

액침 홀로그래픽 리소그래피 기술을 이용한 2차원 나노패터닝 2 Dimensional Nano-patterning with Immersion Holographic Lithography Technique

김상원, 강신일, 한재원
연세대학교 기계공학과 나노광자공학 연구실
e-mail : jaewhahn@yonsei.ac.kr

액침 홀로그래픽 리소그래피 기술을 이용하여 2차원 나노패턴을 제작하였다. 감광제가 도포된 웨이퍼에 2개의 간섭광에 의해서 노광을 하여, 홀로그래픽 리소그래피의 최대 분해능인 200nm 보다 작은 150nm의 패턴을 구현하였다. 좋은 패턴 면을 얻기 위해서는 리소그래피의 공정조건인, 노광시간, 현상시간 그리고, 프리즘사이의 액체의 굴절을 등을 고려하여 실험을 하였다.

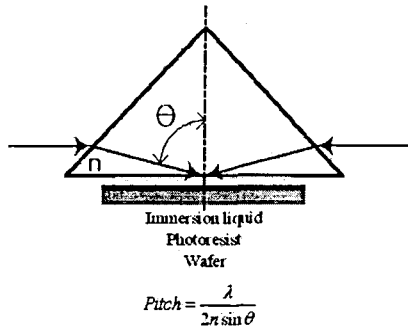
디바이스의 소형화가 진행될수록 보다 미세한 패턴을 형성하기 위한 리소그래피 기술에 대한 요구가 증대되고 있으며, 파장이 점차 짧아지고 있다. 지금까지의 노광기술은 가능한 빨리 파장이 보다 짧은 광원을 도입하고자 하였으나, 단파장에 따른 공정상의 문제들로 인해 가능한 하나의 파장을 오래도록 사용하고자 하는 방향으로 연구가 진행되고 있다. 액침 리소그래피는 이러한 문제점을 극복하기 위한 방법으로써, CD(Critical Dimension)을 줄이면서도 aspect ratio를 크게 함으로써 공정 효율을 향상시키기 위한 기술이다. 액침 리소그래피는 NA의 상승효과로 인해 패턴의 분해능을 향상시킬 수 있고 공기의 굴절율보다 높은 액체를 사용함으로써 사용하던 광원에서 추가적인 단파장의 레이저를 필요로 하지 않고, 기존의 광원에서 단파장의 효과를 얻을 수 있다.⁽²⁾

이와 같은 특성을 갖는 액침 리소그래피 기술의 노광법은 홀로그래피 방법을 적용하였다. 홀로그래피는 광의 간섭을 이용한 것으로 리소그래피를 하기 위해서 마스크가 필요없고 노광시간이 짧으며, 등방성으로 대면적에 동시에 미세패턴을 형성할 수 있다는 점에서 매우 유리하다.

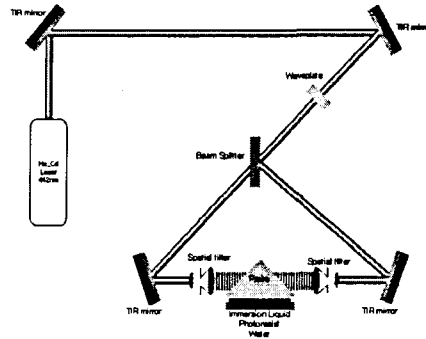
이에 따라 본 연구에서는 액침 리소그래피의 장점을 이용하고, 홀로그래피의 노광특성을 이용하여 2차원 구조를 갖는 나노크기의 패턴을 구현하였다. [그림 1]과 [그림 2]에 액침 리소그래피의 원리와 실험에 적용한 시스템을 도시하였다. 그림에서 나타낸 바와 같이, 간섭 패턴을 구현하기 위해서 동일 편광특성을 갖도록 $\lambda/2$ 파장판을 설치하였으며, 프리즘과 웨이퍼의 광결합은 스넬의 법칙을 적용하였다.⁽¹⁾

[그림 3]은 홀로그래픽 리소그래피를 적용하여 얻은 AFM 이미지이다. 일반적으로 홀로그래픽 리소그래피에서 패턴 간격 300nm 만들기 위해선 47° 의 입사각을 갖고 노광을 하게 된다. 하지만, 액침 리소그래피의 경우 홀로그래픽 리소그래피와 같은 각으로 노광을 하더라도 프리즘의 굴절율에 해당하는 1.526 배의 분해능으로 패턴을 만들 수 있었다.⁽³⁾

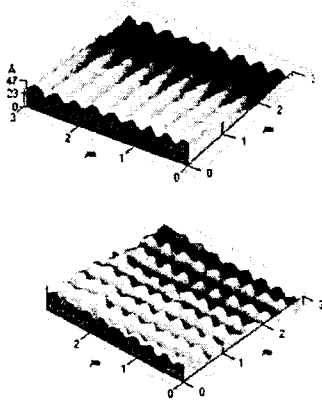
[그림 4]은 액침 리소그래피를 이용한 패턴의 SEM 이미지이다. AFM에서 확인한 패턴 분해능과 같이 홀로그래픽 기법을 이용한 패턴의 결과 보다, 패턴의 분해능이 향상된 것을 볼 수 있다.



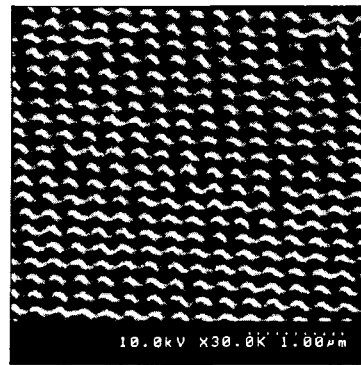
[그림1] 액침 리소그래피 원리



[그림2] 액침 리소그래피 시스템 도식도



[그림3] 패턴 간격 : 300nm, 1차원 패턴 / 2차원 패턴 [그림4] 패턴 간격 : 150nm, 2차원 패턴



1차원 나노 패턴 제작의 공정에서 노광시간을 70%정도 저감하여 1차 노광후, 90°웨이퍼를 회전하여, 분해능 150nm를 갖는 2차원 나노 패턴[그림 7] 을 구현하였다. 이것은 2회의 노광으로 인하여 감광막 내부에 광자의 flux가 증가하기 때문에, 노광시간 비율을 70%정도로 하면, 현상시 감광된 감광막이 모두 제거되는 것을 기존공정에서부터 산출된 결과와 일치하였다.

스넬의 법칙을 적용한 액침 리소그래피기술은 감광제, 프리즘과 감광제 사이의 액체의 특성, 노광 및 현상등에 따른 주변 공정조건에 영향을 받게 된다. 본 발표에서는 이러한 최적의 공정조건을 산출하고, 이머전 리소그래피 기술을 적용하여 2차원 구조의 패턴 구현에 대해 규명하였다.

REFERENCE

1. J.A. Hoffnagle, "Liquid immersion deep-ultraviolet interferometric lithography" J.Vac. Sci. Technol. B17(6), Nov/Dec 1999.
2. Burn J. Lin, TSMC, Inc. "Immersion lithography and its impact on semiconductor manufacturing", Optical Microlithography XVII, SPIE Vol.5377.
3. Soichi Owa, " Feasibility of immersion lithography" , Optical Microlithography XVII, SPIE Vol.5377.