는 것이 현실이다.

본고에서는 이러한 300mm 웨이퍼를 사용하여 반도체를 생산하기 위한 기술과 문제점에 대해서 지금까지 발표된 자료를 발췌 검토해 보고 향후의 방향을 설정하고 이해하는데 도움을 주고자 한다.

2. 300mm 웨이퍼 기술의 현황

2.1 300mm 웨이퍼화의 역사적 배경

1993년 SEMI(Semiconductor Equipment and Material International)-JEIDA(Japan Electronic Industry Development:일본전자공업진흥협회) 심포지움에서 Intel사의 Don Rose씨에 의해 차세대 웨이퍼의 사이즈로서 400mm(16inch)가 제안되었으나 기술적인 어려움이 너무 크다는 평가였다. International SEMI 주최의 제1회 웨이퍼 사밋트(1994.7)에서는 차세대 웨이퍼 기술개발에 관해서 "개발의 위험을 줄이기 위해서 서로 협력하여 표준화를 추진하고 개발을 수행한다."라는 국제적 합의에 따라 300mm 웨이퍼의 개발이 시작되었다. US/Europe, Japan/Pacific Rim의 2구룹으로 TFT를 구성하여 결정, 제조장치, 반도체에 있어서 300mm 웨이퍼의 문제점을 명확하게 하고, 사양표준화 등의 활동을 시작하게 되었다.

제2회 웨이퍼 사밋트(1994.12)에서는 300mm를 차세대 웨이퍼의 구경으로 할 것이 결정되었다.

2.2 300mm 웨이퍼

1) 규격

300mm 웨이퍼의 규격은 표준화의 움직임과 상호 연동되어 상당히 세세한 부분까지 압축되어 왔다. 웨이퍼 외형(notch)이나 두께(775 μ m) 등에 세계적인 합의를 얻었다는 것은 200mm까지의 경우에 비해 표준화 활동의 커다란 성과이다. 200mm로부터 300mm로 대구경화 되는 과정에서 OF(Orientation Flat)로부터 노치에의 변경도 프로세스에 미치는 영향이 매우 크다. OF는 노광장치에서 웨이퍼의 위치를 맞추기 위해서 이용되어 오고 있으며, <110>방향에서 특정 길이의 직선부로서 정의되어 있다. 따라서 방위 기준으로서 노치의 웨이퍼면 내에서의 위치, 형상과 치수를 결정하는 것은 반도체, 장치, 결정 메이커로서는 중요한 표준화 항목이었다고 말할 수 있다. 이와 같이 300mm 웨이퍼 규격은 많은 항목이 표준화 되어 각사가 이에 따라야 하는 것으로 생각하게 되었다. 반도체의 미세화에 따라 웨이퍼 표면의 Micro-roughness나 Waviness의 문제도 대두되고 있다. Prim wafer로 스테퍼와 동기된 국소평탄도나 Scanning stepper에 대한 평탄도의 정의 결정 및 그 규격 표준화의 검토가 시작되는 것도 멀지 않았다.

2) 결정성장

반도체 메이커로서는 반도체 불량과 겹쳐 경제적 효과의 관점으로 부터 300mm화를 늦출 수 밖에 없는 상황이나, 결정 메이커에서는 이미 파이롯트라인(3000-5000장/월)이 완성되어 반도체 메이커의 수요에 따라 수량을 증가시킬 수 있는 상태에 있다.

3) 300mm 웨이퍼의 가공문제

Semiconductor Industry Association(SIA)의 제안에 의한 웨이퍼의 요구 품질로서 국부평탄도는 26x32(사각형;mm²)에서 0.12 μ m로 매우 엄밀하다. Slicing에서는 Multiwire Saw의 절단조건 최적화, Lapping에서는 장당 연마의 적용, 그리고 Polishing 기술이 가장 문제가 된다. 평탄도의 향상에는 양면 연마방식이 가장 유력하다. 그러기 위해서는 라핑 후에 평평한 엠틡이 필요하며 KOH 혹은 NaOH용액에 의하여 엠틡 된다고 추정된다.

4) 300mm 웨이퍼 열처리의 과제

웨이퍼의 대구경화에 따른 웨이퍼 자중의 영향이 커져 열처리에 있어서 열응력뿐만 아니라 웨이퍼 주변의 점지에서의 전위발생이 문제가 되었다. 300mm 웨이퍼의 두께는 775 μ m로 결정되었으나, 웨이퍼 지지방법의 개선 등, 자중응력에 의한 열처리시의 결정 결함(전위)발생은 차세대 프로세스 열처리 온도를 저 온도로 완화시키는 경향이다. 계산에 의하면 1000 $^{\circ}$ C 이하이면 300mm 웨이퍼의 열처리에서는 자중응력에 의한 전위증식은 억제되므로 이문제는 거시적으로는 해결되었다고 볼 수 있다. 그러나 반도체 프로세스의 최적화라고 하는 관점에서는 산소에 의한 전위의 고착 등 몇 가지 검토되어야 할 과제가 남아 있다.

3. 외국의 300mm 기술현황

3.1 300mm 표준화의 배경

반도체 메이커는 반도체의 고집적화와 미세가공기술의 개발에 의하여 높은 기능의 LSI를 저렴한 가격으로 제공할 수 있게 되었다. 0.25 μ m 세대 이후에는 더욱 코스트의 저

감을 위해서 웨이퍼를 200mm로부터 300mm로 할 필요성이 대두되었다.

그러나 100 \rightarrow 150 \rightarrow 200mm로 발전되어 오던 웨이퍼 대구경화의 역사를 보면, 반도체 메이커 한 회사가 선행해서 대구경화에 도전하고 개발비용을 모두 부담하게 된다면 이것은 매우 부담스런 것이 된다. 특히 200 \rightarrow 300mm 화에 있어서는 프로세스의 어려움, 웨이퍼 중량의 증가 등에 의한 근본적인 자동화의 필요성 등으로 기술적 수준 차이가 과거의 경우와 비교해서 매우 크다.

반도체 메이커가 300mm Fab을 건설하기 위해서는 200mm 장치로 제작하던 프로세스를 300mm 장치로 실현함과 동시에 반도체 제조원가를 200mm에 비해서 대폭 저감 가능하다는 확신을 얻는 것이 필수불가결하다. 현재의 300mm 장치는 프로세스 면에서 200mm 장치에 가까운 수준을 달성해 나가고 있다. 그러나 생산성, 신뢰성의 면에서는 완성도가 아직 낮고 그러한 것들의 평가, 개선은 앞으로의 과제이다. 미세화의 진전으로 300mm Fab 건설에 필요한 0.18 μ m 프로세스 대응은 아직 시작 초기이다. 또, 공급능력 과잉으로 반도체 메이커가 손익면에서 어려운 상황에 직면하여, 투자가 대폭으로 감소되어 있다. 따라서 장치의 미성숙과, 반도체 시장의 악화가 300mm Fab의 건설을 지연시킨 주요한 이유라 볼 수 있다. 이러한 어려운 상황에서 반도체 메이커 각사는 오히려 이러한 지연에 동조하고 있다. 그러나 사업의 연기에 따른 비용도 매우 높다. Chip의 가격을 내리기 위해서 차세대 클린룸은 300mm Fab으로 하고 싶다는 대부분 메이커의 기대는 매우 크다.

이러한 상황에 따라 300mm에 대응해서 업계 전체적으로 제조장치의 공동평가와 표준화 등 자유경쟁의 기조위에 각사가 협력하여 개발 위험부담과 경비의 부담을 경감시키려는 움직임이 일고 있다.

3.2 가이드라인의 개요

300mm 반도체 공장을 위한 글로벌가이드(Global Joint Guidance for 300mm Semiconductor Factories)는 J300과 I300I에 의하여 합의된 300mm 표준화에 관한 가이드라인을 정리한 것으로, 세계 최초로 반도체 제조자의 국제적 합의에 의한 생산기술의 표준화 요구를 명확하게 한 것이다. 구성은 크게

- 반도체 제조자의 경영면으로 부터의 요구사항
- 표준화에 대한 가이드라인

2장으로 되어 있다.

본 가이드라인의 내용은 1998년 7월 7일 당초에는 I300I전용의 Home Page로 부터 입수되었다. 현재는 SEMATECH내의 I300I Home Page(URL <http://www.sematech.org/public/division/300/guide.htm>)로 부터 PDF file로 다운로드 받을 수 있다. 구성은 표 2의 목차에 나타낸 것 같이 서론과 [공장생산성의 목표]로 붙여진 본론 7장과 부록 합계 77 페이지로 되어 있다. 서론에서는 본 가이드라인을 작성한 배경과 세계적 규모에서의 표준화의 필요성과 이유에 대해서 열거하고 있다.

본고에서는 (1) 공장생산성의 목표와 (2) 장치의 인터페이스 및 반송형태만을 요약했으며, 그 밖의 것들은 직접 Internet를 통해서 검토해 보기 바란다.

표 1. 글로벌 가이드 라인 목차

INTRODUCTION	1
IC BUSINESS DRIVERS(REQUIREMENTS FOR IC MANUFACTURERS)	3
1. Decrease Cost/cm 2	3
2. Learn from Past Conversions	3
3. International Participation is Essential	3
4. Increase Investment Effectiveness	3
5. Increase Equipment Utilization	3
6. Increase Uninterrupted Production	4
7. Increase Factory Output	4
8. Increase Yield Learning	4
9. Increase Control of Factory Logistics and Production Scheduling	4
10. Increase Die per Wafer	4
11. Increase Worker Productivity and Product Safety	4
12. Decrease Time to Volume Production	5
13. Decrease Equipment Installation/Start-up Time and Cost	5

14. Decrease Operational Cost	5
15. Decrease Inventory(Work-In-Process and Final Product)	5
16. Decrease Factory Footprint.....	5
17. Decrease Equipment Costs	5
18. Decrease Cost to Configure Equipment	5
19. Decrease Material Consumption.....	5
20. Decrease Turn Around Time	6
21. Decrease Lead Time from Order to Equipment Delivery	6
22. Address Safety and Ergonomics	6
23. Address Environmental Issues	6
FACTORY PRODUCTIVITY GOALS (GUIDELINES FOR SUPPLIERS)	7
1 FACTORY PRODUCTIVITY GUIDELINES	8
1.1 Equipment Productivity and Performance	8
1.2 Environmental, Safety, and Health	9
1.3 Facilities Cost and Utilities Consumption	10
1.4 Wafer Traceability and Tracking	12
2 ELABORATION OF THE ORIGINAL I300I 14 GUIDELINES (FOR EQUIPMENT INTERFACES AND CARRIERS)	13
2.1 Carrier Capacity	13
2.2 Carrier Configuration for Wafer Handling	13
2.3 Carrier Type.....	14
2.4 Load Port	14
2.5 Support for Overhead Transport(OHT).....	16
2.6 Continuous Processing Using Buffering.....	17
2.7 Integrated Minienvironment	18
2.8 Slot/Carrier Integrity	20
2.9 Single-Side Load Ports	21
2.10 Straight-Line Alignment of Load Ports	21
2.11 Alternative User Interface Location.....	22
2.12 Dense Packing of Equipment in the Factory.....	22
2.13 Communication Interfaces	23
2.14 Cart Docking Interface	23
3 EXCEPTION LOT HANDLING GUIDELINES	24
3.1 Handling of Exception Lots	24
3.2 Handling of FOUFs during equipment and AMHS failures.....	25

4 COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING (CIM) GUIDELINES	27
4.1 Production Equipment Guidelines	28
4.2 Loadport Guidelines	30
4.3 Production Equipment Material Handling Guidelines	33
4.4 Production Equipment Material Management Guidelines	37
4.5 Production Equipment Single Wafer Control Guidelines	40
4.6 AMHS Equipment Guidelines	41
5 PERSON GUIDED VEHICLE (PGV) GUIDELINES	43
5.1 PGV General Guidelines	43
5.2 PGV Safety and Ergonomic Guidelines.....	44
5.3 PGV Docking Interface Guidelines	45
5.4 PGV Transfer Guidelines FOUFs to and from Load Ports	46
5.5 PGV Transport Guidelines	47
6 RETICLE CARRIER HANDLING GUIDELINES	48
6.1 Reticle Carrier Pod (RCP) Guidelines	48
6.2 Reticle Handling Lithography and Minienvironment Equipment Guidelines	51
7 BACKEND CARRIER AND INTERFACE GUIDELINES	53
7.1 Carrier Capacity	54
7.2 Carrier Configuration for Wafer Handling	54
7.3 Carrier Type.....	55
7.4 Load Port	56
7.5 Support for Overhead Transport (OHT)	57
7.6 Continuous Processing Using Buffering.....	58
7.7 Integrated Minienvironment	59
7.8 Slot/Carrier Integrity	59
7.9 Single-Side Load ports.....	59
7.10 Straight-Line Alignment of Load Ports	59
7.11 User Interface Location	60
7.12 Dense Packing of Equipment in the Factory.....	60
7.13 Communication Interfaces	61
7.14 Cart Docking Interface	61
APPENDIX A Glossary	62
APPENDIX B Referenced Standards	65
APPENDIX C Buffering for 300 mm Process and Metrology Equipment	70
APPENDIX D I300I CONTACTS	77

1) 공장 생산성의 목표

본고에서는 우선 제1장에서 300mm 웨이퍼 대응의 공장을 건축함에 있어서 장치, 재료, 설비 메이커에 대한 요구, IC 메이커의 요구기준을, 단위시간에 처리되는 웨이퍼 수(매수/시간)를 기준으로 200mm 웨이퍼 공장에 대한 비용 혹은 크기의 비율로서 표현하고 있다.

내용을 보면, 프로세스/계측장치의 코스트는, 200mm의 경우의 1.3배 이하이어야 한다. 이것은 장치가 대형화하는 것뿐만이 아니라 Through-Put도 유지하여 3할 정도 증가하

는데서 유지하지 않으면 안된다는 것이다. 또, 1.3.1에는 장치 Footprint는 같은 정도로 하지않으면 안된다는 것 등으로 매우 어려운 수치목표를 Supplier에게 요구하고 있다는 감이 있다.

2) 장치의 인터페이스 및 반송형태

제2장은 1996년에 낸 I300I을 기본전략으로 14개의 가이드 라인을 소개한 장이며, 버전 2.0을 지나 더욱 더 살붙임을 하고 있다. I300I가 제창하고 있는 반송라인 및 Mini-Environment (ME)는 그림 1에 예로서 나타낸 것 같은 형태를 하고 있다.

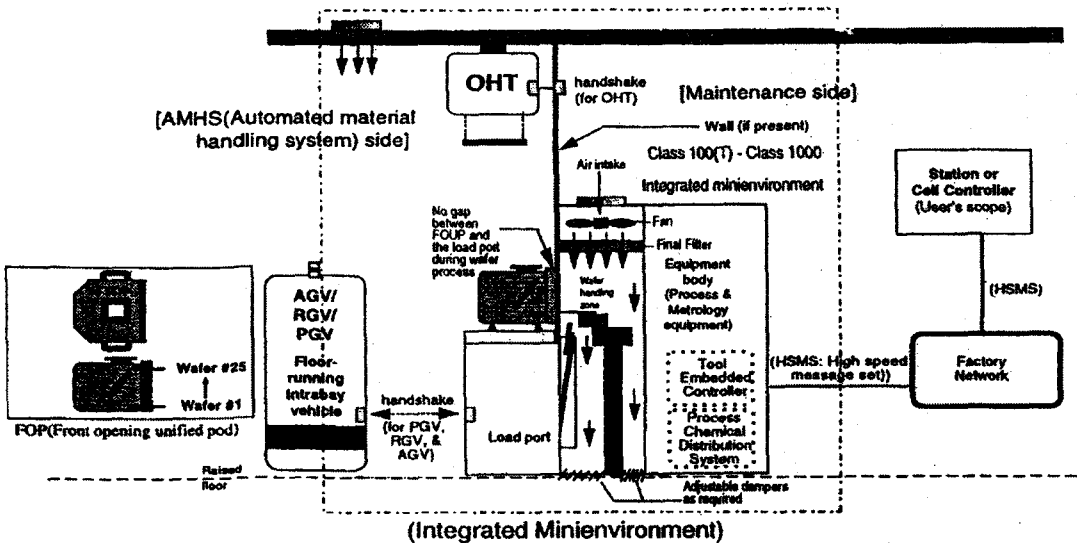


그림 1. Min-Environment의 한 예

우선 ME는 클래스 100-1000로 청정도가 낮은 클린룸내에 설치하고 Intergrated ME라고 칭하는 시스템을 I300I에서는 추천하고 있다. 이 Intergrated라고 하는 것은 로봇내에 있는 웨이퍼나 장치 내에서의 핸드링 중의 웨이퍼, 프로세스중의 웨이퍼를 청정하게 유지할 수 있는 환경으로 Pod Door의 개폐

기구나, Pod로 부터의 Load/Unload 시스템이 일체화 되어 있는 것을 의미한다. 천장부의 급기덕트를 경유하여 직접 공기를 공급하는 방식(Facility Supplied ME)은 맞지 않다고 생각하고 있다. 그러나 일본에서 고려하고 있는 ME는 이미 장치쪽의 부분에서 독립적으로 FFU를 설치한 것으로서, Facility

Supplied ME가 되는 방식은 일본에서는 지금까지는 별로 받아 들여지지 않고 있다.

300mm 웨이퍼는 13장 혹은 25장을 수평으로 10mm 간격으로 넣고 측면 전방부에 뚜껑을 갖는 FOUP(Front Opening Unified Pod)라고 불리우는 용기에 수납되어 운송된다. 운송되어 온 FOUP를 여는 로봇트는 SEMI E15.1 과 E62에서 규정되어 있는 FIMS (Front Opening Interface Mechanical Standard) Interface를 가지고 있다. 자동문의 개폐에 의하여 덮개가 열린 후 장치내의 핸들링 로봇트에 의하여 웨이퍼가 장치내로 운반된다. 기본적으로 베이방식을 답습하고 있기 때문에 주로 Load-port는 AMHS(Automated Material Handling System)측에서 반출입을 행하지만 Exception 웨이퍼의 반출입은 뒤쪽에 있는 부속의 Port를 사용하게 되어 있다.

또 공정간 반송에 사용하는 반송시스템으

로서는 전술한 그림 1의 OHT(Overhead Transport;천장운송)이 제안되고 있다. Host가 본체로 부터 내려와 FOUP 상부의 돌기부를 잡고 소정의 높이까지 들어올린 후 다음 장치까지 운송한다.

미국에 있어서는 AGV의 도입이 안전규격상 곤란하기 때문에 OHT가 제안되어 있으나, 비교적 자유로운 장소에 놓여 있는 장치로의 이동, 장치까지 최단거리 이동 등으로 베이면적 축소에 잇점이 있다. 그러나 이 운송형태는 Load port의 위치를 일직선상에 배치함으로써 잇점이 실현되기 때문에, 이 가이드 라인에서는 OHT가 장착될 수 있는 Load port의 크기와 위치를 그림2에 나타낸 바와 같이 세세하게 규정할 필요가 있다. OHT가 응용될 수 없는 경우에는 바닥면 운송방법인 AGV(Auto Guided Vehicle;자동운송로봇트)나 RGV(Rail Guided Vehicle;궤도운송로봇트)를 상황에 따라 사용하기로

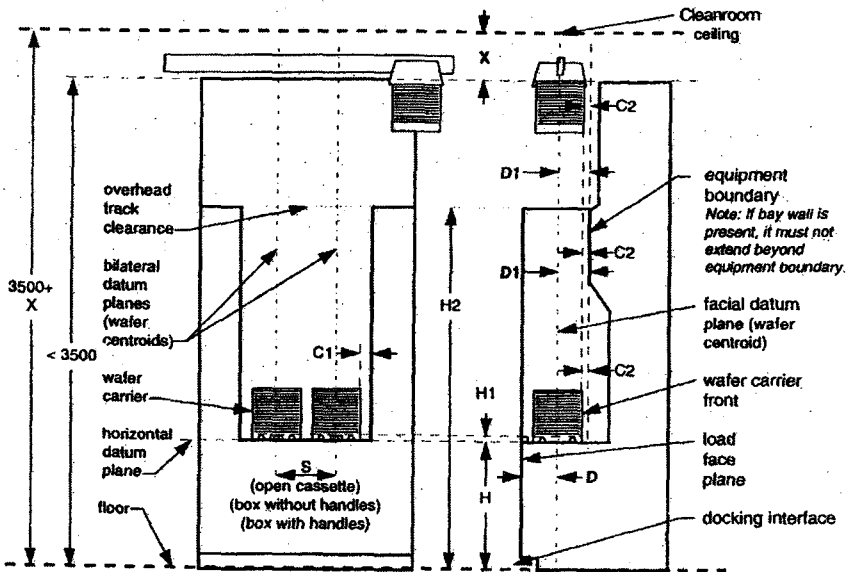


그림 2. SEMI E15.1에서 정한 Loadport의 크기

되어 있다. 또, PGV(Personal Guided Vehicle; 수동운송용카트)는 주로 Exception Wafer의 운송이나 AMHS의 고장시에 사용되어 진다.

3.3 일본의 300mm 가이드 라인의 구축

1) 300mm 클린룸 상

300mm 클린룸의 이미지는 Factory Model WG(Working Group)에서 검토되어 기본적

으로 그림 3, 4에 나타난 Open Cassette(OC)와 바닥면주행차(AGV)방식, FOUP와 OHT방식의 두 가지가 있다. 전자는 종래의 방식과 큰 차이가 없음을 비해 후자는 FOUP라고 하는 카세트 박스를 이용하고 Min-Environment 구조를 채용하는 일본에서는 경험이 적은 방식이다. 이런 구조에서의 표준청정도도 그림에 나타나 있으며, 이것으로 부터도 구조의 특징을 알 수 있다.

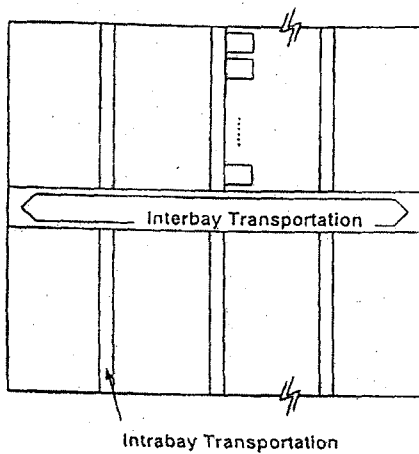


그림 3. Open Cassette + AGV구조 (클린룸 평면도)

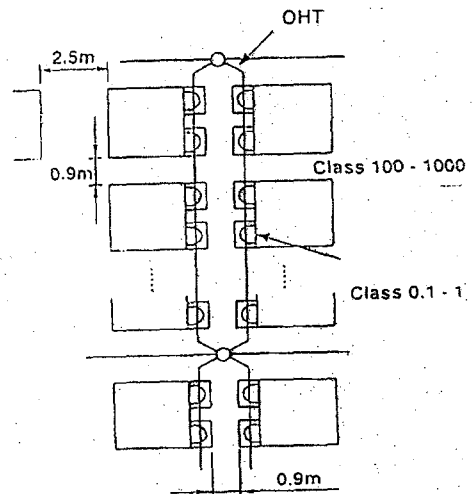
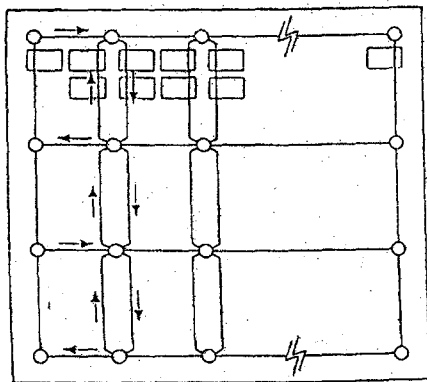
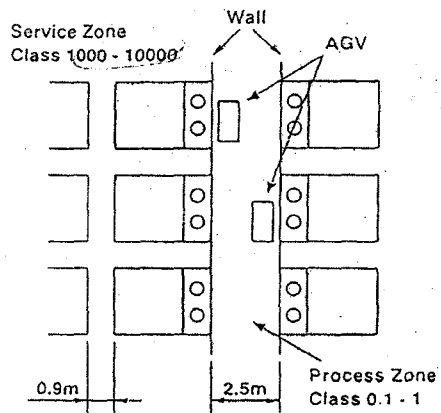


그림 4. FOUP + OHT구조 (클린룸 측면도)

2) 장치 2WG의 활동

장치 2WG는 (a) 클린룸 관련, (b) FA 관련(카세트 설치), (c) 용역, (d) 안전, (e) 콘포넌트의 5항목에 대해서 검토하였다.

클린룸에서는 온습도, 방높이, 운반/설치시의 중량, 크기, Through the Wall과 장치와의 조합 등의 표준화를 목적으로 하였다. 결과의 검토는 표 2에 나타냈다.

표 2. 클린룸관련의 가이드 라인

Items	Specifications	Notes
Temperature	Within $23 \pm 1^\circ\text{C}$	in Japan in Regard to Stepper, Inspection Equipment
Humidity	35~55 %	Requirements for Equipment are not Rigid
Equipment Height	$\leq 3,500\text{mm}$ (incl. Maintenance Space)	
Maximum Weight(After Intalling the Equipment)	$\leq 1,500 \text{ kg/m}^2$ and $\leq 1,000\text{kg}/600\text{mm} \times 600\text{mm}$ Grating	in Regard to Floor Strength Limitations
Maximum Transportation Weight/Unit	$\leq 6,000 \text{ kg/unit}$	
Maximum Transportation Size/Unit	$(\leq 2.2\text{m} \times 2.8\text{m} \times 2.8\text{m}^{(H)})/\text{unit}$	Under Discussion
Height of Equipment's Units Below the Floor Level	$\leq 2,000\text{mm}$	Even When the Height Exceeds 2,000mm as an Exception, it Should be Below 2,500mm
Footprint of Equipment's Units Below the Floor Level	Below the Foot Print of Equipment Included the Maintenance Space on the Floor Level	

3) Facility와 Utility WG의 활동

이 WG는 건물과 그 부속설비(공조, 전기, 배관 등), 반도체에 사용되는 재료(순수, 약품, 가스 등)의 공급과 배출설비, 생산설비와의 조합, 환경안전의 4가지 영역을 대상으로

검토를 수행하였다. 그 결과 원동(原動)의 공급품질과 설비접속, 순간전압강하와 정전대책, 자재공급용기, 클린룸내부환경측정법, 실린더-캐비닛과 배관표시, 반도체가스의 안전대책, 지진대책 등 7개 항목에 대해서

표준을 목표로 하였다.

이 밖의 기타 사항은 새로운 WG에 그 과제를 넘긴다.

3.4 Selete의 활동

1) 장치평가 현황

Selete에서는 1996년2월 설립 이래로 300mm 장치의 평가를 주요업무의 하나로서 일해 왔다. Selete에서의 장치평가는 다음과 같은 방침으로 1996년 가을의 클린룸 완성과 함께 시작되었다.

- 평가방침 :

0.25 μ m 레벨

2000년에 양산을 실현할 수 있는 기술의 확립

시판의 장치의 Selete내에서의 평가

Selete에서의 장치평가의 업무형태는 다음과 같다.

- 업무형태

Selete에 위탁(반도체 메이커)

장치메이커로부터의 평가

Selete에 장치를 반입하여 평가

Selete에 의한 평가

평가결과를 장치메이커 및 위탁자에 보고

1998년도 상반기까지는 프로세스 성능평가 중심으로 장치도 거의 비중이 높았다. 98년에 들어와 새롭게 0.18 μ m 대응의 목표를 설정하고 β 기를 중심으로 프로세스성능, 생산성에 대한 평가를 하고 있다.

1998년 이래로 반입되어 평가된 장치는 거의 전 분야의 장치를 총망라하고 있다.

2) 미세가공장치

표 3에 미세가공장치의 성능개요(목표치와 현상)을 나타내었다.

표 3. 미세가공장치의 성능개요

장 치	프로세스 성능		생 산 성	
	선폭제어성	얼라인먼트정도	처리능력	점유상면적
노광장치	선폭제어성	얼라인먼트정도	처리능력	점유상면적
목표치	<5%(3 σ)	<70nm(평균 +3 σ)	>0.8	<1.32
현상	평가중	평가중	평가중	평가중
레지스트	도포균일성	현상균일성	처리능력	점유상면적
도포현상기	도포균일성	현상균일성	처리능력	점유상면적
목표치	<7nm(3 σ)	<17nm(3 σ)	>1.0	<1.25
현상	○	○	미평가	△
산화막엃처	엃칭 레이트	엃칭 레이트면내균일성	처리능력	점유상면적
목표치	<600nm/min	<7%(3 σ)	>1.0	<1.25
현상	○	△	미평가	▲
레지스트 Asher	엃싱 레이트	엃싱 레이트면내균일성	처리능력	점유상면적
목표치	<3 μ m/min	<10%(3 σ)	>1.0	<1.25
현상	○	평가중	△	○

(1) 노광장치

KrF 스캐너에 대해서는 현재 평가를 진행시키고 있다. 노광장치는 200mm의 확장이며, 200mm와 같은 프로세스 성능이 가능하다고 보여진다.

(2) 고타/데베로파

도포균일성, 현상균일성도 같이 목표치를 충분히 달성하였으나, 현상결함 평가가 이후의 문제이다. 처리능력은 미평가되었다.

(3) 산화막 etcher

입경이 0.3 μ m, 깊이 2 μ m의 접촉엠틡칭은 200mm와 비교해도 충분한 레지스트 선택비

와 비율로 가공가능하고, 0.25 μ m 패턴사이즈에는 대응가능하다는 것을 확인하였다.

0.18 μ m 패턴사이즈를 향한 미세화, 높은 아스펙트비 대응이 이후의 과제이다.

(4) 레지스트 Asher

균일성, 울에 관해서는 200mm와 같은 정도에 도달되어 가고 있다. Through-Put도 목표달성이 될것으로 본다.

3) 확산, RTP, 이온주입장치

표 4에 확산, RTP, 이온주입 장치의 성능개요(목표치와 현상)을 나타냈다.

표 4. 확산, RTP, 이온주입장치의 성능개요

장 치	프로세스성능		생 산 성	
	웨이퍼내온도균일성	산화막두께면내균일성	처리능력	점유상면적
중형확산로				
목표치	<1 $^{\circ}$ C	<5.4%(3 σ)@5nm	>1.0	<1.5
현상	평가중	○	○	○
RTP				
목표치	상승온도 >90 $^{\circ}$ C	<3% @10nm	>1.0	<1.3
현상	○	○	미평가	△
고전류이온주입				
목표치	웨이퍼온도 <80 $^{\circ}$ C	<0.7%(1 σ)	>0.95	<1.2
현상	평가중	평가중	미평가	평가중

(1) 확산로

300mm용 중형확산로는 입자, 오염, 산화균일성 등, 주요한 항목에서 200mm 장치와 동등의 성능을 확인하였다. 염려되는 Slip 발생은 초기사양의 웨이퍼 보드에서 950 $^{\circ}$ C까지는 발생되지 않았다. 현재는 각종 개선에 의하여 더욱 Slip성능 향상을 달성하였다. 과제는 Through-Put의 향상인데 장치 높이의

제약으로 부터 큰폭의 개선은 곤란하다고 본다. 고속승강온형(高速昇降溫型)의 장치에 기대하고 있다.

(2) RTP장치

RTP 장치는 기본 성능에 큰 문제는 없으나, 웨이퍼사이즈 확대에 기인하는 문제점이 여기 저기에 있다. 높은 생산성을 얻기 위해서는 약간의 손질이 필요하다. 점유상면적에

대해서는 줄이기 위한 노력이 요구되고 있다.

(3) 이온주입장치

이온주입장치는 현재 평가중이다. 주입균일성과 입자가 가장 중요한 항목이다. 200mm

와 같은 프로세스 성능은 얻어 질 수 있다고 본다.

4) 성막장치

표 5에 성막장치의 성능개요를 나타낸다.

표 5. 성막장치의 성능개요

장 치	프로세스성능		생 산 성	
	막두께균일성	단차피복성	처리능력	점유상면적
LPCVD	막두께균일성	단차피복성	처리능력	점유상면적
목표치	<3%(Max-MIn/2/Ave)	100%(아스펙트비4)	>1.0	<1.38
현상	○	△	▲	○
PECVD	막두께균일성	단차피복성	처리능력	점유상면적
목표치	<3% (Max - MIn / 2 / Ave)	60%(아스펙트비0.8)	>1.0	<1.32
현상	○	○	미평가	△
APCVD	막두께균일성	단차피복성	처리능력	점유상면적
목표치	<6%(3σ)	보이드프리 (아스펙트비1)	>1.0	<1.44
현상	○	○	미평가	△
Barrier metal PVD	면내시트저항균일성	단차피복면내균일성	처리능력	점유상면적
목표치	<5%(Max-MIn/2/Ave)	<15%(아스펙트비5.5)	>1.0	<1.56
현상	○	▲	○	○

(1) LPCVD 장치

중형LP-CVD는 각사 공히 비교적 완성도가 높아, 막두께 균일성은 목표성능에 도달되어 있다. 200mm기기와 비교해 보면 문제는 처리능력의 저하이다. 1 Batch의 매수가 100매와 2/3이 되어버리기 때문이다. 그 때문에 2Pod 사양이나 2듀브 4Pod 사양 등 처리능력을 내는 연구가 고려되고 있다.

(2) PECVD장치

PECVD의 프로세스 성능은 이제 시작 단계에 있다. 프로세스 성능의 개선과 β기의

생산성평가가 이후의 과제이다.

(3) APCVD 장치

APCVD는 α기 평가의 결과이나 균일성의 목표를 달성하고 있다. 이후 β기에 대해서는 더욱 개선이 시도되고 있다.

(4) 메탈성막장치

단순한 300mm 기판에의 성막은 지향성 PVD, 메탈CVD(W) 쌍방 모두에 면내의 균일성에 있어서는 각종 개량을 거쳐 서서히 목표치에 접근하고 있다. 300mm세대의 메탈 프로세스의 과제는 어떻게든 미세프라그를

균일하게 성형 가능할까에 있으며, Barrier metal에 적용되는 지향성 Sputter 면내에 있어서의 단차피복성의 균일성과 보이드프리 의 메탈삼입이 중요하다.

5) 세정, CMP, Mini-Env. 장치
표 6에 세정, CMP장치의 성능개요를 나타낸다.

표 6. 세정, CMP장치의 성능개요

장 치	프로세스성능		생 산 성	
	Batch내Etching균일성	입자오염	처리능력	점유상면적
Batch식세정장치	Batch내Etching균일성	입자오염	처리능력	점유상면적
목표치	<5% (3 σ)	<40개 (0.17 μ m < HF Last) ○ @Si	>1.0	<1.35
현상	○ @Oxide		평가중	○
날장식세정장치	Batch내Etching균일성	입자오염	처리능력	점유상면적
목표치	<3% (Max-MIn/2/Ave)	30개 (0.17 μ m < HF Last) ○ @Si	>1.0	<1.35
현상	○ @Oxide		○	▲
CMP장치	연마속도	면내연마균일성	처리능력	점유상면적
목표치	>200nm/min @PE-TEOS	9% (Max-MIn/2/Ave) @PE-TEOS △	>1.0	<1.44
현상	○		평가중	○

(1) 세정장치

세정장치는 기본적으로 200mm부터 300mm에의 Scale-Up이다. 세정장치의 기본적 프로세스 성능은 에칭균일성, 입자, 메탈오염을 들 수 있다. 몇 가지의 장치는 프로세스 성능을 만족시키고 있으며, 생산성 평가 단계에 있다.

(2) CMP 장치

CMP 장치는 기본적으로 200mm부터 300mm에의 Scale-Up이지만, 실제적으로는 프로세스 성능개선단계이다. 특히, Edge-Cut 3mm를 고려한 연마 웨이퍼면 내 균일성향상이 최대의 목표이다. Through-Put 향상, Footprint삭감, 게다가 Dry-In, Dry-Out를 위한 세정성능의 평가가 필요하다.

(3) Min-Environment장치

300mm 웨이퍼의 운반에는 FOUP 혹은

Open-Cassette가 사용된다. FOUP에 관해서는 현재, 미미하지만 양산용이 공급되어 있으나 아직 Front Door 개폐신뢰성에 있어서는 충분하지 않으며, 재료면, 구조면에서 검토할 필요가 있다.

Load Port는 기계적 신뢰성에서 몇 개의 제품은 큰 문제는 없다. 각사 공히 SEMI 표준에 준할 것을 고려하고 있으나, Load Port와 프로세스 장치, Pod와의 기계적, 통신적 호환성에는 주위할 필요가 있다. 또, Pod, Load Port는 현재 고가이며, 코스트 다운이 필요하다.

6) 검사장비

검사장비에 관해서는 300mm화에 대한 새로운 기술은 채용됨이 없고, 반송메이커의 Scale-Up로 대응하고 있다. Selete에서는 중요한 검사장비를 평가하고 있으나, 반송메이

커중에 아직 미숙한 장치가 일부 있으나 대부분 큰 문제는 없다. 검사장비의 Through-Put 개선에 대한 기대는 크다.

3.5 300mm 케리어와 장치Interface 및 자동화의 동향

「어떻게 많이, 싸게 만들 수 있을까」에서 「생산량의 증가에 의존하지 않고 효율 좋고 싸게 만들 수 있을까」로 변화되었다. 반도체 분야의 수요변화에 민감해져 이제는

-조그맣게 시작하고 필요하면 확장한다.

-투자한 것은 즉시 가동하여 생산에 기여한다.

는 명제를 더욱 Close-Up시켰다.

1) 대구경화 메리트의 확인

반도체 산업은 강한 수요에 끌려 코스트 다운방법의 하나로 대구경화가 추진되어 왔다. 대구경화에 의하여 웨이퍼 한 장에서 생산되는 Chip 수를 증가시킴에 의하여 대구경화에 의존되지 않는 칩당 코스트의 영향을 적게하려는 것이 기본 취지이다. 이것은 8인치 세대까지는 맞는 이야기였다. 그래서 300mm 세대로의 전환도 그러한 기대로 추진하여 왔다. 그러나 지금 와서 보니, 다량으로 만듦으로써 반도체 사장가격을 싸게 해 버릴 수도 있다는 의문점이 생겼다. 또, 장치 제조자는 여러 가지 방법으로 장치의 가격을 인하하려고 노력하고 있다. 그러나 지금 고려하고 있는 방법중의 하나인 웨이퍼의 직경에 무관한 부분은 거의가 8인치 장치를 그대로 사용가능하다.

한편 300mm는 FOUP의 도입으로 8인치 세대에는 표준적이지 못한 요소가 증가하였다. 이것은 그 밖의 어디에선가 그 잇점이

없다면 코스트 증가를 의미하게 되는데, 실질적으로 장치내부에서 메리트 환원의 요소는 발견되지 않고, 장치가격 증가의 요인이 되고 있다. 300mm화의 장점에 관한 인식을 공유하여 사양을 조정해가는 것이 중요한 과제가 되고 있다.

2) 경합부분과 협조 부분의 인식과 표준

300mm 물류자동화에 관한 동향이라고 하면 표준화의 이야기가 된다. 즉, 「반도체 메이커가 얼마나 고도의 운영을 할것인가?», 「장치공급자가 얼마만한 고속으로 신뢰성 높은 장치를 만들어 낼까?», 그 접합부의 인터페이스는 이미 경합점이 아니고, 어떻게 해서 표준을 도입하여 호환성을 높혀, 8인치 세대 때 허비되었던, 개별대응에 따른 개선 코스트를 줄임과 동시에 경쟁원리를 도입하여 코스트를 낮추려고 하고 있다는 것이다.

장치가격의 많은 부분은 차지하는 프로세스나 계측의 부분은 재질에 따라서는 웨이퍼 직경의 증대에 따라서 급격히 가격이 증대되는 부품이 있는 등 곤란한 문제를 품고 있다. 이런 것들은 경쟁원리가 적용되는 부분으로 자사의 특징을 나타내야만하는 부분이며, 이러한 가격을 표준화에 의하여 인하하는 것은 매우 어렵다. 장비공급자는 이러한 장치의 진수의 부분에 투자를 집중하고, 그 밖의 부분은 가능한한 비용을 쓰지않고 사용자의 요구를 충족시킬 수 있는 표준에 준하는 기본자세를 채택해가게 된다.

3) 개조와 평가에 요구되는 비용

표준화에서 문제가 되는 것은 표준화에 따르기 위해서는 한번 개선을 하지 않으면 안된다는 것이며, 이런 어려운 상황중에 그것이 가속될까 어떨까는 아닌 것이다. 게다가,

설계변경만이 아니라 신뢰성 확보를 위한 개선이나 그 결과가 표준에 준한가 어떤가의 품질평가가 기다리고 있다. 이러한 평가기의 준비나 평가코스트도 실수를 해서는 안된다. I300I에서는 이미 장치Load Port의 표준화준수 및 신뢰성 평가프로그램을 준비하여 Web Site에 공개하고 있다.

3.6 300mm Fab 반송시스템

반도체 공장에서의 반송시스템은 없어서는 안되는 생산설비가 되었다. 왜냐하면 300mm Fab에 있어서는 대구경화에 의한 중량상승에 따라서 그 중요성이 더욱 증대되었으며, 인간공학으로 보면 200mm 시대에는 작업자의

손으로 반송하였던 것도 300mm에서는 자동화된 기계의 힘의 필요성이 증대되고 있다. 여기서는 300mm Fab 전공정에 초점을 맞춰 반송시스템에 대한 대책과 동향에 대해서 생각해 본다.

1) 반도체 공장의 반송시스템

반도체 공장(전공정)의 반송시스템은 크게 나누워 공정간 반송과 공정내 반송, 그리고 이것을 연결하는 Stocker(보관창고)로 구성되어 있다. 각 공정 Bay에는 Stocker가 배치되어 있고, 이것을 공정간 반송(주로 천장 반송식 레일)과 연결하여, 스토카와 각공정 장치와는 공정내반송기(AGV, RGV etc)로 연결되어 있다(그림 5참조).

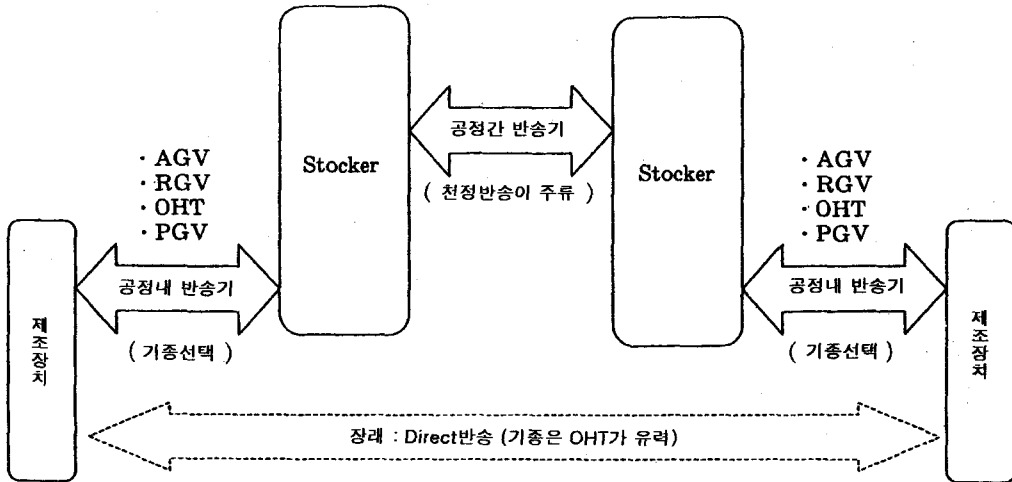


그림 5. 반송시스템의 개념도

200mm Fab에서는 공정간 반송의 자동화는 대부분 공장에서 거의 채용되고 있다. 한편 공정내 반송은 15~20% 정도의 실시율로 추정하고 있다. 물론 전 Bay를 자동화 하고 있는 Fab도 있지만, 아직도 그 자동화는 매우 낮은 수준이라고 볼 수 있다. 그러나,

300mm Fab에서는 각종의 Working Group의 활동에 의하여 표준화가 진전되고 있으며, 자동화가 하기 쉬운 환경이 되었다. 또 Stocker가 필요하지 않는 장치로부터 장치로의 직접 반송시스템이라고 하는 개념도 거론되고 있다.

2) 300mm Fab의 Needs와 특징

(1) 공정내 반송의 자동화

200mm Fab에 비해 공정내의 자동화가 이루어지지 않으면, Fab 전체의 자동화가 성립되지 않기 때문에 공정내 반송을 어떻게 할 것인가가 우선 결정되어야 할 것이다.

(2) 국제 표준화

I300I, J300이 주체가 되어 활동하고 있는 각종의 Working Group에 의해 표준화가 선행되고 있다. 이것에 의하여 다수경쟁체제가 진전되어 신뢰성, 코스트 중시의 시장상황이 전개되고 있다.

(3) 반송량의 증가

반송량은 제품의 집적도에 관계되고 200mm Fab과 큰 차이는 없다고 생각한다. 그러나 그 요구는 매년 증가되어 공정간 500 ~ 800회/hr가 보통이다. 이후에는 더욱 증가되어 1000회/hr를 반송될 수 있는 시스템이 요구될 것이다.

(4) 반송 리드타임의 단축

다품종 소량생산, 긴급로트 대응 등의 요구에 반송 리드타임의 단축 요구도 매우 강하다. 평균 반송시간으로는 5분 이하가 하나의 판단기준이 되고 있다.

(5) Total System Cost의 감소

300mm Fab 건설의 원점은 Total Cost Down이며, 반송시스템에 대한 요구도 매우 강하다. 큰 물건, 무거운 물건을 나른다고 해도 Cost up는 인정될 수 없는 상황이다.

(6) 확장성, 유연성

Fab의 투자액은 점점 더 증대되는 경향이 있다. 한편, 반도체 Fab은 서서히 생산량을 증가시켜가는 것이 일반적이다. 또 시장 동향과 관계가 있기 때문에, 단번에 Fab 전부분

을 완성시키는 것이 아니라, 몇 개의 Phase로 나누는 경우가 증가하고 있다. 당연히 반송시스템도 그것에 대응 가능한 확장성, 유연성이 요구되고 있다.

3) 공정간 반송기

공정간 반송기는 천장반송이 주류이다. 300mm가 되어도 200mm의 시스템을 그대로 크기만을 키운 정도에서 운영될 것으로 본다.

공정간 반송기에 요구되는 과제는 보다 높은 반송능력과 코스트 다운, 높은 신뢰성이다. 게다가 확장성, 유연성이 요구된다. 이러한 것들을 달성하기 위해서 지금까지 여러 가지 검토와 개발이 있었다. 지금까지의 변천을 보면, 그림 6 처럼 정리될 수 있다. 그림 6을 보면, 크기 D 형과 P형으로 나누워진다. D형은 대차가 메인레일 위를 고속으로 주행하여 목적지에 정지한다. 운송된 물건은 Stocker에 있는 이재기(移載機)가 쌓는다.

이 경우 메인통로는 이재의 시간동안 보다 빨리 이재한다면 반송량의 증가에 연결될 것이다. 레일은 간단한 구조로 되어 있어 높은 신뢰성이 확보된다. 그러나 반송 요구량의 증가에 따라 D1방식에서는 그것을 만족시킬 수 없다. 메인라인을 수평2중, 수직2중화 하여 보다 많은 반송량을 처리가능한 시스템이 되었다. 이 경우 시스템 가격이 매우 많이 증가한다. 이 해결책으로서 D2, D3라는 방식이 개발되었다. D2방식은 토탈시스템 가격을 크게 낮추는데 기여했다. 또 D3방식은 반송량의 증가에 크게 기여하였다.

4) 공정내 반송

200mm Fab에 있어서는 RGV, AGV가 주로 채용되고 있다. 그리고 그 대부분이 Open-Cassette의 반송이라는 것도 특징의 하나이

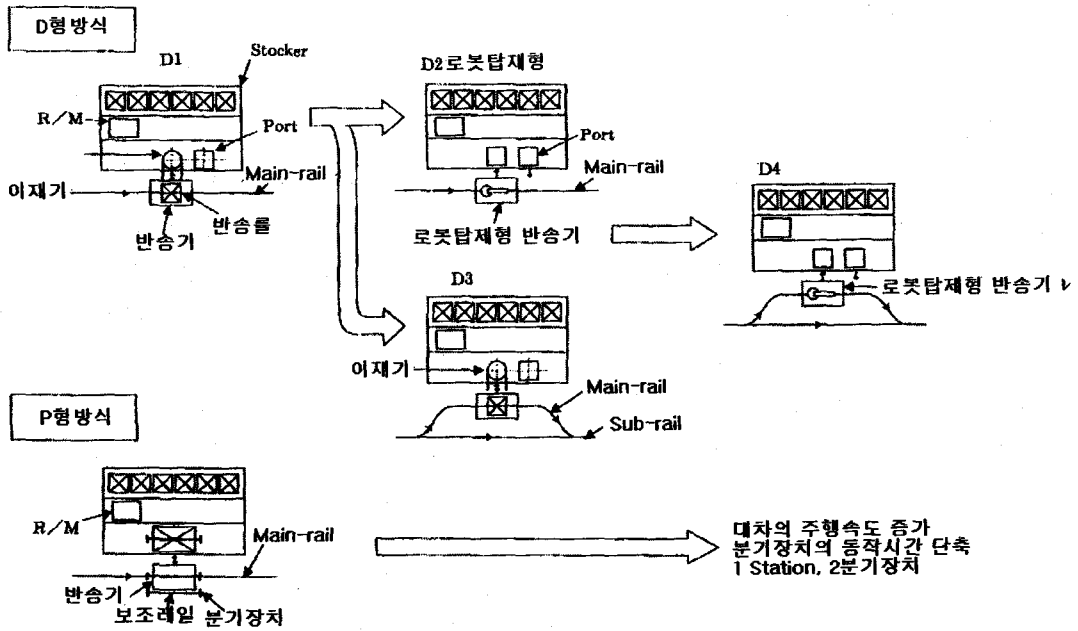


그림 6. 공정간 반송기 시스템

다. 장치의 표준화가 시행되어 있지 않았기 때문에 장치측의 조건이 좋은 L/UL Pod가 설계되어 있다. 높이, 깊이, Cassette의 방향이 불규칙적이기 때문에 자동화를 하기 위해서는 곤란한 경우가 많아, 이에 대응하기 위해서 다관절 로봇을 채용하지 않으면 안되었다. 또 사용자로부터 여러 가지 다양한 형상의 카세트가 사용되고 있다. 그러나 300mm Fab에서는 국제적인 표준화가 진행되고 있다. FOUF, 카세트, 장치의 Load Port 등 주요 치수가 규정되어 있으므로 자동화는 매우 시행하기 쉬운 환경이 되어 있다.

현재의 동향으로서는 FOUF를 채용하는 사용자가 많다. 공정내 반송기는 사람의 안전성, PGV와 병용의 측면에서는 OHT를 주로 채용하는 계획이 진행되고 있다. 그러나 OHT는 RGV, AGV에 비해 경험이 없기 때

문에, 사용자들이 신중히 검토하고 있다. Pilot line에서의 평가후 New Fab에 채용이라는 접근이 많은 것 같다. 또 본격적인 자동화까지는 PGV를 사용하는 계획이며, 300mm Fab에서는 그 위치정립의 과정에서 PGV는 필수불가결의 장비라고 판단된다.

한편으로 Open Cassette를 채용하려고 하는 사용자도 있다. 이 경우는 청정도의 측면으로 부터 RGV, AGV의 채용이 유력하다. 그러나 이 RGV, AGV는 종래와 같이 다관절 로봇이 아니라 축수를 줄인 저가의 간이 로봇이 사용되리라 생각된다. 또한 반송능력을 높일 수 있는 시스템의 구축이 남은 과제이다. RGV, AGV는 FOUF의 반송도 가능하며, 시스템의 확장성, 유연성, 개보수성 면에서 OHT보다 우수하다. 단, 사람과의 공존, PGV와의 병용이라는 면에서 검토되고 있다.

각 기종별 비교는 표6에 나타냈다.

표 6. 공정내반송기의 특징 비교

	OHT	RGV	AGV
Throughput	◎	◎	○
Cleanliness	△	◎	◎
Flexibility	○	△	◎
Reliability	○	◎	△
Maintainability	△	○	◎
Installability	△	○	◎
Cost	○	◎	△
Personal Safety	◎	○	△
Floor Space	◎	△	○
Equipment Access	◎	○ or △	○

5) Stocker

200mm 반송 Box와 300mm FOUP의 체적

비는 약 1:2이다. 같은 보관량을 보관하기 위해서는 상응하는 공간이 필요한 것은 당연한 것이다. 그러나 클린룸 유지비가 높기 때문에 공간절약이 요구되고 있다. 클린룸의 점유면적을 적게하기 위해서는 그림7에 보인 뒤가 높은 스토카의 채용이 검토되고 있다. Fab의 바닥밀, 천장공간의 열린부분을 유효하게 이용하여 보관효율을 높일 수 있다. FOUP의 채용으로 스토카 내부의 요구 청정도 레벨이 저하된다는 것이 이 형의 스토카를 채용하는 이유이다. 그러나 기존의 Fab에서는 불가능하며, 신설Fab의 설계단계부터의 계획이 필요하다. 또 Mother Stocker와 Micro Stocker를 조합한 시스템도 검토되고 있으며, 공정간 반송기와 조합시킨 시스템을 구성하는 것이 이후의 과제이다.

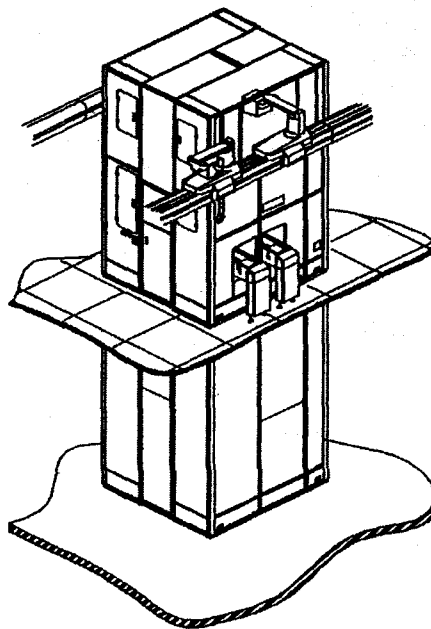


그림 7. Tall Stocker

6) 청정도 유지 방법

- 공정간 반송기

공정간 반송기에 사용되는 천장반송기는 반송물을 클린한 상태로 유지해야 하는 것은 물론 그 반송기 자체로부터의 발진을 제거하고 아랫쪽에 있는 바닥면 위의 제조장치에 악영향을 끼치지 않는 것이 중요한 기술의 하나이다. 200mm에서는 그 요구가 상식이 되어 있다. 300mm Fab에서는 FOUP의 채용으로 이 요구가 낮아질 수 있는 가능성이 보였으나, 사용자의 상상에 의하여 이 요구가 여러 가지로 나타나리라고 예상된다.

- 공정내 반송기(OHT)

OHT는 공정간 반송기와 같은 기술을 채용하고 있으나, 레일이 위아래로 반대로 되기 때문에 청정도의 유지방법은 다른 방법이 필요하다. 또 요구값도 사용자에게 따라서 다르다(그림 8 참조).

대차가 주행중에는 가이드 차륜으로부터 발진을 흡인하고, 대차가 정지후 이재동작으로 바뀌는 경우에는 공기유로를 바꿔 이재기로 부터의 발진을 흡인하는 구조로 했다. 이렇게 함으로써 Class 1을 유지가능하였다.

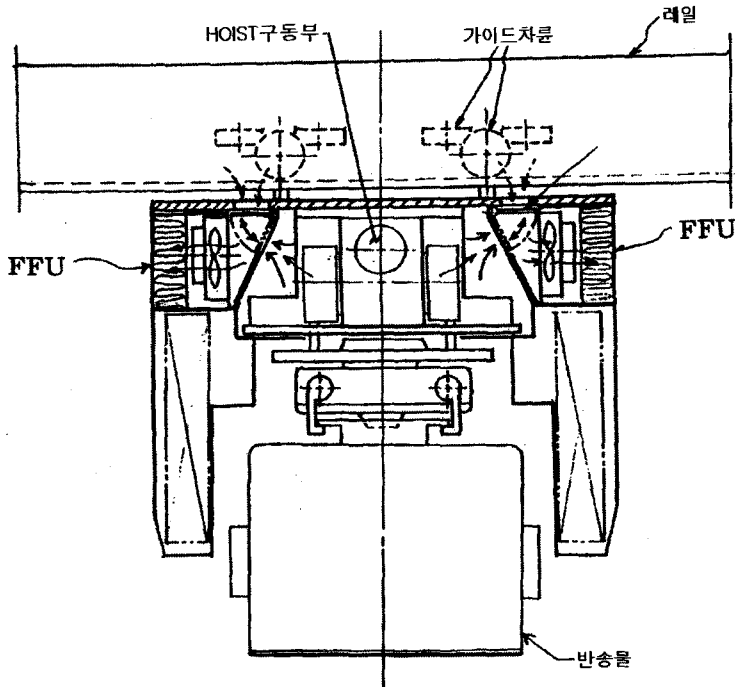


그림 8. OHT의 청정도 유지 방법의 예

4. 새로운 반도체 제조장치의 구성법

4.1 Cluster Tool의 현황

플라즈마가 반도체 제조 프로세스에 도입된 당시는 한 번에 여러 장의 웨이퍼를 처리하는 Batch 처리 방식이 주류였다. Batch 처

리방식에는 한 번에 대량의 웨이퍼를 처리 가능하기 때문에 높은 생산효율이 얻어지지만, 반면 프로세스의 성능과 균일성에 한계가 있다. 64kbit DRAM의 시대부터 프로세스 기술의 고도화와 웨이퍼 대구경화에 따른 Batch 처리 방식으로는 대응될 수 없는 프로세스가 나타나 웨이퍼를 한 장씩 처리하는 방법이 도입되게 되었다. 현재에는 RIE(Reactive Ion Etching), PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)를 시작으로 Ashing, CVD, 열처리, Wet 세정등 다수의 프로세스에 날장처리방식이 채용되었다. 날장처리방식은 보다 고성능의 프로세스가 가능하고 균일성도 우수하지만, 프로세스 장치 단독으로는 생산효율이 낮다. 프로세스 성능, 균일성 및 생산성을 양립시켜야만 하

고, 날장처리 멀티챔버방식이 1980년대 후반에 제안되었고, 현재는 주류가 되었다. 날장처리 멀티챔버방식에서는 한 대의 플랫폼에 복수의 프로세스챔버나 로드록구 챔버를 접속한 Cluster Tool에서 동시에 복수장의 웨이퍼를 처리가능하다. 게다가 웨이퍼를 클린룸의 대기에 접촉시키는 일없이 연속적으로 복수의 프로세스를 수행할 수 있기 때문에 웨이퍼 반송시의 대기로부터의 웨이퍼표면의 수분이나 유기물, 입자의 부착을 억제시킬 수 있다.

날장처리 멀티챔버방식은 고성능 LSI의 고효율 생산을 실현하는데 필요불가결하고, 이후에도 점점더 넓게 도입될 것이지만 현재의 Cluster Tool(그림9)의 구성법에는 하기와 같은 개선의 여지가 있다.

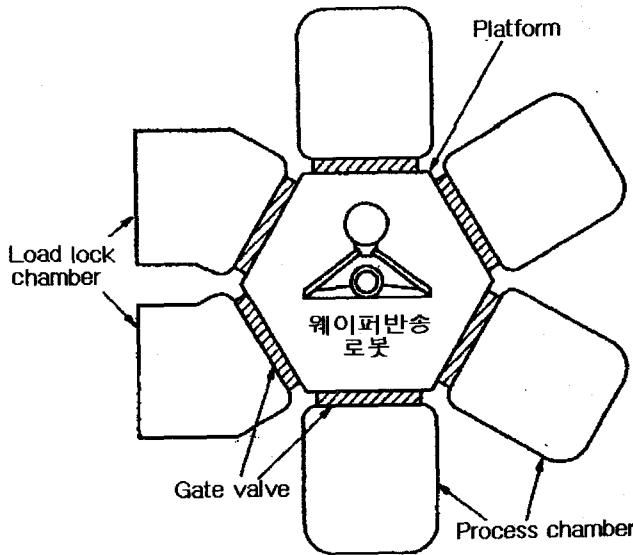


그림 9. 현재의 Cluster Tool 구성

- (1) 장치 Footprint (장치전유면적)이 매우 크다.
- (2) 프로세스 챔버가 축대칭이 아니다.
- (3) Gatevalve를 다용하기 때문에 장치가

격이 비싸다.

1)에 대해서 보면,

클림중의 장치설치면적과 장치반송면적을 축소하기 위해서는 장치 Footprint의 축소가 필수적이다. 300mm 웨이퍼 대응 프로세스 장치의 Footprint는 현재의 200mm 웨이퍼 대응 프로세스 장치의 1.4배 이하로 되지 않으면, 타산이 맞지 않는다고 알려지고 있다.

2)에 대해서는,

웨이퍼가 원형이기 때문에 프로세스의 균일성을 고려하면 프로세스챔버 내면의 구조는 축대칭이 요망된다. 축대칭이 되어 있지 않으면, 특히 챔버크기를 축소하고 싶을 때 플라즈마의 확산이나 챔버벽면을 흐르는 고주파 전류의 불균일성에 의한 플라즈마의 편류 및 가스류의 불균일성에 의하여 프로세스 웨이퍼면 내 균일성이 깨어진다. 현상태의 클라스타툴에는 프로세스챔버 측면에 웨이퍼를 반송하기 위한 긴 슬릿트가 설계되어 있고 전체 축대칭 구조가 되어 있지 않은 경우가 많이 있다. 이와 같이 현재의 클라스타툴에는 개선의 여지가 있기 때문에 이 구조는 크게 바뀔 것이다.

4.2. 플라즈마 프로세스 장치가 만족시켜야 하는 요건

반도체 플라즈마 프로세스의 역사는 아직 짧고, 플라즈마 프로세스장치도 장치고유의 다수의 문제를 내재하고 있다. 경험에 의지하면서 프로세스 조건의 최적화를 행함에 의하여 고성능 프로세스를 만들 목표로 할뿐만 아니라 장치상의 근본적인 문제가 무엇인가, 어떤 요건을 만족시키지 않으면 안되는가 까지를 명확히 한 후에 요구를 만족시킬 수 있는 플라즈마 장치를 조기에 개발할 필요가

있다.

CVD나 RIE 경우에는 웨이퍼의 대구경화 및 프로세스의 고속화에 따른 웨이퍼 표면으로 부터의 단위 시간당 방출되는 반응생성물인 가스량이 증가하기 때문에 충분히 주위를 요한다.

좋은 프로세스를 수행하는데는 적어도 5배 이상의 원료가스를 공급할 필요가 있다. 그래도 실제적으로는 기판표면 근처를 흐르지 않고 직접 배기되어 버리는 원료가스가 존재하기 때문에 더욱 많은 원료가스를 흘리지 않으면 안된다. 감압하에서 이렇게 많은 가스량을 배기하는 능력을 갖는 소형 Molecular Pump는 없다. 프로세스 공간이 넓으면 기판표면 부근을 흐르지 않고 직접 배기되어 버리는 원료가스의 비율이 높아진다. 원료가스의 유량은 펌프의 배기속도로 제한하기 때문에 프로세스 공간의 간격을 가능한 한 좁게 하여 가스소비를 줄이지 않으면 안된다. 프로세스공간의 간격은 CVD에서는 1-3cm, RIE에서는 기판의 중앙부와 끝부분에서의 압력차를 고려하여 300mm 웨이퍼에서는 3-5cm가 적당하다. 프로세스 공간의 간격을 좁게 하려면 가스의 도입 방법도 고려하는 것이 좋다.

프로세스의 균일성을 유지하는 데는 원료가스 밀도 및 반응성물질 밀도가 웨이퍼면 내에서 균일할 것이 요구된다. 이 조건은 샤워플레이트를 이용하여 웨이퍼면 내에서 균일한 원료가스의 공급과 웨이퍼 주변으로 부터 균일하게 가스를 배기함으로써 실현가능하다. 웨이퍼 주변에 균일하게, 게다가 대유량의 가스를 배기하기 위해서는 복수의 분자펌프, 혹은 배기구를 웨이퍼 주변의 축대칭한 위치에 배치하여 프로세스 공간과 펌프간

의 가스 컨덕턴스를 억제시키지 않고 배기하는 병렬 배기방식이 적용된다. 이와 같이 차세대 PECVD 및 RIE에 사용가능한 플라즈마원은 프로세스 공간의 간격을 수 cm이하로 하여 플라즈마의 균일성을 유지가능하게 되었다.

4.3 3차원입체화 Cluster Tool
(Vertical Intergrated Cluster Tool)

그림 10에 새로운 Cluster Tool의 구성도를 나타냈다. 종래의 Cluster Tool에서는 프로세스 챔버나 Load Lock 챔버가 Platform의 측면에 접속되어 있는 것에 반해 이 Cluster Tool에서는 프로세스 챔버나 Load Lock 챔버가 Platform 위에 설치되어 있다. 종래의 Cluster Tool과 같이 챔버가 수평방향에 접속

되어 있지 않고 종방향에 집적화되어 있다는 의미에서 3차원 입체화 Cluster Tool이라고 불리운다.

종래의 Cluster Tool에 대해서 3차원입체화 Cluster Tool의 특징은 다음과 같이 요약될 수 있다. 첫째, Footprint가 매우 적다. 이것은 프로세스 챔버나 Load lock Chamber가 Platform 상부에 설치되어 있기 때문에 프로세스 챔버나 Load lock Chamber의 면적이 가산되지 않고 Platform의 Footprint가 거의 그대로 Cluster Tool의 Footprint가 되기 때문이다. 한편, 배기용 분자펌프는 모두 Cluster Tool의 하부에 설치되어 분자펌프 설치에 따른 Cluster Tool의 Footprint가 증가하는 것은 없다.

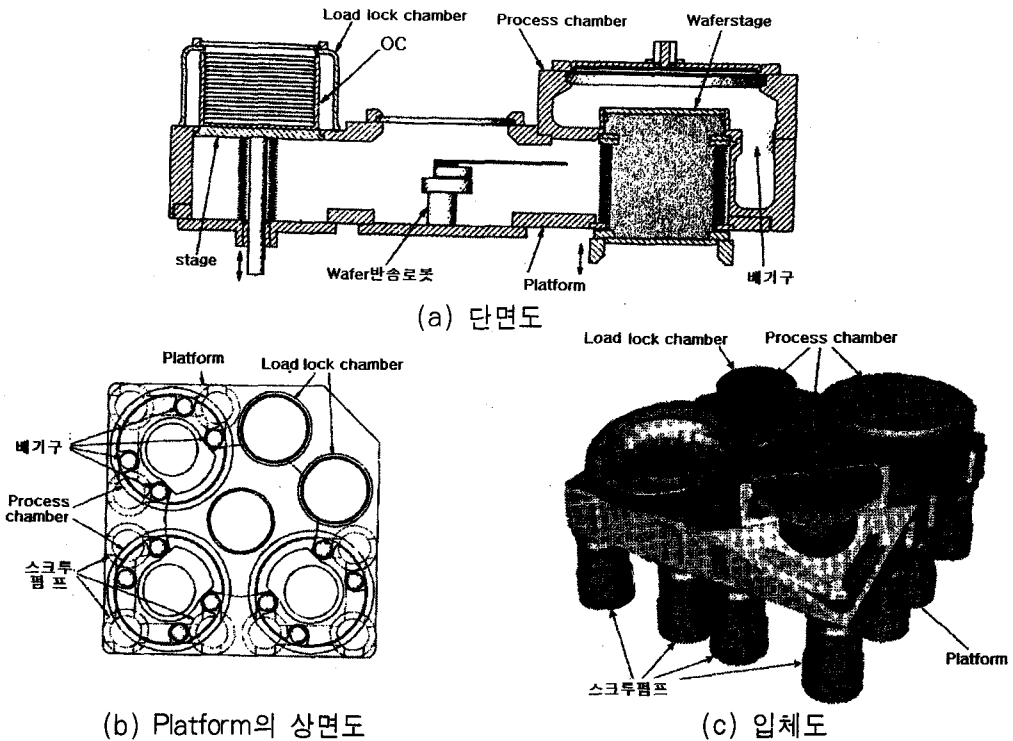


그림 10. 3차원 입체화 Cluster Tool의 구조

두 번째의 특징은 프로세스 챔버가 완전히 축소되기 때문에 프로세스의 웨이퍼 내의 균일성이 얻어지기 쉬운 것이다. 이 Cluster tool에서는 스테이지의 상하에서 웨이퍼를 운송하기 때문에 프로세스 챔버 측면의 웨이퍼 반송 Port가 불필요하다. 이 때문에 축대칭의 프로세스챔버가 개발되어 프로세스챔버내의 가스의 흐름이나 챔버 벽면을 흐르는 고주파 전류 흐름의 불균형에 의한 플라즈마의 편류가 발생되지 않기 때문에 챔버내경을 웨이퍼 경에 가깝게 해도 프로세스의 균일성이 깨지지 않는다. 이 처럼 프로세스 챔버가 축소된 것은 컴팩트한 프로세스 장치를 실현하는 필수 조건이다.

4.4 새로운 감압밀폐 Port BOUP의 도입

300mm 웨이퍼 시대의 반도체 제조공장의 레이아웃 방식으로서 일반적으로 Bay 식이 주류를 이루고 있다. Bay 방식은 클린룸 분위기가 Bay 내측의 웨이퍼를 반송하기 위한 클린에어리어와 Bay 외측에 장치가 설치되어 있어 메인터넌스를 수행하기 위한 메인터넌스존 및 Operator가 장치를 조작하기 위한 Operation Area로 분리된다. 전체의 장치는 Through the Wall 방식으로 설치되어 Bay 사이나 Bay 내에서는 완전자동으로 웨이퍼가 반송된다. 클린룸의 청정도는 클린에어리어에서 Class 0.1, 메인터넌스 에어리어에서 Class 1000, Operation 에어리어에서 10000 정도이다. 클린룸 분위기로 부터 웨이퍼 표면의 수분이나 유기물의 부착을 억제하기 위해서 특정 혹은 전체의 클린에어리어를 클린 Dry Air 분위기로 할 것도 검토하고 있다.

또 하나의 반도체 제조공장의 Layout 방식

으로서 Mini-Environment 내의 웨이퍼 반송을 채택한 One-Room 방식이 생각되어 질 수 있다. 클린룸의 분위기에 웨이퍼가 직접 접촉하는 경우가 없기 때문에 클린룸 청정도는 클래스 1000 정도로 좋다. Mini-Environment의 토론에서 SMIF 등의 감압밀폐 Pod를 사용한 웨이퍼 반송이나 Pod를 사용하지 않는 클린 Dry-Air 분위기의 터널내에서의 웨이퍼 반송등이 제안되어 있다. SMIF Pod는 밀폐용기이기 때문에 Pod의 개폐를 자동적으로 수행하기 위한 복잡한 기구가 필요하게 되고 공간도 필요하게 된다. SMIF Pod 방식과 Bay 방식의 클린룸을 비교해 보면 SMIF Pod 방식이 초기투자비가 든다. 이에 대해서 Bay 방식은 운전비가 다소 들지만 자동화의 면에서는 종래의 Open-Cassette를 그대로 사용가능하기 때문에 저가로 용이하게 실현 가능하므로 SMIF Pod 방식보다 초기투자비가 낮게 가능하다. 이 때문에 일반적으로 대규모 양산라인에는 Bay 방식이 적절하다고 생각한다.

그러나 Pod 자체와 Pod 개폐기구가 단순하고 가격이 싼 감압밀폐 Pod가 개발되면 사정은 달라질 수 있다. 이처럼 Pod의 도입으로 Bay 방식보다 더 Compact한 반도체 제조라인을 보다 저가의 제작 실현가능성이 나왔다.

5. 300mm 웨이퍼 대응기술의 전망과 과제 (사용자의 입장에서)

300mm 웨이퍼에 의한 생산은 반도체 메이커에게는 원가 저하의 수단 그 이상의 의미는 없다. 물론 미세화의 경향에 따른 최신

기술도 많이 포함되어 있다. 고객만족도를 향상시키기 위한 TAT(Turn Around Time) 제조법도 모색하고 있다. 그러나 주목적이 원가저감이라는 것은 메이커가 가장 중요시하는 것이다. 따라서 반도체 메이커는 300mm에서는 협력하여 지난 200mm까지의 Fab의 불필요한점을 없애기 위해 여러 가지 활동을 하고 있다.

- J300에 의한 표준화 활동

- 반도체 제조장치의 평가를 공동으로 수행하는 기관으로 (주)반도체선단테크놀로지(Selete)의 설립

300mm화의 목적이 코스트의 저하라는 것으로 부터 FOUP를 이용한 Mini-Environment도 이러한 취지에 맞는 형태로 개발되어 왔다고 생각하고 있다. 200mm까지의 Mini-Environment에서는 SMIF POD가 밀폐용기이기 때문에 사람이 그것을 가져 날라도 그 속이 있는 웨이퍼가 오염되지 않고, 또 공정내의 장치교환 등도 옆에서 생산을 수행하면서 행할 수 있게 되었다.

그러나, 클린룸의 청정도는 클래스 100정도로 운영되어 에너지 절약의 관점으로 부터 만족되는 것은 아니었다. 300mm에서는 클린룸의 청정도를 가능한 한 내려 운전비를 절약하고자 하고 있다. 또 웨이퍼 중량(약8Kg) 때문에 필수적인 자동운송도 청정도를 요구하지 않는 것으로 운전비를 절약하고자 하고 있다. 이러한 경험을 토대로 미래에는 “꿈의 Cleanroomless Fab”를 목표로 하고 있다.

FOUP 및 이의 개폐를 행하는 Opener에 관해서는 이미 개발 완료된 것도 있으나 상호성을 확인하는 단계에서 불합리(일부는 표준사양으로 요구)도 확인되었다. 그러나 성

능에 관해서는 예상하고 있는 것이 얻어져 기술 선택에 실수가 없었다는 것도 확인되었다. 이후에는 이러한 불합리를 조기에 찾아 수정함으로써 최종적으로 양산될 수 있도록 하여야 한다.

한편 투자환경의 변화는 300mm 공장의 설비투자 방법에도 영향을 미치고 있다. 지금까지 200mm 라인에서는 월산 2~3 만장 규모의 공장을 건설하여 왔으나, 300mm를 기점으로 규모를 다시 검토하고 있다. 여기서 나온 것이 Mini-Fab의 개념이다. 컴팩트한 공장에서 초기투자비를 줄이고 수요에 대응될 수 있는 생산능력만을 유지하려는 것이다. 물론 상황이 나아지면 확장도 가능한 구조이다.

6. 맺음말

300mm 공장의 양산은, 반도체 시장의 악화에 의한 수요의 격감, 장치가격의 저감과 신뢰성 및 생산성 확보의 불충분, 어려운 투자환경에 있어서 미세화를 선행시킬 수 밖에 없는 것 등 3가지 이유로 당초의 예상보다 1-2년전도 연기되어 2001년 이후가 될것이라는 것이 일반적인 견해가 되었다. 지금은 200mm 공장의 미세화와 이에 대한 추가투자에 머무르고 있으며, 한편으로는 Selete를 중심으로 장치의 평가를 추진하여, 장치의 완성도, 라인의 생산성을 상세히 검토하고 수요회복을 기다리는 상황이다. 공장규모의 재검토도 진전시켜 Mini-Fab에 의한 검토도 시작되었다. 어닝튼 200mm 보다 300mm로 생산하는 것이 싸다라는 잇점의 확인이 선결 과제이다.

300mm화의 추진은 200mm에 대해서 칩당 30%전후의 잇점이 있으면 가능하다. 가격은 설비가격, 가동비, 웨이퍼가격으로 정해진다. 이것을 자세히 살펴보면, 200mm와 비교해서 가격 잇점은 아직 없다는 것이 결론이다. 이 중에서 초기투자에서 큰 비중을 차지하는 것이 설비, 장치의 가격이다.

즉, 200mm 대응의 장치와 비교해 생산성은 같고 20-30%정도 비싸다. 가격, 납기등 장치메니커에 대한 요구는 매우 어려운 문제점들이다. 장치메이커를 더 육성하여 상호경쟁을 유발시켜야 한다는 의견도 있다. 가동비의 면에서는 웨이퍼의 면적이 200mm에 비해 2.5배이기 때문에 가스나 약품 등의 소비도 증가된다. 그 비용을 200mm에 비해 2배 이하로 하고싶다는 희망이다. 웨이퍼 가격은 현재 300mm가 1장에 50-60만원이지만 이것을 20-30만원까지 내리기를 원하고 있다.

300mm로 가격 우위를 달성하는 것은 다 품종 소량생산 보다는 소품종 대량생산이 유리하다. 300mm화에 선착하리라 예상되는 Intel은 고부가 가치의 MPU, Texas Instru-

ment(TI)는 DSP에 각각 특화되어 있어 그 잇점은 매우 크리라 예상된다. 일본과 한국의 반도체 메이커는 대량생산이라고 하면 DRAM이지만, 과대 생산으로 큰 폭의 가격 하락이 작년의 반도체 불황의 원인이 되었다. 이러한 상황속에서 생산량의 확대를 가져오는 300mm 양산라인의 가동이 연기되는 것은 당연한 결과이다. 그럼에도 불구하고 차기의 신규공장은 200mm로는 하지 않겠다는 회사가 많다. 2-3년후에 신규공장을 지을 때는 장치, 설비의 신뢰성, 가격을 검토하여 잇점이 확인되면 300mm로 이행하려는 것이 많은 메이커의 생각이다.

-참고 문헌-

1. 특집[300mm Fab 관련 기술의 동향], 클린테크놀로지, 1998. 11
2. 특집[300mm 웨이퍼시대의 기술], 클린테크놀로지, 1997. 12
3. 에어로졸심포지움 [300mm 웨이퍼 대응기술의 전망과 과제], 일본 에어로졸 학회, 1999. 2. 5, 總評會館(일본,동경)