

[한국시뮬레이션학회]

제22회 한국 대학생 컴퓨터 시뮬레이션 경진대회 문제

2024. 7. 12

한국시뮬레이션학회

1. 과제 개요

□ 과제명

- (주)K반도체의 파운드리 팹 라인 기획 최적화

□ 과제 수행 배경

- 파운드리(Foundry)는 외부 업체가 설계한 반도체 제품을 위탁받아 생산, 공급하는 공장을 가진 '반도체 위탁 생산' 업체를 말한다. 최근 인공지능(AI) 반도체가 핵심으로 부상하면서 파운드리 시장이 급성장하고 있다
- 메모리 반도체 제조에서 두각을 나타냈던 (주)K반도체는 이러한 시대 변화에 대응하기 위해 몇 년 전 파운드리 사업에 진출하였다. 각고의 노력 끝에 최근 대형 고객사로부터 대규모 주문을 수주했고, 고객 주문을 안정적으로 공급하기 위해 기존 메모리 반도체 팹을 파운드리 제조 팹으로 리뉴얼하는 작업에 착수했다.
- 고객으로부터 받은 제품 정보를 기반으로, 제품 생산을 위한 공정 조건, 순서, 시간 등에 대한 분석을 수행하였다. 이 분석을 바탕으로, 세계 최고 생산성의 “스마트 팹”을 기획하고자 한다.
- 팹 생산성은 고객 납기 리드타임과 제품 원가를 결정하는 중요한 요소로, (주)K반도체의 파운드리 사업 명운에 매우 큰 영향을 미칠 것이다.

□ 과제 수행 방법

- 본 문제에 주어진 가정 사항 및 데이터를 최대한 활용하되, 각 팀은 창의적인 아이디어와 전략을 이용하여 시스템을 최적으로 기획하고 운영하는 방안을 마련한다. 그리고 그 효과를 컴퓨터 시뮬레이션 및 통계로 검증한다.
- 분석 기간 동안 추가적인 정보는 제공되지 않으므로 필요한 경우 합당한 문서화된 가정들을 추가할 수 있다.
- 결과보고서에는 문제에서 제시한 데이터 및 조건대로 구현되었음을 확인할 수 있는 설계 및 모델링 과정, 그리고 성능평가 결과가 포함되어야 한다.
- 또한, 실무자가 아닌 고위 경영자가 쉽게 이해할 수 있는 애니메이션도 포함되어야 한다.

□ 과제 목표

- 팹 생산성 극대화를 목표로 주어진 기간 내 제품 생산량을 최대화한다.
- 동일한 생산량을 유지하면서 설비나 물류 장비의 투자를 최소화한다.

2. 라인기획 데이터 및 개선 항목

□ 제품 및 공정 정보

- 생산 제품은 두 종류이며, 산화-노광-식각-증착-계측 공정을 2회 반복하여 완성된다.
- 25매 웨이퍼 단위로 1개 로트(lot)를 구성하여 FOUP(Front Opening Unified Pot)이라는 용기에 담겨 운반 및 가공된다. <표 1>은 제품별 공정 순서와 1개 로트 기준 공정시간을 보여준다.
- 계측 공정은 50%의 확률로 진행된다. 즉, 전체 로트 중 절반 가량만 계측 공정을 진행한다.

<표 1. 제품의 공정 정보>

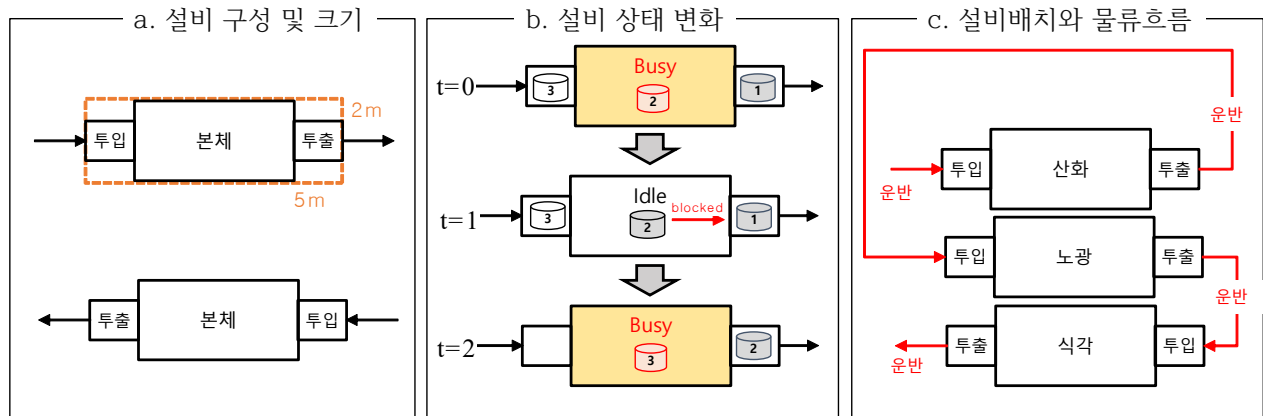
No	A		B	
	공정	시간(분)	공정	시간(분)
1	산화	15	산화	5
2	노광	15	노광	40
3	식각	15	식각	25
4	증착	15	증착	25
5	계측(50%)	15	계측(50%)	5
6	산화	15	산화	10
7	노광	15	노광	10
8	식각	15	식각	5
9	증착	15	증착	10
10	계측(50%)	15	계측(50%)	15

□ 공정 설비

- 공정 설비는 산화, 노광, 식각, 증착, 계측의 5종이며, 다른 공정은 진행할 수 없다.
- 공정 설비는 투입 포트(in port), 투출 포트(out port), 본체(main body)로 구성되며, 모든 공정 설비는 5m*2m 구역 내 배치된다. 투입 포트와 투출 포트의 위치는 좌우로 변경하여 배치할 수 있다. <그림 1-(a)>
- FOUP이 투입 포트에 로딩된 후 FOUP 단위로 본체로 이송된다. 본체에서 공정이 완료되면 FOUP은 투출 포트에 이송된다. 투입 포트, 본체, 투출 포트 사이의 이송 소요시간은 0이라고 가정한다.
- 투입 포트, 본체, 투출 포트에는 각각 1개의 FOUP만 점유할 수 있다. 투입 포트에 기존 FOUP이 점유해 있으면 추가로 FOUP을 로딩할 수 없다. 본체에 FOUP이 있으면 투입 포트에서 본체로 FOUP을 이송할 수 없다. 투출 포트에 FOUP이 점유해 있으면 완료된 FOUP이라도 투출 포트가 비워질 때까지 본체에서 대기해야 한다.
- <그림 1-(b)>에서 t=1 시점에 2번 FOUP의 공정이 완료되었더라도 1번 FOUP이 투출

포트를 점유하고 있으면 본체에서 대기해야 한다. 설비는 유희(idle) 상태이지만 3번 FOUP이 본체로 이송되지 못하여 공정을 진행할 수 없다. t=2 시점에 투출 포트가 비워지면 2번 FOUP은 투출 포트로 이송되고 3번 FOUP은 본체로 이송되어 공정이 진행된다.

- 이전 공정 설비의 투출 포트에서 다음 공정 설비의 투입 포트에 FOUP이 운반될 때, 서로 인접하게 배치된 경우라도 곧바로 투출포트에서 투입포트로 바로 이송될 수 없고 반드시 사람이나 물류장비에 의한 운반 과정이 필요하다 <그림 1-(c)>.



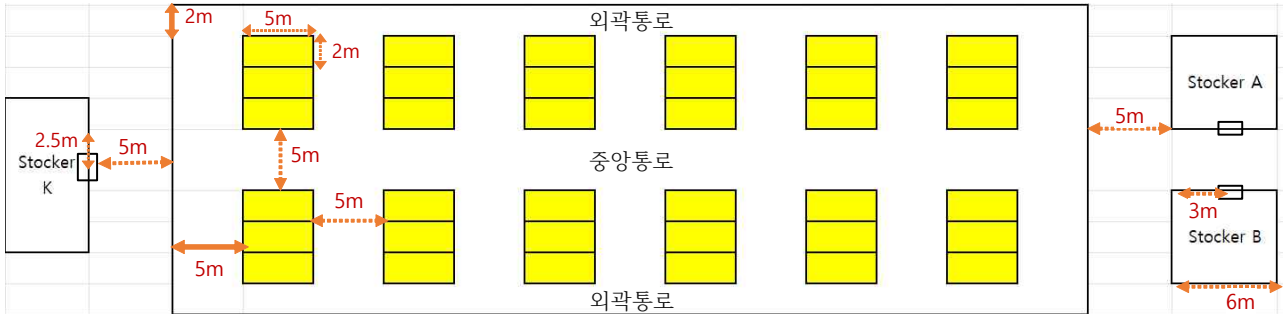
<그림 1. 공정 설비>

□ 물류 장비

- Stocker는 FOUP을 저장하며, 1개 Stocker에는 최대 20개 FOUP을 저장할 수 있다. 포트는 1개이며 투입과 투출 공용이다.
- Stocker도 설비와 마찬가지로 5m*2m 영역에 배치할 수 있다.
- Stocker의 포트 위치는 상/하 둘 중 하나로, Stocker 배치 위치에 따라 달라진다. 즉, 블록의 맨 상단 구역에 배치되는 경우 Stocker의 북쪽 방향에 포트가 배치되고, 반대의 경우 남쪽 방향에 배치된다.
- 기존 공장에서는 작업자가 FOUP을 운반했으나, 리뉴얼 공장에서는 물류 장비로 자동화하려고 한다. 펌의 층고가 낮아 OHT(Overhead Hoist Transport)의 설치가 불가하여, 최근에 각광을 받고 있는 AMR(Autonomous Mobile Robots)을 도입한다.
- AMR은 한 번에 1개 FOUP을 운반하며, 가로와 세로 각 1m 크기에 최대 주행속도 1m/s, 가감속 1m/s²이다. 장애물 감지 거리는 1m인데, AMR 간 간격을 1m로 유지해야 한다. AMR은 주행트랙 없이도 자유롭게 이동하며 회전, 전진, 후진 모두 가능하다. 단, 주행 트랙을 설정하면 AGV처럼 트랙을 따라 이동할 수도 있다. 주행 트랙을 따라 이동할 때 앞 뒤 간격을 1m로 유지하여 충돌이 없어야 한다.
- 공정설비나 Stocker로의 이재(unloading), 적재(loading) 시간은 10초이다.

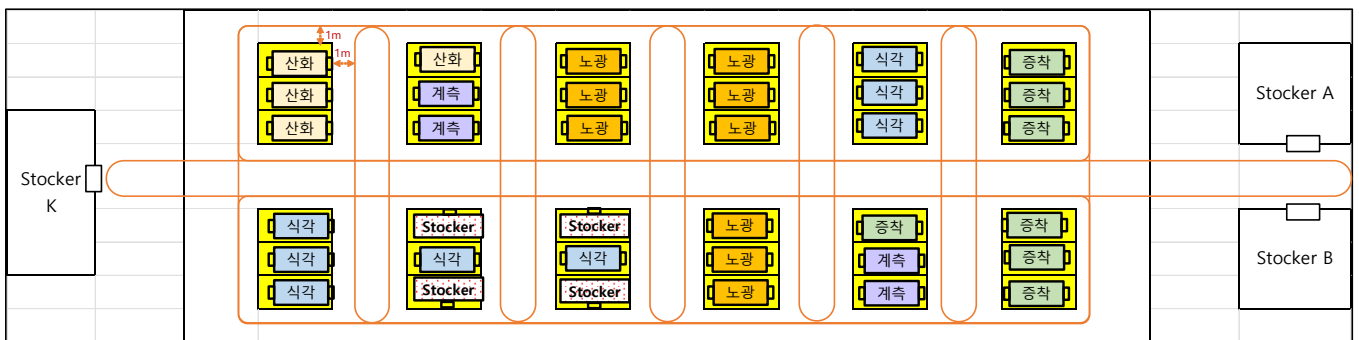
□ 레이아웃 배치

- 리뉴얼 대상 팹 레이아웃은 <그림 2>와 같다. 5m*2m 크기의 노란색 구역에 공정 설비나 Stocker를 배치할 수 있다. Stocker 없이 공정 설비만으로 배치할 수도 있고, 반대로 재공 저장을 위해 많은 Stocker를 배치할 수도 있다. 공정별 설비, Stocker의 대수 및 위치에 따라 생산량이 달라질 수 있다.



<그림 2. 팹 레이아웃>

- 아래 <그림 3>은 노란색 구역에 공정 설비와 Stocker를 배치한 예로, 노광 설비를 9대, Stocker를 4대 배치하였다. Stocker는 포트의 위치 제약 때문에 블록 내 3개 구역에서 상단과 하단 구역에만 배치 가능하다. 주황색 선은 AMR을 AGV처럼 운영하기 위한 주행 트랙을 표시한 것이다.



<그림 3. 공정 및 물류 설비 배치 예>

□ 투입 스케줄링

- <그림 3>에서 Stocker K에는 충분한 베어 웨이퍼(bear wafer)가 대기한다고 가정하며, 투입 시점에 A, B 제품으로 구분되어 각 제품의 공정을 진행한다.
- Stocker K에서 첫 번째 공정 설비로의 투입 시점이나 간격을 자유롭게 설정할 수 있지만, 재공의 부족이나 과잉을 고려하여 투입 간격이나 수량에 따라 생산성이 달라질 수 있다.

□ 설비/Stocker 운영

- 공정별로 여러 대의 공정 설비가 있으면, 이들 설비 중에서 어떤 설비에서 공정을 진행할지 결정해야 한다. 공정별 설비의 상태, 공정별 재공 상황, 운반 거리 등 다양한 조건을 고려하여 설비를 선택할 수 있다.
- AMR이 공정 설비의 투입 포트에 도착했을 때 다른 FOUP이 점유하고 있으면 투입 포트가 비워질 때까지 대기해야 한다. 혹은 Stocker로 운반하여 FOUP을 임시 저장할 수도 있다.

□ AGV/AMR 스케줄링

- 생산량을 최대화하되, 같은 생산량에서는 최소한의 AMR을 운영하고자 한다.
- 여러 대의 AMR 중 어떤 호기를 배차할지, 그리고 어떤 경로를 선택할지에 따라 운반 시간, 필요한 AMR 대수가 달라질 수 있다.

□ 성능 지표

- 30일 동안의 생산량으로 팍의 성능을 평가한다. 편의상 Warm-up 시간을 고려하지 않는다. 즉, 첫날 빈 팍에서 생산을 시작하여 30일 종료 시점까지의 총 생산량을 구한다.
- A, B 제품을 1:1 비율로 생산해야 한다. 1:1 비율을 초과하는 수량은 생산량에서 제외한다. 예를 들어 A 100개, B 120개 생산 시 총 200개 생산으로 간주한다.
- 동일한 생산량을 유지하는 조건에서는 공정 설비의 수를 최소화하는 것이 바람직하다. 즉, 공정 설비 간 불균형으로 인해 불필요한 설비는 배치하지 않는다.
- 동일한 생산량을 유지하는 조건에서는 물류 설비의 수를 최소화하는 것이 바람직하다.