

간섭 리소그래피를 이용한 ZnO 나노기둥 배열 제작

Fabrication of ZnO nanopillar arrays using interference lithographic technique

백인형, 이경문, 조경석, 이순일, 이상민*

아주대학교 에너지시스템학부

rotermun@ajou.ac.kr

나노 구조물의 제작 및 이에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있는 가운데, ZnO는 뛰어난 압전특성, 광학적 특성 및 전기적 특성으로 인해 나노막대 및 나노와이어와 같은 1D 구조물의 재료로 널리 사용되고 있다.⁽¹⁾ 또한, Au나 ZnO seeding layer와 같은 촉매 위에서 수직 성장시킨 ZnO 나노막대 필름은 발광 소자, 태양 전지 및 가스 센서 등에 응용되어 왔다.⁽²⁾⁻⁽³⁾ 최근에는 ZnO 나노막대를 주기적으로 배열시킨 다양한 형태의 광자결정 구조물을 제작하여 특성 분석은 물론 도파로 등의 응용까지 이루어지고 있다.⁽⁴⁾⁻⁽⁵⁾ 기존의 광자나 전자, 또는 이온을 이용한 리소그래피를 통해 제작된 나노 구조물들은 가공면적이 좁으며 높은 해상도에 비해 공정이 복잡한 단점을 가지고 있다. 반면, 간섭 리소그래피는 단일빔을 이용하여 입사파와 반사파의 간섭을 유도해 나노 수준의 구조를 제작할 수 있어 빠른 공정 및 단가 절감이 가능하고 넓은 면적을 갖는 구조물 제작을 가능하게 한다.⁽⁶⁾ 본 실험에서는 간섭 리소그래피를 이용하여 주기적인 구멍과 기둥 배열을 제작하고, 이를 바탕으로 ZnO 나노 기둥을 성장시켜 광자결정의 특성을 갖는 나노 구조물의 제작 가능성을 확인하였다.

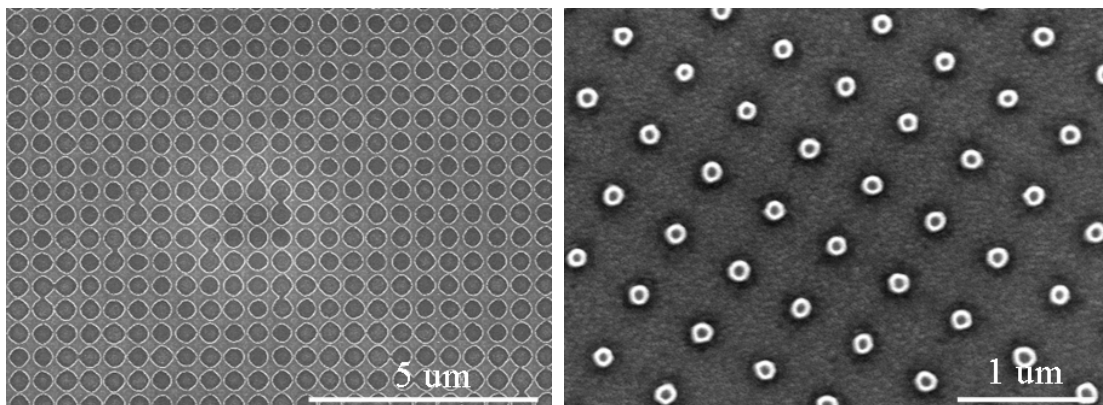


그림 1(a) 주기적인 감광제 구멍의 배열

그림 1(b) 주기적인 감광제 기둥의 배열

본 실험에서 사용된 시편은 실리콘 웨이퍼 위에 seed의 역할을 하는 100 nm 두께의 ZnO 박막을 플라즈마로 증착시킨 후, 스핀코팅을 이용하여 220 nm의 두께의 감광제를 입혀 제작하였다. 감광제는 negative photoresist(AZ-5214)와 thinner를 혼합하여 사용하였고, 레이저로 노광시킨 후 AZ-500MIF developer로 현상하였다. 감광제의 안정성을 위해 hot plate에서 노광과 현상 전에 각각 baking하였다.

그림 1(a)는 감광제 위의 주기적인 구멍의 배열을 보여주고 있다. 500 nm의 주기를 갖는 구멍의 배열을 제작하기 위해서 26.2°의 간섭각을 주어 노광시켰다. 형성된 구멍의 지름은 노광 시간의 조절을 통해 조절이 가능하다. 본 실험에서는 76 ~ 92 mJ/cm²의 빔으로 200 ~ 450 nm의 지름을 갖는 구멍을 제작하였다. 또한, 100 mJ/cm²이상의 세기를 갖는 빔을 이용하여 그림 1(b)와 같이 주기적인 감광제 기둥을 제작하였다.

실험에서 사용된 광원은 442 nm의 파장에서 180 mW의 출력을 갖는 He-Cd 연속발진 레이저이다. Gaussian 형태의 빔을 얻기 위해서 초점거리가 10 mm인 렌즈와 구경이 10 μm인 편홀로 구성된 공간 필터를 사용하였다. 효율적이고 다양한 패턴 가공을 위해서 360도 회전 가능한 플랫폼 두 개와 병진기를 사용하여 stage를 제작하였다. 또한, 시료 표면에서 빔을 직경 100 mm까지 확대하여 노광시켰다. 이 때, 빔의 세기는 0.5 mW/cm²로 측정되었다.

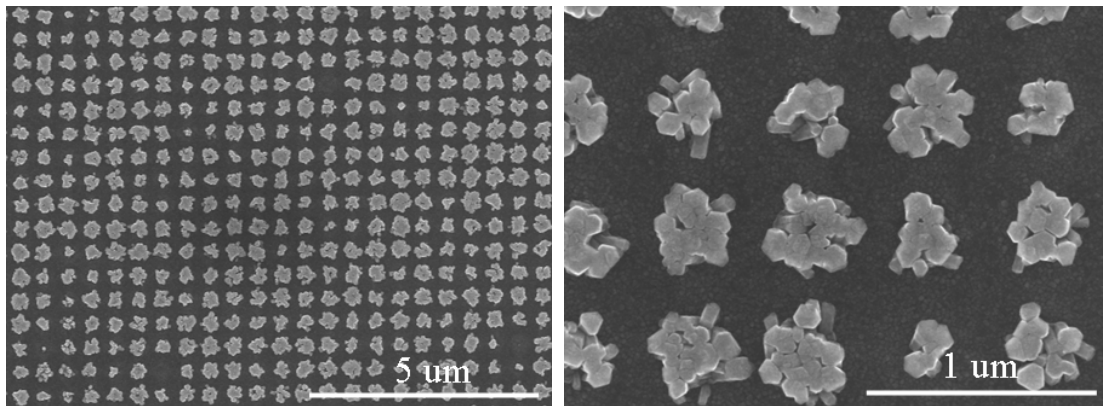


그림 2 주기적인 ZnO 나노 기둥의 배열

예로써, 그림 2와 같이 ZnO 나노막대는 현상된 시편 위에서 wet chemical process 방법에 의해 성장되었다. 증류수가 담긴 용기에 몰농도가 같은 zinc nitrate hexahydrate와 hexamethylenetetramine(HMT)을 교반시킨 후 90°C에서 2 시간동안 처리하였다. 그 결과, 1 cm × 1 cm 크기의 기판에서 국소적으로 ZnO 나노막대들로 이루어진 300 nm 직경의 기둥이 성장되었다. 또한, 각 기둥은 50 ~ 100 nm의 직경을 갖는 나노막대 10여 개로 이루어졌음을 알 수 있다.

이처럼, 본 실험에서는 간섭 리소그래피를 이용하여 복잡한 공정 없이 노광과 현상만으로 감광제의 주기적인 구멍 배열을 제작하였고 주기적으로 배열된 ZnO 나노기둥을 제작하여 광자결정의 제작 가능성을 확인하였다. 지속적인 최적화 작업을 통해 단일 ZnO 나노기둥의 주기적인 성장이 가능하리라 예측된다.

참고문헌

1. H. Zhang, X. Quan etc, Appl. Phys. A 89, 673-679 (2007)
2. K. Hara, T. Horiguchi etc, Sol. Energy Mater. Sol. Cell. 64, 115-134 (2000)
3. J. X. Wang, X. W. Sun etc, Nanotechnology 17, 4995-4998 (2006)
4. W. Park, C. J. Summers, Appl. Phys. Lett. Vol. 84, No. 12, 2013-2015 (2004)
5. J. Cuk, U. Gibson, Nanotechnology 18, 155302-155307 (2007)
6. X. Mai, R. Moshrefzadeh etc, Appl. Opt. Vol. 24, No. 19, 3155-3161 (1985)