

반도체 단위공정시간 단축에 관한 연구

박종화* · 한영신* · 이철기*

Process Time reduction of Semiconductor using BCR

Jong Hwa Park · Young shin Han · Chill Gee Lee

Abstract

반도체 제조 공정 중 FAB 공정은 수많은 단위공정들로 이루어져 있고, 한 Lot에 대한 모든 공정을 진행하는 데에는 약 1개월 이상이 소요된다. 반도체 산업의 특성상 고객이 원하는 제품을 최단 시간 내에 생산을 해서 적기에 제품을 공급해야만 최대의 수익을 올릴 수가 있다. 그러므로 FAB공정의 공기단축은 반도체 생산에서 중요한 부분이 된다고 할 수 있다. 본 연구는 FAB 공정 중 단위공정과 단위공정 사이에서 이루어지는 작업을 라인자동화를 통한 새로운 모델을 적용해서 단위공정에서 소요되는 시간을 단축함으로써, 반도체 제조의 생산성 향상 및 공기단축을 목적으로 한다.

I. 서론

반도체는 현대 산업의 쌀로 표현이 된다. 그만큼 우리가 흔히 사용하고 있는 전자제품에는 반도체가 내장되지 않는 제품은 거의 없다. 이러한 반도체를 생산하기 위해서 반도체 설계기술 뿐만 아니라 반도체 제조기술 또한 중요한 역할을 담당하고 있다. 국내 반도체 업체의 반도체 제조기술이 세계최고라는 것은 자타가 공인하는 사실이지만, 다양해지는 고객의 욕구와 글로벌화된 경쟁 속에서 살아남기 위해서는 끊임없이 제조기술을 개선 발전시켜 경쟁력을 유지해야만 한다. 그중에서 가장 중요한 부분 중의 하나가 바로 FAB 공정의 공기 단축이다.

반도체 제조 공정 중 FAB 공정은 수많은 단위공정들로 이루어져 있고, 한 Lot에 대한 모든

공정을 진행하는 데에는 약 1개월 이상이 소요된다. 반도체 산업의 특성상 고객이 원하는 제품을 최단 시간 내에 생산을 해서 적기에 제품을 공급해야만 최대의 수익을 올릴 수가 있다. 그래서 FAB공정의 공기단축은 반도체 생산에서 중요한 부분이 된다고 할 수 있다.

본 연구는 FAB 공정 중 단위공정과 단위공정 사이에서 이루어지는 작업을 라인자동화를 통한 새로운 모델을 적용해서 단위공정에서 소요되는 시간을 단축함으로써, 반도체 제조의 생산성 향상 및 공기단축을 목적으로 했으며, 구성은 다음과 같다. 2장에서는 FAB 공정과 단위공정에 대한 설명을 하고, 3장에서는 단위공정 분석을 하고, 4장에서는 ID Reader를 이용한 단위공정 자동화 모델을 제안하고, Test 및 분석을 하고, 5장에서는 연구결과 및 향후 연구 진행 방향을 제시하였다.

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

* 성균관대학교 컴퓨터공학과

2. FAB공정과 단위공정

FAB 공정은 크게 다음과 같이 7개의 공정으로 분류할 수 있다.

- Diffusion : 확산로 속에 Wafer를 넣어서 Wafer표면에 산화막을 형성하는 공정
- Photo : 설계된 반도체 회로를 박막이 형성된 웨이퍼에 입히는 공정으로 반도체회로의 미세한 형상이 그려져 있는 마스크(회로원판)의 형상을 웨이퍼의 표면에 복제하는 공정
- Dry Etch : 반응기 내에 반응기체를 주입하고 고주파전력을 가하여 발생된 Plasma를 이용하여 Wafer 위에 형성시킨 Photo Resist (PR)를 식각의 Mask로 하여 실제적인 형상으로 Patterning하는 (회로를 만들기 위해 깎아내는) 공정
- CVD(Chemical Vapor Deposition) : CVD란 박막형성의 한 공정으로 표면의 원료가 되는 Gas를 공급하여 열 및 Plasma를 이용하여 화학적 반응을 통한 박막을 형성하는 공정
- Metal(Sputter) : Metal line은 Chip 외부에서 흘러 들어오는 전기적 신호를 chip내부의 각 소자로 전달시켜 주기도 하고 반대로 chip 내부의 전기적 신호를 외부로 전달해주는 전달자 역할을 하는데, 이러한 Metal line을 만들어 주는 공정
- Wet Etch/Cleaning : 일반적으로 Photo공정후에 Wafer에 남아있는 PR을 식각하는데 Dry Etch외에 CHEMICAL과 물(H₂O 즉 Deionize water)을 이용하여 WAFER를 씻어내어 반응 부산물을 제거하는 공정
- CMP(Chemical Mechanical Polishing) : 화학적 작용과 물리적 작용을 이용하여 Wafer 상에 도포된 산화막이나 금속 박막을 연마하는 공정
- Implanter : 불순물을 원하는 깊이로 원하는

양만큼 웨이퍼 전면을 균일하게 넣어주어 일정한 전도성을 가지게 하는 공정

일반적으로 위의 공정들은 반도체 Device별로 세분화된 단위공정을 가지게 된다. 본 연구에서는 단위공정을 단위공정 그 자체뿐만 아니라 단위공정의 전처리 작업(Stocker에서 설비까지의 Lot의 이동) 및 후처리 작업(설비에서 Stocker 또는 다른 설비로 이동)을 포함해서 하나의 단위공정으로 정의를 한다. 각 단위공정을 진행하기 위해서 설비에 Lot을 투입하는 것을 Track-In이라고 하고, 단위공정을 끝내고 설비에서 Lot이 나오는 것을 Track-Out이라고 한다.

3. 단위공정 분석

현재 단위공정의 문제점을 파악하기 위하여 제조 작업자의 동선과 라인자동화 시나리오의 두 가지 측면에서 분석해 보았다.

3.1 제조 작업자 동선

반도체 제조라인은 작업자가 근무하는 공간인 Bay와 설비가 있는 공간인 Service Area로 구분이 되어있다. Bay의 형태는 일반적으로 <그림 1>의 형태처럼 구성되어 있다. Bay는 Lot을 올려 놓을 수 있는 Work Table(WT)과 Track-In 작업을 수행할 수 있는 OI(Operator Interface), 그리고 설비로 구성되어 있다.



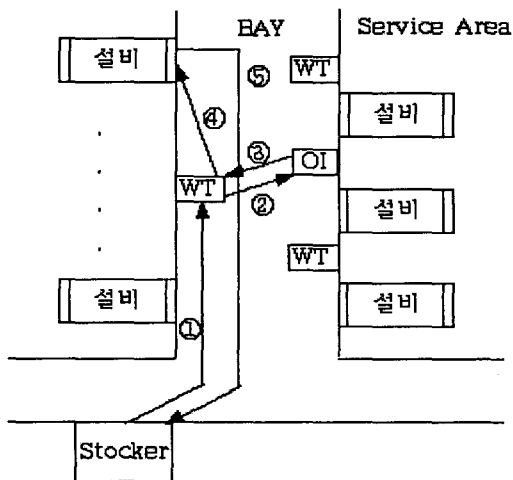
<그림 1> 반도체 제조라인의 Bay

작업자는 Bay에서 업무를 하는데, 작업자가 단위공정을 처리하기 위해 움직이는 동선은 <그림 2>에 나타난 것과 같다.

Lot이 Stocker에서 설비까지 이동해서 공정을 진행한 후 다시 Stocker로 올 때까지의 시나리오는 다음과 같다.

- ① Stocker에서 Lot을 꺼내서 Work Table에 Lot을 임시로 놓아둔다.
- ② OI가 있는 곳으로 이동을 해서 Track-In 작업을 실시한다.
- ③ Track-In작업이 정상적으로 완료되면, Work Table로 이동한다.
- ④ 임시로 놓아둔 Lot을 설비에 투입한다. 그러면 설비에서는 해당 공정을 진행하고 Track-Out이 된다.
- ⑤ 제조 작업자는 Track-Out된 Lot을 Stocker로 넣는다.

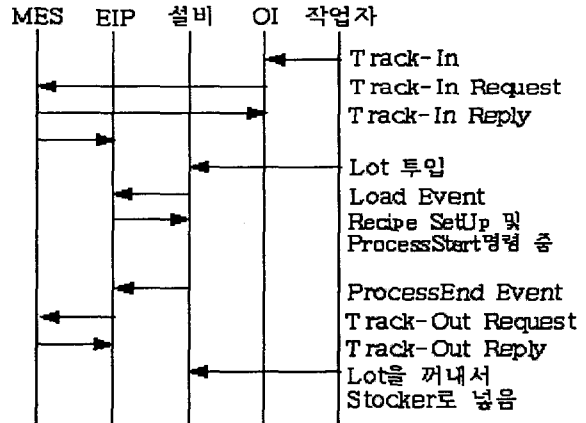
Work Table은 Stocker와 설비사이의 Buffer 역할을 하므로 필수적으로 있어야 한다. 동선을 줄이기 위해서는 Track-In 과정에서 OI를 거치는 부분을 없앤다면 Track-In 작업 시 걸리는 시간을 줄일 수 있고 작업자의 동선도 줄일 수 있다.



<그림 2> 단위공정 진행시의 작업자 동선

3.2 자동화 모듈 Work Flow

반도체 제조라인을 자동화관점에서 분석을 해 보기 위해서 다음과 같이 세 가지 모듈로 구분을 한다. 첫 번째로 반도체 제조공정의 Process를 계획하고 Tracking을 제어하는 MES (Manufacturing Execution System), 두 번째로 MES와 설비사이에서 MES의 명령을 설비로 내려주고 또한 설비에서 발생된 정보를 MES로 전달해 줌으로써 MES와 설비간의 Interface역할을 하는 EIP(Equipment Interface Program), 세 번째로 MES의 로부터 Lot정보를 작업자에게 보여 주거나 작업자가 MES쪽으로 작업지시를 내리도록 MES와 작업자사이의 Interface역할을 하는 OI(Operator Interface)로 구성되어 있다. 작업자는 Stocker에서 Lot을 가져와서 WorkTable에 놓은 이후 OI에서 Track-In작업을 수행하게 된다.



<그림 3> 단위공정 진행시의 자동화 모듈간의 Workflow

<그림3>는 Track-In에서 Track-Out까지의 과정을 자동화관련 모듈과 설비, 작업자사이의 Work Flow를 표현하였다. <그림3>에 대해서 설명하면,

- 1) 작업자가 OI를 통해서 Track-In하고자 하는 Lot을 선택한 후 MES에게 Track-In Request를 함.
- 2) MES는 OI쪽에 Track-In Reply를 하고 동

시에 EIP에게도 Track-In정보를 알려준다.

3) OI에서의 Track-In작업이 완료되면, 작업자는 Work Table에 있던 Lot(MES에 Track-In된 Lot)을 설비에 투입한다.

4) 설비에 Lot이 Load되면 Event를 발생시켜서 EIP에게 보고한다. (설비에서 발생하는 Event는 반도체설비와 Host간의 표준통신Protocol인 SECS(HSMS)에 의해 이루어지고, 일반적으로 설비에서 EIP쪽으로의 Event에는 S6F11이라는 Message가 사용된다.)

5) EIP는 MES에서 받은 정보를 통해서 설비에 공정Recipe를 Set-Up 하도록 하고 Process를 시작하도록 하는 명령을 내려 준다.

6) 설비는 Process를 진행하게 되고 Process가 끝나면 Process가 완료되었다는 Event를 발생시켜 EIP에게 보고한다.

7) EIP는 MES에게 Track-Out Request를 한다.

8) MES는 EIP에게 Track-Out Reply를 보낸다.

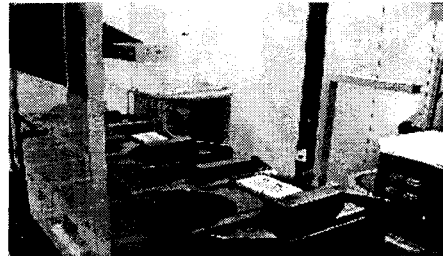
9) 작업자는 설비에서 Lot을 꺼내어 Stocker로 넣는다.

4. ID Reader를 이용한 Track-In 모델

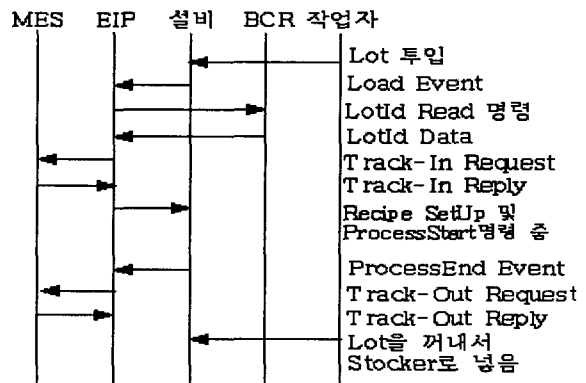
작업자의 동선을 줄이고 Track-In시간을 줄이기 위해서 OI를 사용하지 않으려면, OI의 Track-In기능을 자동화의 다른 모듈에서 처리를 해야한다. 본 연구에서는 EIP에서 OI의 Track-In기능을 할 수 있는 방법을 고려해 보았다. 이를 위해서는 MES와 EIP간의 시나리오를 변경해야 하고, LotId를 인식할 수 있는 장치(본 연구에서는 Bar Code Reader를 사용했다.)가 필요하고 또한 이것을 제어할 수 있는 Application이 필요하다. 본 연구에서는 EIP에서 BCR도 제어할 수 있도록 했다. BCR을 이용한 Track-In 과정을 본 연구에서는 Auto Track-In이라고 명명한다

4.1 모델 설명 및 시나리오

ID Reader를 이용한 Track-In 모델은 작업자가 OI를 통해서 직접 Track-In하지 않고, Stocker에서 Work Table, Work Table에서 설비까지 Lot을 이동시키는 작업만 하게 된다.(<그림1>에서 ②③의 구간이 사라지게 됨). 그리고 Auto Track-In 과정은 <그림5>에서 보는 바와 같이 작업자에 의해 Lot이 설비에 투입되면, 설비는 BCR을 통해 LotId를 인식하게 되고, 이 Data(LotId)를 EIP에게 전달하게 된다. 이후 EIP는 MES에게 Track-In Request를 하고 MES는 EIP에게 Track-In Reply를 한다. EIP는 설비에 해당공정의 Recipe를 Set-Up할 수 있도록 하고 Process Start명령을 내린다. 이후의 시나리오는 기존의 Track-In 시나리오와 동일하다. 설비에 BCR이 장착되어 있는 형태와 Lot에 Barcode가 장착되어 있는 형태는 <그림4>와 같다.



<그림 4> BCR이 장착된 설비



<그림 5> Auto Track-In 진행시의 자동화 모듈간의 Workflow

4.2 모델검증

모델의 Test를 위해서 첫 번째, 동선측면에서의 얼마의 거리를 줄일 수 있는지를 계산하기 위해서 Work Table과 OI까지의 평균거리를 3M (meter)로 설정하였다. Auto Track-In을 적용하면 한대의 설비에 대해서 1Lot의 단위공정을 진행할 때마다 6M(3 * 2M: 왕복거리)의 동선이 줄어들게 된다. 설비의 Throughput이 100Lot/day 라면 하루에 설비 한대에서 작업하는데, 작업자의 동선이 600M가 감소하였다. Test를 실시한 Bay에는 14대의 설비가 반도체 제조공정을 진행하고 있다.

그렇다면, Bay에서 작업하는 작업자의 동선을 하루평균 8400M 감소 시킬 수 있다.

두 번째 시간측면에서 보면, Work Table과 OI 까지 이동하는데 걸리는 시간과 OI에서 Track-In작업을 하는데 걸리는 시간을 합치면 평균 10.8초 였다. Auto Track-In을 적용하면 한대의 설비에서 1Lot의 단위공정을 진행할 때마다 10.8초가 줄어든다. 설비의 Throughput이 100Lot/day 라면 설비 1대당 하루에 작업시간이 1080초 줄어 든다고 할 수 있다. Test한 Bay에는 14대의 설비가 반도체 제조공정을 진행하고 있다. 그렇다면, Bay에서는 하루평균 15120초의 작업시간을 감소 시킬 수 있다. 이것을 표로 나타내면 <표1>과 같다.

<표1> Auto Tra차-in 모델 적용시 작업자 동선의 평균단축거리 및 시간

| | 단위공정 | 설비1대/일 | Bay/일 |
|--------|-------|--------|--------|
| 평균단축거리 | 6M | 600M | 8400M |
| 평균단축시간 | 10.8초 | 1080초 | 15120초 |

5. 결론 및 추후 연구

본 연구에서의 결과에서 보듯이 Auto Track-In

모델을 적용하면 작업자의 동선 및 작업시간을 감소시킬 수 있음을 알 수 있다. 그러나 실제 생산성 증대에 관련된 것은 기대했던 것보다는 영향을 적게 미친다. 왜냐하면, 설비에 Lot을 투입할 수 있는 Port가 두개라고 가정하자. 설비의 한쪽 Port에서 이미 어떤 공정을 진행하고 있다면, 다른쪽 Port에 아무리 Track-In을 빨리하더라도 이 Lot은 먼저 진행하고 있던 공정이 끝날 때까지는 설비의 Port에서 대기해야 하기 때문이다. 이 모델을 적용하기 위해서는 각각의 설비의 Load Port에 맞는 LotId Reader가 필요하다. 그리고 Track-In작업이 설비에 Lot이 투입된 상태에서 이루어지기 때문에 Error Case가 발생할 경우 Lot의 처리에 대한 정의가 필요하다. 그러나 작업자의 동선과 작업시간이 감소됨으로써 작업자의 업무부담이 줄어든다. 앞으로 이 모델을 기초로 Stocker에서 설비까지 Lot을 이동하는 부분도 작업자가 하는 것이 아니라 AGV 나 OHT를 이용하는 모델을 연구 할 것이다.

참고문헌

- [1] Wein, L.M., On the relationship Between Yield and Cycle time Semiconductor Wafer Fabrication, IEEE transactions on semiconductor Manufacturing, Vol.5 , 1992
- [2] Dooghoon Jeon and ChilgeeLee, "Implementation of Computer Modeling and Simulation for FAB Manufacturing of Semiconductor" Simulation Methods and Applications Confrence, Florida, Olando, Nov.1-3, 1998
- [3] BYOUNG K. CHOI and BYUNG H. KIM, "MES (manufacturing execution system) architecture for FMS compatible to ERP (enterprise planning system)", INT. J. COMPUTER INTEGRATED MANUFAC-

- TURING, 2002, VOL. 15, NO. 3, 274?84
- [4] SEMI E37 - 0298 HIGH - SPEED SECS MESSAGE SERVICE GENERIC SERVICE, SEMI STANDARD 0200
- [5] SEMI E5 - 0200A SEMI EQUIPMENT COMMUNICATIONS STANDARD 2 ME-
- SSAGE CONTENT(SECS - II), SEMI STANDARD 0200
- [6] SEMI E53-1296 EVENT REPORTING, SEMI STANDARD 0200
- [7] <http://www.semi.org>
- [8] <http://www.selete.co.jp>