

대면적 Lithography 장비 mask holder part 의 경량화 구조해석

정준영*, 이우영* , 강흥석**

한국기술교육대학교*, 한국기술교육대학교*, 오에프티㈜**

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. 현재 시중에 나와 있는 제품의 경우 mask holder part의 과도한 중량으로 인해 교체의 어려움이 있고 그로 인해 장비의 자동화에 걸림들이 되고 있는 상황이다. 본 연구는 Lithography 장비를 구성하는 핵심기술요소 중 mask holder part의 경량화 설계를 위한 최적 조건을 구조해석을 통해 찾아보았다.

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 몇몇 주력 산업중의 하나가 될 가능성이 크다.

이러한 디스플레이 산업을 현재와 같은 시장 주도 상황으로 지속적으로 유지하기 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%이상이 국외에서 수입하여 오고 있는 실정이며, 핵심장비의 경우 주로 일본 장비 업체들로부터 수입하고 있어서 현재의 국가간의 문제라든가 하는 이유로 국가적으로 국내에 판매되는 장비의 수출을 조절 및 제한 할 경우 디스플레이 산업 자체에 지대한 영향이 올 것으로 보이며, 이러한 것은 현재 현실로 나타나고 있다. 특히 핵심 개발 장비의 경우 아예 국내에 판매하지 않는 장비가 있으며, 향후 개발 관련된 핵심 장비의 경우 일정 기간 동안 판매를 하지 않으려는 움직임이 일어나고 있다.[1]

과거 일본에서는 반도체에서의 빠져린 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 꼭 필요한 일이다.[2]

본 연구는 현재 나와있는 기존 장비의 경우 Mask holder part 의 과도한 중량으로 인해 holder part 의 교체 시 장시간의 교체시간이 필요하게 되고 장비의 자동화에 지장을 초래하는 것을 감안하여 이러한 문제점을 해결하기 위해서 모델의 특성치에 대해 다양한 설계인자들을 설정하고 각 인자 별로 각각의 level 값을 가한 후 그 결과를 통해 데이터 수집하고 수집된 데이터에 의한 가장 적합한 형상, 크기 그리고 중량의 Mask holder part model 을 설계하여 보았다.

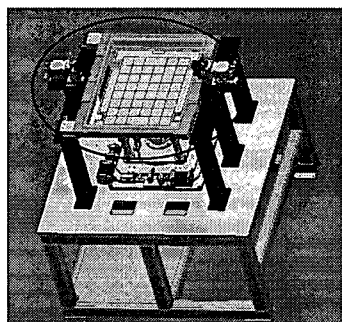


Fig 1. stage part of lithography equipment

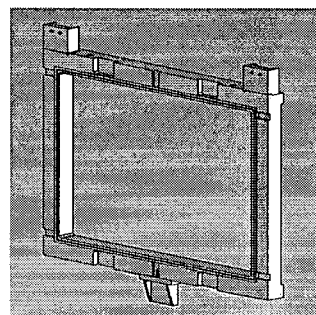


Fig 2. Mask holder part

2.Lithography의 개요

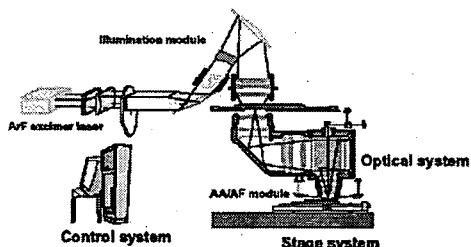


Fig 3. Lithography장비 개념도

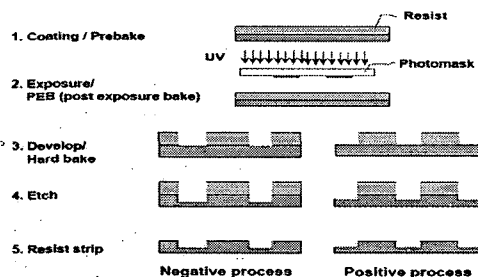


Fig 4. Photolithography process

Lithography 란 광을 이용하여 기판 위에 원하는 Pattern 을 구현하는 기술로서 반도체 및 디스플레이 생산에서 가장 핵심적인 기술이라고 할 수 있으며 광원으로는 일반적으로 U.V 가 주로 사용 되어 지고 있다. Lithography 장비는 Fig 2 에 나타난 공정 중 Align& Exposure 를 실행하는 장비를 말하며 Fig 1 에서 보는 바와 같이 크게 Optical System 과 Stage System 그리고 Control System 으로 구성되어 있다. 그 중 Optical System 의 경우 Lithography 방식에 따라 Contact, Proximity 두 가지 형태가 있다. Contact 은 Mask 와 Panel 을 밀착하여 Exposure 하는 방식으로 Mask 와 Panel 을 강제적으로 진공 밀착하는 방식이다. 이 방식은 주로 Pattern 의 Line 폭이 10 μm 이상 되는 배선기판의 제조공정에 많이 사용된다. 이러한 접촉식 Exposure 방식은 감광제의 두께가 두꺼우면 설계와 상이한 Pattern 이 생성되는 경우가 있다.

Pattern 이 Mask 에 밀착되어 있어서 빛의 회절을 줄이게 되므로 Mask Pattern 을 비교적 정확히 전달하는 것이 가능하지만, 밀착으로 인해 Mask 와 PR 층이 손상을 입을 수 있다. Proximity 는 Mask 와 Panel 간격을 일정하게 유지하면서 Exposure 하며 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.[3]

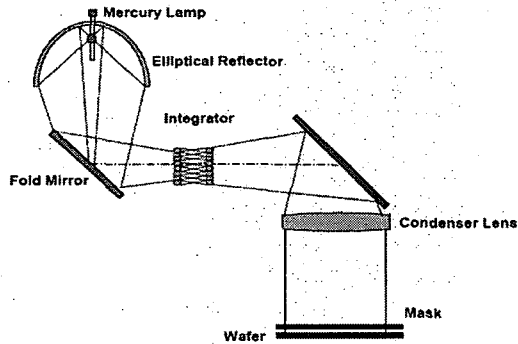


Fig 5. Contact

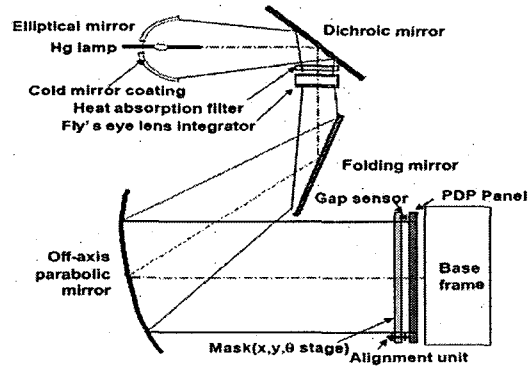


Fig 6. Proximity

본 연구에서 사용되는 장비는 Proximity 방식을 사용하는 장비로서 마이크로 단위의 정밀도를 구현하기 위해 Mask 의 처짐량이 패턴에 영향을 주지 않는 크기를 가지도록 고려하였다.

3. 연구 방법

1) 해석조건

본 연구는 mask holder part경량화에 따른 처짐량 개선을 목적으로 하였으므로 stage part of lithography equipment (fig1)상에 나와있는 장비의 mask holder part(fig2)만을 따로 분리 하여 해석을 실시 하였다.

Table 1. "s45c" Constant Properties & "6061a" Constant Properties

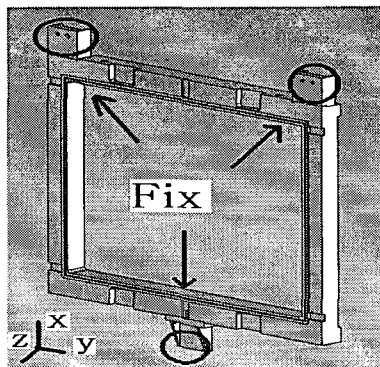
	"s45c" Constant Properties	"6061a" Constant Properties
Name	Value	Value
Density	7,850.0 kg/m ³	2,700.0 kg/m ³
Poisson's Ratio	0.29	0.33
Young's Modulus	2.05×10 ¹¹ Pa	6.89×10 ¹⁰ Pa

기존 모델은 s45c를 사용한 body를 사용하여 제작되어 왔으나 이는 구조물의 자중을 증가시키는 요인으로 작용하여 문제를 발생시켰다. 따라서 경량화 모델의 경우에는 6061a를 사용한 Body에 s45c가 보조해주는 형태를 취해 강도 및 처짐량을 보강하였고 보조대의 형태에 따른 처짐량의 결과를 비교 분석하였다

Table 1에서 보는 바와 같이 s45c 와 6061a에 대해 각각의 실제 물성치를 적용하였고 처짐량의 비교는 해석상에서 가장 처짐이 심한 point를 비교 point로 사용 하였으며 해석 데이터를 기준으로 실 측정 point를 지정하였다.

구조해석 simulation을 위해서는 ANSYS workbench를 Tool로 사용하였으며 Fig7 에서 보여지는 바와 같이 3점을 point fix 하였고 -z방향으로 중력을 가하였다.

Fig 7. boundary condition



2) 설계인자 및 설계인자를 위한 고려사항

안정적인 Exposure 를 위해 Mask 의 고정위치인 Mask holder part 의 처짐량은 현재 사용되고 있는 Mask pattern 의 size 를 감안 하여 20 마이크로 단위까지의 값을 적용하도록 하는데 이는 현재 현장에서 사용되는 설치 표준을 적용한 것으로서 Mask 상의 pattern 에 영향이 가지 않는 최소 값이다.

본 연구에서는 좀 더 높은 정밀도를 추구 하기 위해서 nm 단위의 데이터를 측정 비교 분석하였다. 그리고 매우 다양 한 설계상의 변화 요인을 모두 적용 하는 것은 무리가 있으므로 실제 가공 시 가공이 용이 한 부분에 한하여 설계요소를 설정 하도록 하였다.

Fig 7. original model

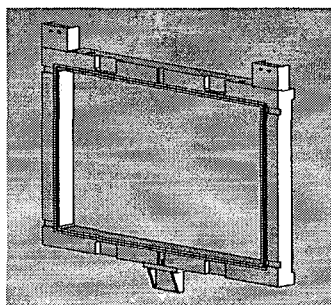
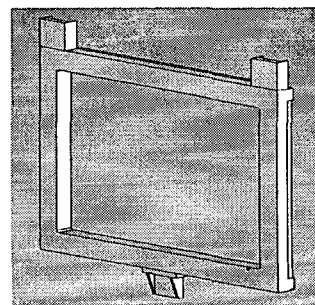


Fig 8. simple model for analysis



여러 번에 걸친 해석을 데이터상의 오차가 없는 범위 내에서 하기 위해 모델링을 단순화 하였으며 설계에 적용된 요소는 다음과 같다.

각각 front & back part(F)와 side part(S)의 가이드에 대하여 하측(d), 상측(u), 두께(T)에 변화를 주었다. 각각의 설계 요소 별로 Fu, Fd, Su, Sd, T 로 지정하고 이상의 설계요소에 대해 각각 4 개의 level 에 따른 변화된 data 를 가해서 그에 따른 처짐 량을 분석하였다.

Fig 9. giude shape & a assembling location of the guide & design element.

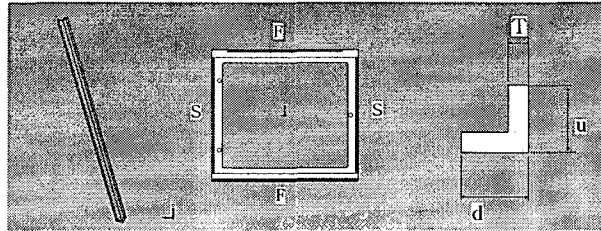


Table 2. design element & level

설계 요소	level			
	1	2	3	4
Fu	5	10	15	20
Fd	5	10	15	20
Su	5	10	15	20
Sd	5	10	15	20
T	1	3	5	7

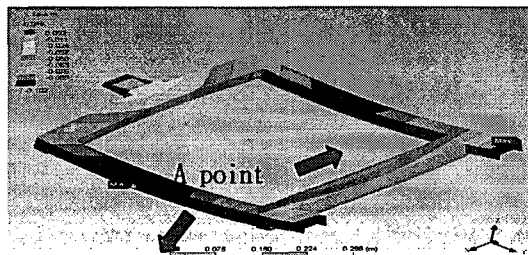
가변 설계요소 이외의 설계요소는 고정 요소로 기본적으로 level 2 의 data에 맞추도록 하였다

4. 해석결과

해석결과에 따른 형상의 변화는 Fig 12 에서 나타내는 바와 같이 point지지에 따라 point A 에서 최대 처짐이 나타난다는 것을 확인 할 수 있었다.

이는 각각의 지지 점을 point 형식으로 fix 시킴으로서 real model과 같은 조건의 지지 형식이 될 수 있게끔 하므로서 boundary condition이 실제와 거의 같은 조건이 되고 이로 인해 실제에 가까운 data를 얻을 수 있었다.

Fig 10. a picture change according to analysis result



다음은 각각의 설계요소 및 level에 따른 analysis result이다.

Fig 11. a weight change according to each case. (kg)

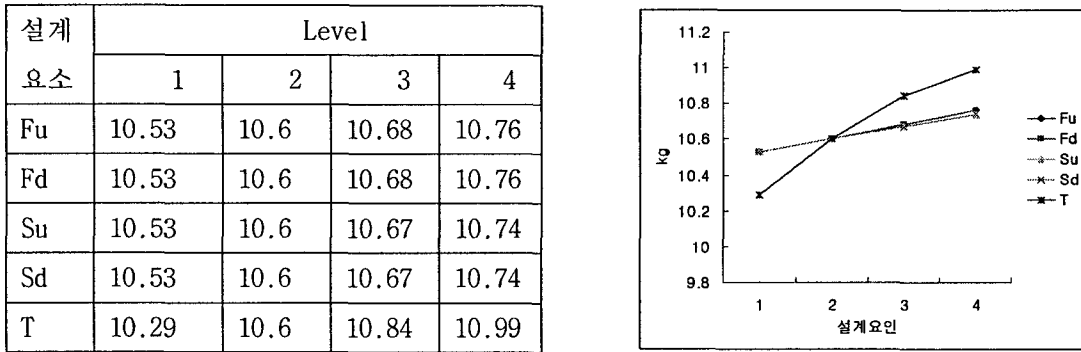


Fig 12. a maximum z deformation according to each case (gravity direction ,nm)

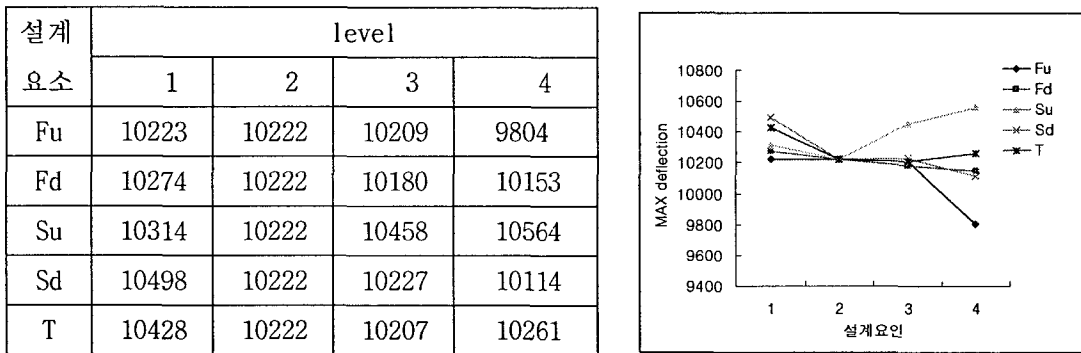
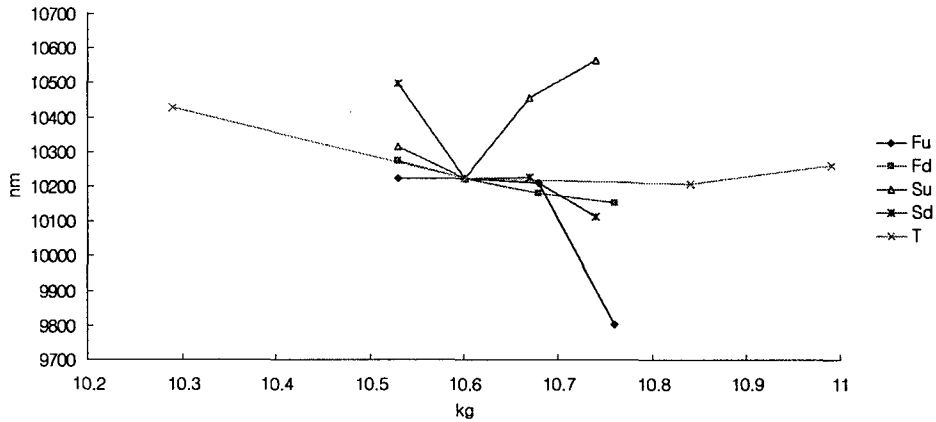


Fig 13. a rate of change comparison of the deformation and weight.



해석 결과에서 나온 data에 의하면 각각의 요소는 level의 증가에 따라 각기 다른 증가 감소의 result를 갖는 것을 볼 수 있었는데 이는 각각의 설계 요소마다 구조에 작용하는 영향력이 다르다는 것을 나타낸다.

Table 3. design element best suited level for Optimal design

	Fu	Fd	Su	Sd	T
level	4	4	2	4	2

Fig 13 에서 확인된 것과 같이 설계요소 Fu의 경우에는 타 요소에 비해 중량의 증가 량에 비해 처짐 량이 대폭 개선 되는 것을 볼 수 있다. 설계 요소 T의 경우에는 level에 따른 중량의 증가 량이 타 요소에 비해 월등히 높은(타 요소에 비해 48%이상 의 증가율)을 가지고 있는 것을 볼 수 있었다. 설계요소 Su경우에는 level 2 의 data가 최적의 형태를 갖고 그 이후에는 오히려 다시 증가 하는 형태를 띄었다.

5. 결론

본 연구에서는 현재까지 나와 있는 Lithography 장비 Stage part 에 사용되는 Mask holder 경량화를 위해 해석을 실시 하였고 위와 같은 해석 결과를 토대로 향후 사용될 mask holder 에 적용 실효성을 거두고자 하였다. 해석결과에 나와있다고 설계요소에 따른 처짐 량의 변화에 대한 민감도는 각각의 요소 별로 level 에 따른 변화가 다른 것을 볼 수 있다. 이는 각각의 설계요소에 의한 영향이 각기 다르다는 것을 나타내고 이중 가장 변화에 민감하고 처짐을 감소시키는 설계 요소를 확정해 설계상 최적 level 의 size 를 갖도록 함으로서 Table 4 에서 보여지는 바와 같이 중량을 46%이상 감소시키며 가지며 처짐 량 또한 기존 Model 에 비해 개선된 보강구조를 만들도록 유도 할 수 있었다.

해석 결과를 통해 유추 할 수 있는 설계요소들의 최적 level 은 Table 3 에 나타난 것과 같다.

Su 의 경우 일정한 증감을 보이는 경우가 아니고 감소와 증가가 이루어지므로 level 1-3 사이의 구간을 좀 더 세분화하고 세분화된 level 의 해석을 통해 좀더 정확한 data 를 적용해야 할 것이다.

차후 동특성 해석 및 실 측정을 통해 경량화와 동시에 동특성이 개선 또는 유지되고 해석상의 데이터와 실 측정 데이터를 비교함으로 좀더 완성도 높은 설계요소를 유도하려 한다.

Table 4. a data comparison of an original model and improvement model.

	weight	deformation
기존 model	23.72kg	12520nm
개선 model	11.05kg	9610nm

후기

본 논문은 산자부 지역 R&D 클러스터 사업의 일환으로 수행 되었음

참고문헌

- [1] “나노급 반도체용 EUV Lithography 핵심기술 개발에 관한 산업분석”, 산업자원부, 2002.
- [2] “초정밀 시스템의 나노 위치제어기술 기술동향보고서”, 한국과학기술정보연구원, 2002
- [3] “리소그래피와 광학계”, 한국전자통신연구원, 2001
- [4] 설진수, 임경화 “초정밀 모터의 동특성 분석 및 최적 설계”, 한국 기술교육대학교, ppt 57-62, 2006