

## Hot embossing 공정을 이용한 100nm 급 Hybrid stamp 제작

홍성훈\*(고려대 신소재공학과), 양기연(고려대 신소재공학과), 이현(고려대 신소재공학과)

### Sub-100nm Hybrid stamp fabrication by Hot embossing

S. H. Hong(MSE, Dept., KU), K. Y. Yang(MSE, Dept., KU), Heon Lee(MSE, Dept, KU)

#### ABSTRACT

Nanoimprint Lithography(NIL) has increasingly been recognized as a key manufacturing technology for nanosized feature. One of the most important task for nanoimprint lithography is to provide the imprinting stamp with low price. The Stamp fabricated with Si based material by e-beam lithography, RIE is extremely expensive and its throughput is very limited and PDMS replica is too soft to hold high imprinting pressure(>5atm) In this study, we present the imprinting stamp which can be easily replicated from original mold and is based on PVC film. Replication of original Si mold to PVC film was done by Hot embossing technique, (120°C of Temperature, 20 atm applied) As small as 100nm patterns were successfully transferred into PVC film. The size of stamp was up to 100mm in diameter.

**Key Words :** Nanoimprint, Hot embossing, Hybrid stamp, UV-NIL

#### 1. 서론

1994 년 미국 Princeton 대학의 Chou 교수에 의해 나노 임프린트 리소그래피 기술[1]이 소개된 이래로 나노 임프린트 기술은 매우 빠른 속도로 발전해왔다. 나노임프린트 리소그래피 기술의 당면 과제 중 하나는 저가로 100 nm 이하의 stamp 를 제작하는 것이다.[2] 현재 이러한 stamp 의 제작은 주로 e-beam 공정[3]과 EUV[4], Reactive Ion Etching (RIE)에 의하여 이루어지고 있는데, 이러한 공정은 가격이 비싸고 throughput 이 낮아서 stamp 를 저가로 제작하는데 있어서 문제가 되고 있다. 그래서 본 연구팀은 Hot embossing 공정을 통한 stamp 제작을 시도하였다.

Hot embossing 공정이란 고분자를 유리 전이온도 이상으로 가열하여 soft 하게 만든 후에 master stamp 로 눌러서 master stamp 의 나노 패턴을 기판으로 각인하는 방법이다.[1] Hot embossing type 의 나노임프린트 리소 그래피 기술은 대부분의 열가소성 고분자에 응용이 가능하다. 그 중 PVC 나 PET 계열의 고분자는 UV 에 transparent 하고 또한 적절한 유연성과 강도를 지니고 있어서 stamp 로는 적당한 소재이다. 우리는 Hot embossing 공정을 이러한 고분자 물질에 시도해 보았다.

#### 2. 실험

##### 2.1 실험준비

우선 PVC film 의 유리전이온도를 알기 위해서 DSC 측정을 해보았다. Fig 1 에서와 같이 PVC 의 유리전이온도는 80°C~120°C 임을 알 수 있었다. 또한 PVC film 에 전사시킬 stamp 로 100nm 의 line pattern 을 가진 Silicon stamp 를 사용하였고(Fig 2) 또한 Hot embossing 실험시 film 과 stamp 간의 Adhesion 문제 여부를 알아보기 위해서 일부 stamp 에 trichlorosilane 계열의 액상 SAMs 코팅처리를 하였다.[5] 그리고 위의 stamp 와 UV curable resin (NIP-K28)을 이용하여 UV NIL 공정을 통해 얻어진 임프린트 패턴을 준비하였다.[6]

Hot embossing 공정을 위해 Fig 3 과 같은 Press-vessle type 임프린트 장비를 사용하였다.

##### 2.2 Hot embossing 실험

우선 Fig.4 과 같이 PVC film 과 stamp 를 놓고 PVC film 을 유리 전이온도이상으로 가열하였다. 충분히 가열하여 PVC film 을 soft 하게 한 후 20 atm 으로 가압을 해서 stamp 의 나노 패턴을 PVC film 으로 각인시키고 유리전이온도 이하로 온도를 낮추어서 다시 PVC 를 hard 하게 만든 후에 stamp 와 PVC

film 을 분리하였다. SAM 코팅이 되지 않은 같은 Silicon stamp 와 UV 임프린트 패턴, PET film 으로도 같은 실험을 해보았다.

### 3. 실험 결과

#### 3.1 PVC film 패턴 분석

FE-SEM 을 이용하여 나노 패터닝된 PVC film 을 표면 관찰한 결과 Fig 5,6 과 같이 SAM 코팅에 관계없이 100nm 까지 패턴이 잘 전사된 것을 확인하였다. 또한 Fig 7 과 같이 PET film 으로도 이러한 Hot embossing 공정이 가능함을 확인하였고 stamp 로 임프린트 패턴을 사용할 수 있음을 알 수 있었다.

#### 3.2 임프린트 실험

Hot embossing 공정으로 master 패턴이 복제된 PVC film 을 stamp 로 사용하여 UV 나노 임프린트 실험을 해보았다. Si-wafer 기판 위에 UV-curable resin 을 drop 한 후 10 bar 의 압력 및 UV light 를 가해 경화시켰다. 실험 결과 Fig 8 과 같이 master 패턴이 그대로 얻어지는 것을 확인하였다.

### 4. 결론

실험 결과와 같이 PET 계열 및 PVC 계열의 열가소성 고분자 는 Hot embossing 공정을 통해 sub 100nm 패턴까지 쉽게 전사가 된다. 또한 PVC film 은 UV light 을 잘 통과시키므로 UV-NIL 공정의 stamp 로 활용할 수 있다.

#### 후기

Proto type 의 임프린트 장비를 제공해준 (주)NND 에 감사드립니다.

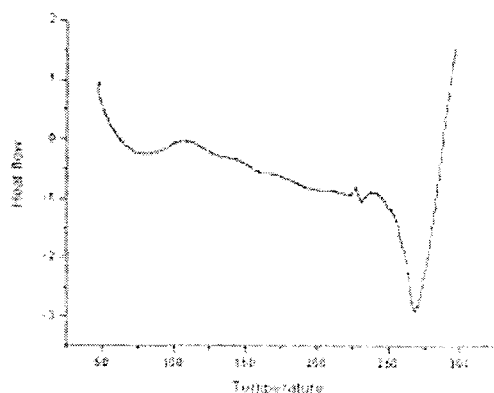


Fig. 1 DSC curve of PVC film

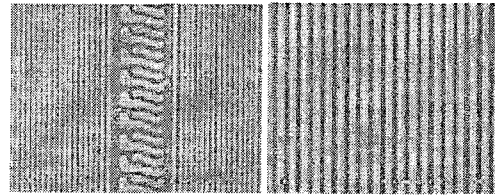


Fig. 2 100nm line pattern Si stamp

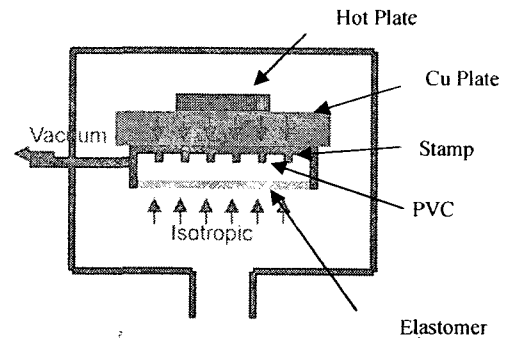


Fig. 3 Press-vessel type 임프린트 장비((주)NND)

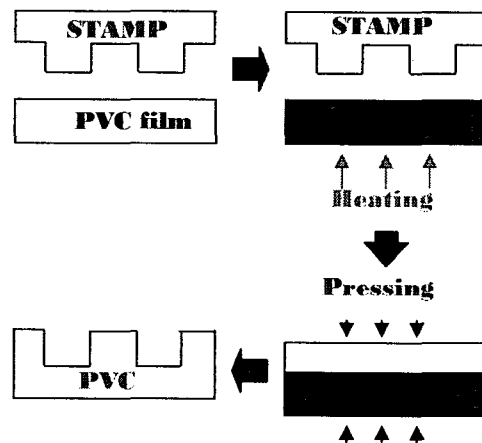


Fig. 4 Hot embossing 공정 과정 모식도

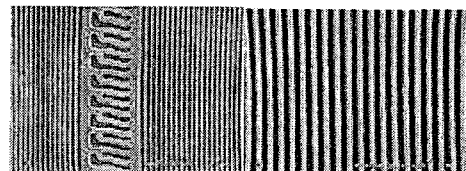


Fig. 5 SAM coating 된 Si stamp 로 PVC film 위에 복제한 패턴

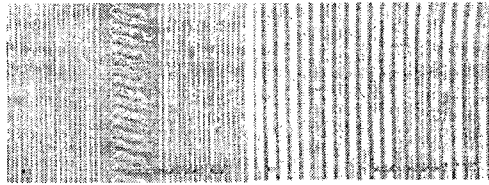


Fig. 6 SAM coating 되지 않은 Si stamp 로 PVC film 위에 복제한 패턴

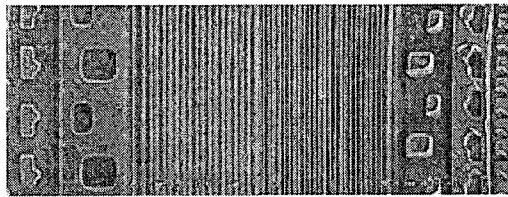


Fig 7.(a) Si stamp 를 이용하여 PET film 위에 복제한 패턴 (b) UV-NIL 임프린트된 패턴을 스탬프로 이용하여 PET film 위에 복제한 패턴

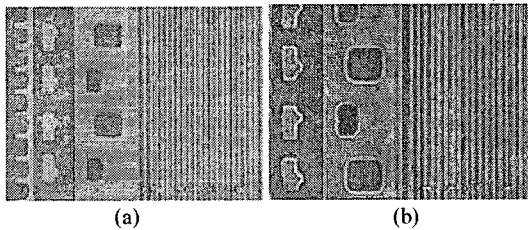


Fig. 8 (a) master Si stamp (b) master stamp 를 복제한 PVC stamp 를 사용하여 UV-imprint 한 패턴

"Fabrication of molecular-electronic circuits by nanoimprint lithography at low temperatures and pressures", Appl. Phys. A., Vol.78 pp. 1169, 2004

6. Heon Lee and Gun-Young Jung, "Full wafer scale near zero residual nano-imprinting lithography using UV curable monomer solution", Microelectro. Eng, Vol.77 Issue 1 pp. 42-47, 2005.

## 참고문헌

1. S.Y. Chou, P.R. Krauss, "Imprint lithography with sub-10nm Feature Size and High throughput", Microelectro. Eng, Vol. 35, pp. 237-240, 1997.
2. S.Park, H.Schift, C.Padeste, "Anti-adhesive layers on nickel stamp for nanoimprint lithography", Microelectro. Eng, Vol.73-74 pp. 196-201, 2004.
3. T.Takigawa, H.Wada, Y.Ogawa, R.Yoshikawa, I.Mori, T.Abe, "Advanced e-beam lithography", J. Vac, Sci, Technol.B, Vol.9 pp. 2981-2985, 1991.
4. T.Tada, T.Kanayama, A.P.G. Robinsin, R.E. Palmer, M.T.Allen, J.A. Preece and K.D.M. Harris, " A triphenylene derivative as a novel negative/positive tone resist of 10 nanometer resolution ", Microelectro. Eng, Vol.53, pp 425-428, 2000
5. G.Y. Jung, S. Ganapathiappan, X. Li, D.A.A. Ohlberg, D.L. Olynick, Y. Chen, W.M. Tong, R.S. Williams.