

# 대면적 임프린트 장비를 위한 LCD Glass 변형 시뮬레이션 연구

송영중\*, 신동훈†, 임홍재\*\*, 장시열\*\*, 이기성\*\*, 정재일\*\*

## LCD Glass strain Simulation For Large Size Imprint Equipment

Youngjoong Song, Donghoon Shin, Hongjae Im, Siyeol Jang, Keesung Lee,  
Jayil Jeong

**Key Words:** Imprint, FEM(유한요소법), Thermal expansion(열팽창), LCD Glass,  
Stress concentration(응력 집중)

### Abstract

The purpose of the study is to simulate the displacement of the LCD glass during process of a large size imprint. During this process, a small temperature variation makes thermal stress, which causes the horizontal variation of mold and glass. During alignment process to fix the LCD glass on a alignment stage, the vertical displacement is made by the absorption pressure and the shear stress. This study simulates the horizontal displacement of mold and glass due to temperature variation, the vertical displacement depending on the shape of absorption surface fixing the LCD glass in the alignment process, and the horizontal and vertical displacement which occurs in the LCD glass at the alignment process. Algor which is a FEM code for a framework simulation was applied. Temperature variation above  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$  on mold and glass causes the horizontal displacement of 150nm due to thermal expansion. The vertical displacement due to the circular is ten times of the case of rectangular absorption nozzle. The displacement of the LCD glass in the alignment process is about 49nm.

### 1. 서 론

임프린트는 미세한 가공을 실현하기 위해 제안된 기술로 기관위에 열가소성 수지나 광경화성 수지를 도포한 다음 전자빔을 이용, 일정한 크기

의 몰드로 압력을 가해 경화시켜 패턴을 전사하는 기술을 말한다.

미세화를 추구하는 시대에 맞춰 나노 임프린트 공정기술이 차세대 공정의 하나로 인식되면서 이 기술을 이용한 나노패턴의 제작과 활용에 대해서 국내외 대학 및 연구소에서 많은 관심을 가지고 연구결과들을 발표하고 있다.

나노 임프린트는 크게 보면, 열을 이용한 thermal-type 기술과 UV를 이용한 UV-NIL로 나눌 수 있다. 가열식-NIL 기술은  $100^{\circ}\text{C}$  이상의 온도에서 이용되며, UV NIL는 상온에서 이용된다는 열 환경적인 차이가 있다. 미국 프린스턴대학의

---

† 국민대학교 기계자동차공학부  
E-mail : d.shin@kookmin.ac.kr  
TEL : (02)910-4818 FAX : (02)910-4839

\* 국민대학교 대학원 기계공학과  
\*\* 국민대학교 기계자동차공학부

---

chou<sup>(1)</sup> 교수에 의해 제안된 가열식-NIL 기술은 다층화 작업이 필수적인 반도체 디바이스 제작에 있어, 열변형에 의해 다층 정렬이 어렵다는 단점을 가지고 있다. 이에 반하여, UV-NIL은 1996년 Haisma 등<sup>(2)</sup>에 의하여 최초로 제안되었는데, poly(methyl methacrylate)와 같은 열가소성 재질을 사용하는 가열식-NIL과 달리 저점성 광경화성 수지와 이를 경화하기 위해 UV를 사용하는 것이 특징이다. 따라서 UV-NIL은 상온 저압공정이 가능하여 다층화 공정 및 대량생산에 적합하다는 장점을 가지고 있다.

그러나 UV-NIL가 상온 저압공정이 가능하다고 할지라도 10nm급 선폭의 나노패턴을 사용하여 고집적 반도체를 구현하기 위해서는 나노스케일에서의 물리현상을 고려한 열환경 정밀제어 기술이 필요하다.

본 연구에서는 LCD디스플레이 장치를 위한 대면적 나노임프린트(UV-NIL) 공정에 포함되는 mold 와 glass의 정렬과정에서 정렬정밀도에 중요한 영향을 미치는 온도와 정렬공정에 대한 해석을 수행하였다. LCD Glass에 부분적으로 0.1~1℃정도의 온도변화가 생길 경우 열응력에 의한 변형을 시뮬레이션 하였으며, 정렬운동 시 발생하는 LCD Glass의 스테이지 고정을 위한 흡착과 mold 와 glass 간의 전단응력에 대한 해석을 수행하였다. 이에 따라 설계된 실제 스테이지 흡착플레이트에서 LCD glass 의 변형량을 시뮬레이션 함으로써 나노임프린트 공정 시 LCD glass 변형에 의한 문제점 여부를 평가하였다.

## 2. 해석 대상과 기법

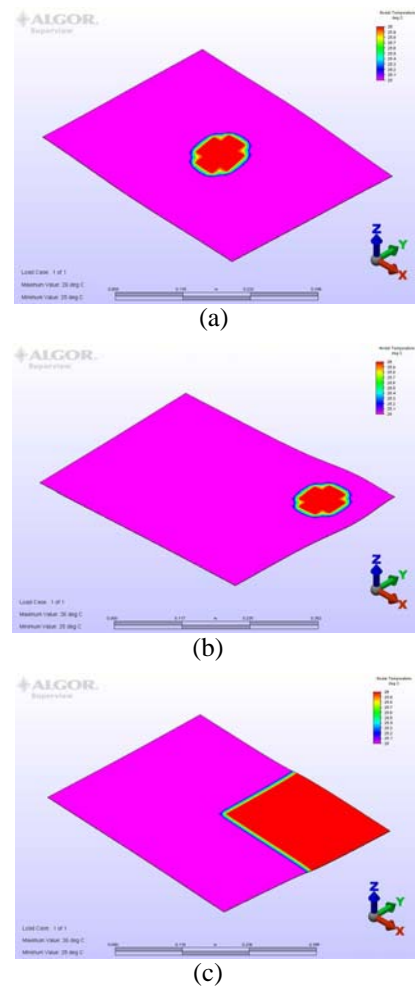
### 2.1 열팽창에 따른 LCD glass 변형에 대한 구조해석

대면적의 나노임프린트 공정 시 mold 및 glass에서는 미소온도차에 의해 열응력이 생기고 이 열응력에 의해 수십 나노미터 정도의 변형이 생긴다.

기구적인 해석을 위한 FEM code인 Algor(Algor Inc)를 이용하여 열응력으로 변형을 시뮬레이션 하였고, 해석모델은 Stress with linear material models<sup>(3)</sup>를 이용하였다.

Thermal expansion coefficient가  $36.1 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 인

LCD 전용 glass(470mm×370mm×0.7mm)를 이용하였다. Glass의 한쪽 모서리를 고정하였으며, 전체 25℃의 온도에 부분적으로 0.1~1℃의 온도를 상승시켰다. 각 부분의 위치와 상승온도는 Fig. 1과 같다.



**Fig. 1** Geometry and the location of temperature source

(a) center (area ratio of 2%)

(b) right corner (2%)

(c) quarter (25%)

### 2.2 정렬운동에 따른 LCD glass 변형에 대한 구조해석

나노임프린트 공정 시 mold와 LCD glass의 align mark를 일치시켜야 하는 나노임프린트 공정의 특성 상, 고정된 mold의 align mark에 stage를 이용하여 LCD glass의 align mark가 접근하는 정렬운동이 필요하다. 이를 위해서는 stage에 LCD

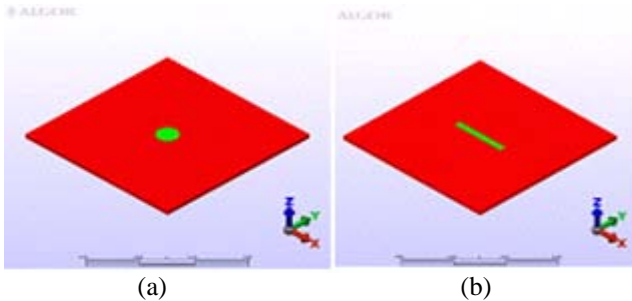
glass가 고정되어야 한다. Stage 위 표면에 구성된 흡착 홀을 이용하여 위 공정을 실행하였으며 이때 흡착에 따른 LCD glass의 변형에 대해 시뮬레이션 하였다.

기구적인 해석을 위한 FEM code인 Algor(Algor Inc)를 이용하였으며, 해석모델은 Stress with linear material models<sup>(4)</sup>를 이용하였다.

### 2.2.1 흡착 노즐의 형태에 따른 영향 해석

LCD glass의 면적은 173,900 mm<sup>2</sup>이고 흡착노즐의 진공압력이 0.6bar일 때, 약 2,000 mm<sup>2</sup>의 면적으로 LCD glass를 흡착할 수 있다. 이는 흡착면적이 10 mm<sup>2</sup>일 때 870 mm<sup>2</sup>인 면적의 LCD glass를 흡착할 수 있음을 보여준다. Fig. 2는 870 mm<sup>2</sup>인 면적의 LCD glass에 면적이 10 mm<sup>2</sup>인 직사각형과 원의 형상을 나타낸다.

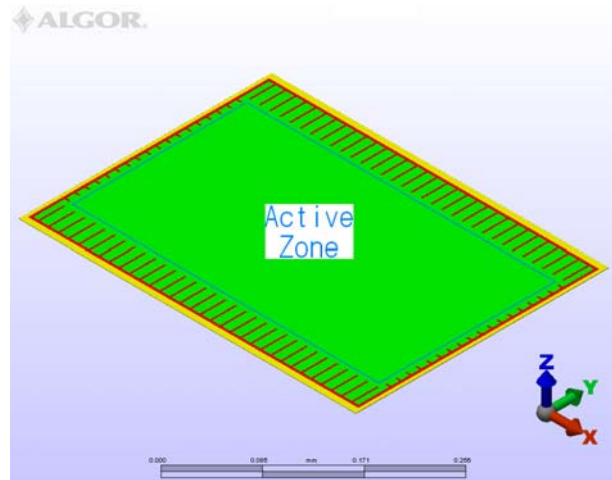
육면체의 측면에 각각 symmetry 경계조건을 지정 하였고, 흡착면의 바닥 모서리를 고정한 상태에서 일정한 압력을 가하였다.



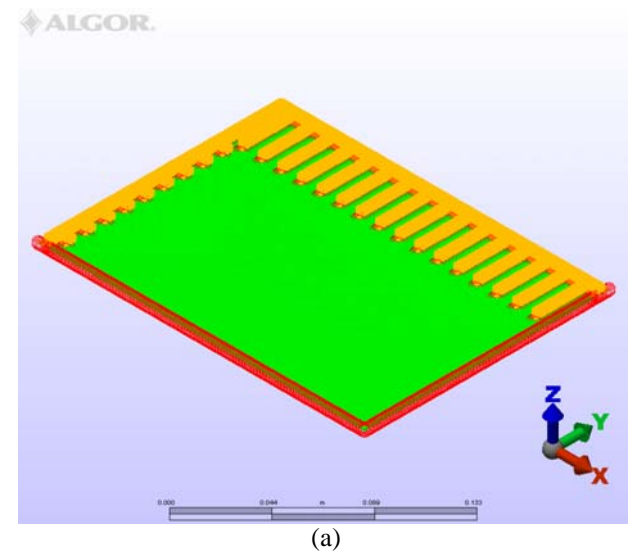
**Fig. 2** Nozzle geometry of the unit area simulation  
(a) circular nozzle  
(b) rectangular nozzle

### 2.2.2 정렬운동의 영향 해석

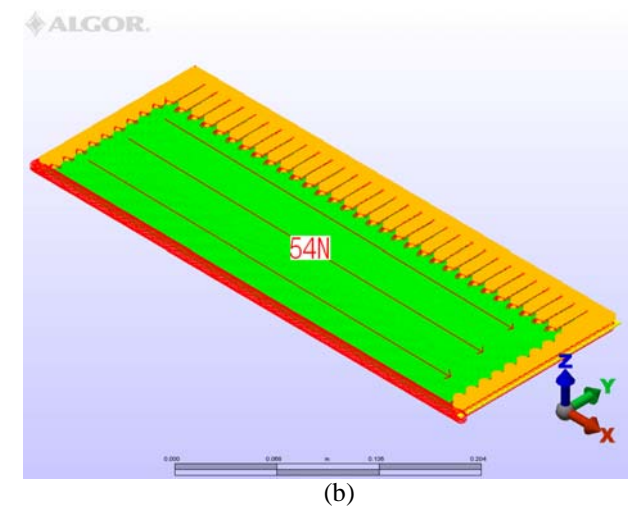
LCD glass를 고정하기 위해 Fig.3과 같이 흡착노즐을 설계하였다. 임프린트가 이루어지는 active zone 주위에 흡착노즐이 직사각형 형태로 하나로 연결되어 LCD glass의 외각 부분에 균일하게 퍼져있다. 흡착노즐의 면적은 8,628 mm<sup>2</sup>이고 stage가 5.5kgf의 힘으로 움직이며 스테이지와 LCD glass가 0.6의 마찰계수를 가지고 있을 때 약 10,500Pa의 진공압력으로 LCD glass를 흡착할 수 있다.



**Fig. 3** Absorber geometry



(a)



(b)

**Fig. 4** Boundary conditions of LCD glass  
(a) pressure  
(b) pressure + shear stress

Fig. 4(a)는 LCD glass에 흡착압력만 가해졌을 때의 해석모델을 나타낸다. LCD glass의 전체면적을 1/4로 나누어 두 측면에 symmetry 경계조건을 부여함으로써 전체면적을 해석하였다. 흡착노즐이 LCD glass 외각 부분을 고정하며 이때 흡착면의 바닥 모서리를 고정하고, 흡착면에 10,500Pa의 진공압력을 가하였다.

Fig. 4(b)는 LCD glass에 흡착 압력과 align mark를 일치 시킬 때 발생하는 전단력이 가해졌을 경우 해석모델을 나타낸다. LCD glass의 전체면적을 1/2로 나누어 한 측면에 symmetry 경계조건을 부여함으로써 전체면적을 해석하였다. LCD glass의 윗면에 X방향으로 54N의 힘을 균일하게 가했으며, 흡착면의 바닥 모서리를 고정하고, 흡착면에 10,500Pa의 진공압력을 가하였다.

### 3. 결과 및 토의

#### 3.1 열팽창에 따른 LCD glass 변형에 대한 구조해석

온도가 일정한 LCD glass에 부분적으로 1°C와 0.1°C의 온도를 가했을 경우 각각의 글라스 최대 위치변화량은 Table 1과 같다.

**Table 1** Displacement magnitudes

cases	0.1°C	1°C
center	10.3nm	104nm
right corner	11.2nm	112nm
quarter	150nm	1.5um

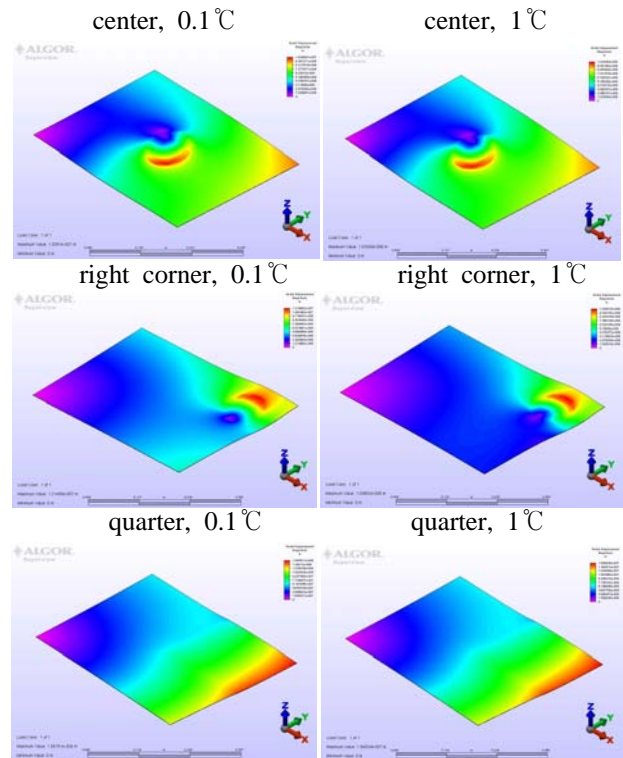
열원의 위치에 상관없이 가해진 온도가 10배가 되면 변위의 크기도 약 10배가 됨을 알 수 있다. 또한 열원의 위치는 변위의 크기에 크게 상관없으며, 열원의 크기가 클수록 큰 변형이 일어남을 알 수 있다.

Fig. 5는 열원의 위치와 온도크기에 따른 변화량을 모사하고 있다.

고정된 모서리의 반대쪽 모서리 부분과 열원이 가해진 위치에서 많은 변위가 일어남을 알 수 있다.

나노 임프린트 공정 시 1°C의 온도변화에 약 100nm정도의 변형이 일어나며, 0.1°C의 온도변화에도 약 10nm정도의 변형이 일어날 것을 예상

할 수 있겠다.

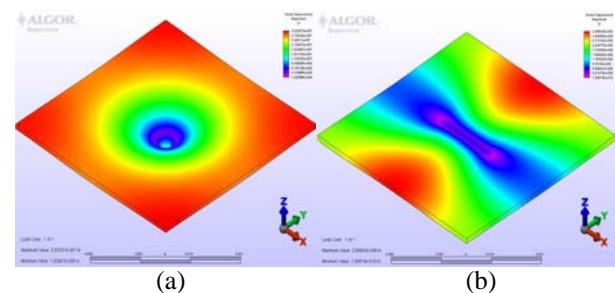


**Fig. 5** Displacement magnitude by thermal expansion

#### 3.2 정렬운동에 따른 LCD glass 변형에 대한 구조해석

##### 3.2.1 흡착 노즐의 형태에 따른 영향 해석

노즐의 형상이 원일 경우, 약 300nm정도의 변화가 일어났으며, 직사각형일 때 약 30nm정도의 변화가 일어남을 알 수 있다. Fig. 6은 흡착 노즐의 형태에 따른 변위 변화량을 나타낸다. 흡착면의 바닥에 고정된 edges를 기준으로 압력이 가해진 흡착면은 (-)Z방향으로 변위가 일어났으며, 흡착면 이외의 면은 (+)Z방향으로 솟구쳤다.

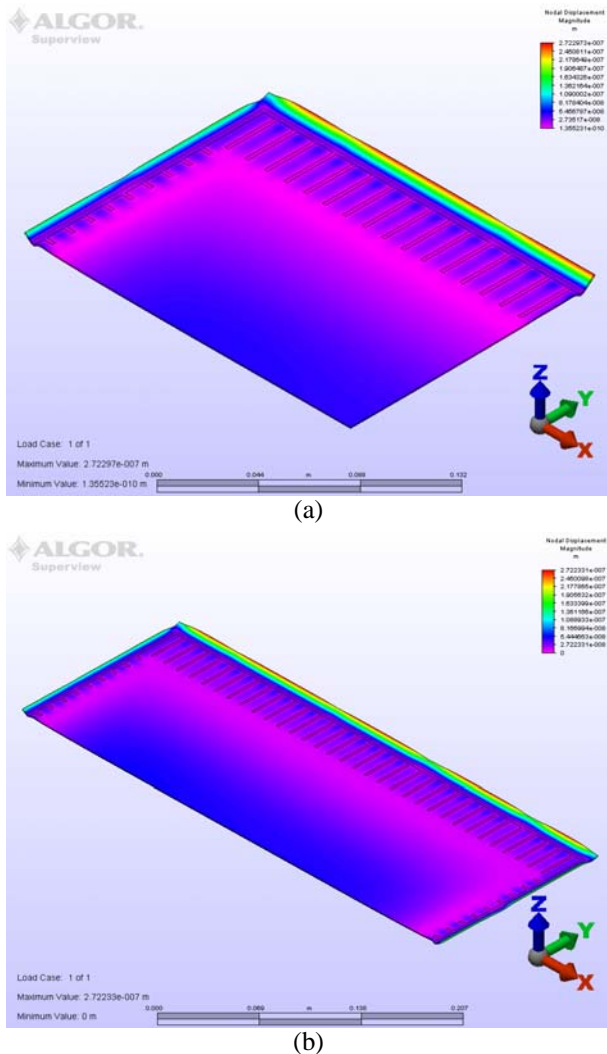


**Fig. 6** Displacement magnitude by shape of nozzle  
(a) circular nozzle (b) rectangular nozzle

노즐의 형상에 따라 LCD glass의 변형된 변위가 크게 10배정도 차이가 나는데 이는 흡착면의 형태에 따른 응력집중이 다르기 때문이다.

### 3.2.2 정렬운동의 영향 해석

흡착면에 10,500Pa의 흡착만 가한 경우, 주로 glass의 모서리에서 많은 변형이 일어났으며, 임프린트 공정이 이루어지는 흡착면 안쪽의 active zone에는 46.2nm의 변형이 일어났다. 흡착압력과 전단력이 가해진 LCD glass에서도 glass의 모서리 부분에서 최대 변형이 일어났으며, active zone에서는 49.2nm의 변형이 일어났다. Fig. 7은 두 경계조건에 따른 LCD glass의 변형량을 나타낸다.



**Fig. 7** Displacement magnitude in LCD glass on boundary conditions  
 (a) pressure  
 (b) pressure + shear stress

Active zone에서의 변형은 모두 (-)Z 방향으로 일어났으며 LCD glass 밑에 stage가 부착되어 있기 때문에 변형량이 active zone 전 지역으로 분산되어 실질적으로는 49nm 이하의 미소 변형이 일어날 것으로 사료된다.

## 4. 결론

LCD디스플레이 장치를 위한 대면적 나노임프린트(UV-NIL) 공정 시 LCD glass에 부분적으로 온도변화(0.1℃~1℃)가 생길 경우 수십 나노에서 수백 나노까지 변형이 일어났으며, 열원이 가해진 면적에 비례하여 변위가 커졌다.

LCD glass를 스테이지에 고정하는 흡착면의 형상에 따라 변위가 달라졌다. 응력의 집중현상이 덜 일어나도록 원형의 흡착노즐보다, 직사각형 형태의 흡착노즐을 이용하는 것이 정밀화 공정 수행에 적합하다. 이에 따라 설계된 실제 흡착플레이트에서 10,500Pa의 압력으로 LCD glass를 흡착 할 수 있으며 이때 active zone에 수직 방향으로 46.2nm의 변형이 일어났다. 그리고 LCD glass와 align mark를 일치 시킬 때 발생하는 전단력이 가해졌을 때 추가로 3nm의 변형이 더 일어났다. 이 변형량은 active zone 전 지역으로 분산되어 실질적으로는 49nm 이하의 미소 변형이 일어날 것이며, 이 변형량은 나노임프린트 공정상 큰 문제를 일으키지 않을 것으로 사료된다.

## 후기

본 연구는 서울시 산학연 협력사업의 지원으로 수행되었음(과제번호 10583)

## 참고문헌

- (1) Chou, S.Y., Krauss, P.R. and Renstrom, P.J., 1996, "Nanoimprint lithography," *J. Vac. Sci. Technol. B*, Vol. 14, No. 6, pp. 4129~4133.
- (2) Haisma, J., Verheijen, M., Heuvel, K. and Berg, J., 1996, "Mold-assisted nanolithography: A

process for reliable pattern replication," *J. Vac. Sci. Technol. B*, Vol. 14, No. 6, pp. 4124~4128.

(3) Algor User Manual, 2005, *Introduction to ALGOR*, pp. 98.

(4) Algor User Manual, 2005, *Mechanical Event Simulation*, pp. 65.