

대면적 Lithography 장비의 Stage 설계에 대한 고찰

정준영*, 이우영*, 임경환*, 진경복*, 최성주* 지이권**, 정준영**

한국기술교육대학교*, 오에프티(주)**

초록

디스플레이 장치를 제조함에 있어 Lithography 공정은 매우 중요한 공정으로 인식되고 있으나 아직까지 Lithography 장비의 국내 기술개발 수준은 선진사에 비해 많이 뒤져있다고 볼 수 있다. 최근 디스플레이 산업의 폭발적인 성장과 더불어 보다 확실하고 안정적인 생산을 위해서는 Lithography 장비의 국산화 기술개발이 시급한 상황이다. 본 연구는 Lithography 장비를 구성하는 핵심기술요소 중 Stage 최적화에 대하여 현재 국내외에서 개발된 또는 개발중인 제품들을 비교 분석하고, 최적화 설계를 위해 필요한 조건들에 대하여 고찰해보았다.

1. 서론

국내에서 가장 폭발적으로 성장하고 있는 디스플레이 산업은 향후의 시장 상황을 볼 때 굉장한 부가가치가 생성될 것으로 보이며, 조만간 반도체 메모리시장의 크기를 능가할 것으로 예측되는 대형 성장 산업으로 국가의 차세대 주력 산업중의 하나로 인식되고 있다.

이러한 디스플레이 산업을 현재와 같은 시장 주도 상황으로 지속적 유지를 위해서는 시장요구에 맞추어서 대형 size 의 디스플레이를 생산 해야 하고 이를 위해서는 디스플레이 생산 장비에 대한 전략적 투자가 필요하다. 그러나 이러한 디스플레이 장비들은 거의 60%이상 외국에서 수입하여 오고 있는 실정이며, 핵심장비의 경우 주로 일본 장비 업체들로부터 수입하고 있어서 현재와 같은 한일간의 미묘한 문제 등의 이유로 국가적으로 국내에 판매되는 장비의 수출을 조절 및 제한 할 경우 디스플레이 산업 자체에 지대한 영향이 올 것으로 보이며, 이러한 것은 현실로 나타날 가능성이 높다. 특히 핵심 개발 장비의 경우 아예 국내에 판매하지 않는 장비가 있으며, 향후 개발 관련된 핵심 장비의 경우 일정 기간 동안 판매를 하지 않으려는 움직임이 이미 일어나고 있다.

과거 일본에서는 반도체에서의 뼈저린 경험과 LCD 대형 Panel 의 경험에 의하여 더욱더 보수적인 경향으로 나아 가려고 하고 있다.

이에 국가는 정책적으로 디스플레이 장비 산업에 대한 연구 개발 및 투자지원을 하고 있는 상황이나 아직 일본이나 외국 선진기술의 수준에는 못 미치는 실정이다. 이러한 디스플레이 제조 장치 중 4대 핵심 장비인 Coating 장비, Deposition(CVD) 장비, Etching 장비, Lithography장비 중 아직 인프라가 성숙되지 않아 국산화 초기 단계에도 진입하지 못한 Lithography장비를 개발하는 것은 향후 디스플레이 시장의 주도를 위해 시장 요구에 따른 대형

size의 디스플레이 생산이 가능한 대형 Lithography장비를 개발해야 하는데 초점을 맞추어야 될 것이다. 대형 디스플레이 생산을 위해 작업이 이루어지는 평판 디스플레이용 Lithography 장비에서의 Stage 구축을 위해서는 고속 초정밀 운동이 가능한 대형 Stage의 설계 기술과 nm 급의 정밀도를 가진 제어 기술이 필요하다.

이에 현재 나와 있는 Stage 부에 대한 자료를 종합하여 대형 Lithography 장비에 가장 적합한 Stage 부 설계 및 제작 조건들에 대하여 고찰하였다.

Table 1. Lithography 장치 성능과 기술분야

분해능	광원, 광학계
초점 심도	광원, 광학계
중첩 정밀도	정렬계, stage
Throughout	stage, 제어계

2. Lithography의 개요

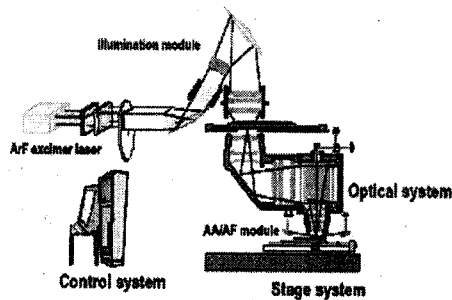


Fig 1. Lithography 장비 개념도

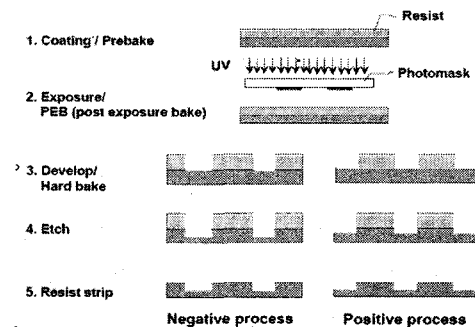


Fig 2. Photolithography process

Lithography란 광을 이용하여 기판 위에 원하는 Pattern을 구현하는 기술로서 반도체 및 디스플레이 생산에서 가장 핵심적인 기술이라고 할 수 있으며 광원으로는 일반적으로 U.V가 주로 사용되어 지고 있다. Lithography 장비는 Fig 2에 나타난 공정 중 Align & Exposure를 실행하는 장비를 말하며 Fig 1에서 보는 바와 같이 크게 Optical System과 Stage System 그리고 Control System으로 구성되어 있다. 그 중 Optical System의 경우 Lithography 방식에 따라 Contact, Proximity 두 가지 형태가 있다. Contact 방식은 Mask와 Panel을 밀착하여 Exposure하는 방식으로 Mask와 Panel을 강제적으로 진공 밀착하는 방식이다. 이 방식은 주로 Pattern의 Line 폭이 10 μm 이상 되는 배선기판의 제조공정에 많이 사용된다. 이러한 접촉식 Exposure 방식은 감광제의 두께가 두꺼우면 설계와 상이한 Pattern이 생성되는 경우가 있다. Pattern이 Mask에 밀착되어 있어서 빛의 회절을 줄이게 되므로 Mask Pattern을 비교적 정확히 전달하는 것이 가능하지만, 밀착으로 인해 Mask와 PR층이 손상을 입을 수 있다. Proximity 방식은 Mask와 Panel 간격을 일정하게 유지하면서 Exposure하며 미소한 힘 또는 자중으로

가볍게 접촉되어 Exposure 되므로 Soft 접촉식이라고도 한다. Photo Mask 와 기판 사이에 특정거리 간격을 유지하여 Photo Mask 의 손상을 방지하고, 평행광을 사용하여 해상력을 향상시키며, 밀착을 위한 진공과정 생략이 가능하므로 생산성이 높다.

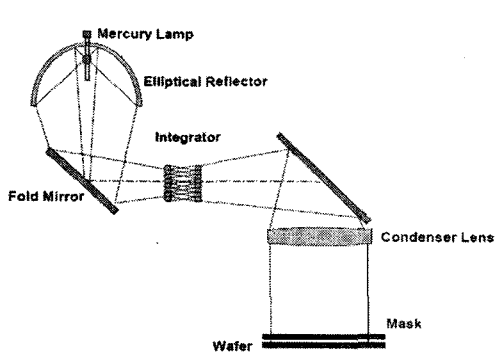


Fig 3. Contact

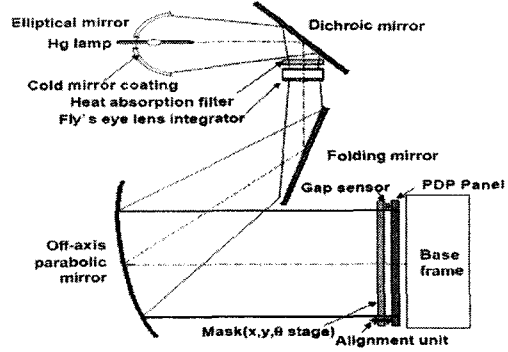


Fig 4. Proximity

Stage System 의 경우 렌즈와 기판의 상대거리를 조절하기 위한 구동 장치는 x, y, θ 의 자유도를 갖는 정밀 Stage 에 z 방향의 자유도를 주는 방식과 Projection 렌즈에 z 방향의 자유도를 주는 방식이 사용된다. 일반적으로 이동거리가 길어서 Stage 가 큰 디스플레이용 Lithography 장비의 경우 렌즈부에 구동 메카니즘을 두는 반면, 정밀도가 요구되는 반도체 Lithography 장비 에서는 Stage 에 z 방향의 자유도를 주게 된다.

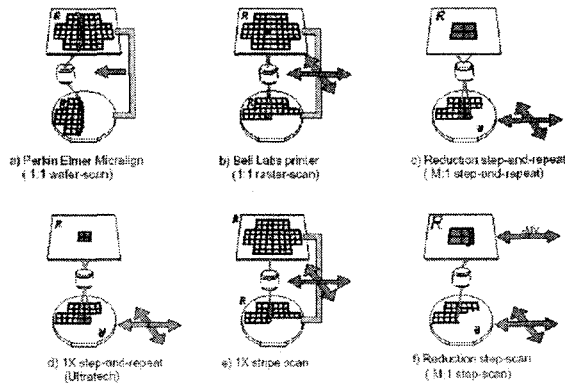


Fig 5. 이송방식에 따른 분류

3. Lithography Stage의 선진기술 추세

현재 사용되고 있는 국내외의 평판디스플레이를 위한 Lithography 장치는 대개 반도체 공정에 사용된 Lithography장비 구조로 구성되어 있으며, Stage 분야 역시 비슷한 구조를 가진다. 현재 나와 있는 Stage 관련 기술들은 각 업체 마다 기술적인 표준이 틀리기 때문에 특정한 기준에

맞추는 기술적인 비교가 불가능하므로 기술들이 지향하고 있는 관점에서 기술들을 비교 분석하도록 하였다.

Table 2. Stage 주요 생산 업체

업체명(국적)	생산품목과 주요 특징	비고
Nikon(일본)	세계의 대표적인 스테퍼 생산업체이며 현재 Lithography 용 Stage 를 자체 개발 생산하고 있음 Air-Bearing 을 사용한 air bearing guide stage 개발중 - Vacuum compatible air bearing guide - Linear Motor - Piezo driven leveling table - Reaction force canceling	세계 3 대업체
Canon(일본)	Nikon 과 더불어 세계시장을 이끌어 나가는 대표적인 회사로서 현재 Air-Bearing 을 도입한 공기부상 Stage 의 Lithography 장비 개발중에 있음	세계 3 대업체
ASML(네덜란드)	Lithography 장비(스테퍼&스캐너)의 대표적인 생산회사 maglev Stage 개발중	세계 3 대업체
스미모토 중공업(일본)	Guide 의 마찰 및 열발생을 억제하기 위해 Air Bearing 을 채용하여 Stage 를 개발하고 있음. ▪ 초정밀 X,Y stage ▪ 정밀 X,Y,Z stage -오차 : 0.1um(X, Y), 0.3um(Z) -스트로크 : 100mm*50mm*50mm -구동방식 : Linear Motor + Air-Bearing -최고속도 : 30mm/sec	
Dover Instrument(미국)	▪ Linear Slide(air-bearing 적용) ▪ Air-Bearing X, Y Stage -스트로크 : 300mm*300mm, 900mm*900mm -Laser 간섭계 내장 -DSP Board Control	
Anorad(미국)	▪ PCML stage ▪ Air Bearing Stage -High repeatability -speed : 300mm/sec	
Heason(미국)	▪ Wafer Inspection Stage ▪ Wafer stage -가동범위 : 380mm*320mm -분해능 : 5nm	

	<ul style="list-style-type: none"> - Air-Bearing, 2 축 Laser 간섭계 내장 -speed : 500mm/sec -acceleration : 1G 	
Kensington Laboratories Inc.(미국)	<ul style="list-style-type: none"> ▪4 축 웨이퍼 Position Stage -가동범위 : 300mm*300mm*10mm -분해능 : 5nm -4 자유도 : x,y,z,theta 	
Danaher Precision system(미국)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ X-Y Table ▪ Linear Motor Stage ▪ Air Bearing Stage 	

4. 대면적 정밀스테이지 설계를 위한 고려사항

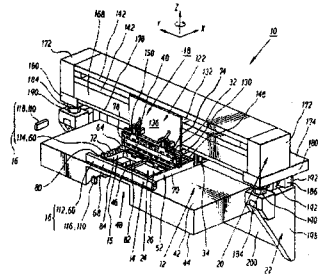


Fig 6.

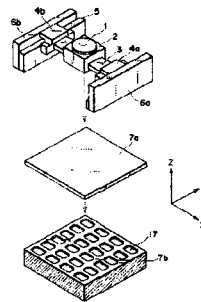


Fig 7.

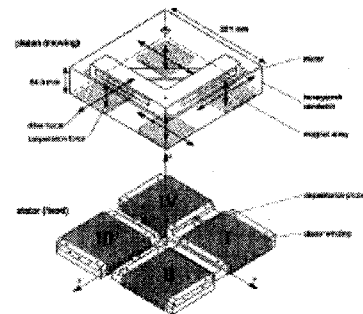


Fig 8.

Fig 6. High performance stage assembly(Nikon, US6,281,655 B1)

Fig 7. Stage system for Exposure (Canon, US6,320,649 B1)

Fig 8. Prototype maglev stage

Table 2 에서 보는 바와 같이 전체적으로 Nikon, Canon 과 같은 Air Bearing 을 이용한 Stage 와 ASML 의 Maglev Stage 로 나뉘어 지는 것을 볼 수 있다. 이러한 선진 업체들이 Stage 의 대면적화를 위해 추구하려는 것을 보면 일반적으로 접촉식이 아닌 비 접촉식을 선호하는데 그 이유는 대면적화 되어 가는 Stage 의 정밀 제어가 용이하면서 Stage 가 진동이나 정전기 그리고 열등에서 월등히 좋은 조건을 만들어 Pattern 의 미세화에 따른 정렬 정밀도 향상 및 열로 인한 파손을 막기 위해 Glass Stage 및 Mask 의 온도가 올라가는 것을 방지하려는 데 있음을 알 수 있다. 또한 이송이나 Handling 중 정전기로 인해 먼지가 흡착되고, 돌발적인 외력으로 먼지가 비산되어 유리 기판이나 Clean Room 을 오염시키게 되면 Glass 상의 미세한 Pattern 은 이러한 정전기 및 먼지로 인해 파손이 발생할 수 있으며 이를 막기 위하여 미 진동과 정전기를 철저히 제거하는 방법으로 비 접촉식이 사용되는 것을 알 수 있다. 그리고 이러한 미세 Pattern 에 대한 대면적 기판의 정밀 제어를 위해서 사용되는 측정 장비를 많은 회사들은 기존까지 사용했던

방식이 아닌 Laser 를 이용한 간섭계를 사용하는 방향으로 가는 것을 알 수 있다. 과거에는 간섭계를 이용한 방식에 대한 검증이 어려웠으며, 고 해상력의 측정까지 필요하지 않았고, 일반적인 Vision System 을 이용하는 방식보다 가격적인 면에서 고비용을 요구하였다. 하지만 현재는 nm 급 정밀 제어를 요구하기 때문에 이에 맞는 Vision System 에 상응하는 광학계를 구성하기 위해서는 고가의 제작 비용과 상당한 시간의 제작 기간이 필요하게 되었다. 이에 따라서 보다 간단한 방법에 대한 측정 방법이 요구 되어 졌으며, 이 중에서 Laser 간섭계를 사용하는 것이, 제작하기 간단하고 고 해상도 측정이 가능한데, 이 해상력은 Laser 의 파장에 의해서 결정이 된다.

이상에서 정리한 내용을 보면 향후 대면적 Stage 개발을 위해서 고정도 대응기술, 대면적화 대응기술, 오염 및 정전기 대응기술 등 4 분야에 대하여 다음과 같은 방향의 보완을 목표로 기술 개발이 이루어 지고 있음을 알 수 있다.

고정도 대응기술은 패턴의 미세화에 대응하기 위해 정렬 정밀도의 향상을 말하는 것으로 Stage 에서는 보다 빨리 정확한 정렬을 요구하게 되었으며, 이에 상응하는 새로운 Vision System 을 구성해야 한다. 대면적화 대응은 기술적으로 Stage 의 대면적화를 불러오게 되고 이는 원판 Mask 및 Glass 의 자중에 의한 처짐 발생이 증가하므로 미세 Pattern 에 악영향이 우려되는바 자중의 영향을 보상하는 지지 System 의 고안이 요구된다. 또한 오염 및 정전기 대응기술을 필요로 하게 되고 이모든 기술들을 저비용의 장비 제작기술을 통해 이루어져야 한다.

이러한 기술 개발 방향에 비추어 볼 때 현재 개발중인 두 가지 형태의 Stage 를 비교해보면 Air Bearing Stage system 의 경우 Pattern 의 파손에 대한 미 진동 정전기적인 문제에 대하여서는 해결책이 될 수 있으나 향후 더욱 미세화 되어가는 Pattern 의 정밀도를 추구하기에는 기술적인 한계가 있으며 또한 장비자체의 구성이 고 전력의 장비가 되어 설비 운용에 있어 비용이 많이 들어가게 되는 문제점이 발생하게 된다.

이에 비하여 Maglev Stage 의 경우에는 윤활유가 필요 없고, 입자를 발생하지 않으므로 진공이나 Clean room 같은 환경에서 사용하기에 적합하며 Maglev Stage 는 표면에 접촉하는 Bearing 을 사용하지 않으므로 높은 정밀성을 달성 할 수 있다. 그리고 구동부는 자석으로 이루어지므로 전류와 저항에 의한 열 발생이 없다. 이러한 설비의 구성은 저전력을 요하므로 설비 운용에 있어서 적은 비용을 필요로 하게 된다.

5. 결론

본 연구에서는 현재까지 나와 있는 Lithography 장비 Stage 에 관련한 기술들을 종합하고 그러한 기술들이 지향하고 추구하는 목표를 정리함 으로서 향후 Lithography 장비 Stage 의 개발에 있어서, 우선적으로 풀어야 할 기술들에 대하여 고찰하고 앞으로의 개발 방향에 대하여 제시하여 보았으며 제시한 기준을 통해 현재 개발중인 Air Bearing Stage 와 Maglev Stage 의 장단점을 비교 하여 보았다. 그 결과 향후 대면적 Stage 를 위해서는 고정도 대응기술, 대면적화 대응기술, 오염 및 정전기 대응기술 등 4 분야에 대한 보완을 목표로 기술 개발이 이루어져야 하며 Air Bearing Stage 와 Maglev Stage 을 비교 통해 Maglev Stage 가 앞으로 대면적 Stage 개발에 있어서 정밀도 및 비용면에서 더 적합하다는 것을 알 수 있었다.

후기

본 논문은 산자부 지역 R&D 클러스터 사업 및 지역혁신 석박사 인력양성사업의 일환으로 수행 되었음

참고문헌

- [1] “초정밀 시스템의 나노 위치제어기술 기술동향보고서”, 한국과학기술정보연구원, 2002
- [2] “나노급 반도체용 EUV Lithography 핵심기술 개발에 관한 산업분석”, 산업자원부, 2002..
- [3] “리소그래피와 광학계”, 한국전자통신연구원, 2001