한국시뮬레이션학회 논문지
Vol. 15, No. 2, pp. 51-57 (2006. 6)

Direct 반송방식에 기반을 둔 300mm FAB Line 시뮬레이션

이홍순[1†] · 한영신[2] · 이칠기[1]

Direct Carrier System Based 300mm FAB Line Simulation

Hongsoon Lee · Youngshin Han · Chilgee Lee

ABSTRACT

Production environment of semiconductor industry is shifting from 200mm wafer process to 300mm wafer process. In the new era of semiconductor industry, FAB (fabrication) Line Automation is a key issue that semiconductor industry is facing in shifting from 200mm wafer fabrication to 300mm wafer fabrication. In addition, since the semiconductor manufacturing technologies are being widely spread and market competitions are being stiffened, cost-down techniques became basis of growth. Most companies are trying to reduce average cycle time to increase productivity and delivery time. In this paper, we simulated 300mm wafer fabrication semiconductor manufacturing process by laying great emphasis on reduce average cycle time.

Key words : AMHS, 300mm FAB line, Semiconductor, Direct carrier system

요 약

현재 반도체 산업은 200mm 웨이퍼에서 300mm 웨이퍼 공정으로 기술이 변화하고 있다. 300mm 웨이퍼 제조업체들은 Fabrication Line (FAB Line) 자동화를 비용절감 실현의 방책으로 사용하고 있다. 또한 기술의 확산, 시장 경쟁력의 격화 등으로 생산성 향상에 의한 원가절감이 반도체 산업 성장의 근본요인이 되고 있다. 대부분의 반도체 업체들은 생산성을 높이기 위해 average cycle time을 줄이는데 총력을 기울이고 있다. 본 논문에서는 average cycle time을 줄이는 데 중점을 두고, 300mm 반도체 제조공정을 시뮬레이션 하였다.

주요어 : 자동반송시스템, 300mm FAB 공정, 반도체, Direct 반송방식

1. 서 론

1.1 반도체 산업의 현황

반도체 산업은 21세기 정보화 사회를 선도하는 핵심부품 산업으로 국가의 첨단 산업발전을 촉진하는 주력산업이다.[1] 또한, 반도체 산업 시장은 매년 증가하고 있으며, 생산 환경도 200mm 웨이퍼 공정에서 300mm 웨이퍼 공정과 Cluster Type 설비 등으로 변화하고 있다.[2] 그 동안 반도체 산업의 성장은 주로 설계 기술, 설비 기술, Chip Size의 소형화 등의 기술적인 개발에 의존[3] 하였으나, 반도체 기술의 확산, 시장 경쟁력의 격화 등으로 인해 생산성 향상에 의한 원가절감이 성장의 주요 요인이 되고 있다.

현재 반도체 산업이 200mm 웨이퍼에서 300mm 웨이퍼 공정으로 기술이 변화하면서 가장 대두되는 문제는 FAB Line의 자동화이다.[2,3] 반도체 업체들은 FAB 운영 과정에서 비용절감의 필요성을 인식, FAB 자동화를 비용절감 실현을 위한 하나의 방책으로 선택하고 있다.[2,3] 이 과정에서 고도의 자동화 시스템을 갖춘 FAB들이 자동화 구성요소 통합과 관련하여 어려운 난관에 봉착하고 있다. 무차별적으로 자동화를 채용한다고 해서 300mm FAB 비용절감을 도모할 수 있는 것은 아니다. 300mm가 제조 측면의 비용 절감이라는 비전에 의해 추진되어 온 것처럼 300mm 자동화도 이와 동일한 철학으로 접근, 적용해야 할 것이다. 이러한 비용절감 자동화를 지향하는 과정에서 나타나고 있는 한 가지 흥미로운 점은 반도체 업체들이 총체적인 300mm 자동화 프로그램으로 나아가고 있다는 점이다.[3] 이는 300mm 프로그램이 성공하기 위한 관건은

2006년 2월 7일 접수, 2006년 5월 2일 채택
[1] 성균관대학교 컴퓨터공학과
[2] 성결대학교 멀티미디어학부
주 저 자 : 이홍순
교신저자 : 한영신, 이칠기
E-mail; yshan95@ewhain.net, cslee72@naver.com

개별 자동화 구성요소가 아니라 이들 개별 자동화 구성요소들을 하나의 시스템에 통합하는 방법이라는 점을 인식하고 있는 증거다.

이런 반도체 산업은 대체 특성, 분기 현상 등의 특수한 상황이 많고 복잡한 데이터 처리가 일어나 수학적 모델로 접근하기에는 한계가 있다. 따라서 적절한 설계 과정을 거친 시뮬레이션적 접근이 합리적이다.[3]

1.2 논문의 목적

많은 FAB 공정들은 장비로 구성된 Bay로 구성되어 있으며, 각각의 Bay는 Stocker에 의해 Lot을 공급 받는다.[2,3] 현재 300mm 웨이퍼 공정에서는 Lot들을 운반하기 위한 시스템으로 Inter-Bay와 Intra-Bay에서 AMHS (Automated Material Handling Systems)을 이용하고 있다. 다시 말하자면, Inter-Bay AMHS 즉, OHS[1]는 서로 다른 두 개의 Stocker사이에 Lot을 운반하며, Intra-Bay AMHS 즉, OHT[2]의 경우에는 Stocker와 장비 간에, 혹은 동일 Bay 또는 동일 Cell내에 위치한 장비들 간에 Lot을 운반한다.[4,5]

대부분의 반도체 업체들은 생산성을 높이기 위해 평균 사이클 타임을 줄이는데 총력을 기울이고 있다. 물류 반송 시스템에서의 문제점은 평균 사이클 타임이 vehicle을 기다리기 위해 Stocker나 Output Port에서 기다리는 시간과 반송되는 시간에 영향을 받는데 있다.[6]

본 논문에서는 물류에 영향을 미치는 사이클 타임을 Direct 반송 (Equipment to Equipment) 방식과 Lay out의 수정을 통하여 낮춤으로써, 생산성을 높이는 것을 목표로 하고, 효과적으로 반도체 생산라인을 시뮬레이션 할 수 있는 AutoModTM 9.1을 이용하여 시뮬레이션을 수행할 것이다.

2. Computer Modeling and Simulation

2.1 시뮬레이션 모델의 필요성

FAB Line은 시스템 자체가 700여개의 공정으로 구성되어 있고, Line의 내부에 있는 장비만도 600개가 넘는 매우 복잡한 시스템이다.[2] 또한 장비나 기타 설비들은 매우 고가이기 때문에 반드시 시뮬레이션 방법을 사용하여야만 그 효과가 극대화 된다.

2.2 시뮬레이션의 이익

FAB Line을 시뮬레이션 함으로 인해서 얻을 수 있는 일반적인 이익은 시스템의 작은 변화에 따른 영향에도 시스템에 대한 넓은 시야를 얻을 수 있다는 점이다.

그 외의 FAB Line 시뮬레이션의 특정한 이익으로는 다음과 같다.

- 시스템의 성능향상 가능
- 시스템이 원하는 대로 동작하는지에 대한 판단 여부
- 시스템 구축에 걸리는 시간 단축
- 중요한 시스템 이슈를 조기 고려 가능
- 시스템 구축 경비 절감 가능

2.3 시뮬레이션의 절차

본 논문에서 시뮬레이션을 수행하기 위한 절차는 다음과 같다.

2.3.1 자료 수집

컴퓨터 모델을 구축하기 위해서는 기본적으로 대상에 대한 이해와 모델을 구성하는 각 개체와 각종 변수들을 위한 자료가 필요하다. 본 논문에서 사용한 모든 데이터는 국내의 실제 FAB Line의 데이터를 사용한 값을 임의로 가공하여 사용하였다.

2.3.2 모델 구현 순서

본 논문에서 구현하고자 하는 모델의 대상은 국내 반도체사의 실제 Line이다. 업체에서 제공한 설계 데이터를 기초로 하여 임의로 가공한 뒤 다음과 같은 순서로 컴퓨터 모델을 구축한다.

1. FAB Line 1단계 모델링

1단계로 구축한 컴퓨터 모델은 검증을 목적으로 한다. 실제 Line을 모델링 함으로써 모델링 대상에 대한 이해 증진과 제안하는 시나리오 모델의 검증이 가능하다.

2. FAB Line 2단계 모델링

검증된 컴퓨터 모델을 사용하여 FAB Line을 보완할 수 있는 다른 운영 규칙들과 Layout변경을 위한 실험을 목적으로 한다.

2.3.3 결과 데이터의 수집

시나리오 별 Fabout된 량, 평균 사이클 타임, Vehicle Utilization 등 시뮬레이션 결과로 얻고자 하는 것을 결정하고, 이를 모델에 반영하여 시뮬레이션 한 후, 데이터를

1) OHS:Overhead Shuttle
2) OHT:Overhead Hoist Transport

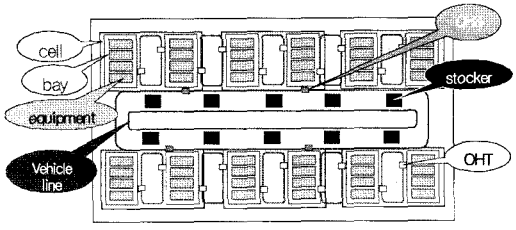

그림 1. 기존 300mm FAB Line Layout (시나리오 1)

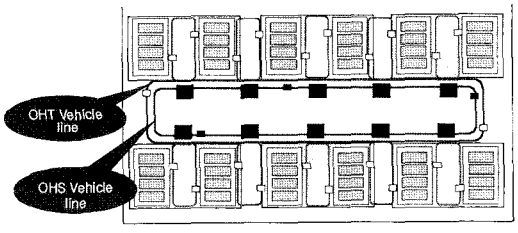

그림 2. Direct 반송방식에 기반을 둔 300mm FAB Line Layout (시나리오 2)

수집했다.

2.4 Assumptions

본 논문에서 구현된 시뮬레이션 모델은 다음과 같은 가정 하에 작성되었다.

- 모델의 기본 단위는 Equipment이다.
- 물류의 기본 단위는 Lot이다.
- Device Type은 2종류로 한다.
- Stocker의 용량은 Infinity로 한다.
- Equipment의 Up/Down을 적용한다. (MTTR (Mean Time to Repair) / MTBF (Mean Time Between Failure))
- Lot의 투입간격은 constant로 한다.

2.5 Input Parameters

본 논문에서 구현된 시뮬레이션 모델의 input parameter는 다음과 같다.

- Vehicle (OHT/OHS)의 수
- Vehicle의 속도
- Stocker 로봇의 사이클 타임
- Operator의 moving time

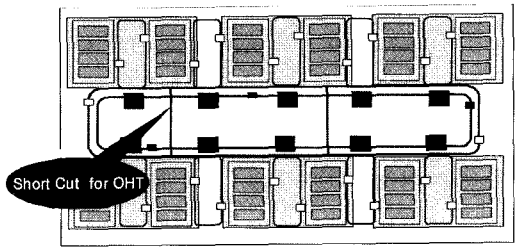

그림 3. Direct 반송방식에 기반을 둔 300mm FAB Line with Shortcut (시나리오 3)

2.6 시뮬레이션 Rules

본 논문에서 구현된 시뮬레이션 모델은 다음과 같은 규칙하에 작성되었다.

- Zone 간의 이동은 OHS를 이용한다.
- Cell 내의 Bay 간 반송은 OHT를 이용한다.
- 장비 포트에 대한 Deadlock 현상을 방지하기 위해서 Reservation Rule을 적용한다.
- 장비의 In Port가 Full인 경우에는 Stocker에서 대기하도록 한다.
- Vehicle은 Shortest Path이동을 원칙으로 한다.

2.7 시뮬레이션 시나리오

시뮬레이션을 위한 시나리오는 다음과 같다.

- 시나리오 1 : 기존 300mm FAB Line (그림 1)

기존 300mm FAB Line인 시나리오 1은 Indirect 반송 (Equipment to Stocker, Stocker to Equipment)을 사용하고, Cell 내의 Bay간 반송은 OHT를 이용하며, Cell 간의 이동은 OHS를 이용하는 현재 반도체 생산라인에서 실제 적용되고 있는 모델이다.

- 시나리오 2 : Direct 반송방식에 기반을 둔 300mm FAB Line (그림 2)

시나리오 2는 Cell 구분이 없는 모델이다. 반송 방식은 next equipment가 idle일 때, stocker를 거치지 않고 OHT를 이용 next equipment로 이동하는 direct 반송 방식이다. Next equipment가 busy일 때는 시나리오 1처럼 stocker에서 대기한다. 또한 Cell 간의 이동은 시나리오 1과는 달리 OHT를 이용한다.

- 시나리오 3 : Direct 반송방식에 기반을 둔 300mm FAB Line with Shortcut (그림 3)

시나리오 3은 시나리오 2에 OHT 이동을 위한 shortcut을 만들어 delivery time을 줄이기 위한 모델이다.

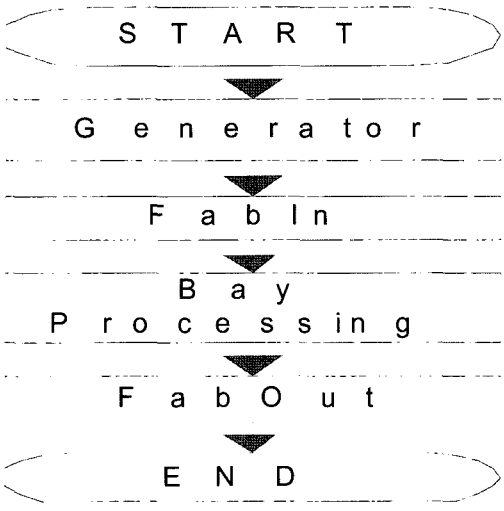

그림 4. Main Flowchart

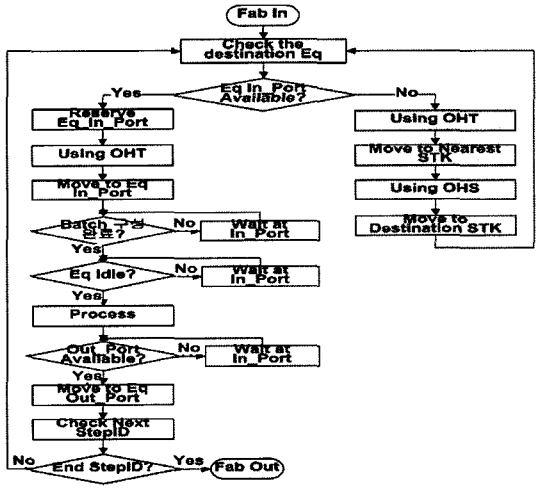

그림 5. 기존 300mm FAB Line (시나리오 1) Flowchart

2.8 모델의 구현

본 논문에서 구현하고자 하는 모델의 대상은 실제 hybrid 반송 방식을 사용하는 300mm 반도체 제조 공정이다. 실제 공정을 모델링 (그림 6)함으로써,[7,8] 제안하는 컴퓨터 모델 (시나리오 2, 3)을 검증하는데 이용한다.

2.8.1 Main Flowchart

- Generator : 시뮬레이션 모델에 필요한 Lot을 constant분포로 공급해 준다.
- FabIn : Generator에 의해 생성된 Lot을 FAB Line 시뮬레이션 모델의 입력 값으로 적용하도록 한다.
- Bay Processing : Step 정보에 의해 현재 step이 마지막 step이 되기 전까지 Lot들이 해당 Stocker, 장비 등을 거쳐 가도록 한다.

FabOut : 현재 step이 마지막 step이 된 경우에는 FAB Line 시뮬레이션 모델에서 Output으로 적용하도록 한다.

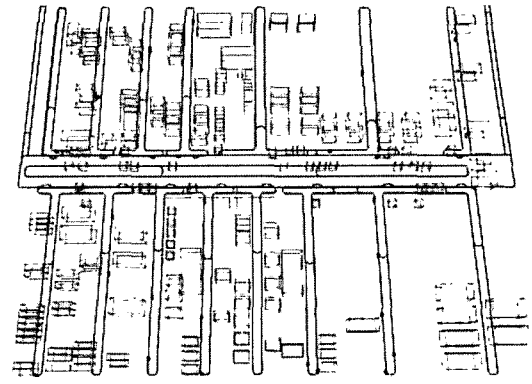

그림 6. 기존 300mm FAB Line (시나리오 1) 컴퓨터 모델

2.8.2 기존 300mm FAB Line(시나리오 1)

기존 300mm FAB Line인 시나리오 1은 Indirect 반송 (Equipment to Stocker, Stocker to Equipment)을 사용하고, Cell 내의 Bay간 반송은 OHT를 이용하며, Cell 간의 이동은 OHS를 이용하는 현재 반도체 생산라인에서 적용되고 있는 모델이다. 그림 5는 기존 300mm FAB Line의 Flowchart이다.

기존 300mm FAB Line의 AutoMod로 모델링한 컴퓨터 모델은 그림 6과 같다.

2.8.3 Direct 반송 방식에 기반을 둔 300mm FAB Line (시나리오 2, 시나리오 3)

본 논문에서 제안하는 시나리오 2는 Cell 구분이 있는 시나리오 1과는 달리 Cell 구분이 없는 모델이다. 반송 방식은 next equipment가 idle일 때, stocker를 거치지 않고 OHT를 이용 next equipment로 이동하는 direct 반송 방식이다. Next equipment가 busy일 때는 시나리오 1처럼 stocker에서 대기한다. 또한 Cell 간의 이동은 시나리오 1과는 달리 OHT를 이용한다.

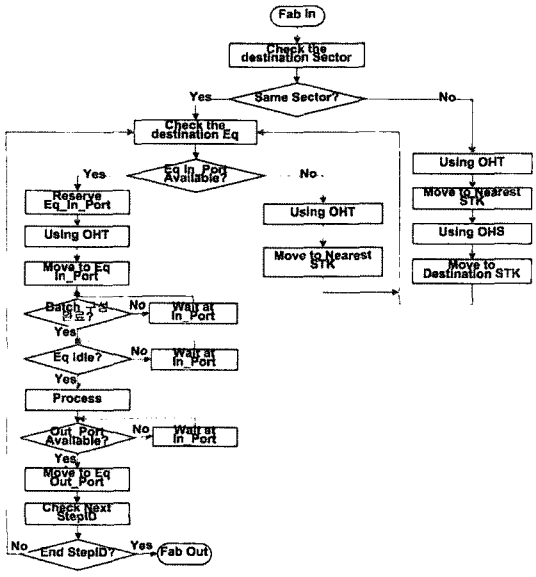

그림 7. Direct 반송 방식에 기반을 둔 300mm FAB Line Flowchart

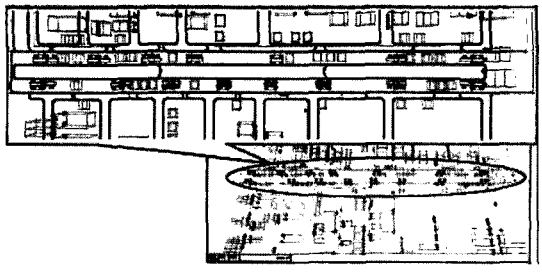

그림 8. Direct 반송 방식에 기반을 둔 300mm FAB Line 컴퓨터 모델 (시나리오 2)

시나리오 3은 시나리오 2에 OHT 이동을 위한 short-cut을 만들어 이동거리를 최소화 한 모델이다.

그림 7은 Direct 반송방식에 기반을 둔 300mm FAB Line Flowchart이다.

본 논문에서 제안하는 시나리오 2, 시나리오 3을 Auto-Mod로 모델링한 컴퓨터 모델은 그림 8, 9와 같다.

그림 8은 시나리오 2를 AutoMod로 모델링 한 것으로 Cell구분을 없게 구현한 컴퓨터 모델이다.

그림 9는 시나리오 3을 AutoMod로 모델링한 것으로 시나리오 2 컴퓨터 모델에서 delivery time을 줄이기 위해 OHT를 위한 shortcut을 만든 컴퓨터 모델이다.

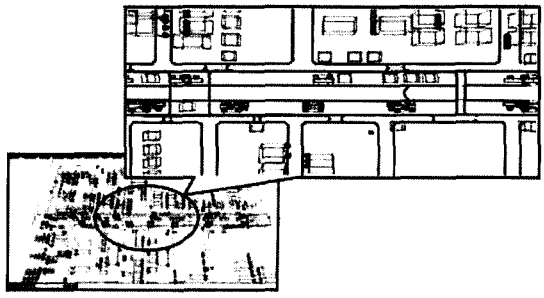

그림 9. Direct 반송 방식에 기반을 둔 300mm FAB Line with Shortcut 컴퓨터 모델 (시나리오 3)

표 1. 시나리오 별 Fabout 량

	시나리오1	시나리오2	시나리오3
A Type	1660	1668	1672
B Type	512	510	520
총 계	2172	2178	2192

표 2. 시나리오 별 평균 사이클 타임

	시나리오1	시나리오2	시나리오3
A Type	31.53	31.60	31.45
B Type	28.28	28.19	27.87

3. 시뮬레이션 결과

3.1 Fabout 량

각 시나리오 별 시뮬레이션 모델을 150일 간 수행시킨 후 나온 Fabout량은 Device Type별로 표 1과 같다.

본 논문에서 실험한 세 가지 시나리오 중 가장 많은 Fabout을 보인 것은 시나리오 3이다. 이는 시나리오 3이 시나리오 1과는 달리 direct 반송 방식에 기반하고, OHT를 위한 shortcut을 이용하여 사이클 타임을 줄일 수 있었기 때문이다. 또한 150일의 long-run에도 불구하고, 약 1%의 생산성이 향상된 것은 시나리오 1이 현재 생산라인에서 이용되고 있는 이미 최적화된 모델이기 때문이다.

3.2 Cycle Time

각 시나리오 별 평균 사이클 타임은 Device별로 표 2와 같다.

시나리오 1에 비해 시나리오 3의 평균 사이클 타임을 약1% 줄일 수 있었다. 이는 시나리오 3이 direct 반송 방식에 기반을 두기 때문에 Lot이 stocker에서 대기하는 시

표 3. Vehicle Utilization

Vehicle	Utilization		
	시나리오1	시나리오2	시나리오3
A_Outer_OHS	0.119	0.017	0.017
B_Outer_OHS	0.119	0.017	0.017
A_C01_OHT	0.117	0.13	0.124
A_C02_OHT	0.128	0.13	0.125
A_C03_OHT	0.105	0.13	0.124
A_C04_OHT	0.082	0.13	0.124
A_C05_OHT	0.118	0.13	0.124
A_C06_OHT	0.105	0.13	0.125
A_C07_OHT	0.03	0.13	0.125
B_C08_OHT	0.071	0.088	0.083
B_C09_OHT	0.057	0.087	0.083
B_C10_OHT	0.056	0.088	0.083
B_C11_OHT	0.091	0.088	0.083
B_C12_OHT	0.026	0.087	0.083
B_C13_OHT	0.099	0.088	0.083
B_C14_OHT	0.064	0.088	0.083

간이 줄었고, shortcut을 이용하여 평균 delivery time이 줄었기 때문이다.

3.3 Vehicle Utilization

각 시나리오 별 vehicle utilization은 표 3과 같다.

시나리오 2와 시나리오 3에서 OHS의 utilization이 현저히 줄어든 것은 OHS가 Cell간의 반송을 하는 시나리오 1과는 달리 시나리오 2와 시나리오 3에서는 OHT가 Cell간의 반송을 하기 때문이다. 또한 시나리오 2와 시나리오 3에서는 Cell구분이 없기 때문에 OHT의 utilization이 Cell이 구분되어 있는 시나리오 1에 비해 균일하다. 이는 향후 최적의 OHT 댓수를 산정하는데 이용할 수 있을 것이다.

4. 결 론

본 논문에서는 물류에 영향을 미치는 Cycle Time을 direct 반송 방식과 Layout의 수정을 통하여 낮춤으로써, 생산성을 높이는 것을 목표로 하고 시뮬레이션을 수행하였다. 본 논문에서는 기존 공정을 포함하여 세 가지 시나리오를 시뮬레이션 하였는데, 그 중에서 가장 좋은 결과를 나타낸 것은 시나리오 3이었다. 시나리오 3은 direct 반송 방식에 기반을 둠으로써, next equipment가 idle일 때, Lot이 stocker에서 기다리는 시간을 줄일 수 있었고 OHT가 shortcut을 이용하여 이동함으로써, 평균 delivery time을 줄일 수 있었다. 하지만, 세 시나리오의 결과가 크게 차이가 나지 않는 것은, 기존 300mm FAB Line이 현재 반도체 제조 공정에 이용되고 있는 이미 최적화된 모델이기 때문이라고 생각된다.

반도체 생산라인은 규모나 비용 면에서 일반 생산라인과는 비교도 할 수 없을 만큼 방대하다. 이러한 생산라인을 짓기 전에 수리적 모델이나 전통적인 방법이 아닌 과학적이고 객관적인 시뮬레이션을 통하여 결과를 예측하고 분석하는 것이 기업의 이윤추구 목적에도 상응하는 것이라 생각된다.

참 고 문 헌

1. Dong Sik Park, Young Shin Han, Chil Gee Lee, "Making Semiconductor Production Plan Using the Past Marketing Pattern Reference", Journal of The Korea Society for Simulation, Vol. 14, No. 3, pp.1-12, 2005. 9.
2. Y.S. Han, D.S. Park, C.G. Lee, "Full Fabrication Simulation of 300mm Wafer Focused on AMHS (Automated Material Handling Systems)", System Modeling and Simulation:Theory and Applications LNAI 3398, pp.514-520, 2004. 10.
3. Y.S. Han, D.S. Park, C.G. Lee, "Standardization of a Simulation for 300mm FAB Semiconductor Manufacturing", MASM2005 3rdInternational Conference on Modeling and Analysis of Semiconductor Manufacturing, pp.111-118, 2005.
4. G. Mackulak, and P. Savory, "A Simulation-based Experiment for Comparing AMHS performance in a Semiconductor Fabrication Facility", IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, Vol.14, pp.273-280, 2001.
5. "Metrics for 300mm Automated Material Handling Systems (AMHS) and Production Equipment Interfaces Revision 1.0", www.sematech.org, 1998.
6. Wein, L.M., "On the Relationship between Yield and Cycle time Semiconductor Wafer Fabrication", IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, Vol.5, 1992.
7. Izak D., John W. F and Schruben, L. W., "Planning and Scheduling in Japanese Semiconductor Manufacturing", Journal of Manufacturing Systems, Vol.13, No.5, pp. 323-332, 1993.
8. Wein, L.M., "Scheduling Semiconductor Wafer Fabrication", IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, Vol.3, pp.115-130, 1988.

이 홍 순 (aji8888@ece.skku.ac.kr)

2004 성균관대학교 수학과 학사
현재 성균관대학교 컴퓨터공학과 석사 재학

관심분야 : 컴퓨터 시뮬레이션, 공장자동화

한 영 신 (yshan95@ewhain.net)

1997 이화여자대학교 대학원 전산정보 공학석사
2004 성균관대학교 전기전자및 컴퓨터공학 공학박사
1994 (주) Simtech 연구원
2001 인천시립대학교 컴퓨터공학과 강사
2004 이화여자대학교 컴퓨터그래픽스/가상현실연구센터 Post-Doc
현재 성결대학교 멀티미디어학부 전임강사

관심분야 : 컴퓨터 시뮬레이션, 공장 자동화, 패턴인식

이 칠 기 (cslee72@naver.com)

1980 성균관대학교 전자공학과 졸업
1985 Arizona state University 전기 및 컴퓨터 공학석사
1990 University of Arizona 전기 및 컴퓨터 공학박사
1979 한국 방송공사(KBS) 기술요원
1990 삼성 정보통신 본부 컴퓨터 응용 개발실 수석 연구원
현재 성균관 대학교 정보통신공학부 교수

관심분야 : 컴퓨터 시뮬레이션, 객체지향 모델링, 공장자동화, 전문가 시스템