

원통형 금형의 나노패턴 생성을 위한 Ni mold 생성 기술

Creation of Ni mold for nano patterning of cylindrical mold

**이승우¹, 김경오¹, 서경¹

#*S. W. Lee¹(lsw673@kimm.re.kr), J. O. Kim¹, J. Suh¹

¹한국기계연구원 나노융합생산시스템연구본부

Key words : Cylindrical mold, Si master, Ni mold, Nano patterning

1. 서론

반도체, 디스플레이, 정보저장을 위한 초소형 전자 패키지, RF 안테나, 진단 칩 등의 다양한 분야에 나노패턴을 지닌 제품에 대한 수요가 증가하고 있으며, 이러한 특성을 가지는 다양한 첨단 제품은 대량생산을 추구하고 있다. 나노패턴을 위한 주요 수단으로는 전자빔 리소그래피, 나노 임프린트 등의 방법 등이 연구되고 있다. 전자빔 리소그래피 방식은 나노크기의 집속 빔을 조사하여 원하는 패턴을 생성하는 방법이고 나노 임프린트 기술은 나노 스케일의 구조를 갖는 스템프를 고분자 박막에 각인하여 나노 스케일의 구조를 전사하는 방법이다. 나노 스케일을 가지는 제품의 대량 생산을 위한 방법이 다양하게 연구되고 있는데 섬유인쇄방법을 응용한 인쇄전자 방법이 많이 사용된다. 이 방법은 원통형 금형에 원하는 나노 스케일 패턴을 각인시키고 서로 맞물리는 원통형 금형 사이에 전자회로 인쇄용 수지를 통과시켜 원하는 나노패턴 제품을 인쇄하는 방법이다. 본 연구에서는 나노스케일 패턴의 연속생산을 위한 전자빔 리소그래피 방식을 이용한 복제용 몰드 생성에 관한 공정기술을 소개하고자 한다.

2. 전자빔 리소그래피에 의한 나노패턴 생성

전자빔 리소그래피 기술은 전자빔에 의해 감광되는 폴리머 레지스터를 사용하여 전자빔이 조사된 부분을 향후 현상공정에서 제거하는 방법이다. 현재 알려진 어떤 나노패터닝 기술보다 작은 크기의 나노패터닝이 가능하다.

전자빔 리소그래피 방식은 나노크기의 집속 빔을 원하는 형상에 따라 패턴을 하나씩 조사하게 되므로 공정 시간에 덜 구애 받는 마스크 제작 등에 사용된다.

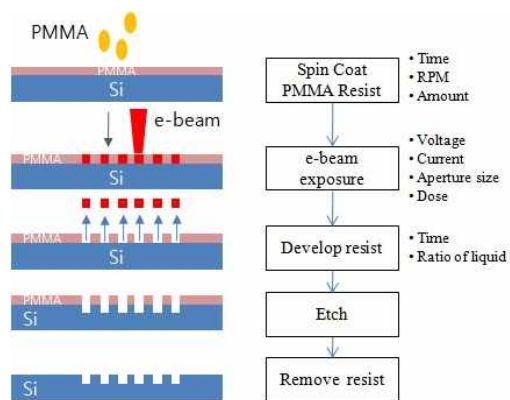


Fig. 1 Electron beam lithography process

가장 먼저 진행되는 공정은 전자빔에 민감한 resist를 도포하는 것으로 일반적으로 PMMA(poly-methyl methacrylate)를 많이 사용한다. 전자빔이 조사될 경우 PMMA 내의 화학적 결합은 끊어지게 되며, 전자빔 가공 후 developing 공정을 통해 화학적 변화가 일어난 부분만 벗겨지게 된다. 이후에는 etching 혹은 metal 증착 등의 공정을 통해 시료 표면에 나노 스케일의 패턴이 생성된다. Resist의 두께는 패턴의 두께에 많은 영향을 미친다.

전자빔 가공기에서 발생하는 전압은 필라멘트에서 나온 전자를 애노드에 의해 가속하여 운동에너지로 바꾸어 준다. 전압과 전류는 가공에 있어 상당히 중요한 요소이므로 적절한 전압과 전류의 양이 필요하다. Dose 양은 전자빔이 레지스터에 조사되어 반응을 일으킬 때 전자빔가공기의 전류를 어느 정도 크기와 어느 정도 조사시간 동안 전자빔을 조사하는 크기를 나타내는 것으로 레지스터의 고분자 고리 변형에 필요한 집속된 에너지 크기이다.

3. 나노패턴 몰드 및 마스터의 생성

전자빔 리소그래피에 의한 패턴생성은 Fig. 1에 나타난 공정을 기반으로 10×10 mm Si 영역에 전자빔으로 250 nm 두께의 라인을 가공 하는 것이다. 전자빔에 의한 가공영역은 500×500 μm로 이 영역 안에 250 nm 두께 라인 5000개를 생성하였다. Fig. 2는 전자빔 리소그래피에 의한 라인 생성을 나타낸 것이다. 가공된 Si는 기본 mold가 되고 electroplating 공정에 의해 Ni master를 생성하게 된다.

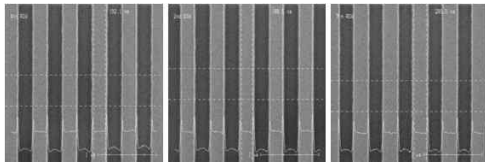


Fig. 2 E-beam writing(250 nm line pattern)

Fig. 3은 Ni master를 생성하기 위한 공정을 나타낸 것이다. 전자빔 리소그래피에 의한 Si mold가 완성되면 electroplating을 위한 seed 공정을 수행하게 된다. Electroplating seed 공정은 Ni electroplating 공정 후 Si mold와 Ni master의 원활한 분리를 위해서 사용된다.

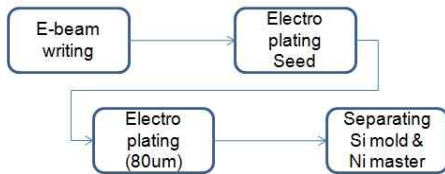


Fig. 3 Process of generating Ni master

Seed 공정에서 사용되는 재료로는 Cu, Ni, Al, Au 등이며, 이런 재료들은 모재와의 접착성이나 구조물 자체의 평활성 뿐 아니라 대부분 기계적인 운동을 수반하기 때문에 좋은 기계적 특성을 요하며 제작된 구조물이 안정적으로 동작하기 위해 electroplating에 사용되는 소재와 동일한 소재를 사용한다.

Fig. 4는 seed 공정 후 electro plating 공정 개념을 나타낸 것이다. 일반적으로 seed의 두께는 0.5-0.8 μm 정도를 수행하며, mold와 master의 분리 시 안정성을 위해 약 80 μm 두께의 Ni 도금을 하였다. 최종적으로 인쇄전자에 적용하기 위해 원통금형에 부착할 때 어느 정도의 유연성을 가지기 위해서 이다.



Fig. 4 Process of electroplating and seeding

Electroplating과 seeding 공정 후 Si mold와 Ni master의 분리 공정을 수행하여 Fig. 5와 같은 250 nm line 패턴을 생성하였다.

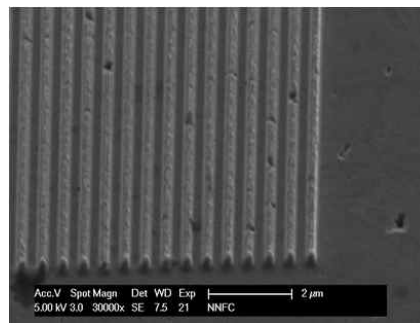


Fig. 5 SEM image of Ni master (250 nm, half pitch)

4. 결론

본 연구에서는 인쇄전자 공정에 사용될 나노패턴의 복제 성형공정 개발을 전자빔 리소그래피 공정을 사용하여 개발하였다. 전자빔 가공을 통해 250 nm 라인 패턴을 가공하여 Si mold를 제작하고 electroplating 공정을 통해 Ni master를 제작하였다. 긴 공정시간과 낮은 생산성을 가지는 전자빔 리소그래피 공정의 단점을 극복하여 짧은 공정 사이클 타임과 낮은 제작단가를 가지는 복제 공정을 개발하였다. 추후에는 보다 복잡하고 세밀한 패턴에 대한 복제공정을 개발할 예정이다.

참고문헌

1. Weimann, T., Greyer, W., Hinze, P., Stadler, V., Eck, W. and Gölzhöuser, A., "Nanoscale patterning of self-assembled monolayers by e-beam lithography," Microelectronic Engineering, Vol. 57-58, pp. 903-907, 2001
2. Han, J.W., Choi, J.H., Yoo, Y.E., Kim, B.H., Lee, J.S. and Kang, S.I., "Nano Replication Technology of Nano Patterns and Application Fields," Journal of KSPE, Vol.26, No.6, pp30-35, 2009.