

## 클러스터형 반도체 장비의 실시간 3차원 모니터링 및 시뮬레이션

윤 택 상, 한 영 신, 이 칠 기  
성균관대학교 정보통신공학부  
전화 : 031-290-7235

### Real-time 3D Monitoring & Simulation of Cluster Type Semiconductor Manufacturing Equipments

Taek-Sang Yoon, Young-Shin Han, Chil-Gee Lee

School of Electrical and Computer Engineering Sungkyunkwan University  
E-mail : yshan@ece.skku.ac.kr

#### Abstract

The Semiconductor Industrial are developed after 1940. It was called "Rice of Industrial". It needs great effect in Electronics. It was developed highly in recent several years with semiconductor manufacturing equipments. Semiconductor manufacturing devices are developed "In-line" type in the first stage. But It was non-effective in modern many type process. Because this reason, Cluster type manufacturing equipments are proposed. Cluster have ability of many-type-process and effective-scheduling by circular type process chamber. In this paper, we propose a real-time 3D monitoring and simulation of this semiconductor manufacturing equipments. By proposed monitoring method, we have capability real visual maintainance & virtual

simulation. This effective visual 3D monitoring could apply another dangerous environment in entire industrial.

#### I. 서론

반도체생산량의 급증은 반도체 제조장비의 발전도 더불어 클러스터 (Cluster : 기존의 일괄 생산방식인 In-line 시스템[13]에 비해 공정의 순서와 단계를 효율적으로 조절할 수 있는 시스템) 형태의 장비가 현대 반도체 장비의 주류를 이루게 되었다. 이러한 장비들의 내부에는 웨이퍼를 각 공정을 수행하는 Chamber로 이동시키기 위하여 일명 개구리 다리(Frog-leg) 형태의 로봇팔이 장착되어 있다. 현재 대부분의 반도체장비의 내부 동작 상태는 평면적인 2차원에서 제한적으로 모니터링 되고 있으나 본 논문은 3차원 모니터링을 통하여 장비 전체의 상황을 파악할 수 있도록

하는 것을 그 목적으로 한다.

## II. 시스템 개요

### 2.1 CTC (Cluster Tool Control) 시스템

Cluster Tool은 그림 1 과 같이 몸체 역할을 하는 중앙 Chamber와 각각의 단위공정을 수행하는 단위 공정 Chamber로 구성된다. 중앙 Chamber에는 여러 개의 서로 다른 단위 공정 Chamber가 부착될 수 있어야 하므로 하드웨어적으로나 소프트웨어적으로 일정한 표준을 제공해주어야 한다.

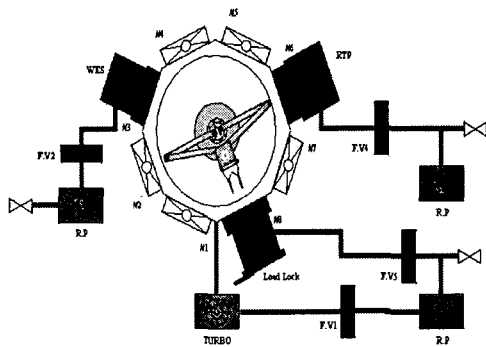


그림 3. CTC 시스템 구성도

현재 위의 시스템에는 웨이퍼를 받아들이는 Chamber와 두 개의 다른 공정 Chamber로 구성되어 있다. 중앙 Chamber의 중앙에 위치한 로봇이 팔을 이용하여 웨이퍼를 각각의 공정수행 순서대로 운반하여 전체적인 공정을 완료하게 된다. 중앙 Chamber와 각 공정 Chamber들은 웨이퍼의 가공공정을 위해 항상 진공 상태로 유지해야 하며 높은 고온에도 견뎌야한다. 그리고 각 Chamber들의 공정 순서는 기존의 In-line 시스템의 확실성에 비해 자유로와 로봇팔을 이용하여 웨이퍼의 적절한 운반이 요구된다. 이러한 공정들은 모두 각 Chamber들이 철저히 밀폐되어 있는 상태에서 수행하게 된다. 이러한 상태에서는 내부에 위치한 로봇팔의 위치파악이 힘들므로 가시적으로 그 내부를 3차원으로 모델링하여 내부 상태를 파악하는 것이 요구된다. 그래서 이 시스템에서는 동적으로 움직이는 로봇팔을 모델링하여 보여줌으로서 현재 장비내부의 상태를 정확히

파악할 수 있다.

### 2.2 로봇 팔 시스템

현재 Chamber내부에 설치되어 있는 로봇은 BROOKS AUTOMATION사의 VacuTran5 모델이다. 이 로봇 (이하 VacuTran5)은 다음 그림 2와 같은 개구리 다리 (Frog-leg) 형태의 하고 있으며 수평방향으로 회전을 하고 뺨으며 수직으로 움직일 수 있도록 되어 있다.

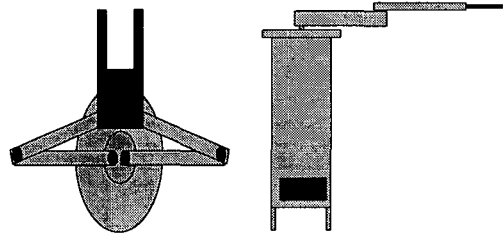


그림 4 VacuTran5의 평면도와 측면도

### 2.3 모니터링 컴퓨터 시스템

시스템을 모델링하고 렌더링하며 모니터링하는 컴퓨터의 사양은 같다.

- MicroSoft Windows NT 4.0 or 2000
- 16MB 이상의 메모리를 가진 비디오카드
- OpenGL을 ICD( Independent Client river)로 지원
- Pentium II 400MHz 이상의 CPU
- RAM Memory 64MB 이상

## III. 시스템 모델링 & 모니터링

### 3.1 로봇의 동작 메카니즘

VacuTran5는 직렬포트를 통해 명령어를 전달 받아 그에 따라 움직인다. VacuTran5내부에는 80188을 이용한 컨트롤러와 EEPROM이 내장되어 있어 팔의 동작을 결정하는 명령어들이 내장되어 있다. 명령어를 전달받은 팔은 가장 기본적으로 Mounting 위치에서부터 운동을 시작한다.

### 3.2 로봇팔 모델 구현

VacuTran5의 팔은 보기와 같이 개구리 다리와 같은 모양을 하고 있다. 그래서 동체에 고정되어 있는 축으로부터 방사형으로 웨이퍼를 운반하고

있다. 이것을 수치적으로 모델링하기 위해서는 팔의 움직이는 동선을 역으로 이용하여 계산해내어 모델에 적용시킴으로서 가능해진다.

3.2.1 Inverse Kinematics를 이용한 팔의 운동 궤도 계산

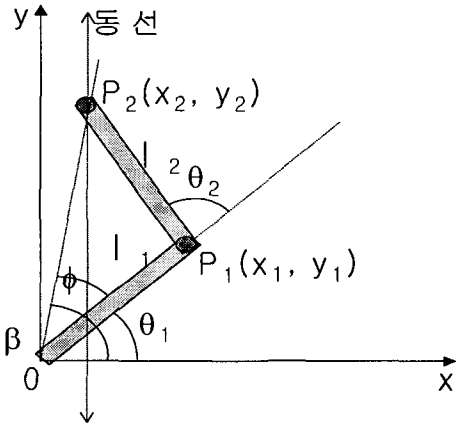


그림 5. Inverse Kinematics를 적용한 로봇팔

Inverse Kinematics를 이해하기 앞서 Kinematics[1][2]에 대해 살펴보면 움직임을 일으키는 힘, 토크, 관성 등을 고려하지 않고 그 기하학적인 움직임과 시간을 기준으로 한 움직임을 연구하는 학문이 Kinematics다. 이것을 현재의 로봇에 적용하기 위해 운동 좌표계를 설정하고 각 링크에 대한 회전각과 변수를 정의한다. 이로써 로봇팔의 Inverse Kinematics 적용은 로봇팔의 운동을 실제의 로봇과 똑같이 움직이도록 해준다.

#### IV. 시스템 시뮬레이션

##### 4.1 실시간 시뮬레이션

본 시스템은 클러스터형태의 장비 내부에서 움직이고 있다. 클러스터형태의 장비는 내부구조가 진공상태이므로 밀폐된 상태에서 공정이 진행되게 된다. 이러한 특성 때문에 장비내부에서 로봇의 동작 상태를 점검하는 작업이 필요하며 이것을 3차원으로 가시화시켜주고 있다. 본 시스템의 안정성과 시스템과의 결합성을 시험보기 위해 시뮬레이션이 요구된다. 위의 구조로 직렬 통신

[7]을 할 경우 명령어 코드는 ASCII 표준을 따르며 문자 하나에 8bit의 용량을 가지고 있다. 이러한 용량을 기준으로 명령 하나가 평균 30개의 문자로 구성된다고 가정하면 산술적으로는 다음의 개수의 명령어 처리가 가능하다. 9600 bps / (30byte\*8bit) = 40개/초 이것은 산술적으로 계산하면 40개이지만 VacuTran5에서 명령어를 받아 처리하는 시간도 고려해야 하므로 대략 35개 정도의 명령어처리가 가능함을 알 수 있다. 시뮬레이션의 초기 조건은 Mount 상태에서 출발하여 하나의 웨이퍼를 집어 오는 작업인 PICK 작업동안의 동작상태를 이용하여 테스트하였다. 시뮬레이션 시간은 특정 위치에 있는 웨이퍼를 집어들러 Mount상태로 대기할때까지의 시간을 기준으로 하였다. 그리고 다음과 같은 명령을 1000/1sec간격으로 VacuTran5에 보내어 되돌아오는 문자열의 개수를 측정해보았다. 명령어를 보낸 결과는 그림4와 같다.

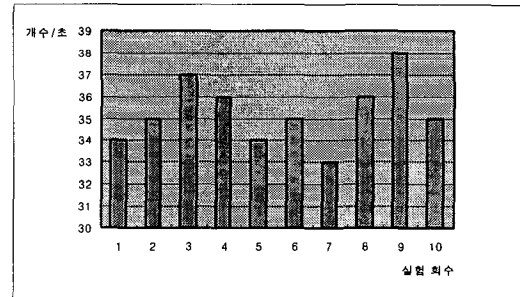


그림 4. VacuTran5로부터 온 위치 정보의 개수

평균적으로 1초에 34개 정도의 위치 정보를 보내고 있음을 알 수 있다. 위의 실험 결과를 토대로 로봇팔의 동작을 렌더링하는데 있어서 초당 34프레임정도를 유지하고 있다. 렌더링시의 시스템 연산량의 증가로 인한 딜레이를 고려하여 25프레임을 유지하도록 RQ 명령의 전송간격을 조절하였다. 이러한 화면전환속도를 고려하여 렌더링한 화면은 그림5와 같다.

위의 그림에서는 효율을 고려해 주변의 클러스터 Chamber들은 고려하지 않았다. 우선 모델의 확연한 구분을 위해 암의 각부분의 색을 달리 하였다. 이러한 인터페이스를 기반으로 하여 확대 축소, 회전이 용이하도록 하였다.[6]

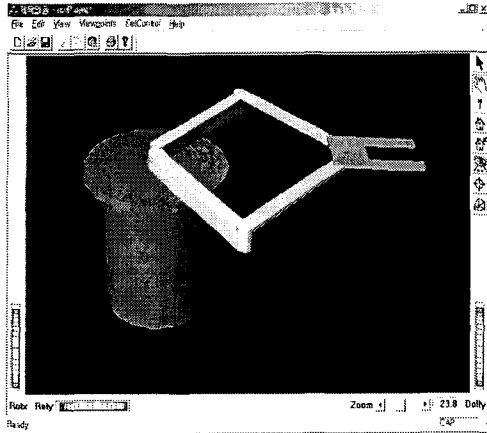


그림 5. VacuTran5의 렌더링 화면

#### 4.2 렌더링 성능 평가

화면상에 로봇 팔을 모델링하고 렌더링하는데 있어서 위치좌표의 전달 속도도 중요하지만 더욱 중요한 것은 시스템 자체의 렌더링 능력이다. 이것은 크게 하드웨어인 비디오카드의 성능에 달려 있다. 실제 렌더링시의 FPS (Frame per Second) 를 측정해보았다.

여기서 시간은 실제 시간이 아니라 한 동작을 수행하는 시간을 구간별로 나눈 것이다. 평균적으로 일반적인 환경에서 렌더링한 결과로서 27 FPS로서 눈으로 보기에는 무리가 없다. 그림6은 기본적인 해상도 640\*480에서의 결과이고 이것을 좀 더 키워서 1024\*768의 해상도에서 테스트한 결과가 그림7이다. 그림7은 1024\*768의 해상도로 화면이 커지자 그려야 할 픽셀의 수가 두 배이상으로 많아지자 FPS의 수치가 기존의 평균 27 FPS에서 17 FPS의 속도로 떨어졌다. 앞서의 결과를 볼 때 분명히 렌더링 속도는 하드웨어에 많이 의존한다.

#### V. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 일반적인 컴퓨팅환경에서 고가의 반도체 장비를 3차원으로 모니터링함으로써 좀 더 정확한 모니터링을 시도하였다. 그리고 사용자 측면에서 장비의 시뮬레이션이 가능하게 하여 가상으로 작업환경을 임의로 구축하여 시뮬레이션 할 수 있는 환경을 제공하려 했다. 이러한

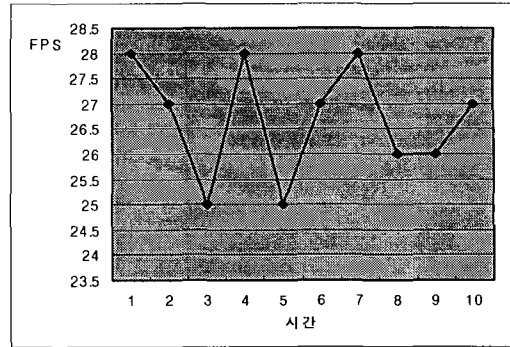


그림 6. 일반적인 환경에서의 FPS

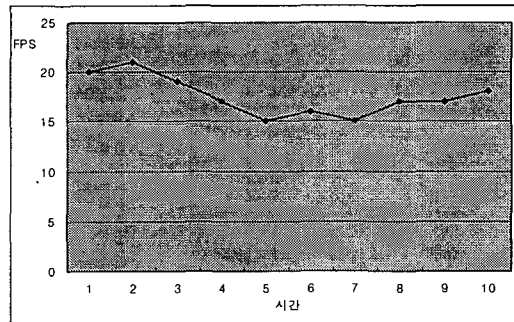


그림 7. 1024\*768 해상도에서의 FPS

기술들을 바탕으로 하여 현재 반도체 장비시장에서 충분히 경쟁력있는 제품을 생산하여 장비산업의 하나의 기준으로 확립될 수 있는 계기가 되었으면 한다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 (R01-2000-00250) 지원으로 수행되었음.

#### [참고문헌]

- [1]. K. S. Fu, R. C. Gonzalez, C. S. G. Lee, "ROBOTICS : Control, Sensing, Vision, and Intelligence", McGraw-Hill, 1987, pp12-77
- [2] 이석규, "http://ace.yonam-c.ac.kr/jhs/mecha/re1/data/sample2.htm#a", 로봇공학, 1997
- [3] Richard S.Wright,Jr., Michael Sweet, "OpenGL SuperBible, Second Edition", Waite Group Press, 1999