

# 반도체 Wet Station을 위한 효율적인 알고리즘에 관한 연구

고승호, 강경우  
천안대학교 기술대학원  
ksh@deviceeng.co.kr  
강 경 우

kwkang@infocom.cheonan.ac.kr

## A Study on Efficient Algorithm for Semiconductor Wet Station

Soong-Ho Ko, Kyung-Wo Kang  
Graduate School of Information Technology, Cheonan  
University  
Graduate School of Information Technology, Cheonan  
University

### 요 약

최근 반도체 제조공정의 많은 부분이 트랙(Track)장비 형태로 구성되어 있다. 이러한 복합제조 장비들은 각 모듈간의 상호 작용이 복잡하고 체제 가능시간도 엄격히 제한되고 있어 각각의 모듈들을 효율적으로 운용하기 위해서 반드시 스케줄러가 필요 되어 진다. 하지만 우리나라에서 대표적 트랙 장비로 볼수 있는 Wet Station에 대한 스케줄링 분야에 대한 연구는 미약한 편이며 앞으로 많은 연구와 개발이 필요한 시점이다. 본 논문은 Wet Station 장비의 운용 효율성을 극대화할 수 있는 Wet Station 장비 운용방법을 제안 하고 평가하는데 그 목적이 있다. 관련 소프트웨어기술은 향후 핵심적인 기술로 대두 대고 있을 뿐만 아니라 다른 LCD공정의 트랙장비,인라인(In-Line) 장비,클러스터 툴(Cluster Tool) 효율적 운용면에서 큰 도움이 될 것으로 기대 된다.

### 1. 서론

본 논문은 반도체 제조 기술에 관한 것으로, 특히 반도체 제조 장비 중 하나인 Wet Station 장비의 스케줄링에 관한 것이다. 통상적으로, 반도체 제조 공정에서는 확산, 증착, 식각, 포토 공정을 반복적으로 진행하게 되며, 거의 모든 공정 전후에는 세정 공정을 실시하고 있다[5]. 이러한 세정 공정 및 각종 습식 식각 공정은 Wet Station 장비에서 수행하게 된다. 이 장비는 트랙장비(Track Equipment)구조로 여러 종류의 약액(chemical)으로 채워져 있는 조(Bath)에 수대의 로봇들이 웨이퍼를 이동시키는 방식으로 구성되어 있다. 하지만 각 조에 체제시간은 엄격하게 제한되어 있으며, Recipe이라 부르는 작업시간표도 매우 다양하게 적용되어질 뿐만 아니

라 전체적인 조 와 로봇의 수도 다양하게 변화 되어 질 수 있다. 이러한 문제로 인하여 현재 완벽한 스케줄링에 의한 작업으로 최대의 throughput을 산출하는데 있어 많은 어려움을 안고 있는 것이 사실이며 지금도 많은 노력과 연구가 계속되어 지고 있는 분야이다. 이에 본 논문은 실 경험을 바탕으로 현재 적용되어진 스케줄러 의 문제점과 보완 수정 할 부분을 중심으로 최상의 throughput 얻어 낼 수 있는 구조로써 제안하고자 한다.

### 2. 관련연구

하기의 [Table 1]은 대기 시간 설정 알고리즘을 설명하기 위한 선행 로트와 후행 로트의 Recipe 시간을 예시한 것이다.

【Table 1】 예시에 의한 Recipe

Bath Pos	처리시간							현위치
	1	2	3	4	5	6	7	
Lot1	0	t1	t2	t3	t4	t5	0	2
Lot2	0	t1	t2	0	t3	0	t4	1

표 1을 참조하면, 선행 로트(Lot1)는 조(bath) 2, 3, 4, 5, 6에서 공정을 진행하는 반면, 후행 로트(Lot2)는 조 2, 3, 5, 7에서 공정을 진행한다. 위 예시를 기준으로 현재 Wet Station 스케줄링 계산 방식은 다음과 같이 3단계로 구성되어 진다.

제 1단계 :

제1 로트 및 제2 로트의 각 조별 처리 시간의 순차적인 부분합을 추출한다. 선행 로트(Lot1)의 각 조별 Process Time의 순차적인 부분합은 하기의 수학적 식 1과 같이 나타낼 수 있으며, 후행 로트(Lot2)의 각 조별 Process Time의 순차적인 부분합은 하기의 수학적 식 2와 같이 나타낼 수 있다.

【수학적 식 1】

$$S1(k) = \sum_{n=1}^k an$$

(k=1, 2, ..., 7)

【수학적 식 2】

$$S2(k) = \sum_{n=1}^k bn$$

(k=1, 2, ..., 7)

제 2단계:

제1 로트의 k+1번째 순차적인 부분합 값으로부터 상기 제2 로트의 k번째 순차적인 부분합 값을 뺀 제1 차값을 추출하는 단계. S1(k+1)값과 S2(k)값의 차값을 구한다. 이 과정은 하기의 수학적 식 3과 같이 나타낼 수 있다.

【수학적 식 3】

$$S12(k) = S1(k+1) - S2(k)$$

(k = 1, 2, ..., 7)

제 3단계:

제2 단계에서 얻어진 S12(k)값 중 가장 큰 값을 대기 시간으로 선정 한다.

### 3. 효율적 Wet Station 스케줄링 제안

앞으로 논하고자 하는 부분에서 로봇의 Deadlock 부분은 제외되어있으며 참고로 이 부분은 본 제안에 덧붙여 다른 방법으로 해결할 수 있음을 명시한다. 관련연구에서 언급 되어진 기존방식 방식으로 연산을 수행하면 경우에 따라 불필요한 시간을 대기시간으로 소비할 수 있으며 이를 극복하기 위해서 다음과 같은 제안을 하고자한다. 우선적으로 관련연구와 같이 1,2단계를 동일하게 수행한 후에 다음 과같이 3~7단계를 추가적으로 수행한다.

제 3단계:

상기 제2 로트의 k+1번째 순차적인 부분합 값으로부터 상기 제1 로트의 k번째 순차적인 부분합 값을 뺀 제2 차값을 추출하는 단계. S2(k+1)값과 S1(k)값의 차값을 구한다. 이 과정은 하기의 수학적 식 4과 같이 나타낼 수 있다.

【수학적 식 4】

$$S21(k) = S2(k+1) - S1(k)$$

(k = 1, 2, ..., 7)

제 4단계:

해당 k값(k는 조의 순서에 대응하는 자연수)에 대한 상기 제1 차값 및 제2 차값이 모두 양수인 항목의 상기 제1 차값을 추출하는 단계.

제 5단계:

상기 제4 단계에서 추출된 제1 차값을 각각 상기 제2 로트의 초기 Process Time에 추가하는 단계, (단 상기 제1 및 제2 로트가 모두 거치지 않는 조의 k값에 대응하는 상기 제1 차값은 추출 대상에서 제외한다)

제 6단계:

제1 로트의 조별 Process Time과 초기 Process Time이 추가된 제2 로트의 조별 Process Time을 기준으로 상기 제4 단계에서 추출된 상기 제1 차값 각각에 대해 상기 제1 내지 제3 단계를 재수행하는 단계.

제 7단계:

상기 제6 단계에서 추출된 새로운 제1 및 제2 차값 중 어느 하나가 '0' 이하의 값을 가지는 항목을 포함하는 상기 제1 차값 중 최소값을 상기 제2 로트의 대기 시간으로 결정하는 단계.

전술한 1~7단계의 과정을 수행함으로써 제2 로트의 효율적인 대기 시간을 산출 할 수 있어 Wet Station 장비의 운용 효율을 극대화할 수 있으며, 이로 인하여 추가적인 Wet Station 장비의 도입에 따른 단가 상승 요인을 배제하면서 생산성을 개선할 수 있다.

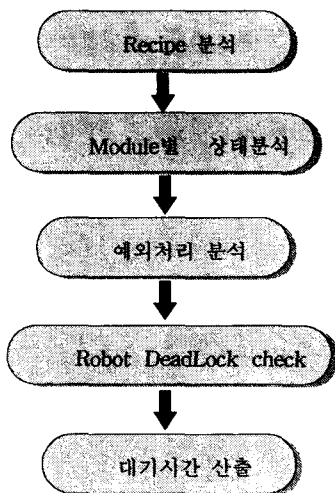
4. 시스템 구현

제안한 방식으로 스케줄러를 구현할 경우 Recipe에 다양성과 경우에 따라 발생할 수 불필요한 대기시간을 줄일 수 있다. 다음은 임의의 Recipe을 적용하여 실험한 대기시간 결과표이다. [표 2]에서와 같이 반드시 향상된 결과를 얻을 수 있는 것은 아니다, 이는 새로운 제안에서도 기존과 동일한 1,2단계를 수행하고 있으며 이는 Recipe구조상 그와 같은 결과 값을 얻어내는 것이 정확한 대기 시간이기 때문이다, 하지만 새로운 제안에 따라 수행했을 경우 기존방식에서 볼 수 있는 불필요한 대기시간을 줄일 수 있고 이는 곧 전체적이 throughput에 적지 않은 영향을 주는 것은 분명하다.

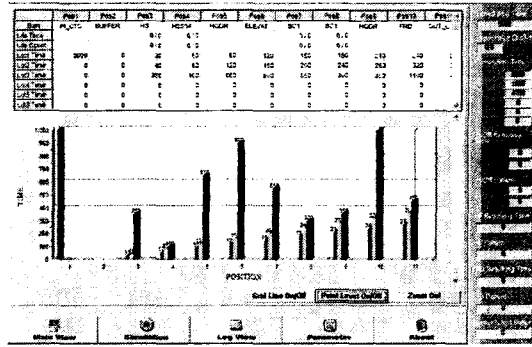
【 표 2 】 성능 평가결과

입력데이터	1	2	3	4	5	6	7
기존방식(대기시간s')	1900	1200	1100	400	500	600	600
제안된알고리즘	300	400	1100	400	200	300	600

다음 그림들은 본 논문을 토대로 현재 실제로 장비에서 적용되어 지고 있는 Scheduler의 구현구조 및 화면을 나타낸 것이다. [Fig 1,2참조]



【Fig 1】 내부 구현 구조



【Fig 2】 스케줄러 Main View

Main 화면에서는 현 장비상태, 로트별 Recipe분석, 대기시간, 예상 throughput등 필요한 정보를 한눈에 볼 수 있도록 구현 되어져 있다.

5. 결 론

전술한 본 논문의 제안은 Wet Station 장비에서 후행 로트의 대기 시간을 최소화하여 Wet Station 장비의 운용 효율을 극대화할 수 있으며, 이로 인하여 추가적인 Wet Station 장비의 도입에 따른 단가 상승 요인을 배제하면서 생산성을 개선할 수 있다고 본다. 서론 부분에서 언급 했듯이 장비운용 Scheduler부분은 아직도 많은 연구와 노력이 필요한 영역이라 생각되어 지며 앞으로 Dead Lock 및 예외 처리 부분등에 관해서도 적지 않은 개발이 요구 되는 기술이라 생각한다.

참 고 문 헌

[1] Edward A. Silver, Davide F. Pyke, Rein Peterson, " Inventory Management and Production Planning and Scheduling"

[2] Michael Pinedo, " SCHEDULING THEORY, ALGORITHMS, AND SYSTEMS "

[3] Mark A. Lawley, Deadlock Avoidance for Production Systems with flexible Routing, IEEE transactions on Robotics and Automation Vol. 15. No. 3 1999

[4] P. J Ramadge and W. M . Wonham, The control of discrete event systems, Proceedings of the IEEE Vol. 77, No. 1 1989

[5] 박주형외, "반도체웨이퍼공정", 반도체기술교육센터