

# 차세대 300mm Wafer 반송 시스템

조 상 준 | 신성이엔지  
기술연구소 소장

E-Mail : chosj@shinsung.co.kr

## 1. 서론

시냇가 모래를 금싸라기로 바꾸어 엄청난 부가가치를 창출하여 우리나라의 국력신장에 기여하였던 반도체 산업은 수요자로부터의 요구와 동종업계 사이의 격렬한 경쟁으로 급격한 가격하락에 따른 채산성 악화라는 예기치 못한 상황에 직면하게 되었다. 이 국면을 탈출하기 위해서는 생산원가의 저감을 피해야 하며, 이는 생산성 향상을 위한 웨이퍼의 대형화와 패턴의 미소화, 생산설비 투자비 절감이 절실하게 요구되고 있다. 이 과정에서 거론되고 있는 것이 300mm 웨이퍼를 사용하여 반도체를 생산하려는 시도이다. 단지 웨이퍼의 직경이 커짐으로 모든 것이 해결되는 것은 아니며, 이에 따른 생산장비를 포함하는 모든 설비와 기술의 발전이 병행되어야 하는 전제조건이 만족되어야만 한다.

반도체 메이커는 반도체의 고집적화와 미세가공 기술의 개발에 의하여 높은 기능의 LSI를 저렴한 가격으로 제공할 수 있게 되었다. 0.25 $\mu$ m 세대 이후에는 더욱 코스트의 저감을 위해서 웨이퍼를 200mm로부터 300mm로 할 필요성이 더욱더 대두되었다.

특히 200 → 300mm 화에 있어서는 프로세스의 어려움, 웨이퍼 중량의 증가 등에 의한 근본적인 자동화의 필요성 등으로 기술적 수준 차이가 과거의

경우와 비교해서 매우 크다.

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 $\mu$ m 이하의 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 배경하에서 개최된 SEMICON WEST 2000은, 세계 반도체 산업의 회복을 반영하듯, 전시장은 활기를 더했다. 전 공정(Process)장치 분야에서는 300mm 방향의 장치가 완전히 주류였다. 전 시장에서는 새로운 Concept의 기종이 다수 전시되었고, 200mm로부터 300mm로 진행되는 Bridge Tool의 경향이 나타났다.

네덜란드 ASM Lithography사는 200mm & 300mm Wafer에 대응 가능한 Bridge Tool로서 "Twin" 이라는 이름을 붙인 장비를 전시했다.

NIKON도 동일 사양의 기종을 전시하고 있고, 200mm와 300mm가 당분간 공존하고 있는 느낌이 들었다.

또 한가지 경향은 Total Solution화로, 구체적인 예로서는 Process Module화 = 300mm 양산 라인의 Process Module 자동화였다. 또, Network화, 소형화, 에너지 절약화가 하나의 Trend 이었다. 본고에서는 300mm 웨이퍼 Fab.에 있어서의 장치와 자동화 현황과 미래의 System에 대해서 간단히 소개하고자 한다.

## 2. 300mm Fab. 장치의 인터페이스 및 자동화 현황

### 2.1 Integrated Mini-Environment

300mm Fab.의 기본 개념은 국소공간만을 고정 정도로 유지하고, 기타의 부분은 Class 1000의 낮은 청정도로 유지하여 클린룸의 건설비와 유지비의 절감을 꾀하는 것이다. 그림 1은 Mini-environment (ME)의 대표적인 기능을 나타낸 것이다.

우선 ME는 클래스 100-1000으로 청정도가 낮은

클린룸 내에 설치되는 Integrated ME라고 칭하는 시스템으로써 I300I에서는 추천하고 있다. 이 Integrated라고 하는 것은 로봇 내에 있는 웨이퍼나 장치 내에서의 핸들링 중의 웨이퍼, 프로세스중의 웨이퍼를 청정하게 유지할 수 있는 환경으로 Pod door의 개폐기구나, Pod로부터의 Load/Unload 시스템이 일체화되어 있는 것을 의미한다. 천장부의 급기덕트를 경유하여 직접 공기를 공급하는 방식 (Facility supplied ME)은 맞지 않다고 생각하고 있다.

예를들면, 일본에서 고려하고 있는 ME는 이미 장치 쪽의 부분에서 독립적으로 FFU를 설치한 것으로서, Facility supplied ME가 되는 방식은 일본에서는 지금까지는 별로 받아들여지지 않고 있다.

300mm 웨이퍼는 13장 혹은 25장을 수평으로 10mm 간격으로 넣고 측면 전방부에 뚜껑을 갖는 FOUP(Front Opening Unified Pod)라고 불리는 용기에 수납되어 운송된다. 운송되어 온 FOUP

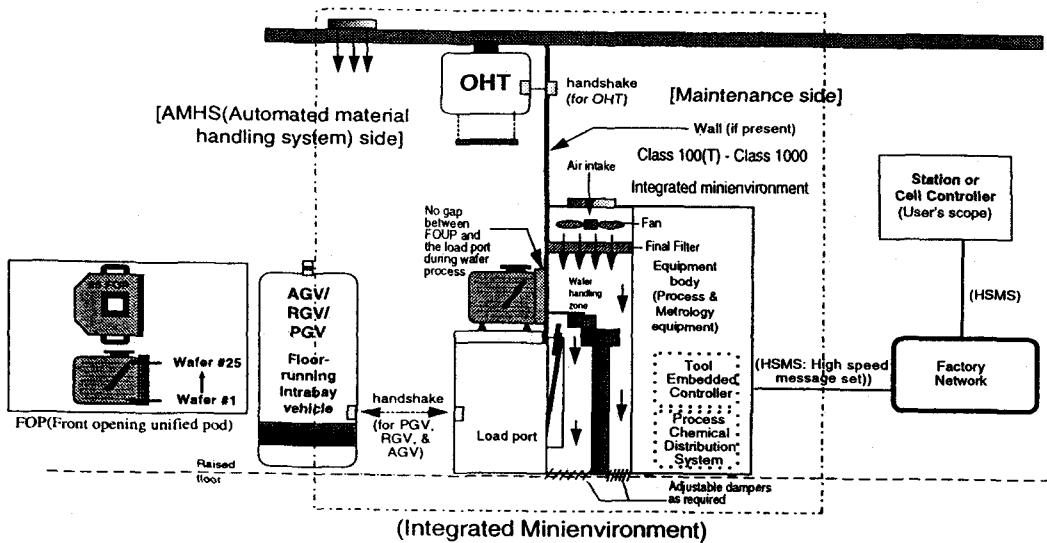


그림 1. Mini-Environment의 한 예

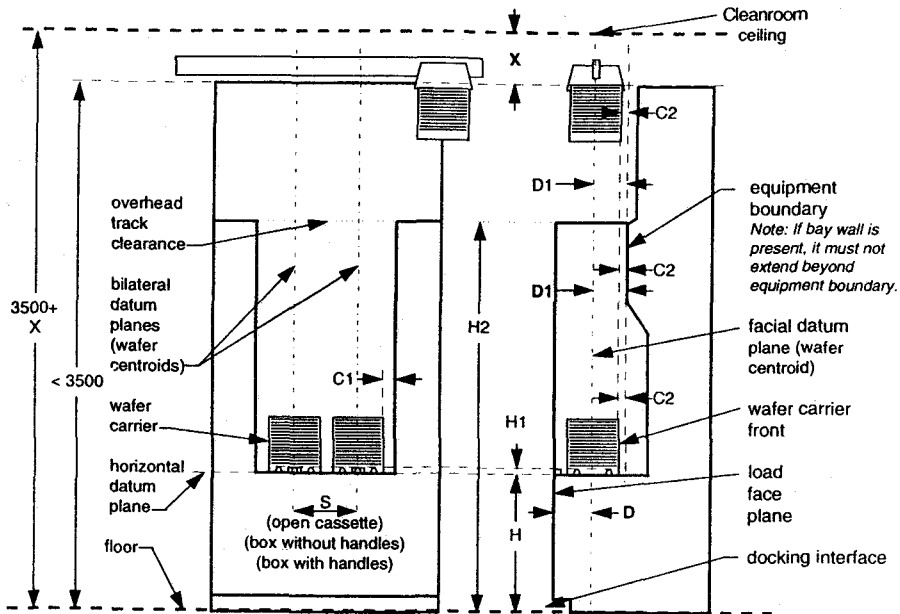


그림 2. SEMI E15.1에서 정한 Loadport의 크기

를 여는 로봇은 SEMI E15.1 과 E62에서 규정되어 있는 FIMS(Front Opening Interface Mechanical Standard) Interface를 가지고 있다. 자동문의 개폐에 의하여 덮개가 열린 후 장치내의 핸들링 로봇에 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 공간 반송에 사용하는 반송시스템으로서는 전술한 그림 1의 OHT(Overhead Transport; 천장 운송)이 제안되고 있다. Host가 본체로부터 내려와 FOUP 상부의 돌기부를 잡고 소정의 높이까지 들어올린 후 다음 장치까지 운송한다.

미국에 있어서는 AGV의 도입이 안전규격상 곤란하기 때문에 OHT가 제안되어 있으나, 비교적 자

유로운 장소에 놓여 있는 장치로의 이동, 장치까지 최단거리 이동 등으로 베이면적 축소에 이점이 있다. 그러나 이 운송형태는 Load port의 위치를 일직선상에 배치함으로써 이점이 실현되기 때문에, OHT가 장착될 수 있는 Load port의 크기와 위치를 그림 2에 나타난 바와 같이 세세하게 규정할 필요가 있다. OHT가 응용될 수 없는 경우에는 바닥면 운송방법인 AGV(Auto Guided Vehicle; 자동 운송로봇)나 RGV(Rail Guided Vehicle; 궤도운송로봇)를 상황에 따라 사용하기로 되어 있다. 또, PGV(Personal Guided Vehicle; 수동운송용카트)는 주로 Exception Wafer의 운송이나 AMHS의 고장 시에 사용되어 진다.

## 2.2 AMHS SYSTEM 기기 등의 현황

300mm형 AMHS의 Key Word는 High Throughput, Less of Transfer Lead Time,

Flexibility, Small Foot Print, Cost Saving이다.

이들에 대응해야만 하는 AMHS, Robot, FOUF 업체도 표준화 활동에 적극적으로 참가하여 제품개발을 추진하여 온 결과, 앞에서 말한 것과 같이 OHS, Stocker, OHT, AGV, RGV, PGV, Clean Lifter, EFEM, FOUF 등이 정해졌다. 표 1에 세계 AMHS 업체 중 TOP 4개 회사의 사양을 비교해 놓았다. 그 몇 개를 300mm 대응 AMHS Key Word를 염두에 두고 검토하여 보았다.

### 1) OHS

OHS는 1980년대부터 반도체 공장의 공정간 반송에 채용되어 온 기종이고, 당초는 대차에 DC Motor를 탑재하고 Power Rail로 대차측 집전자에 의해 DC 24V를 얻어 대차의 차륜을 회전시켜 주행했다. 그 후, 고정정화가 요구되는데 대응하여, DC 밀폐 모터, AC 모터, 지상 1차 Linear 모터, 자기부상 Linear 모터, 차상 1차 Linear 모터+비접촉 급전 시스템으로 변천하여 지금에 이르고 있다. 300mm 시대의 반도체를 향한 OHS 사양으로서는 고정정도, 높은 반송능력, 높은 유연성, 높은 신뢰성, Maintenance free화 등의 기능이 요구된다.

표 1에 나타난 것과 같이 청정도는 4개사 모두 Class 1, 0.1 $\mu$ m에 대응되고, 설치 청정환경에 충분한 사양이 되고 있다. 대차의 주행속도는 100~120m/min으로 4개사 모두 큰 차이는 보이지 않는다. 반송능력에서는 3개사는 동등하고 1개사가 1000이하/h/Loop이다. 분지·합류기능은 4개사 모두 갖추고 있고, Shortcut 최단거리 주행에 의한 반송시간의 단축 및 반송능력 향상에 대응하고 있다.

이 기능은 300mm 시대의 Mini Fab화 투자에는 필수불가결한 기능이 된다.

이유는 공장 투자가 Phase로 구분되어 이루어지고, 가동해가면서 증설되거나 통합되거나 하는 것

이기 때문이다. 배전이나 구동방식에는 현재 3가지 형태가 있다. 그첫번째가 Linear Motor를 레일측에 붙여, 대차는 간단히 차륜만이 부착된 간단한 구조이다. 이 타입의 특징은 당초 작업조정을 완전히 하면, 이후 안정성이 높은 것이 있다. 다음이 Linear Motor를 대차측에 붙이는 경우이다. 이 타입의 특징은 Linear 모터를 대차측에 부착시켰기 때문에, 어떤 때에도, 어떤 장소에서도 정지·가속·감속이 가능한 것이고, Layout 변경에 유연성이 높다. 또 Actuator 등을 대차에 탑재하는 것이 쉽기 때문에 많은 Application에 대응 가능하다. 3가지가 Battery 대차식이고 레일 구조가 간단하고 경량화가 가능하고 대차 자신이 자유롭게 어떤 처리에서도 주행가능하기 때문에 유연성이 높다. 이 급전과 구동방식 3가지 타입에는 이상과 같이 각각의 특징을 갖추고 있고 Fab. Layout이나 장래의 변경을 고려하여 최적의 급전&구동 시스템을 선택하는 것이 중요하다.

### 2) Stocker

Stocker는 1970년대부터 Stand Alone 방식으로 채용되어 왔다. 보관수도 10~20/대, 20~80/대, 100~200/대도 있고, 보관수에 따라 Stocker 형식이나 이동 적재 Robot형식이 변화된 것들이 개발되어 왔다.

300mm FOUF는 200mm BOX와 비교해서 약 2배의 크기가 된다. 한편 클린룸의 극소화는 에너지 절약형이나 지구 환경보호 입장에서 300mm Fab.에서도 중요한 과제의 하나이다. 따라서 Stocker 높이를 200mm 시대의 2배로 하고, 평면적을 200mm와 동등하게 하는 Idea가 나왔다. 즉, Stocker 높이를 4m에서 8m로 된 것이 개발되었다.

이동 적재식 구동기구는 각 사가 특색이 있는 것

표 1. 300mm AMHS Maker 사양비교표

	Maker 사양	A Co.	B Co.	C Co.	D Co.
OHS	Cleanliness	Class1, 0.1 $\mu$ m	Class1, 0.1 $\mu$ m	Class1, 0.1 $\mu$ m	Class1, 0.1 $\mu$ m
	주행속도	120m/min	120m/min	120m/min	100m/min
	이동적재시간	7sec	7sec	7sec	6sec
	반송능력/시간	Max1400/h/Loop	Max1400/h/Loop	1000이상/h/Loop	1000이하/h/Loop
	분지·합류기능 급전&구동방식	있음 지상 1차 Linear식	있음 비접촉 차상 1차식	있음 비접촉 차상 1차식	있음 Battery 대차식
Stocker	Cleanliness	Class1, 0.1 $\mu$ m	Class1, 0.1 $\mu$ m	Class1, 0.1 $\mu$ m	Class1, 0.1 $\mu$ m
	Cycle time				
	높이 8m Type 4m Type	18sec/AVE 12.5sec/AVE	19sec/AVE 15sec/AVE	18sec/AVE 14sec/AVE	17sec/AVE 14sec/AVE
OHT	Cleanliness	Class100, 0.2 $\mu$ m	Class1 F.S.209D	Class100, 0.1 $\mu$ m	Class1 F.S.209D
	주행속도	120m/min	120m/min	120m/min	60m/min
	이동적재시간	15/sec	11.5/sec	14/sec	15/sec
	반송능력/시간	130/h/Bay	200/h/Bay	120/h/Bay	90/h/Bay
	분지·합류기능 급전 & 구동방식	있음 비접촉 차상 1차식	있음 비접촉 차상 1차식	개발중 비접촉 차상 1차식	있음 Battery 대차식
AGV	Cleanliness	Class1, 0.1 $\mu$ m	Class1, 0.1 $\mu$ m	Class1, 0.1 $\mu$ m	Class1, 0.1 $\mu$ m
	탑재 FOUN 수	2	2	2	2
	주행속도	60m/min	60m/min	100m/min	60m/min
	이동적재시간	17/sec	15/sec	12/sec	15/sec
	반송능력/시간	140/h/4대	130/h/4대	150/h/4대	130/h/4대
	급전방식 유도방식	Opportunity Guideless 식	Opportunity Pattern Type	Opportunity 자기 Spot 징식	Opportunity 자기 Tape
RGV	Cleanliness	Class100, 0.1 $\mu$ m	Class100, 0.1 $\mu$ m	Class100, 0.1 $\mu$ m	Class100, 0.1 $\mu$ m
	탑재 FOUN 수	1 (2)	1 (2)	1 (2)	1 (2)
	주행속도	120m/min	120m/min	6km/h	60m/min
	이동적재시간	7/sec	7/sec	10/sec	10/sec
	반송능력/시간	110/h/대	105/h/대	110/h/대	60/h/대
	전원공급방식	비접촉 대차 1차식	비접촉 대차 1차식	비접촉 대차 1차식	비접촉 대차 1차식
	주행궤도유무	가이드 식	있음	있음	있음
Clean Lift 유무	OEM	OEM	OEM	OEM	

(주) Clean Lifter는 DSK가 Share 80%를 확보하고 있고 세계 No 1의 업체이다.

을 개발하였지만, 한가지가 이동 적재식과 횡방향 이동 기능을 일체로 한 것을 Wire 구동으로 승강시키는 방식이다.

이 방식이라면 높이 방향으로 자유도가 높게는 9~20m도 가능하다. 이 예를 그림 3에 보였다.

청정도는 4사 공통으로 Class 1, 0.1 $\mu$ m 대응이 되고 설치 클린 환경에 충분한 사양이 되고 있다. 사이클 타임도 17~19초/8m, 12.5~15초/4m가 되고 있다. 급전방식도 Cable과 비접촉 방식이 채용되고 있다. 각 각 길고 짧은 장소가 있고, 설치되는 제반 조건에 따라 최적인 것을 선택하는 것이 중요하다. Fab.의 바닥밀, 천장공간의 열린 부분을 유효하게 이용하여 보관효율을 높일 수 있다. FOUP의 채용으로 Stocker 내부의 요구 청정도 레벨이 저하된다는 것이 이 형의 스토카를 채용하는 이유이다. 그러나 기존의 Fab.에서는 불가능하며, 신설Fab.의 설계단계부터의 계획이 필요하다. 또 Mother stocker와 Micro stocker를 조합한 시스템도 검토되고 있으며, 공정간 반송기와 조합시킨 시스템을 구성하

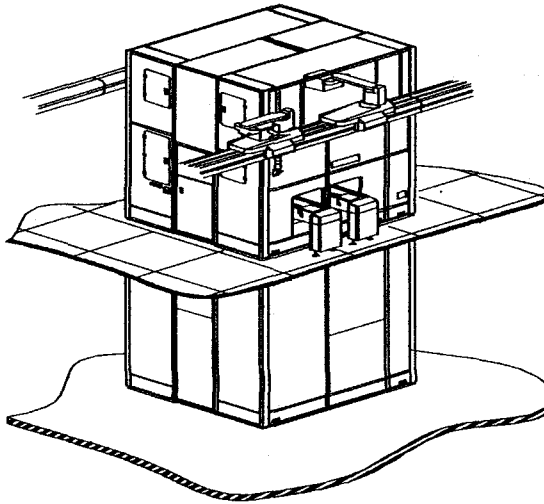


그림 3. Tall Stocker

는 것이 이후의 과제이다.

### 3) OHT

OHT는 구미의 반도체 업체에서는 반송물(FOUP)과 작업자의 동선이 완전히 분리될 수 있기 때문에 안전상 특히 주목되고 있는 기종이다. 현재도 제품개발·개선이 각 사에서 활발히 이루어지는 단계에 있는 것으로, 각 사별로 사양에 편차는 보이지만, 이후 동일 수준으로 될 것으로 생각된다.

청정도는 4개사 모두 Class 100, 0.1 $\mu$ m 대응이 되고 있고, 설치 청정환경(FOUP)에 충분한 사양이 되고 있다. 사이클 타임도 11.5~15초/사이클이 되고 있다. 급전방식도 Battery와 비접촉 방식이 채용되고 있다.

급전방식이 Battery인 대차에서는 통상의 주행은 Battery 전원으로 문제가 없지만, FOUP를 승강시키는 파워가 Battery 전원으로는 불충분하기 때문에, 각 스테이션에서 지상측으로부터 접촉급전을 하고 있다. 이 기구가 각 이동 적재부 지상측에 설치되고 있기 때문에, 배치 변경 시에는 이들 급전 설비를 이동시킬 필요가 있고, 많은 시간, 인력이 소요된다. 이 비접촉 방식은 이들 설비가 불필요하기 때문에 배치변경할 때에도 자유도가 높게 된다.

반송능력/시간은 가장 중요한 요소이고, 앞에서 말한 것과 같이 각 사의 승강 기능이나 급전 & 구동방식에 따라 90~200Bay와 큰 차이가 발생하고, 모두가 각각인 것이 현황이다. OHT는 8.5kg의 FOUP가 자유 낙하에 가까운 속도로 하강하기 때문에 안전상 작업자가 절대 FOUP 아래 들어가지 않아야 하는 것 같은 안전대책(지상측과 OHT 대차측)이 불가피하다.

이와 같은 승강기구나 급전방식에 각 각 장·단점이 있고 설치되는 제반 조건에 의해 최적인 것을 선택하는 것이 절대적이다.

#### 4) AGV

AGV 역사는 길게 1950년대부터 일반 산업공장의 자동반송 시스템에 채용되어 온 기종이다. 반도체 공장에서는 1980년대 초기부터 대형룸 방식의 Clean Room에서 Wafer Cassette Box를 공정간+공정내의 이동, 적재 Station 간 반송 시스템으로서 채용되고 있다. 그래서 200mm 시대도 많은 반도체 공장에서 공정내 반송기로서 채용되어 왔다. 청정도는 4개사 모두 Class 1, 0.1 $\mu$ m에 대응되고 있고 설치 Clean 환경에 충분한 사양이 되고 있다.

현재 주행속도는 60~100m/min이지만, 작업자와의 안전성이나 바닥 진동을 고려해 필요 반송량을 충분히 검토하고, 설정할 필요가 있다. 안전상 과거는 주행 속도를 30m/min으로 운용하고 있는 반도체 공장이 많다.

급전방식에서는 4개사 모두 Opportunity 방식을 채용하고 있고, 작업자에 대한 부담을 없애고 유지 보수 프리화로 추진되고 있다.

유도방식에는 4개사가 모두 각자 독자적인 특허를 내고 있다. 하나가 Guideless 식으로 바닥에 아무것도 설치하지 않기 때문에 Clean Room Down Flow를 방해하지 않는 큰 특징이 있다. 2번째가 Pattern Tape 방식으로 말하자면 얇은 PP 바 코드에 의해 AGV를 유도하는 방식이다. 가전제품 조립 공장에서 많이 채용되고 안정도가 매우 높은 유도 방식이다

자기 Spot 방식은 그레이팅 바닥에 1m 정도의 위치에 마그네트 징(釘)을 구멍에 끼워넣은 가이드 방식으로 시공이 매우 용이하다.

자기 Tape 방식은 마그네트 테이프를 바닥에 붙이는 방식이고, 주행 안정성이 매우 좋아 많이 사용되고 있는 방식이다.

이 같이 가이드 방식에 각 각 장·단점이 있고 설치된 제반 조건에 보다 최적한 것을 선택하는 것이

중요하다.

#### 5) RGV

1980년부터 Wet Station의 자동화에 정해진 번호의 기종으로 채용되고 있다. 청정도는 4개사 모두 Class 1, 0.1 $\mu$ m에 대응되고 있고, 설치 Clean 환경에 충분한 사양이 되어 있다.

주행속도는 60~150m/min이 되고 있지만, 작업자와의 안전성이나 바닥 진동, 필요로 하는 반송량을 충분히 검토해서 설정할 필요가 있다.

반송능력은 60~110/h/대로 현재 상태와 크게 차이를 보이고 있지만, 종래 방식의 주행궤도 타입과 주행궤도 없는 타입과의 차이가 생긴다고 생각된다.

전원급전방식은 과거의 대차축 집전자에 의한 지상 파워레일에서 집전방식에서 현재에는 4개사 모두 비접촉 대차 일차식에서 개량되어 왔다. 이 것에 의해 집전자에서 발전이 없고, 집전자의 마모에 의한 교환 작업도 불필요하게 되었다. 틀림없이 고신뢰성, 메인テナンス화로 진전되고 있다.

특히 주행 궤도타입과 주행궤도없는 타입과는 철거+조정/30m로 큰 차이가 생기고 있다.

RGV는 높은 주행 안정성, 고신뢰성, 저가, 저운전비 등 많은 특징을 갖추고 있고, 능숙하게 사용되는데 레이아웃을 포함한 시스템을 만들고 싶다.

이 같이 각 각 장·단점이 있고 설치된 제반 조건에 의해 최적인 것을 선택하는 것이 중요하다.

#### 6) Clean Lifter

Clean Lifter 역사는 대단히 길고, 고층 빌딩에 사용되고 있는 일반 EV 기술이 기초가 되고 있다. 현재 Clean Lifter 구조는 일반 EV 기술을 기초로 하고, 국소부 내부만의 청정도를 Class 1, 0.1 $\mu$ m로 하는 방식과 샤프트 내 전체 청정도를 Class 1, 0.1 $\mu$ m로 하는 방식 2가지로 나누고 있다.

실적으로는 국소부 내부만의 청정도를 Class 1, 0.1 $\mu$ m로 하는 방식이 압도적으로 많다. 이것은 높은 반송 속도, 높은 반송능력, 공간절약, 에너지 절약, 정전시 청정도 유지, 낮은 운전비, 보수 용이성 등 지구환경에 우수하게 많은 이점이 있는 특징을 갖추고 있기 때문이다.

그래서 최근 반도체 공장이나 액정 공정에서도 공정이 다층화하고 있어 Clean Lifter는 공정장치와 동등한 중요도를 차지하고 있다.

특히 300mm Fab. 고층화와 함께 클린룸 상하층 반송기가 공정상 불가피한 장치가 되고 있다.

지금은 Clean Lifter 전문업체 DSK사가 세계 No. 1 영역인 80%를 확보하고 있다. 영업 규모도 연간 약 15억엔에 이르고 있고, 중핵기업형 제품이 되고 있다.

현재 AMHS 기업의 대다수는 Clean Lifter에 관해서 전문업체에 OEM으로 조달하고 있다. 기업전략으로서 제한된 자사의 리소스를 자사 제품개발에 주력하고 있고, 이것에 의해 한층 우수한 제품화를 그리고 있다.

### 7) EFEM

반도체 기업이 공동으로 만든 Selete, I300I의 구성원은 SEMI도 포함한 세계연합에 의한 공동작업으로 표준화 활동을 하여, 그림 4에 보인 바와 같이 Fixed Buffer Type EFEM F.S. Model를 Standard화 했다.

그림 5에 이번 SEMICON WEST 2000에서 전시되었던 EFEM Solution을 나타냈다. 오늘날 SEMI일본에서 FOUF Loadport Interoperability Study

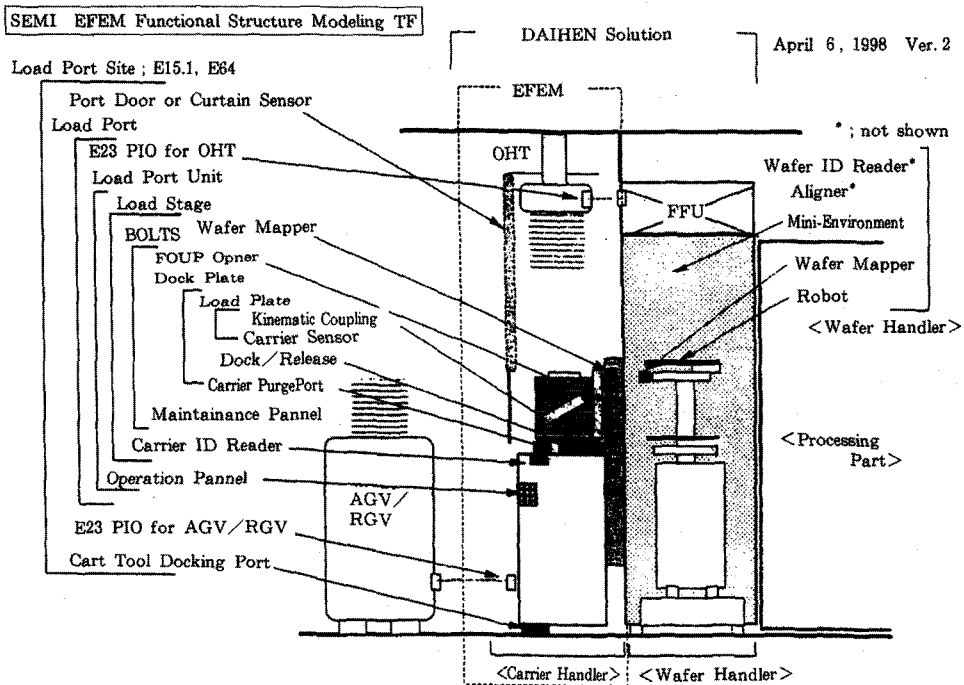


그림 4. Fixed Buffer Type EFEM F.S. Model



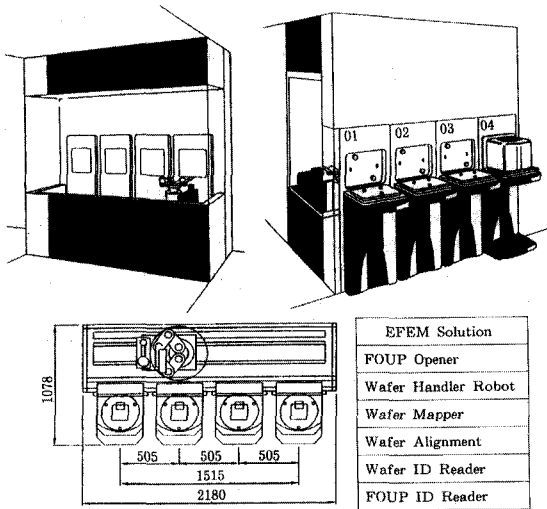


그림 5. EFEM Solution

Group이 I300I와의 협의를 통하여 FOUP Opener와 FOUP의 호환성 향상을 위한 활동을 적극적으로 하고 있다. 여기에 참가하고 있는 Robot & FOUP 업체 제품은 SEMICON WEST 2000에 전시했지만, FOUP Opener은 거의 SEMI Standard에 준하고 있다.

또, 동 전시회에서 FOUP Maker 제품의

FOUP도 SEMI Standard 준하고 있다.

FOUP 채용에 따라 요구되는 성능에는 ① 청정도에 관한 오염방지성 (이물 혼입방지, Latch 부로부터의 발진·Wafer 삽입, Teeth에서 발진·Out Gas) 세정성 (이물 제거율·건조속도), 대전량이나, ② 반송에 관한 FOUP Opener와의 상호성, 치수정도 (출하 시의 불균일도·온도 Cycle에 의한 경시변화), Wafer 보수성, 머쉬룸 강도, Latch 구조의 마모 등에 대응한 것일 것.

각 FOUP 업체와도 이들 요구에 대응해서 연구개발을 계속한 결과 상당한 완성도를 달성하였다. 우리들이 볼 때에는 제품화가 최신 업체별 FOUP의 최신 SEMI 기준이나 이들 요구를 충분히 만족할 만한 기회에 접해있다고 생각된다.

표 2에 EFEM System Maker 대표 6개사의 SEMI 기준에 따라 처리된 제품을 준비하는 상황을 정리해 보았다. 1개사의 일부의 기종이 준하지 않는 전략상 기종이 있지만, 규격에 준한 제품을 준비하고 있다.

이상 300mm에 대한 AMHS 주요기종의 현재 상태를 검토하였다. 다음으로 300mm Fab. 시대의 Wafer 자동반송 시스템의 동향을 고찰하고자 한다.

표 2. EFEM System Maker Comparison Table

Item	Maker	A Co.	B Co.	C Co.	D Co.	E Co.	F Co.
	FOUP Opener		○	△	○	○	○
Wafer Handler Robot		○	○	○	○	○	○
Internal Buffer		○	△	○	○	○	○
Wafer Mapping		○	○	○	○	○	○
Wafer Alignment		○	○	○	○	○	○
Wafer ID Reader		○	○	○	○	○	○
FOUP ID Reader		○	○	○	○	○	○

### 3. 300mm Fab. 반송시스템

반도체 공장에서의 반송시스템은 없어서는 안되는 생산설비가 되었다. 왜냐하면 300mm Fab.에 있어서의 대구경화에 의한 중량상승에 따라서 그 중요성이 더욱 증대되었으며, 인간공학으로 보면 200mm 시대에는 작업자의 손으로 반송하였던 것도 300mm에서는 자동화된 기계의 힘의 필요성이

증대되고 있다. (표 3. 200/300 mm 비교표 참조) 여기서는 300mm Fab. 전공정에 초점을 맞춰 반송 시스템에 대한 대책과 동향에 대해서 생각해 본다. 반도체 공장(전공정)의 반송시스템은 크게 나누어 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

표 3. 200/300mm 비교 (중량 2배, 체적 3배, 반송량 1.5배)

	200 mm		300 mm	
	BOX+25W	Cassette+25W	FOUP+25W	Cassette+25W
반송물 중량(Kg)	4.0	2.3	8.5	5.0
반송물 체적	24.960cm <sup>3</sup> 300×320×260	11.088cm <sup>3</sup> 240×220×210	43.612cm <sup>3</sup> 430×360×340	24.920cm <sup>3</sup> 320×320×310
반송물 From-to	400~500회/h 64DRAM		650~850회/h 1GDRAM	
반송물 형태				

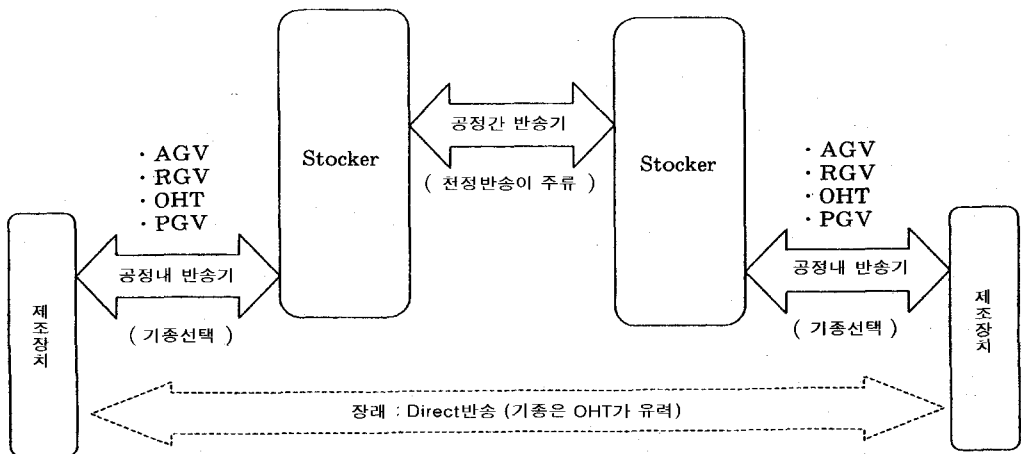


그림 6. 반송시스템의 개념도

각공정장치와는 공정내반송기(AGV, RGV, etc.)로 연결되어 있다(그림 6. 참조).

200mm Fab.에서는 공정간 반송의 자동화는 대부분 공장에서 거의 채용되고 있다. 한편 공정내 반송은 15~20%정도의 실시율로 추정하고 있다. 물론 전 Bay를 자동화하고 있는 Fab.도 있지만, 아직도 그 자동화는 매우 낮은 수준이라고 볼 수 있다. 그러나, 300mm Fab.에서는 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.

### 3.1 300mm Fab. 반송시스템의 Needs와 특징

#### ① 공정내 반송의 자동화

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

#### ② 국제 표준화

I300I, J300I가 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 Fab.과 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 up은 인정될 수 없는 상황이다.

#### ⑥ 확장성, 유연성

Fab.의 투자액은 점점 더 증대되는 경향이다. 한편, 반도체 Fab.은 서서히 생산량을 증가시켜가는데 것이 일반적이다. 또 시장 동향과 관계가 있기 때문에, 단번에 Fab. 전부분을 완성시키는 것이 아니라, 몇 개의 Phase로 나누는 경우가 증가하고 있다. 당연히 반송시스템도 그것에 대응 가능한 확장성, 유연성이 요구되고 있다.

### 3.2 장치 메이커의 300mm 경향

여기에서는 Semicon West 2000과 Semicon Taiwan 2000에 출품된 세계적으로 우수한 장비제작사를 중심으로 300mm 대응 현황에 대해서 검토해 본다. 반송/Handling 장치에는, ASYST Technologies가 300mm Wafer 대응의 OHS 반송 시스템을 개발하고, 공정간 & 공정내+CIM에 본격적으로 진출했다.

이 OHS System의 Concept은, 작은 DD Motor를 좌우의 Plate에 주판알 같이 배열하였다. (중간 부분에는 Free Roller를 부착, DD Motor 수를 작게 하고 있다) 컨베어를 천장 아래(HEPA)에 설치하고, 이 위에 FOUP를 태워 반송하는 것이다. 반송형태는 연속반송의 분류에 속하고, 어느 정도 높은 반송 능력(1500 이상/h/Loop)을 낼 수 있을 것으로 생각된다. 또, 컨베어 위에 FOUP을 보관할 수 있기 때문에 보관 Stocker가 축소될 수 있다. 가

장 큰 특징은 각 장치부에 Lift와의 조합으로, “차세대 300mm Wafer 반송 System”인 공정간이나 공정내 Direct 반송이 쉽게 수행되는 것이 된다.

Handling 장치로는 300mm 시대를 눈앞에 하고, 각사가 모두 SEMI 규격에 근거한 EFEM 시스템의 것이 많았다. 주 사양은 2 FOUP Opener, 주행축 없는 Robot, Wafer Edge Grip, Wafer Mapping, Wafer Alignment, Wafer ID Reader, FOUP ID Reader로 구성되고 있고, 바로 양산공장에 채용 가능한 완성도를 이루고 있다.

300mm형 반도체 공장의 반송 시스템에 대한 Selete 평가도 OHT, AGV 이외의 기종(RGV, Stocker, OHS, PGV)은 80 Point 이상이고, 200mm 제품도 동등 수준에 이르고 있다고 보고되었다.

SEMICON Taiwan 2000년이 9월 13일부터 15일까지 Taipei World Trade Center에서 성대히 열렸다. 미국 다음으로 세계 제 2의 반도체 설비 투자국이기에 때문에, 세계의 반도체 장치, 재료, AMHS Maker 사람들이 참가하여, 작년을 상회하는 성황리에 진행되었다. 특히 300mm 대응장치 출전이 주류를 이루고 있고, 드디어 300mm 시대가 도래하는가 하는 느낌을 강하게 받았다.

웨이퍼 반송 시스템에 관해서는 미국의 3개사가 적극적으로 300mm 제품을 전시하고 있었다. 특히, ASYST는 공정간 & 공정내 반송 시스템에 EFEM을 전시하고 있으며, Total Solution화를 보다 확실하게 진행시켜 왔다. PRI는 이미 CIM을 포함한 Total Solution화를 진행시키고 있으며, 세계 AMHS 메이커 TOP5사 시대가 될거라고 생각된다.

Brooks도 EFEM 시스템을 전시하고 있었다. 일본 메이커는 유감스럽게도 RORZE가 EFEM과 300mm Robot를 전시하고 있었지만 추진력이 없었다.

한편, 세계반도체 메이커의 300mm Fab.에 대한

투자자세는 3가지 형태로 구분될 수 있다고 생각한다. 그중 하나가 적극적인 기업이고, 두 번째가 전략적으로 늦추고 있는 기업, 세 번째가 현황을 관망하고 있는 기업이다.

적극적인 기업은 2001년에 양산가동을 계획하고 있으며, 이미 설치하려고 하고 있는 기업으로서는 TTI, TSMC, SAMSUNG, TI, IBM, SC300 등이다. 그 대표적인 기업이 세계 최초 일본에서 양산공장을 가동시킬 TTI(히타치+UMC)이다. TTI의 공장 컨셉은 300mm 미니 Fab.이며, 소규모 고효율 라인화이다. 즉, QTAT, COO를 포함한 종합적인 효율화를 달성하고 있다. 이 때문에 구체적 시스템 설치의 큰 특징의 하나가 웨이퍼 전자동반송시스템의 도입이다. 여기서 세계최초의 300mm 양산 Fab.의 초대 웨이퍼 전자동 반송시스템을 볼 수 있을 것이다.

### 3.3 300mm Fab. 시대의 Wafer 자동반송 System 동향

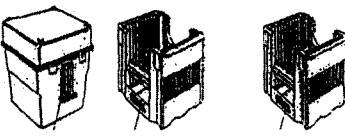
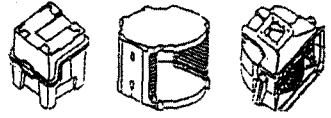
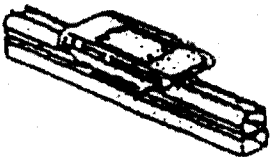
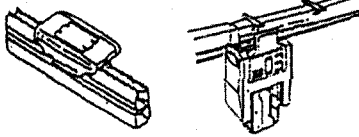

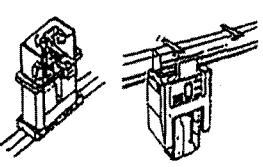

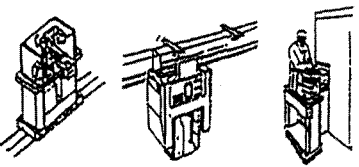
반도체공장 Clean Room 형태의 하나는 대형 공간으로 되어있는 방식이며, 다른 하나가 Bay 방식이다. 1980년대까지는 큰 Room 방식이 많았지만, 1990년대에 들어서 청정도 레벨의 고도화, 에너지 절약화, 환경친화적인 공장화의 일환으로 Bay 방식이 주류가 되어 지금까지 이어지고 있다.

Wafer 자동반송 시스템도 대형 공간방식에서는 AGV에 의한 Semi Direct 반송으로 공정간이나 공정내를 일체화된 시스템이 채용되었다.

그 후 카세트 단위로 Real Time 반송에 의한 생산성 향상과 Clean Area 극소화에 대응하기 위한 것으로 Bay 방식으로 바뀌어 왔다.

반송형태도 공정간 = OHS + Stocker + 공정내 = AGV & RGV로 한 형태가 되어 왔다. 표 4에 200mm/300mm Wafer Handling System 비교를

표 4. 200mm/300mm Wafer Handling System

System Proposal		200mm	300mm
Inter Bay	Load to be Transported	Box+Cassette 	BOX+Cassette or Foup 
	Transport System	OHS 	OHS or OHT 
Intra Bay	Load to be Transported	Cassette 	Cassette or FOUP 
	Transport System	AGV or RGV or Person 	AGV or RGV or OHT or PGV 

해 보았다.

200mm까지 반송물은 빈 카세트 든가, Box+빈 카세트 2종류였다. 공정간 반송은 OHS를 천정 하부(HEPA 아래)에 설치해 Stocker와 Stocker 사이를 반송하였다. 공정내 반송은 Stocker와 장치 사이를 AGV나 RGV 그리고 수동으로 반송하였다.

300mm 시대 반송물은 FOUP 든가, Box+Cassette가 고려되고 있지만, 주류는 FOUP로 될 것이다.

300mm 시대의 공정간 반송은 OHS를 천장 하부(HEPA 하부)에 설치하여 Stocker와 Stocker 사이를 반송한다. 공정내 반송은 Stocker와 장치 사이

를 AGV나 RGV 그리고 OHT 혹은 PGV로 반송하는 형태가 고려된다.

그림 7은 I300I와 J300이 공동으로 추진하고 있는 표준화 활동에서 CIM/GJG Vision Document 한 항목이다. 공정간 (Bay), 공정내(Bay) 반송장치와 Stocker가 나타나고 있다. 이 그림은 대표적인 Bay를 나타낸 것이고, 제조장치, Bay내 반송장치 및 Stocker로 구성되고 있다. Stocker를 Interface로서 공정간(Bay) 반송장치에 의해 다른 Bay와 접속시키고 있다. 그림 7에 나타난 제조장치를 제외한 장치가 AMHS를 구성하고 있다. 즉, OHS, OHT, Stocker, AGV, RGV, PGV, Control

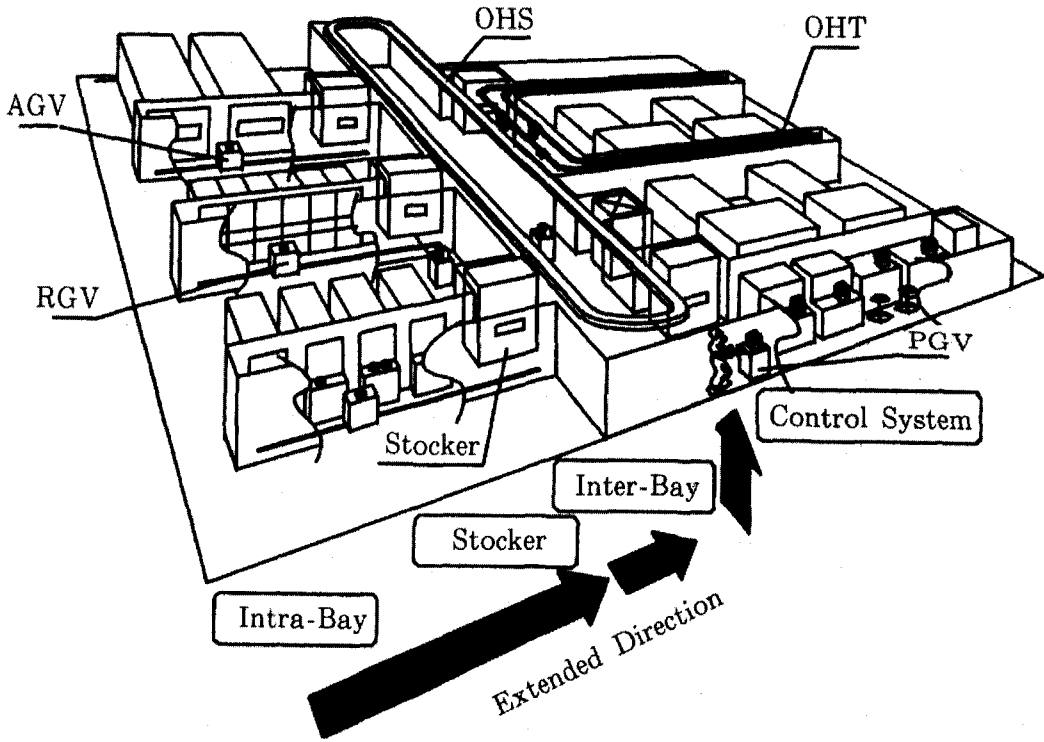


그림 7.

System으로 구성되고 있다.

지금까지 설명한 것으로 알 수 있는 바와 같이 300mm Fab.에 있어서 초기 Wafer 자동반송 시스템 반송형태도 공정간 = OHS or OHT+Stocker+공정내 = OHT or AGV or RGV or PGV와 같은 형태로 된다고 생각된다.

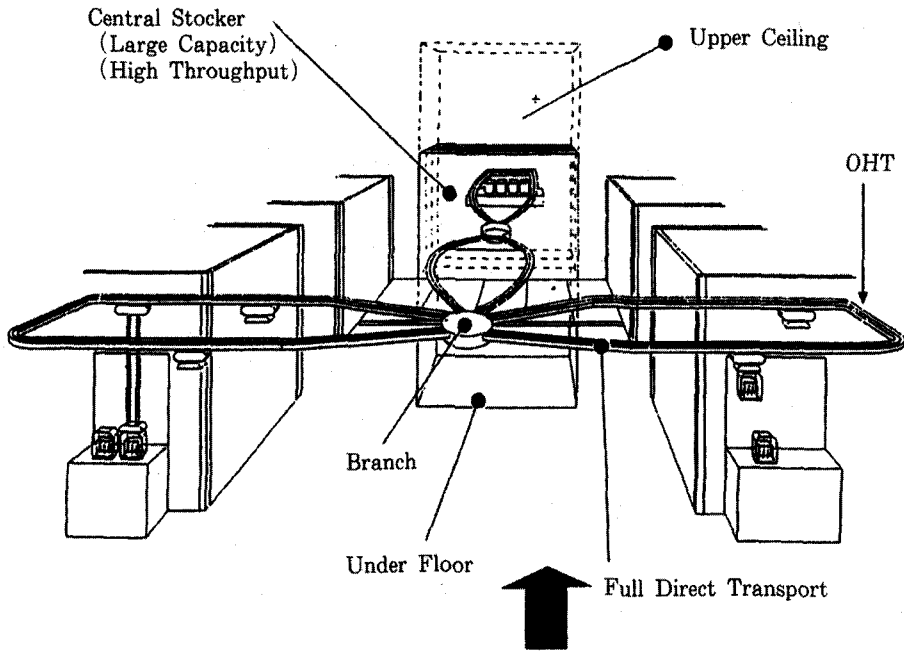
여기서 Selete Group와 I300I Group에서는, Wafer 자동 반송시스템 형태가 다른 형태로 된다고 생각한다.

Selete Group의 선두에 있는 TTI의 Wafer 자동 반송 시스템이 그 지표가 된다고 생각된다. 즉, 공정간은 OHS, 공정내가 RGV 그리고 Interface로서 Stocker가 설치된 시스템이 된다.

I300I의 TI에서는 공정간은 OHS, 공정내가 OHT 그리고, Interface 로서 Stocker가 설치된 시스템이 된다. 이것은 안전상으로 반송물과 작업자의 동선을 완전히 분리하고자하는 기본적인 개념에 기초하고 있다.

그림 8, 9에 ITRS가 발표한 2014년까지의 Roadmap을 나타냈다. 이것에 의하면 종래의 공정간+Stocker+공정내 Wafer 반송방식은 2004년 까지 예상되고 있다. 그 이후는 그림 8, 9에 나타낸 것과 같이 Wafer (FOUP, Cassette)가 장치에서 장치로 Direct로 반송된 Full Direct Transport가 될 것이다.

그림 8은 FOUP 장치로부터로의 장치 반송기종



Material Handling

	1999	2002	2005	2008	2011	2014
# of Transport Systems Types within a factory	Inter bay & Intra bay Systems	Inter bay & Intra bay Systems	One Integrated System	One Integrated System	One Integrated System	One Integrated System

그림 8.

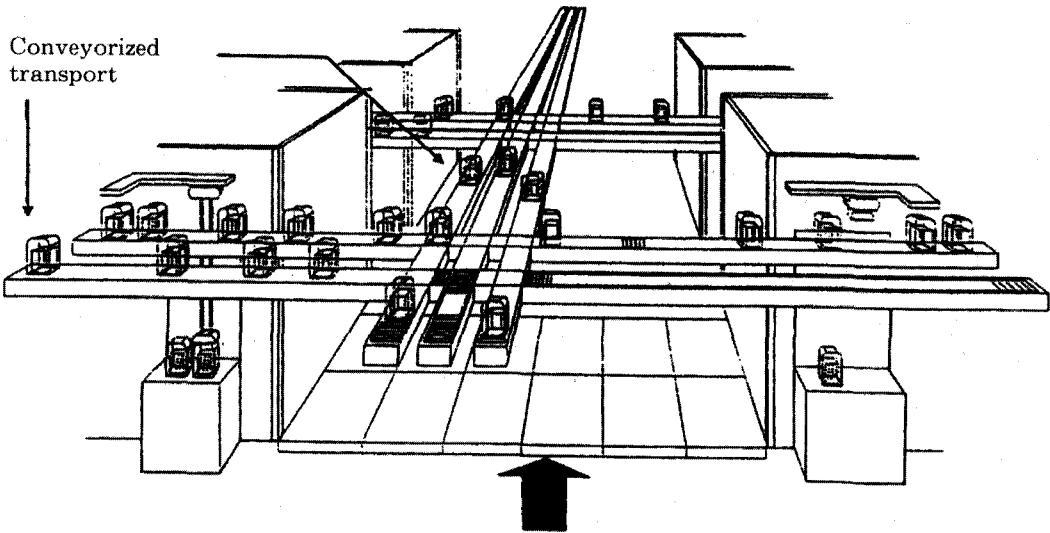
에 OHT를 채용한 예를 나타내고 있다. FOUP는 장치로부터 다음 공정의 장치로 최단거리를 최소시간으로 반송되는 것이 된다.

그렇게 함에 의해 종래 공정간+Stocker+공정내 반송의 50% 스피드 Up이 추진되어, 높은 생산성 향상에 기여할 것이다.

그림 9는 서론에서 말한 전혀 새로운 Wafer 반송 Concept이고, OHS 나 OHT 대차에 의한 간헐적 반송이 아니고, 말하자면 연속 반송기 분류에 속

한다.

따라서, 높은 반송능력 (1500 이상/h/Loop)이 가능하리라 생각된다. 또, 컨베어 위에 FOUP를 보관 가능하기 때문에 보관 Stocker가 절약된다. 가장 큰 특징은 각 장치부 리프트와 조합하는 것으로 “차세대 300mm Wafer 반송 System”인 공정간과 공정내 Direct 반송이 쉽게 수행 될 수 있는 것이다. 반복하지만, 독특한 발상의 반송기가 출현하는 미래기술이 기대된다.



Material Handling

	1999	2002	2005	2008	2011	2014
# of Transport Systems Types within a factory	Inter bay & Intra bay Systems	Inter bay & Intra bay Systems	One Integrated System	One Integrated System	One Integrated System	One Integrated System

그림 9.

그림 10에 TTI, TI에서의 초대 300mm Wafer 자동반송 시스템의 차세대를 제안한 “차세대 Wafer 자동반송 System”을 나타냈다.

차세대 반송 시스템은 우선 제일로 환경친화적이지 않으면 성립되지 않는다. 즉 에너지 절약화가 필수 조건이다. 또 Process Step 수 증가에 대한 대안으로 고효율 반송을 달성할 필요가 있다.

이들에 대응해야만 하는 본 시스템에 적용하는 반송기는,

- 필요한 Wafer를, 필요한 시간에, 필요한 공정 장치에 직접반송한다.
- 반송 대차는 이동 탑재 높이에서, 최단거리를,

최소시간에, Wafer를 반송한다.

- 반송대차는 반송시만 반송 주행한다. 를 기본 Concept로 한다.

그래서 이것을 적용한 본 Fab. Line(그림 7)의 특징은,

① Fab. 건설을 Phase 1, Phase 2로 단계적으로 증축하여, 각각이 각종 IC 완성품까지의 공정이 가능한 Mini Fab. 방식을 채용하고 있다.

② 각 Bay는 그림 11에 나타난 공정 Module을 채용하여 QTAT를 높여 고생산성을 달성하고 있다.

③ 각 Phase 내를 Setp 1, Step 2로 장치증설을 쉽게하기 위해 Flexibility한 Line일 것을 특징으로



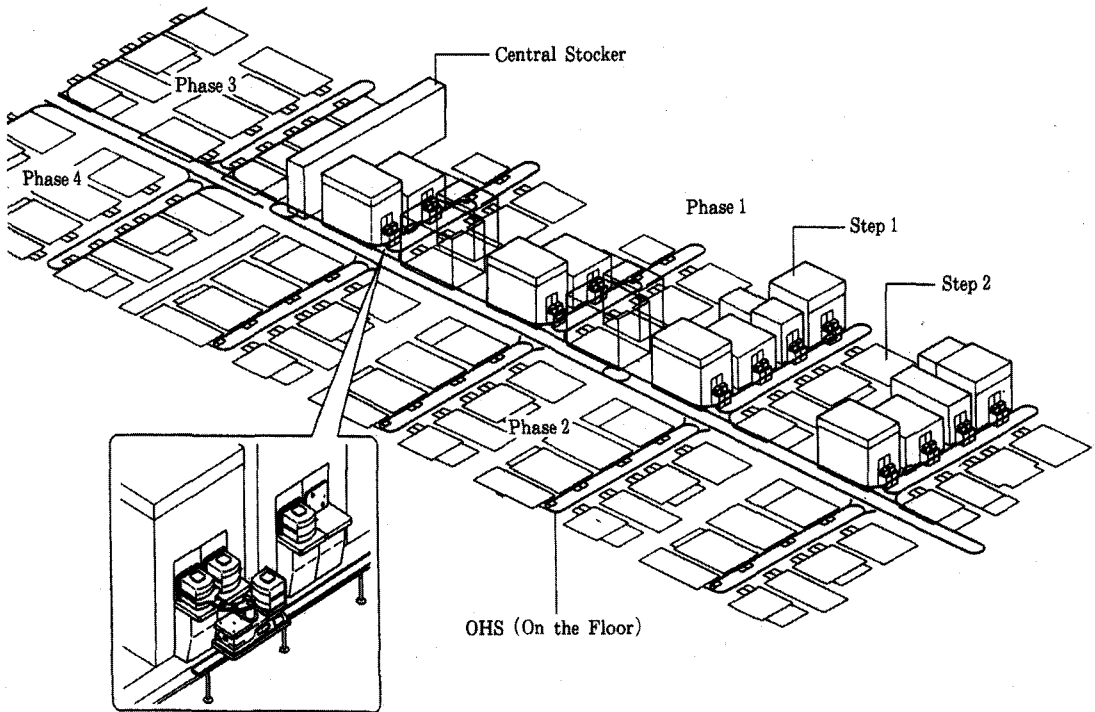


그림 10. Full Direct Transport System [Interbay & Intrabay]

한다.(확장 자유성이 풍부해서 가동하면서 Line 변경이나 증설이 수행된다.)

④ FOUF를 장치에서 장치로 Robot 탑재대차에 의해 Direct로 반송한다.

⑤ Robot 탑재 대차의 궤도는 전용통로 (종래 절반 이상)위에 900mm 높이를 분기, 합류하는 것을 자유롭게 선택하면서, 가동시간을 7초로 고속으로 수행하며, 최단거리를 최소시간에 반송한다. 장치는 종래의 발상을 180도 변경해서 Clean Room 양사이드에서 수행한다.

이것에 의해 초기투자를 최소화하여, 초단기간 가동하게 하고, 고효율 반송과 COO 향상을 달성하고 있다.

⑥ 300mm 양산 Line 자동화의 요구사항인 공정 Module화의 채용.

공정수가 600 공정에 이르는 제품화 시대를 맞아 종래의 방식에서는 제조가 복잡하게되는 것에 대한 대응이 어렵게 되었다. 여기서 생각되는 것이 공정의 모듈화이다. 그림 11은 그 예를 나타낸 것이다. CMP 공정을 Module화한 예나, 어떤 공정장치나 검사장치를 복수대 통합하여 몇 개의 공정 Step을 처리 가능하여, 일정한 기능을 제조 가능하도록 하는 통합한 예이다.

반송은 Wafer 단위의 날장공급반송을 채용하고 있고, K사가 개발한 초음파 비접촉물체 반송 시스템을 채용할 수 있는 가능성이 있다.

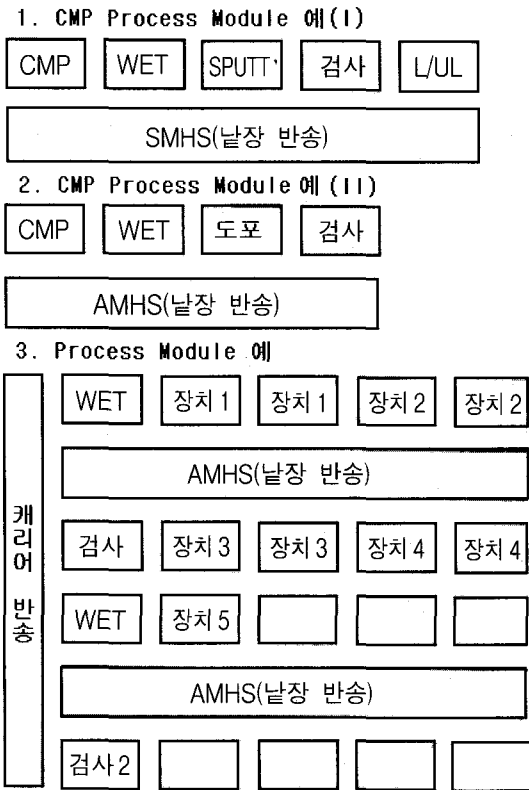
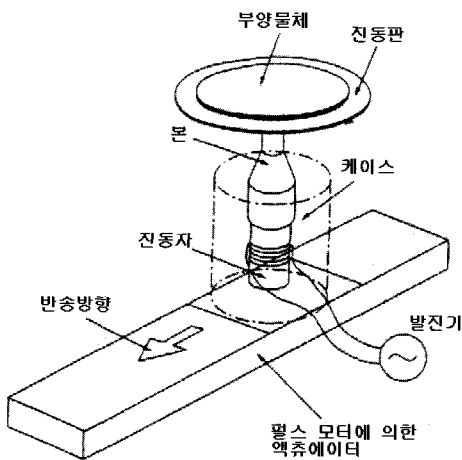
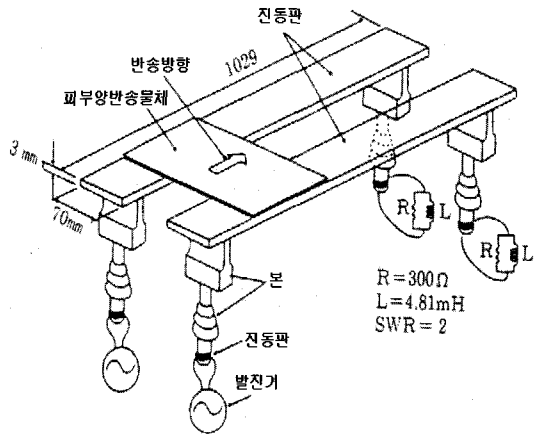


그림 11. Process Module 예



(a) 정재파를 이용한 비접촉반송장치



(b) 대형형상물체반송용장치의 구조

그림 12. 비접촉반송장치의 개요

그림 12(a)는 정재파를 이용한 비접촉 반송장치로 물체를 부상시킨 음원 마다 반송하는 방식이다. 또, 그림 12(b)는 대형상 물체 반송장치로 진동파를 이용하여, 부양 및 반송 양쪽을 초음파 힘으로 이행한 것으로, 확실하게 300mm Wafer 반송으로 활용 가능할 것이다.

Clean Tube System은 하나의 Isolation system으로 개념이 제시되어 있으며, 실질적으로 아직 적용되지는 않았으나, 개념적으로는 그림 13과 같은 형상을 갖는다. 이 개념은 약 20여년 전에 IBM에 의하여 도입되었으며, 그림에서 보는 바와 같이 Clean Tube System은 웨이퍼가 외부 공기와 접촉되지 않기 때문에 오염의 가능성이 없으며, 밀폐형 Carrier를 사용하지 않기 때문에 FOUP와 같이 출구의 개폐로 인한 오염문제도 배제될 수 있다. 더군다나 생산라인의 전공정이 하나의 밀폐공간에서 수행되기 때문에 기존의 클린룸이 더 이상 필요하지 않을 수도 있다. 이는 곧 막대한 초기 투자비를 줄이는 효과로 나타날 수 있다.

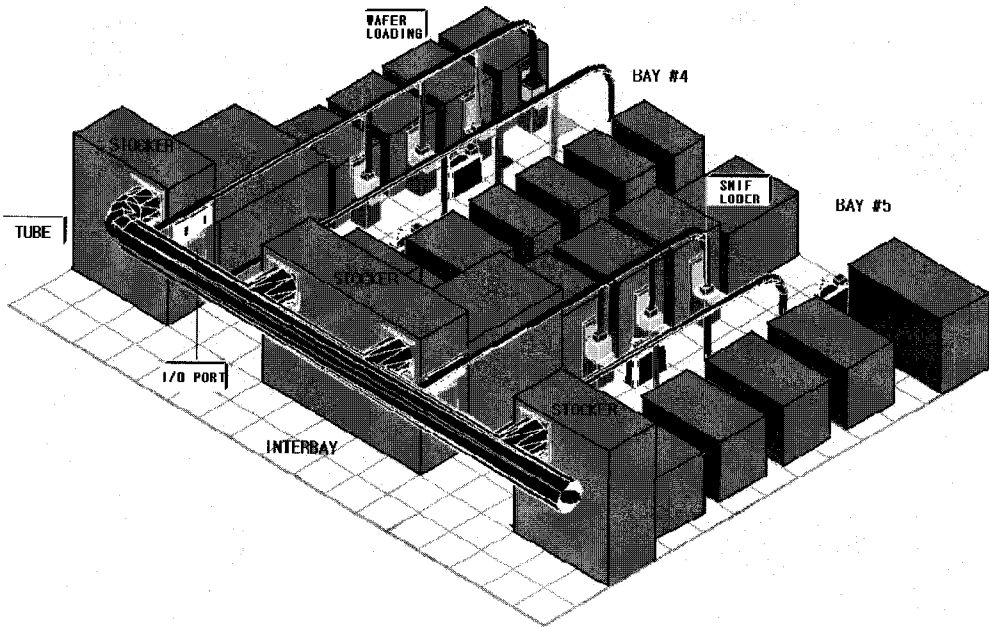


그림 13. Clean Tube System의 개념도

현재 반도체 생산과정에서 클린룸 내 주요 입자 발생의 가장 큰 원인은 반송부와 구동부로 알려져 있다. 그러나 불행히도 웨이퍼 반송기구나 흡착기구로부터의 입자 발생은 SMIF/ Minienvironment 기술을 적용하여도 피할 수 없는 가장 원초적인 문제점이다. 그 결과 Clean Tube라는 미래의 시스템은 마찰에 의한 오염을 전혀 고려할 필요가 없도록 제작되어야 한다.

일단 웨이퍼나 Wafer Carrier를 지면과 접촉시키지 않는 방법을 소개하자. 이들을 비접촉 방식으로 운송하기 위해서는 우선 Carrier나 Cassette를 부상시켜야 한다. 이러한 부상 방법으로는 크게 공기부양 방식과 자기부상 방식이 있다.

공기부양 방식은 Clean Tube 내의 트랙 바닥에 미세한 구멍을 통해 질소를 분사하여, 이 분사질소의 정압과 Clean Tube 내부의 정압의 차를 이용하

여 부상력을 얻는 방식이다. 이 부상 방식의 가장 큰 장점은 Clean Tube 내부를 고청정도로 유지할 수 있다는 점이다. 하지만 유체의 특성상 웨이퍼 또는 웨이퍼 캐리어의 안정된 위치 제어가 어려우며, 카세트와 같이 비교적 무거운 운송매체를 부상시키는데 많은 유량이 요구된다는 단점이 있다. 더군다나 공기부양 방식은 대용량의 고순도 질소가스를 사용하므로 많은 유지비가 소요된다.

다른 하나가 DSK 비접촉 반송장치 "Magic Move" 그림 14.이다.

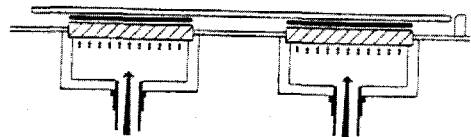


그림 14. Magic Move의 개요

이것은 상기 시스템과 달리 토출 Air 량이 1/10 이하로 미량이다. 이것은 토출 Plate에 Ceramic 다공질체를 개발·채용한 것에 의한다.

원리는 압력 Case에 배치한 세라믹 다공질체에 압축기체를 통과해서 형성된 기체막에 의해 반송물을 부상시킨다. 구조가 간단하고 토출 기체의 유속이 늦기 때문에 청정공기의 와류가 발생하지 않으며, 신뢰성이 높다. 이와 같은 새로운 기술의 실용화에 의해 공정·Module화가 더 한층 현실화 되어 오고 있다.

#### 4. 결 론

반도체의 견인력이 컴퓨터에서 디지털 가전으로, 거기서 인터넷 비즈니스로 변화하고 있다. 이에 따라 반도체 제조에도 큰 변화를 미치고 있다. 이것으로 반도체 공장은 이들 변화에 민첩하게 대응할 필요가 있다.

예를 들면, 소량 다품종 생산 시스템 LSI 공장, 소품종 다량 생산 MPU/Logic 생산공장, 소·중품종 다량 생산 DRAM 공장이라는 형태로 변하리라고 생각된다.

Digital 가전이나 휴대전화에서 보여지는 것이 제품 고기능화, 고성능화의 스피드는 증가하고, 제품 사이클은 짧아지고 있고, 이 경향은 더 한층 강하다고 생각된다. 따라서 300mm 시대의 반도체 공장은 QTAT가 중요한 Key Factor가 되고 있다. 그래서 300mm 시대 반도체 공장의 경향으로서 ESH (Environment, Safety, Health)를 고려한 공장 형태가 지금부터는 요구되고 있다.

환경문제에 관해서는 지구온난화 문제나 환경 파괴, 그리고 에너지 절약화 등에 대응한 환경친화적인 공장이 아니어서는 않된다.

그림 10에 나타난 “Full Direct Transport System”은 올바르게 이들의 요청을 망라하여 공정 Module의 Wafer 낱장 반송화, 공정 Flowshop 도입화와 앞선 “차세대 300mm Wafer 자동반송 시스템”을 제안한 것이다. 업계 관계자의 창의성에 의해 2005년을 생각하는 등, 빠른 시기에 FOUP가 공정 장치로부터 공정장치로 Direct로 반송되는 고효율 Line (Agile Factory)가 실현될 것이다. 우리들도 미력한 이 실현에 위해서 업계 관계자 여러분들과 함께 도전하고 싶다.