

Cross-Nanoimprint 공정을 이용한 전도성 나노구조물 제작 Patterning of Conductive Nanoink by Cross-Nanoimprint

*김영자¹, 박수연², 장환수³, #이재종⁴

*Y. J. Kim¹, S. Y. Park², H. S. Jang³, #J. J. Lee(jjlee@kimm.re.kr)⁴

¹ 한국기계연구원 나노공정장비연구실

Key words : nanoink patterning, cross nanoimprint, low temperature thermal nanoimprint, liftoff process

1. 서론

나노임프린트 기술은 나노구조물의 대량·저가 생산이 가능한 차세대 리소그래피 기술로 광학적 패턴전사 방식의 패턴전사 공정의 회절한계를 극복할 수 있는 장점으로 인해서 다수의 연구가 진행되고 있다[1]. 접촉식 패턴전사 공정의 나노임프린트 공정에서 사용되는 열가소성 레진은 유리전이 온도보다 70~80℃ 이상의 고온 조건에서 저 점도의 유동성을 나타내어 수십나노의 패턴도 복제 가능하다. 그러나 고온(200℃)에서의 나노임프린트 공정은 가열과 냉각 과정을 거쳐야 하기 때문에 패턴 복제에 소요되는 시간이 길어지며 이 후 패턴 형성시 초기 패턴이 제거되어 2 차 패턴만 존재하게 된다. 본 연구에서는 비교적 낮은 온도(유리전이온도, Tg)에서의 열가소성 수지의 나노임프린트 공정의 가능성을 확인하여 1 차 패턴의 존재 하에서 2 차 패턴을 형성할 수 있는 교차임프린트(cross-nanoimprint) 공정 및 실험결과를 기술하고자 한다.

전도성 나노잉크는 나노미터 크기의 금속입자를 고르게 분산시켜 만든 액상의 금속이다[2-4]. 이는 가열을 통해 금속 이외의 부가물질이 제거되면서 금속성의 전도성이 부가되는 재료로서 전자소자로의 적용을 위한 나노구조물 제작에 관련된 연구가 진행되고 있다[5-7]. 주로 인쇄공정을 통해 수백마이크로 크기의 나노구조물이 형성되고 있으며 수십나노 크기의 나노구조물은 펜이나 잉크토출용 팁을 이용해 직접 쓰기 방식이 이용되고 있다. 그러나 직접쓰기 방식의 단점인 저출력 속도를 극복하기 위해 직접 나노임프린트 기법을 이용한 전도성 나노구조물의 형성 방법이 소개되기도 하였으나 여기에 사용되는 고분자 스탬프의 팽윤현상에 의한 패턴사이즈의 제한이 생긴다. 그래서 본 연구는 전도성 나노구조물을 제작하기 위해 교차임프린트(cross-nanoimprint) 공정을 통해 형성된 열가소성 수지 패턴을 이용하여 전도성 나노잉크를 리프트오프(lift-off) 공정을 통하여 한 스탬프로 두 가지 형태의 나노구조물을 형성할 수 있는 방법을 제시하였다.

2. 본 론

본 연구에 사용된 나노잉크는 Table 1 에서와 같은 특성을 갖는 용액으로 스핀코팅을 통해 교차임프린트(cross-nanoimprint) 된 패턴위에 고른 박막 형성이 가능하다.

Table 1. The properties of silver nanoink (Sukgyung AT. Co., Ltd.).

Contents (wt%)	20
Viscosity (cP)	10
Specific resistance (Ω ·cm)	8x10 ⁻⁶
Average particle size (nm)	4.7

열가소성 나노임프린트 레진(mr-I8000E)은 스핀코팅하여 두 차례에 걸쳐 나노임프린트 공정을 수행한다. 나노임프린트 조건은 열가소성 레진의 유리전이온도인 110℃에서 50bar 의 조건에서 나노임프린트 된다(Fig.1). 이렇게 형성된 패턴은 첫번째 라인 패턴과 두번째 라인 패턴이 서로

교차하도록 하여 교차라인을 형성한다.

이어서 생성된 레진패턴의 잔류층(residual layer)을 식각하여 제거한 후 저점도의 나노잉크를 스핀코팅한 후 용매를 제거하여 경화시킨 후 용매에 담가 패턴부를 제외한 나머지 부분을 제거하여 패턴을 형성한다.

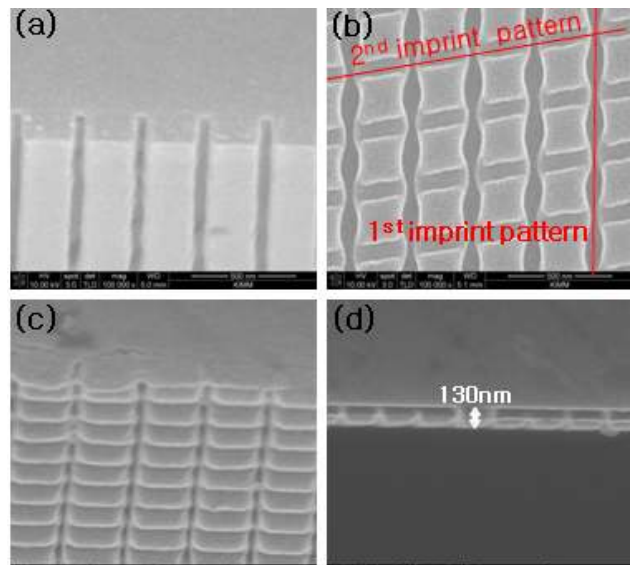


Fig. 1 Developed hybrid nanoimprint equipment by KIMM for 2 inch wafer area (ANT-2H).

3. 결론

Fig 2(a)는 교차임프린트(cross-nanoimprint) 전에 초기에 형성된 레진 패턴을 보여준다. 300nm pitch 를 갖는 라인패턴으로 20nm 이하의 잔류층을 갖는다. 일반적인 열가소성 레진의 임프린트 온도가 Tg + 70~80℃에서 수행되나 본 실험은 열가소성 레진이 기존의 형태가 유지되면서 새로운 패턴을 부가할 수 있는 온도 조건을 찾아 Fig 2(b-d)에서와 같이 130nm 의 패턴 높이를 갖는 교차된 라인(crossed line) 형상을 제조하였다.

Fig. 2 SEM images of (a) single imprint resist patterns and (b-d)



cross imprinted resist patterns by TH-NIL at 110℃ and 50bar.

Fig.3 은 교차임프린트(cross-nanoimprint) 공정으로 형성된교

차패턴의 3 차원 형태를 보여준다. 초기에 형성된 패턴형상보다 비교적 낮은 패턴높이를 나타내는 교차된 두 번째 패턴을 확인할 수 있다

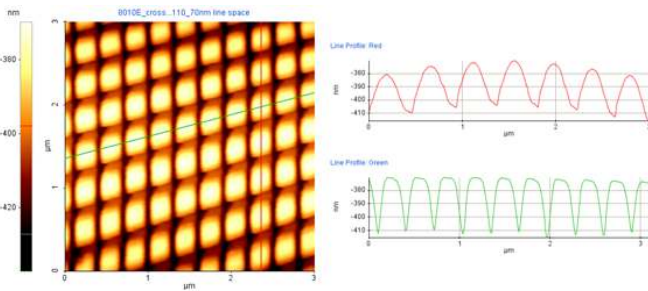


Fig. 3 AFM images of cross imprinted resist patterns by TH-NIL at 110°C and 50bar.

위에서 형성된 임프린트 레진 패턴의 잔류층을 제거하고 은나노잉크를 박막 코팅하여 lift-off 공정을 거치면 Fig.4 와 같은 도전성 금속 패턴이 완성된다. 일차 패턴만 적용되었을 때는 Fig.4(a)와 같은 선형 패턴이 형성되고 교차레진패턴을 이용할 경우 Fig.4(b)와 같은 교차선형(cross line) 패턴이 형성 가능하다. 이는 한 종류의 라인 스탬프를 이용하여 형성된 것으로 고가의 스탬프를 임프린트 공정만으로 새로운 형태를 만들어 내어 또 다른 형태의 스탬프 제작에 활용될 수 있을 것이다.

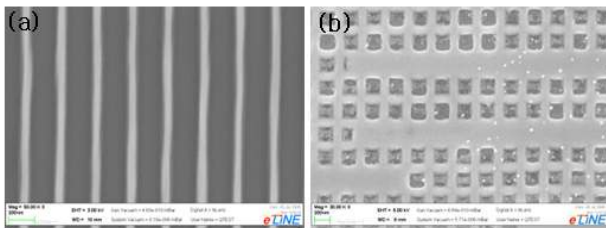


Fig. 4 SEM images of conductive silver nanoink patterns using (a) single imprint resist patterns (60nm line) and (b) cross imprinted resist patterns(60nm crossed line) created by nanoimprint and liftoff process.

후기

This research was supported by Center for Nanoscale Mechatronics & Manufacturing (CNMM), one of the 21st Century Frontier Research Programs, which are supported by Ministry of Science and Technology, KOREA..

참고문헌

1. Guo, L.J. “Recent progress in nanoimprint technology and its applications”, Appl. Physics, 37, R123-R141, 2004
2. Xiuyu Wang, Zhishen Zhang, “Nano-silver paste with low roasting temperature”, IEEE. 6th Internaitonal Confernece on Electronic Packaging Technology, 2005
3. Tao Wang, Xu Chen, Guo-quan Lu and Guang-Yin Lei, “Low-Temperature Sintering with Nano-Silver Paste in Die-Attached Interconnection”, Journal of ELECTRONIC MATERIALS, 36, 10, 2007
4. Kyoung-Sik Moon, Hal Dong, Radenka Maric, Suresh Pothukuchi, Andrew Hunt, Yi Li and C. P. Wong, “Thermal behavior of silver nanoparticles for low-temperature

- interconnect applications”, Journal of Electronic Materials, 34, 168-175, 2007
5. joerg Puetz, Michel A. Aegerter, “Direct gravure printing of indium tin oxide nanoparticle patterns on polymer foils”, Thin Solid Films, 2007
6. C. Curtis, T. Rivkin, A. Miedaner, J. Alleman, J. Perkins, L. Smith, and D. Ginley, “Metallizations by Direct-Write Inkje Printing”, National Renewable Energy Laboratory, 2001
7. Debdulal Roy, Martin Munz, Paolo Colombi, Sanjib Bhattacharyya, Jean-Paul Salvetat, P.J. Cumpson, Marie-Louise Saboungi, “Directly writing with nanoparticles at the nanoscale using dip-pen nanolithography”, Applied Surfac Science, 254, 1394-1398, 2007