

# 반도체 공정시스템 개선을 위한 레이아웃 비교 연구

서정대<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>경원대학교 산업정보시스템공학과

## A Layout Comparison Study for Improving Semiconductor Fab System

Jungdae Suh<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Industrial Engineering, Kyungwon University

**요약** 반도체 공정시스템의 레이아웃은 대규모 자본 투자의 필요성과 제조 공정의 복잡성의 증가와 함께 그 중요성이 점점 증가하고 있다. 오늘날 대부분의 반도체 공정시스템은 같은 유형의 장비가 동일한 bay에 배치되는 bay 타입의 레이아웃 형태를 취하고 있다. Bay 타입 레이아웃은 유연성의 장점을 가지고 있지만 물류 흐름의 제어 측면에서는 많은 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 이러한 bay 타입 레이아웃의 단점을 보완하고자 bay 타입의 유연성은 유지하되 center spine이 없고 bay를 통합한 형태의 새로운 반도체 레이아웃 개념인 room 타입에 대해서 비교, 연구한다. 이를 위하여 본 논문에서는 새로운 room 타입 레이아웃의 형태를 제시하고 이를 기존의 레이아웃과 반송필요 횟수와 시간, foot-print, 경유 stocker, 그리고 물류흐름 시간 등의 성과척도를 비교하여 room 타입 레이아웃의 우수성을 보인다.

**Abstract** The importance of improving semiconductor fab layout has been increased with the necessity of a large-scale capital investment and the increase of manufacturing complexity of the system. For the present, most semiconductor fab takes the form of a bay type layout where the same types of machines has been laid at the same bay. The bay type layout has many disadvantages in respect of material flow control even though it has merits of flexibility. To overcome the drawbacks of the bay type layout, a new room type semiconductor layout which integrates bays without a center spine and maintains the flexibilities of the bay type has been presented and compared with existing layouts. The results of test show that the room type layout is superior to the existing layouts from standpoints of transportation number and time, foot-print, number of stocker being passed and material flow time.

**Key Words** : Semiconductor, Layout, Bay, Connected Bay, Room

### 1. 서론

반도체 공정시스템의 레이아웃(layout) 개선은 반도체 생산 공정이 많은 공정 단계, 제조 복잡성의 증가 및 주기적인 대규모 투자의 필요성 등으로 인해 그 중요도가 점점 증대하고 있다. 반도체 공정시스템은 현존하는 가장 복잡한 제조시스템 중 하나이며 여러 가지 복잡한 문제들로 구성되어 있어 초기투자, 로트 cycle time, 설비가

동률, 그리고 수율 등을 개선해야 하는 지속적인 압박에 봉착하고 있다. 특히 반도체 생산에서 레이아웃은 초기투자 금액과 생산 효율을 대부분 결정하고 있다. 현재 하나의 반도체 라인을 건설하는데 약 2조원 이상 소요되며 더욱이 레이아웃은 한번 결정되면 변경하기가 어려운 측면에서 레이아웃 개선은 중요한 과제이다.

현재 대부분의 반도체 제조 공정은 같은 종류의 기계가 동일한 bay 내에 놓여있는 bay 타입(type)의 형태를

이 논문은 2006년 교육인적자원부의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2006-311-D00943).

\*교신저자 : 서정대(jdsuh@kyungwon.ac.kr)

접수일 09년 03월 04일

수정일 (1차 09년 04월 23일, 2차 09년 05월 03일)

제재확정일 09년 05월 27일

피고 있다. Bay 타입은 유연성에 있어서는 큰 장점이 있지만 물류 운영면에 있어서는 많은 단점을 가지고 있다. Bay 타입에서는 웨이퍼(wafer)가 일련의 공정을 수행하기 위해서 bay들 사이를 계속 움직여야 한다. 이로 인하여 운반 활동이 자주 일어나고 중간재고가 늘어나며 사이클 타임이 길어진다. 뿐만 아니라 물류 운영 장비가 많이 필요하며 장비가 clean room을 차지하는 공간이 늘어남에 따라 초기 투자 비용이 커지게 된다.

반도체 레이아웃은 지난 수십년간 center spine (bay간 반송 설비와 경로)을 가진 bay 구조로 설계되어 왔다. 이것은 bay 타입 레이아웃이 단순성과 유연성 측면에서 여러 가지 장점을 가지고 있기 때문이었다. 하지만 bay 타입 구조는 전형적인 functional 레이아웃으로 많은 운반과 적재를 필요로 할 뿐만 아니라 반도체 레이아웃의 중요한 평가 기준 중의 하나인 foot-print(공정 장비가 차지하는 면적 대비 운반 장비가 필요로 하는 clean room의 면적 비) 측면에서 많은 한계를 지니고 있다. 특히 대부분의 bay 타입 레이아웃이 center spine을 필요로 하기 때문에 foot-print 측면에서 비싼 투자 비용의 지불이 요구되고 있다.

본 논문에서는 이러한 bay 타입 레이아웃의 단점을 보완하고자 bay 타입의 유연성은 유지하되 center spine이 없고 bay를 통합한 형태의 새로운 반도체 레이아웃 개념인 room 타입에 대해서 비교, 연구한다. 즉, 현재의 bay 타입인 job shop 형태를 flow shop 형태인 room 타입 형태로 변경하는 것을 연구한다. 이를 위하여 본 논문에서는 새로운 room 타입 레이아웃의 형태를 제시하고 이를 기존의 레이아웃과 비교하여 성과적도를 평가한다. 본 논문은 선행연구 review, room 타입 레이아웃의 설명 및 장점, 그리고 기존 레이아웃과의 비교 및 결론으로 구성된다.

## 2. 연구 현황

기존 bay 타입 레이아웃에 대한 연구로서 bay 간 반송으로 인한 불합리성은 Kurosaki *et al.*[6], Lin *et al.*[7] 등에 의해 기술되었다. 그들은 기존 bay 타입 레이아웃에서 bay 간 반송으로 인한 불합리성에 대해 기술하였으며 기존 bay 타입 레이아웃 구조 하에서 bay 내 반송과 bay 간 반송 통합에 관한 연구를 진행하였다. 이 연구의 시뮬레이션 결과는 통합된 반송 방식에서는 기존 방식에서 보다 반송 능력이 현저히 향상되었을 뿐만 아니라 생산 lead time 또한 현저히 단축되었음을 보여주었다.

Spine 구조의 레이아웃을 위해 Ting and Tanchoco[11]는 반도체 레이아웃에서 single-spine과 double-spine 레

이아웃에 대해서 분석적 기법을 도입하여 이동 거리를 최소화하고자 하였다. 그들은 300mm 반도체 레이아웃에서 spine 구조의 레이아웃이 이동거리나 물류의 단순성 등에서 우수하다고 결론을 내렸다.

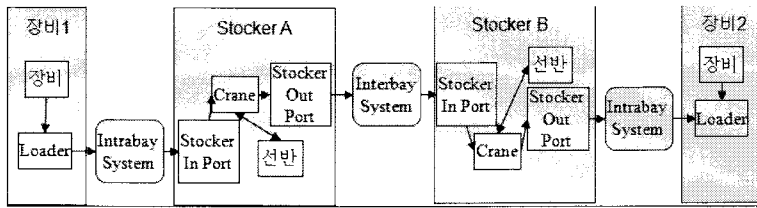
Pillai *et al.*[8]는 인텔의 300mm 레이아웃과 물류 반송 시스템 연구를 소개하였다. 이 연구는 반도체 레이아웃 연구에 필요한 고려 사항들에 대해서 기술하였는데 이것들은 건물의 설계, 건축, 설비배치, 물류 자동 반송, 생산 장비와 운영 등을 포함하는 광범위한 사항들을 포함할 뿐만 아니라 bay의 폭과 설비 반입 경로, stocker의 위치, 비상 대피 통로 등의 자세한 고려 사항들을 기술한다. 이 연구 역시 stocker 사용의 축소, 자동 반송 장비 투자비 감소, bay간 반송 감소 등 통합된 bay의 우수성에 대해서 기술하고 있다. 그러나 통합된 bay 레이아웃에서도 여전히 많은 interbay 반송을 필요로 하고 있다.

통합된 레이아웃에 대한 연구로 Gaxiola and Hennessy[3]는 반도체 포토 공정에 대해서 두개에서 세개의 bay가 OHT (overhead hoist transporter) loop로 통합된 레이아웃에 대해서 연구하였다. 그들은 통합 정도가 각기 다른 세 개의 대안에 대해서 두 개의 서로 다른 공정 흐름으로 실험을 진행하였다. 첫 번째 대안은 네 개의 bay를 통합한 경우이고, 두 번째 대안은 두 개의 bay를 통합한 경우이다. 그리고 마지막 대안은 기존 방식대로 bay를 통합하지 않은 것이다. 이 연구는 통합된 bay 레이아웃은 총 이동거리 뿐만 아니라 stocker의 가동률에 있어서도 여러 가지 장점을 가진 것으로 밝혀주었다.

Geiger *et al.*[4]과 Hase *et al.*[5]는 서로 다른 공정 제약 정도를 가진 두 가지 셀 레이아웃에 대한 연구를 진행하였다. 첫 번째 셀 레이아웃은 공정순서에 따라 구분된 네 개의 layer에 대해서 layer 별로 공정 제약이 부과된 것인데 총 네 개의 셀을 가지고 있다. 두 번째 셀 레이아웃은 앞 두개의 layer를 하나의 셀로 묶고 나머지 두개의 layer를 다른 하나로 묶어서 총 두개의 셀을 가진 layer로 설계하는 것이다. 각 셀별로 공정제약이 부과된 위의 레이아웃의 연구 결과는 setup 시간 손실을 줄이고 수율을 향상시키고 물류흐름을 단순화 시키는 상당한 효과가 있는 것으로 나타났다.

레이아웃의 또 다른 연구로 Schulz *et al.*[10]는 반도체 공정에 컨베이어를 활용하는 레이아웃 연구를 진행하였다. 이 연구는 컨베이어를 이용할 경우 반송 대차를 이용하는 경우보다 반송 능력 측면에서는 향상이 있었으나 재공이 약간 늘어날 수 있음을 시뮬레이션을 통해 보여주었다.

위의 연구는 전통적인 반도체 bay 타입 레이아웃과 center spine을 가진 물류 반송 시스템에 대차 대신 컨베



[그림 1] Bay 타입 레이아웃에서의 interbay 반송.

이어를 적용하는 것은 적절하지 않다고 결론을 내리고 있다. 즉, 컨베이어를 반도체 레이아웃에 이용하기 위해서는 bay 타입이 아닌 레이아웃 구조가 필요하다고 주장하고 있다. 비록 위의 셀 레이아웃 연구와 컨베이어 레이아웃 연구가 생산성 측면에서 향상된 결과를 보여주긴 하지만 혼류 생산 시스템을 고려하지 않은 비현실적인 측면이 있어서 실제 반도체 레이아웃에 적용하는 데는 많은 한계가 있다.

학계의 많은 연구들이 매우 개념적이고 중요한 고려 사항들에 대해서 제한된 연구를 수행한 반면에, SEMATECH (International Semiconductor Technology Association)은 두개의 보고서 (Quinn and Bass[9], Campbell and Ammenheuser[2])에서 매우 다양한 사항들을 고려한 연구 결과를 발표하였다.

첫 번째 보고서[9]에서는 300mm 레이아웃의 3가지 다른 형태에 대해서 foot-print, 공기, 재공 그리고 OHT를 이용한 bay 내 반송을 비교 분석하였다. 이 세 가지 레이아웃은 농장 레이아웃, 혼합 레이아웃, 그리고 변형된 혼합 레이아웃이다. 변형된 혼합 레이아웃은 농장 레이아웃 대비 13% 가량의 공기의 단축효과가 있었고, 가장 작은 clean room 면적을 요구할 뿐만 아니라 필요장비 대수와 재공 측면에서도 가장 좋은 결과가 기대되었다. 혼합 레이아웃은 가장 짧은 공기가 예상되었으나 유연성 측면에서 300mm 레이아웃으로는 부적절한 것으로 판단되었다.

두 번째 보고서[2]는 첫 번째 보고서의 레이아웃에 대해서 구체적인 시뮬레이션을 실행한 결과를 기술하였는데 OHT, stocker, overhead transporter 등에 대해서 비교적 자세한 모델링과 가정들이 기술되었다. 가장 중요한 결과는 세 가지 레이아웃 모두에 대한 물류 반송 장비의 적용이 가능하다는 것으로 제한된 레이아웃 안에 대해서 시뮬레이션을 통해서 검증하는 방법이 인상적인 보고서이다.

### 3. 반도체 room 타입 레이아웃

현재의 반도체 레이아웃은 대부분 bay 타입으로 수십

년간 그 틀을 유지하고 있다. Bay 타입은 유연성에 있어서 큰 장점이 있는 것이 사실이지만 물류 운영에 있어서는 많은 단점을 가지고 있다. 기존 bay 타입 레이아웃의 가장 큰 문제점은 지나치게 많은 적재 이동이다.

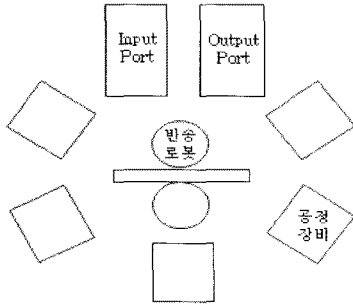
그림 1은 bay 타입 레이아웃에서의 interbay 반송을 도식화한 것이다(Lin et al.[7]). 장비1에서 끝난 웨이퍼는 loader FOUB(Front Opening Unified Pod)에 담기게 되며 intrabay 반송을 거쳐 stocker의 입력 port에 도착하며 stocker 내에서 선반에 저장되었다가 다시 interbay 반송을 거쳐 목적지 bay의 stocker 선반에 저장된다. 목적지 stocker에서 다시 intrabay 반송을 거쳐서 장비로 반송되는데 이재, 적재, 이송 뿐만 아니라 각 지점에서의 대기시간까지 고려하면 지나치게 복잡한 과정을 거친다. 공정 시작에서 끝날 때까지 약 500개의 step을 거치는데 bay 타입 레이아웃에서는 약 300회 이상의 interbay 반송을 거쳐야 한다.

Bay 타입 레이아웃의 또 하나의 문제점은 대부분 center spine 구조로 되어 있어서 foot-print 측면에서 대단히 불리하다는 점이다. 전체 clean room 면적에서 center spine이 차지하는 면적은 약 10%로 평당 건설 비용이 수 억원에 달하는 건설 비용을 고려할 때 개선을 위한 노력이 필요하다. 또한 MHS(Material Handling System) 장비의 투자 뿐만 아니라 장비가 clean room을 차지하는 공간이 커짐으로 인한 clean room에 대한 투자 비용이 발생한다. 이 외에도 linc balancing의 실패로 인한 높은 재공 수준과 긴 공기가 필요하며 생산 제어가 어렵고 높은 재공 수준이 요구되는 등 bay 타입 레이아웃은 문제점을 많이 가지고 있다.

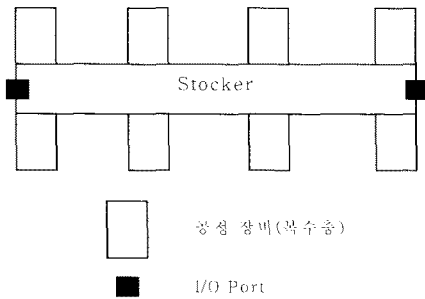
반도체 레이아웃 형태를 개선한 대안 중 하나는 여러 다른 종류의 장비들이 일련의 공정을 수행하기 위해 함께 묶여진 cellular 형식의 modular한 구조이다. Lithography 공정에서의 inline 생산이 이러한 구조의 한 예라고 볼 수 있다. 레이아웃에서의 또 하나의 발전적인 모습은 여러 가지 공정을 하나의 장비에서 처리하는 cluster tool의 적용이다.

Cluster tool은 그림 2에서 보논바와 같이 stocker가 중심이 되고 장비들이 stocker 주위에 배치된 카세트 단위

의 운송 cluster tool과 웨이퍼 이적재 buffer, 중앙의 웨이퍼 운반 로봇 및 여러 공정 장비들로 구성된 매업 단위의 운송 cluster tool이 있다. Stocker가 중심이 된 cluster tool은 고가의 건설, 유지 비용이 소요되는 clean room을 효율적으로 사용하게 한다.

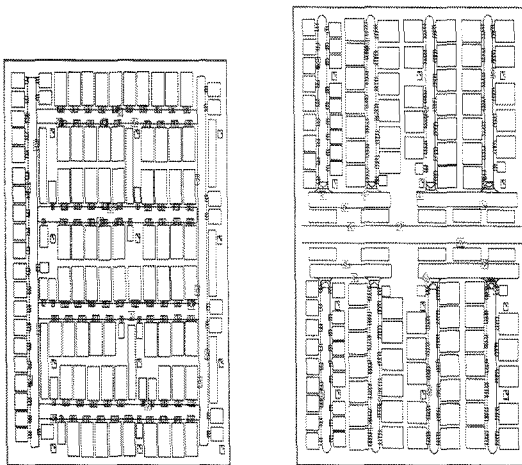


(a) Cassette 단위 운송 cluster tool



(b) 매업 단위 운송 cluster tool

[그림 2] Cluster tool의 형태



(a) Room 타입 레이아웃      (b) Bay 타입 레이아웃

[그림 3] Room 타입 레이아웃과 bay 타입 레이아웃.

반도체 라인에서 새롭게 제안된 레이아웃은 그림 3의 bay 타입 레이아웃과 같은 functional 레이아웃의 일종이면서 그것의 장점을 더욱 부각시켜 유연성과 생산성 측면에서 획기적인 효과가 기대되는 room 타입 레이아웃이다. 같은 종류의 장비를 같은 bay에 위치시키는 것은 전체적으로 그 공정 순서가 고정되어 있는 반도체 메모리나 LCD의 경우에는 적당한 설비 배치가 아니라 인식으로 인하여, 일부 제조 사업장에서는 여러 기능의 장비를 하나의 bay에 위치시키기도 한다.

Room 타입 레이아웃 방식의 독창성은 설비를 bay 같이 작은 loop 단위로 구분하여 배치하는 것이 아니라 공정 흐름 중심으로 구역(zone) 별로 배치하고, 하나의 긴 OHT loop을 통해서 room 내의 장비를 묶어서 배치하는 것이다. 이 방식의 레이아웃은 공정간 FOUF 반송에 있어서 interbay 반송의 비효율성을 줄일 뿐만 아니라 설비에서 설비로의 직접 반송 확률을 높여서 전체적으로 필요로 하는 반송회수를 획기적으로 줄여 줄 수 있다. Room 타입 레이아웃에서 bottleneck 장비는 중앙에 모아서 배치함으로써 central queue 효과를 활용할 수 있고 이것에 의해서 가동률은 향상되고 공기와 재공은 줄어들 수 있다.

투입기준 약 40K 규모의 웨이퍼 fab이라고 가정했을 때 기존 레이아웃 방식에서는 약 30개의 bay가 필요했으나, 새로운 방식에서는 약 4개의 room이면 충분할 것으로 판단된다. 이것은 약 6개에서 8개의 bay를 하나의 room으로 묶는 것과 같다.

Bottleneck 장비는 되도록 모아서 배치하고 non-bottleneck 장비는 분산하여 배치함으로써 반송 횟수는 줄이되 장비 가동률은 높일 수 있을 것으로 보인다. 장비 가동률이 높아지는 이유는 central queue 효과 외에도 한 장비가 수리 중일 때에도 group에 속한 장비군의 capacity에 미치는 영향이 적음으로 재공의 운영에 상당히 유리해지기 때문이다.

한번 설치된 레이아웃은 변경이나 확장에 있어서 많은 추가적인 비용을 필요로 한다. 물류반송이나 생산성에 있어서도 많은 부분이 레이아웃에 의해 결정된다고 할 수 있다. Room 타입 레이아웃은 높은 유연성이 기대되고 제품 혼류 생산에 대응이 용이해진다. 더 많은 장비들이 room 안에 효과적으로 배치되고 종류 또한 다양해질 뿐만 아니라 제품의 interbay 반송이 필요 없기 때문에 제품 혼류 생산이 더욱 용이해진다.

또한 장비 선택에 있어서 유연성이 커진다. 투입기준 40K 규모 fab에서 기존 방식의 레이아웃에서는 약 6개의 photo bay와 약 10개가 넘는 stocker를 필요로 했고 stocker에 한번 도착한 lot은 반송 제약에 의해서 타 bay

의 장비로 진행되기 힘들거나 교차반송을 통해 가능했다. 하지만 room 방식에서는 FOUP들은 장비선택에 있어서 훨씬 넓은 routing을 가지게 된다.

새로운 방식에서는 center spine이 필요 없기 때문에 foot-print가 개선되며 이에 따른 비용 절감 효과가 발생된다. 이것은 clean room 건설 비용으로 환산해 볼 때 반송장비의 투자비용 절감 효과를 제외하더라도 약 400억 원의 효과에 해당된다.

또한 반송의 필요성이 감소되는 만큼 반송장비의 투자 비용이 감소하게 된다. 때 fab 건설마다 반송장비에 대한 투자는 공정 설비 투자 비용의 약 5%에 해당된다. 이 분야가 자본 집약적인 산업임을 감안할 때 무시할 수 없는 효과라고 볼 수 있다.

새로운 room 방식의 레이아웃이 성공적으로 추진되기 위해서 많은 세부 과제들이 연구되고 해결되어야 한다. 이 세부 과제들은 크게 레이아웃에 관계된 것과 물류 반송 시스템 설계에 대한 것으로 나눌 수 있다.

레이아웃에 대한 세부 주제들은 일반적으로 현장에서 고려하고 있는 것들이 대부분이고 SEMATECH의 연구(Quinn and Bass[9])와 Pillai *et al.*[8] 등의 연구를 참조하여 세부적으로 진행해야 한다. 평가모델은 Campbell and Ammenheuser[2]의 연구를 참조하여 현실적인 가정들을 추가하여 개발한다.

#### 4. 기존 레이아웃과의 비교

본 연구에서는 room 타입 레이아웃의 성능을 기존 두 개의 반도체 레이아웃 개념과 비교하여 평가하였다. 이 평가에는 몇가지 계량적인 분석 방법들이 이용되었는데 주로 현장에서도 널리 이용되는 기법들이다. 일반적인 레이아웃의 평가에 있어서 시물레이션에 의한 방법도 널리 이용되고 있으나 복잡한 반도체 생산의 제어와 MHS controller의 특성 변수 등을 모두 반영한 시물레이션은 매우 복잡하여 사실상 이용되기 어렵다.

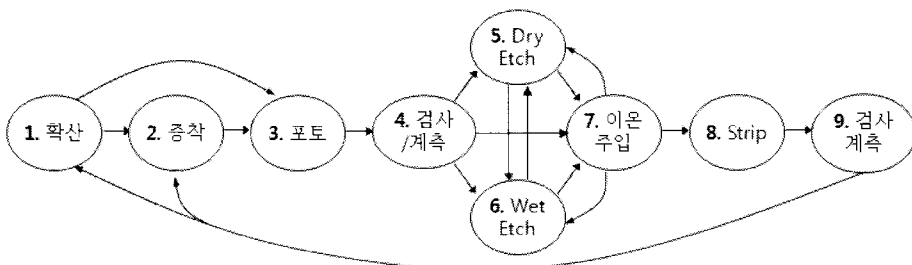
#### 4.1 평가 모델

평가 모델의 개발은 SEMATECH의 report를 참고하였다(Campbell and Ammenheuser[2]). 표 1에 자세한 평가를 위한 모델이 나타나 있으며 추가로 다음 사항들을 가정하였다. 첫째, 비정규 공정 웨이퍼(Non Productive Wafer)에 대한 평가는 고려하지 않는다. 둘째, 반송 물량의 시간별 편차는 고려하지 않는다(Pick time 반송은 평균 반송에 비례한다고 가정). 셋째, MHS 장비는 stocker, OHT, 그리고 OHS(Over Head Shuttle)를 고려한다. 넷째, stocker 모델링은 crane의 평균 반송 소요시간만 고려하고 저장 능력은 고려하지 않는다. 반송 수에 대한 평가는 5개 layer에 대해서만 대상으로 한다.

[표 1] 성능 평가를 위한 fab 모델

항목	내용
공정명	180nm Aluminum 공정
Layer 수	22 layers (5개 Layer sample)
생산 규모	20 K (Wafer, 투입기준)
Stocker Crane	60 sec (평균/Cycle)
OHT/OHS 속도	100 m/min
Pickup/Drop	15 sec

반도체 공정에서 각 layer의 공정은 그림 4 처럼 확산, 증착, 포토, 검사, Wet Etch, Dry Etch, 이온주입, 그리고 Strip 등으로 구성되어 있다. 이러한 공정 외에 세정, Baking 공정 등이 추가될 수 있다. 본 연구에서 사용한 다섯 개의 layer는 표 2처럼 180nm 공정에서 sampling된 다섯 개의 layer를 기준으로 계산되었다.



[그림 4] 반도체 공정에서 각 layer의 공정.

[표 2] Layer sampling

Layer Number	내용
1	세정 > Diffusion > 검사 > 포토 > 검사 > Wet Etch > Strip > 검사
5	세정 > Cr 증착 > 검사 > 포토 > 검사 > Wet Etch > Strip > 검사
10	세정 > CVD > 검사 > 포토 > 검사 > Dry Etch > 검사
15	세정 > 포토 > 검사 > Implanter > Strip > 검사
17	세정 > Al 증착 > 검사 > 포토 > 검사 > Wet Etch > Strip > 검사
22	세정 > 검사 > 포토 > 검사 > Implant > Strip > 검사

4.2 비교 대상 레이아웃

4.2.1 Bay 타입 레이아웃 (Campbell and Ammenheuser[2]), Hybrid 타입)

이 레이아웃은 전형적인 bay 타입으로, 그림 5 (a)처럼 공정의 기능별로 동일한 기능을 수행하는 장비들을 그룹화하여 bay 형태로 배치시킨 것이다. Bay 내의 intrabay 반송은 주로 AGV(Automated Guided Vehicle) 또는 OHT를 사용하며, bay 간의 interbay 반송은 모두 stocker와 OHS를 통해 이루어진다. Bay 내 설비 배치 방법에 따라 서로 몇가지 파생적인 형태의 레이아웃이 존재할 수 있는

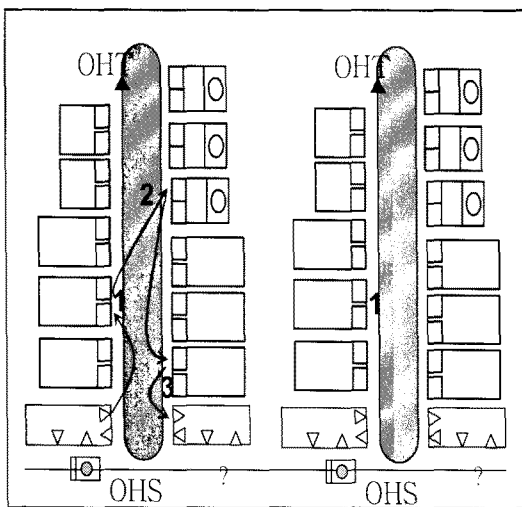
데 여기서는 한 bay 내에 몇 가지 종류의 장비를 한 bay에 배치한 hybrid 타입이 이용되었다.

4.2.2 Connected Bay 타입 레이아웃

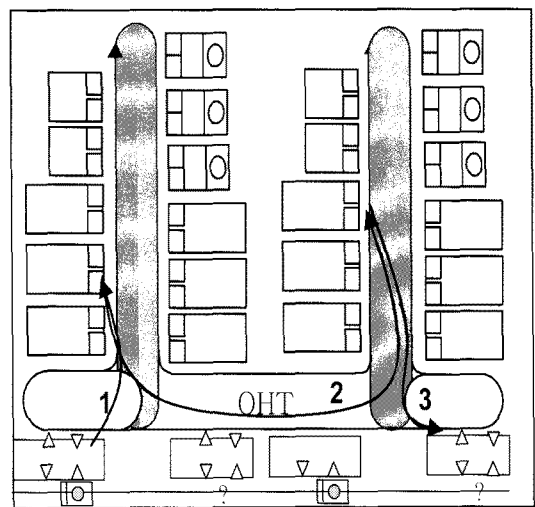
그림 5 (b)처럼 bay 타입 레이아웃에서 bay를 2~4개 연결한 형태의 레이아웃인데 한 개의 OHT loop에 2~4대의 stocker가 물려 있는 것이 일반적이다(Pillai et al.[8], Gaxilola and Hennessy[3]). 이 레이아웃은 일부 회사에서 300mm fab부터 채택하고 있는데 intrabay 반송의 증가로 직접 반송의 증가, 필요 stocker 수 감소 등의 장점이 있는 것으로 알려져 있다.

4.2.3 Room 타입 레이아웃

Room 타입 레이아웃은 그림 3 (a)와 같이 OHS/OHT loop에 연결되어 있는 대형 room을 사용하여 장비를 묶어서 배치한다. 이때 각 room에는 5~8 개의 bay에 있는 장비와 비슷한 수의 장비가 배치되며 litho 장비와 같은 병목 장비들은 가동률을 최대로 하기 위하여 서로 인접시킨다. Room 간의 반송을 위해서 center spine이 아닌 stocker가 사용되며 FOUN은 OHT 운행 시간을 줄이기 위해 컨베이어와 연결된 가장 가까운 stocker로 보내어지며 몇 개의 추가적인 stocker와 컨베이어를 거쳐 최종 목적지로 보내어진다. 각 room에는 약 20대의 차량이 존재하며 차량들은 congestion과 deadlock을 회피하기 위하여 가상 구역 방식으로 통제된다.



(a) Bay 타입



(b) Connected bay 타입

[그림 5] Bay 타입 및 Connected bay 타입 레이아웃.

[표 3] 평가 결과

Layouts		Bay	Connected bay	Room
반송	평균 필요 횃수/ layer	47.2	42.6	33.1
	소요시간/ 회	2.4 min	2.6 min	3.0 min
	총 반송 시간/ layer	113 min	109 min	99 min
Foot-print		1	1.14	0.79
경유 stocker 수/ layer		12.4	11.1	8.4

4.3 평가 방법 및 결과

평가를 위하여 본 논문에서는 크게 3가지의 평가 항목이 활용되었다. 표 3은 각 평가 항목에 대한 결과를 보여 준다.

첫째, 위에 주어진 공정을 기준으로 layer 별 반송 필요 횃수가 계산되었다. 이 필요 횃수 계산에는 FROM TO table이 활용 되었다. Room 타입 레이아웃의 평균 필요 반송 횃수는 33.1회로서 connected bay의 42.6회 대비 약 27%의 개선 효과가 있었다. 단 길어진 loop로 인해 단위 반송 당 소요시간은 3.0분으로 connected bay의 2.6분에 비해서 0.4분 증가되었다. 하지만 총 필요 반송 시간은 layer 당 10분의 단축 효과가 있어서 전체적으로 약 10%의 반송 소요시간 절감 효과가 있었다.

OHT/OHS loop 별로 필요 반송 횃수를 기초로 필요한 대차의 대수도 계산이 될 수 있는데 필요한 대차의 대수는 반송 maker에 따라서 사양이 달라짐에 따라 다른 값이 나올 수 있다. 표 3에서 필요 반송횃수 뿐만 아니라 단위 반송당 소요시간도 계산되었는데 소요시간은 OHT/OHS의 주어진 사양에 따라 계산되었다.

둘째, foot-print를 계산하였다. Foot-print는 레이아웃에서 공정 장비 대비 반송 장비가 차지하는 면적 비율이다. Bay 타입 레이아웃의 foot-print를 1로 보았을 때 각각의 레이아웃에 대한 비율을 계산하였다. Connected bay는 약 14%의 증가 현상을 보였는데 이는 bay를 연결하기 위하여 필요한 rail을 설치하는 면적이 추가되었기 때문이다. Room 타입 레이아웃에서는 bay 타입 대비 약 21%의 절감 효과가 있었는데 이는 중앙 OHS rail이 없어지고 필요한 stocker의 대수가 줄어들어 나타난 효과라고 할 수 있다.

마지막으로 경유 stocker의 수를 조사하였다. 경유 stocker가 중요한 이유는 stocker에서 불필요한 대기 시간이 많이 발생하기 때문인데, 대기 시간은 공정 장비의 대기 시간 외에도 stocker의 in/out port, stocker crane, OHS/OHT의 대기에서도 발생한다. 표 3에서 보는 바와 같이 room 타입 레이아웃 방식에서는 경유 stocker 수가

8.4회로 bay 타입 및 connected bay 타입의 12.4회와 11.1회에 비해서 현저하게 줄어들었음을 알 수 있다.

5. 결론

위에서 살펴 본바와 같이 반도체 제조에 있어서 레이아웃은 생산성에 있어서나 투자면에 있어서 매우 중요하다. 이 중요성으로 인하여 실제 현장에서도 경영진에서부터 실무자에 이르기까지 많은 연구가 진행되어 오고 있으나, 기존의 bay 타입 레이아웃이나 connected bay 타입 레이아웃의 여러 가지 불리함에도 불구하고 이 방식을 탈피하는 데는 매우 신중함을 보이고 있다. 이와 관련해서 room 타입 레이아웃이 현장에서 검증되고 수행되어 성공하기 위해서는 다음의 두가지 측면이 추가로 고려되어야 한다.

첫째, 레이아웃은 장기적인 제품 생산 계획을 수용할 수 있어야한다. 보통 하나의 반도체 fab이 건설되면 3~5년 내에 감가상각 기간이 끝나지만 실제 수명은 약 10년 이상으로 봐야할 것이다. 이 기간 동안 하나의 fab에서 생산되는 제품의 수는 수십 번의 변천을 겪게 된다. 즉 충분한 flexibility를 확보한 fab 만이 원활한 생산을 가능케 할 것이다. 이를 위해서 fab의 제품 life cycle에 대한 연구가 수행되어야 하고 fab이 필요로 하는 flexibility 수준에 대한 정확한 진단이 추가로 필요하다고 할 것이다. 이 진단을 바탕으로 room 타입 레이아웃에 대한 평가가 또한 진행되어야 할 것이다.

둘째, 물류 장비 업체의 확인 절차를 필요로 한다. 300mm fab 건설 이후, 여러 가지 획기적인 반도체 장비 발전이 있었으나 약 20대의 대차를 control 하는 OHT controller의 성능에 대한 실질적인 검증 절차 없이는 현장 적용이 어려울 것이다. 이와 관련하여 zone control 방법 등 기존 bay 내 대차 control 방법보다 개선된 방법 연구 또한 활성화 되어야 할 것이다.

추후에는 3절에서 언급된 cellular 형식의 modular 구

조와 cluster tool과 관련된 연구도 필요한 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- [1] Asef-Vaziri, A., Laporte, G., "Loop based facility planning and material handling," European Journal of Operational Research, vol. 164, no. 1, pp.1-11, 2005.
- [2] Campbell, E. and Ammenheuser, J., "300 mm Factory Layout and Material Handling Modeling: Phase II Report," Technology Transfer # 99113848B-ENG International SEMATECH, 2001.
- [3] Gaxilola, G. and Hennessy, L., "Evaluation of Advantages of Integrating 300mm AMHS Fab Layouts in the Photo Area," IEEE International Symposium on Semiconductor Manufacturing Conference, Proceedings, pp. 373-376, 2001.
- [4] Geiger C. D., Hase, R., Takoudis, C. G. and Uzsoy, R., "Alternative facility layouts for semiconductor wafer fabrication facilities," IEEE transactions on components, packing, and manufacturing technology-part C, vol 20, no 2, pp. 152-163, 1997.
- [5] Hase, R., Takoudis, C. G. and Uzsoy, R., "Cellular and reentrant layouts for semiconductor wafer fabrication facilities," IEEE/CPMT international electronics manufacturing technology symposium, pp. 112-118, 1994.
- [6] Kurosaki, R., Nagao, N., Komada, H., Watanabe, Y. and Yano, H., "AMHS for 300 mm wafer," Semiconductor Manufacturing Conference Proceedings, IEEE International Symposium on, D13 - D16, 1997.
- [7] Lin, J. T., Wang, F. K. and Wu, C. K., "Connecting transport AMHS in a wafer fab," International Journal of Production Research, vol. 41, no. 3, pp. 529-544, 2003.
- [8] Pillai, D., Quinn T., Kryder, K., Charlson, D., "Integration of 300mm fab layouts and material handling automation," Semiconductor manufacturing conference proceedings, IEEE international symposium on, pp. 23-26, 1999.
- [9] Quinn, T. and Bass, E., "300 mm factory layout and material handling modeling: phase I report", Technology Transfer # 99023688B-ENG, International SEMATECH, 1999.
- [10] Schulz, M., Stanley, T. D., Renelt, B. and Sturm, R., "Simulation based decision support for future 300

MM automated material handling," Proceedings of the Winter Simulation Conference, pp. 1518-1522, 2000.

- [11] Ting, J. and Tanchoco, J. M. A., "Optimal Bidirectional Spine Layout for Overhead MHSs," IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, vol. 14, no. 1, pp. 57-64, 2001.

## 서 정 대(Jungdae Suh)

[정회원]



- 1984년 2월 : 서울대학교 산업공학과 (공학사)
- 1986년 2월 : 서울대학교 산업공학과 (공학석사)
- 1993년 8월 : 서울대학교 산업공학과 (공학박사)
- 1995년 3월 ~ 현재 : 경원대학교 산업정보시스템공학과 교수

<관심분야>  
생산 및 물류시스템