

LCD 패널의 임프린트 공정을 위한 접촉 평평도 증진 연구

강운석*, 장시열**, 임홍재**, 신동훈**, 정재일**

*국민대학교 자동차공학전문대학원, ** 국민대학교 기계자동차공학부

초록

Surface contacts between mold and target should be in parallel for the imprinting mechanism. However, the size of contacting area makes it difficult for both mating surfaces to be in all contact because of precision level of the imprinting machine and the waviness of mold and target. The gripping force for both mold and target with the vacuum chuck is also major effect to interrupt the full contact, which must be avoided in imprinting mechanism. In this study, the preliminary study for the causes of non-uniformity of contacting surfaces such as mold and target is performed with 470 x 370mm² LCD panel size.

Keywords: contacting surfaces, vacuum chuck, parallel contact mechanism, squeeze film effect, gap control

1. 서론

나노 임프린팅의 공정이 반도체 공정의 일부분을 대체할 수 있다면 생산 단가 및 기간등에 있어서 많은 잇점이 있다고 연구되고 있다. 실제로 반도체 칩 사이즈 (~25 x 25mm²)를 대상으로 한 나노 임프린터의 개발은 매우 활발히 진행되고 있고, 최신의 리소그래피 공정을 통한 선폭의 정도도 실현 가능할 만큼 여러 회사에서 기기 제작이 발표되고 있다. 그러나 여러 가지 현실적 문제로 인하여 생산 공정에는 아직 기존 공정을 대체하지 못하고 있다. 여러가지 이유 중에 임프린팅시의 정밀한 선폭을 구현하며 넓은 영역에서 접촉 평평도를 유지할 수 있는 기계적 메커니즘 개발이 상당히 어렵기 때문이다. 개발된 대표적 임프린터로는 Nanonex, Obducat and Molecular Imprint, Inc. 등의 장비로서 수십 나노미터까지의 선폭을 구현할 수 있다. 그러나 임프린팅 면적이 매우 작아 여러가지 제약이 따르며, 접촉 정렬 메커니즘이 동반되어야 하면 이러한 선폭 정밀도는 상당히 떨어지게 된다.

LCD 패널의 패턴 형태는 상대적으로 큰 선폭의 정도를 요구하여 임프린트 공정의 실제적 적용의 대상이 되고 있다. 그러나 LCD 패널의 경우 선폭이 다소 크게 적용할 수 있다고 하더라도 상대적으로 큰 임프린팅 면적을 요구하기 때문에 반도체 칩의 임프린팅 공정에서 요구하는 접촉 평평도 제어 기술 보다 훨씬 가혹하다.

본 연구는 임프린팅 공정이 LCD 패널 제작에 공정 대체를 방해하는 여러 가지 영향인자 중에서 접촉 평평도 향상을 위한 기반 연구로 우선 접촉 기구 구성시 몰드 및 타겟 고정 방법에 따른 접촉 형태를 분석하여 최적의 접촉 기구 개발을 하고자 한다.

2. LCD 임프린팅 시스템의 개요

본 연구에서 추구하는 LCD 패널의 단위 임프린팅 면적은 3세대 사이즈 ($470 \times 370\text{mm}^2$)이다. 임프린팅의 타겟은 아랫면에 고정하고 몰드의 위치는 윗 부분에 지그로 고정 설치하며 이 몰드가 타겟으로 접근하여 접촉을 유발한다. 이에 대한 설명은 Figure 1에 나타나 있다. 단순한 공정 개념이지만 LCD 패널이 되는 유리기판의 두께 및 이 기판이 위치하게 될 스테이지의 평평도가 고른 접촉에 영향을 준다. 무엇보다도 몰드를 고정하는 윗 부분의 지그 형태가 평평도에 상당히 영향을 주고 있는데 이 부분의 설계가 임프린터의 대면적화 설계에 있어서 매우 중요하게 고려되어진다. 몰드 부분의 고정 방법은 그 무게를 지탱하고 정렬 작업을 유지하기 위하여 일반적으로 진공척(vacuum chuck)으로 고정하게 된다. 그러나 그 무게를 이겨내기 위한 진공압력이 상대적으로 얇은 몰드의 두께 변형을 일으키며 유리기판과 몰드 사이의 photo resistance fluid의 두께를 일정하게 하지 못하게 한다. 이것은 결국 낮은 선폭 정밀도를 요구하는 LCD 패널의 공정일지라 하더라도 대면적 임프린팅에 도달할 수 없는 기술적 한계 상황에 다다른다.

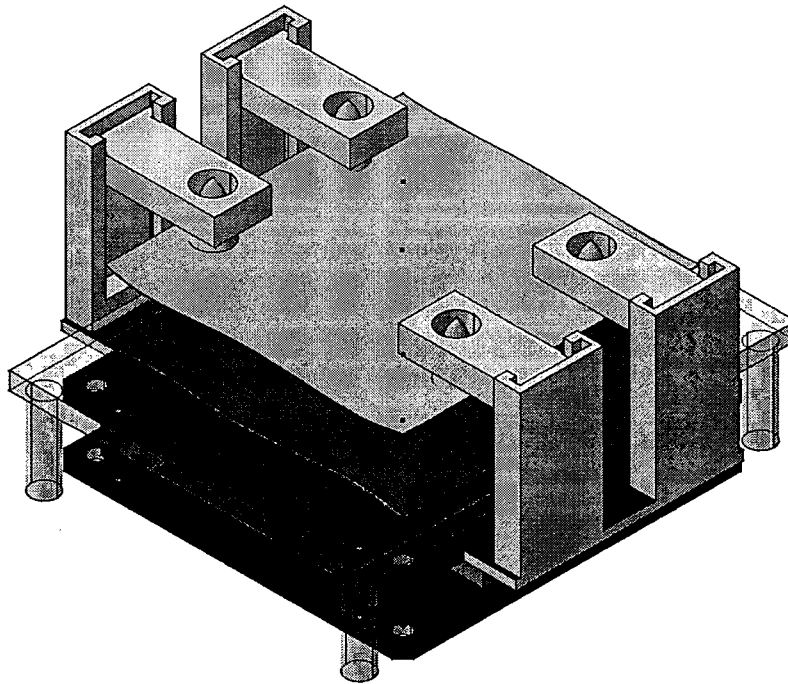


Figure 1 LCD 패널의 임프린팅을 위한 기구 설계

3. 몰드 고정 형태에 따른 두께 변형

몰드의 면적 대비 두께가 상대적으로 매우 작기 때문에 몰드 자체의 무게 때문에 처짐이 요구되는 평평도를 유지하기에 커다란 영향을 준다. 또한 몰드의 진공척 고정으로 인한 몰드 두께 변형이 접촉 면적의 평평도 크기에 절대적으로 영향을 준다. 따라서 진공척의 형태에 따른 두께 방향의 변형정도가 Figure 2에서 보여지는 접촉 영역에서의 photo resistance fluid 두께 자체를 변화시켜 임프린팅의 대면적화를 방해한다.

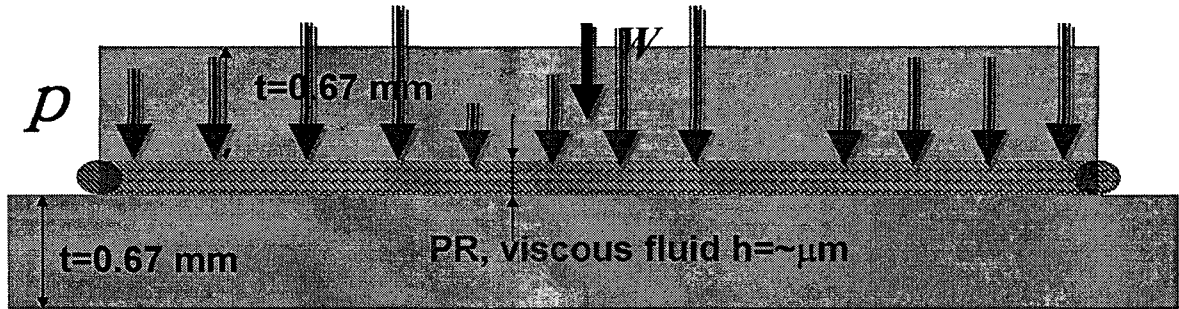
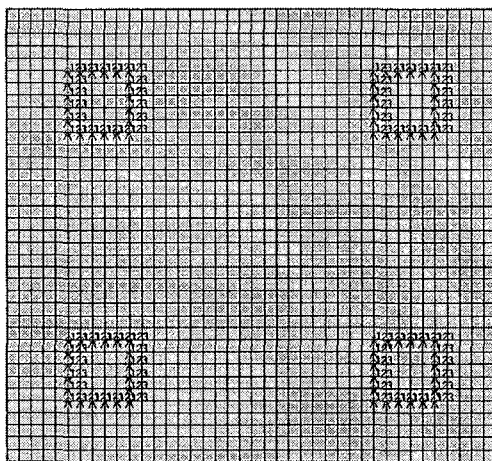
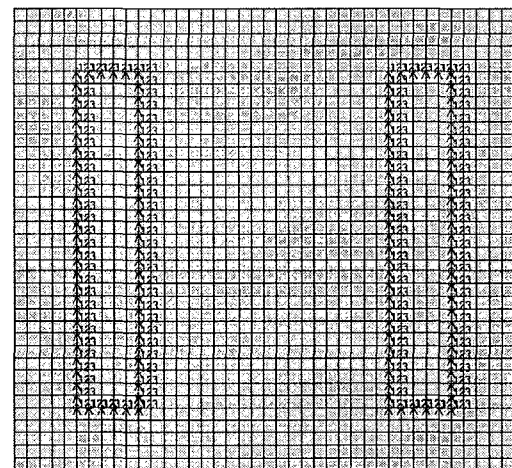


Figure 2 접촉 면적상의 몰드와 타겟 사이의 PR 두께 변화

몰드 고정 진공척의 흡착 패드 형태에 따른 두께 방향의 변형 형태를 유한 요소 해석(finite element method)를 이용하여 계산하였으며, 실제 임프린팅의 주요 영역에서 접촉을 고르게 유발시키게 할 수 있는 설계 방안을 제시한다. Figure 4 는 진공척의 흡착 패드 형태에 따른 설계 방안에 대하여 보여 주고 있으며, case 1 은 흡착 면적 10,000 mm², 흡착 압력 108Pa 이며, case 2 는 흡착 면적 27,000 mm², 흡착 압력 80Pa 이다.

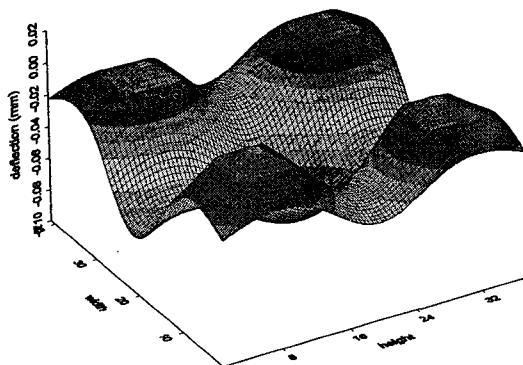


(a) case 1, 4 점지지 몰드 흡착 패드

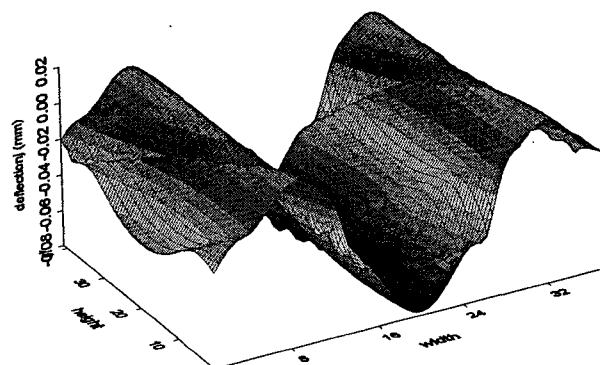


(b) case 2, band 형태 몰드 흡착 패드

Figure 4 진공척의 흡착 지점에 따른 흡착패드 설계



(a) case 1, 최대 변형량 81μm



(b) case 2 최대 변형량 79.5μm

Figure 5 진공척의 흡착 지점에 몰드 변형량

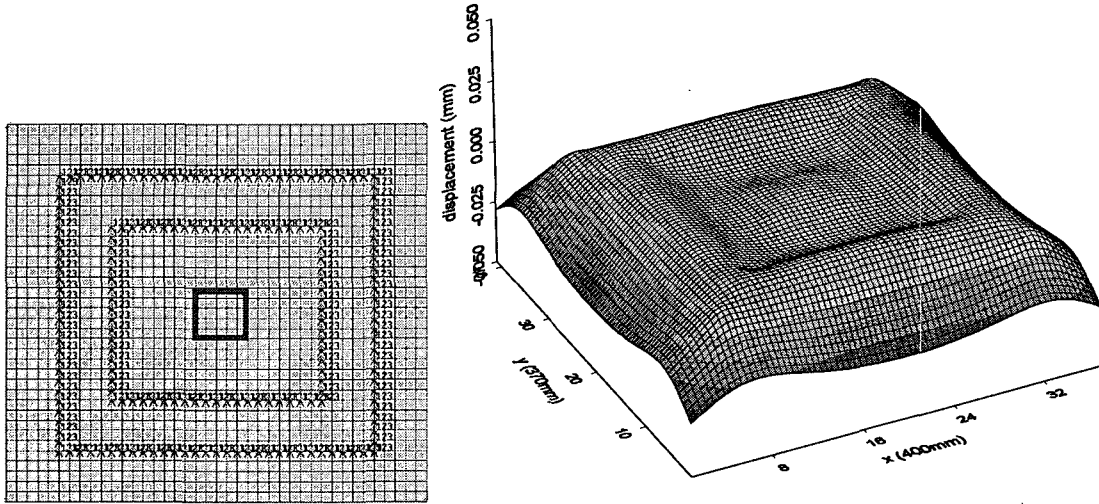
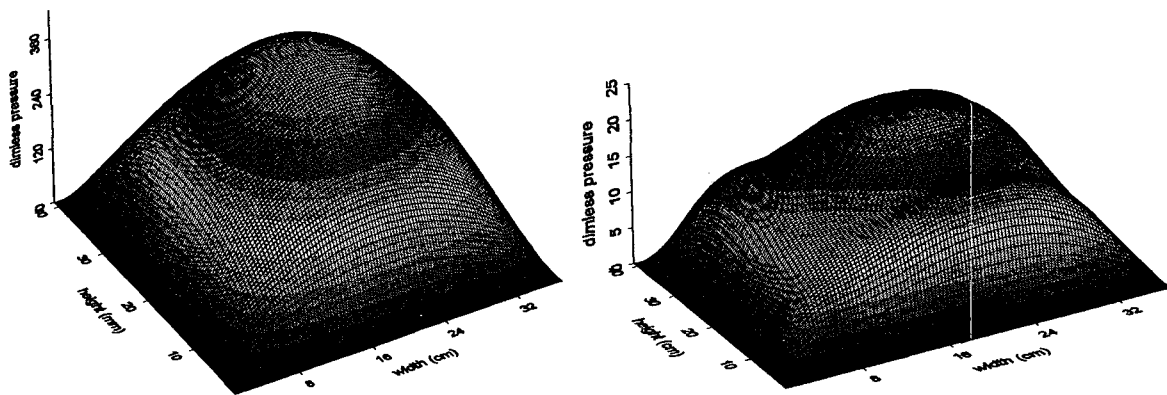
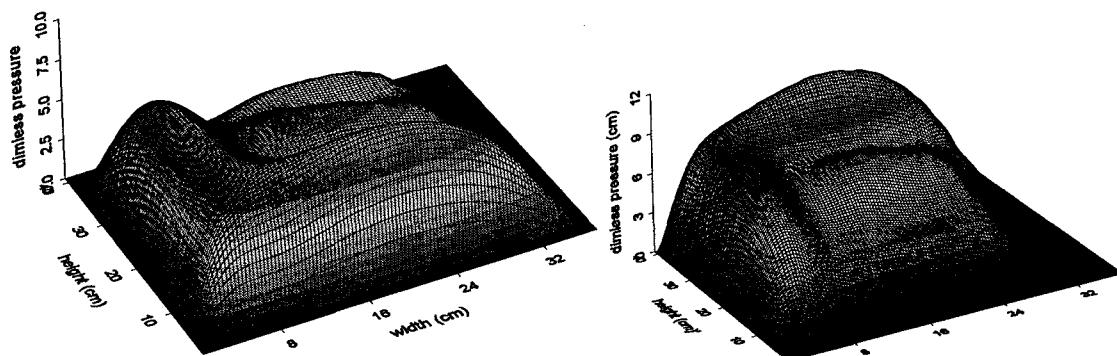


Figure 6 흡착 면적 47,000mm², 흡착 압력 92Pa 진공척설계 따른 몰드 변형량, 최대 28.5 μ m

각각의 경우 몰드의 무게에 의한 진공 흡착패드의 설계에 따른 변형량은 다음과 같이 해석된다. 유한요소해석의 결과 Figure 6 과 같은 흡착 패드 설계 방식이 가장 적은 두께 방향의 변형량을 얻을 수 있었다. 이러한 기하학적 접촉면적의 두께 방향 틈새에 PR 유체가 존재하는 경우 정렬작동시 전단 저항력의 예측이 필요한데 이 작동형태는 임프린터 구조에 따라 여러 가지 기구학적 방향성을 갖는다. 우선 간단한 형태의 운동 특성에 따라 분류하면 가)접촉 면으로의 압착운동과 나)평면상에서의 이동 운동 (x 방향과 y 방향) 다) 평면상에서의 회전 운동 방향으로 생각할 수 있다. Figure 6 과 같은 변형 크기가 일어 났을 때 각각의 운동 성분에 따른 PR 유체의 틈새내에서의 압력 분포는 Figure 7 과 같다. 이러한 압력 분포는 정렬 작업 중에 나타나는 전단 저항력을 예측할 수 있으며, 이것은 정렬 시간의 단축 및 정렬 스테이지의 구동기 선정을 위한 중요한 설계 정보로 사용된다.





4. 결론

임프린터의 대면적화를 위한 평평도 조절 설계에 대한 연구를 하였다. 평평도를 방해하는 많은 영향인자들이 있지만 유리 기관의 두께 균일도 불량등의 사용 재료의 생산 상태의 결함으로 인한 영향인자를 제외한 임프린터가 장비로서 성립하기 위한 기초적인 설계인자에 대한 연구를 진행하였다. 이러한 연구 결과는 임프린터가 주요한 LCD 공정 장비로서 역할을 할 수 있도록 하는 정렬 기능에 주요한 설계 정보를 제공한다.

후기

본 연구는 서울시 산학연 협력사업의 지원으로 수행되었음(과제번호 10583).

참고문헌

- [1] Hamrock, B. J., Fundamentals of Fluid Film Lubrication, McGraw-Hill, ISBN 0-07-025956-9