

간섭 리소그라피를 이용한 대면적 나노플라즈모닉 분자 감지 센서용 dot 패턴 제작

Fabrication of Large Area Nano-dot Pattern for Nano-Plasmonic Sensors using Laser Interference Lithography

*#김기홍¹, 임형준¹, 이재종¹, 최기봉¹, 이성휘¹

*#G. H. Kim(geehong@kimm.re.kr)¹, H.J.Lim¹, J.J.Lee¹, K.B.Choi¹, S.H.Lee¹

¹한국기계연구원 나노융합·생산시스템연구본부

Key words : Nano-Dot Pattern, Nano-Plasmonic Sensor, Laser Interference Lithography

1. 서론

최근 주기적 나노 패턴을 이용하여 물리, 화학, 생물 분야의 다양한 응용 연구가 활발히 이루어지고 있다. 최근 생물학적 센서 분야에서 많은 연구가 이루어지는 표면 플라즈몬 기반의 나노 광전 소자는 100~300nm 정도의 주기적 나노 구조체에서 발생하는 표면 플라즈몬 현상에 의한 신호의 집속, 전달 및 증폭을 활용하는 방법으로 기존 소자에서 문제시 되었던 회절 한계 및 응답 속도를 해결할 수 있는 방안으로 평가되어 왔다. 이러한 표면 플라즈몬 현상을 이용하는 센서 기술 중에서도 라만 산란 세기를 증폭하는 Surface Enhanced Raman Spectroscopy(SERS)와 금속 나노 패턴의 표면에서의 복소유전율의 변화에 의한 광산란과 흡수 특성을 이용하는 Localized Surface Plasmon Resonance(LSPR)¹ 분자 감지 연구 분야가 가장 활발히 진행되었다.

이러한 센서 기술을 연구하는데 가장 필요한 요소 부품 중의 하나는 정확한 형상을 지닌 대면적 나노 패턴이며, 대략 100~300nm 주기의 정방형으로 정렬된 점(dot) 패턴이 필요하다. 이러한 나노 크기의 패턴을 제작하기 위하여 기존에는 E-beam 리소그라피나 Focused Ion 빔 리소그라피를 이용하여 제작하였으나, 수백 μm 이상의 대면적 패턴을 제작하기 위해서는 경제적으로나 시간적으로 많은 어려움이 있었다. 이러한 제작상의 어려움을 극복하기 위하여 최근 간섭 리소그라피(Interference Lithography)를 이용한 대면적 주기적 나노 패턴 제작 기술이 다시 주목을 받고 있다². 그림 1은 이 논문에서 사용한 간섭 리소그라피 시스템의 광학적 구성도를 보여준다.

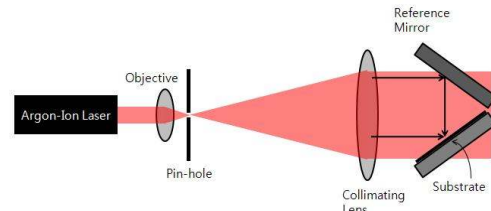


Fig. 1 Optical Configuration of Interference Lithography

간섭 리소그라피는 레이저와 같은 단파장 광원을 활용하여 만들어지는 간섭 신호를 광경화성 재료에 조사하여 패턴을 제작하는 방법으로, 간섭 신호가 가지는 나노 크기의 정확한 주기성을 이용하여 대면적에 패턴을 제작하는 아주 효과적인 방법이다.

2. 간섭 리소그라피 시스템

그림 1의 간섭 리소그라피 시스템은 로이드(Lloyd) 광학계를 바탕으로 구성되었다. 사용한 레이저는 Argon-Ion 레이저로서 중심 파장은 363.8nm, 사용 출력은 80mW이다. 레이저에서 나온 광은 UV 대물렌즈를 통하여 핀홀에 집광된다. 핀홀에서 나오는 구면파의 광은 collimating 렌즈를 통과하면서 평행빔의 되며, 기준 미러와 광경화제가 도포된 기판으로 구성된 간섭 시스템에 조사된다. 로이드 광학계로 간섭 리소그라피 시스템을 구성할 때 가장 중요한 점은 사용하는 기판 크기의 대략 2배 정도로 레이저 광을 확대시켜야 하며 이때 확대된 레이저 광의 광강도가 최대한 균일하여야 하는 점이다. 광강도 분포가 불균일하면 광경화제를 경화시키는 속도가 달라져 불균일한 나노 패턴을 제작하게 된다.

일반적인 레이저 광은 가우시안 분포를 따르므로, 광강도가 균일한 평행빔을 만들기가 어렵다. 그림 1의 시스템에서는 가우시안 광강도 분포에서 가운데 부분만이 평행빔이 되도록 광학계를 설계하였다. 이를 위하여 5 μ m 크기의 핀홀을 설치하였고, 초점 거리가 1m인 3인치 크기의 collimating 렌즈를 제작하였다. 이러한 시스템 구성에서 최종 간섭계에 도달하는 광강도는 대략적으로 0.1mW 이고 광강도 차이는 ± 0.02 mW이다.

3. 나노 DOT 패턴 제작 공정

전술한 간섭 리소그래피 시스템을 이용하여 나노 점 패턴을 제작하는 공정을 개발하였다. 사용한 광경화제는 AZ사의 GXR601이며 Thinner를 이용하여 1:2로 희석하여 사용하였다. 이 희석액은 스펀 코터에서 3000rpm으로 30초간 2인치 실리콘 웨이퍼에 coating하였을 때 대략 165nm의 코팅 두께를 가진다. 광경화제가 코팅된 기판을 전술한 간섭 리소그래피 시스템에 장착한 후 1회에 19초간 2회 노광하며, 첫 번째 노광 후 기판을 90도 회전하였다. 노광 후 AZ 300 MIF 용액에서 14초간 현상한 후 DI Water로 Rinsing, N2 가스를 이용한 세정 작업을 완료하였다. 이후 Hot Plate에서 110 $^{\circ}$ C에서 2분간 Hard Baking을 진행하였다. 그림 2는 전술한 공정에서 1회 노광 후 제작되는 선 패턴을 보여준다. 패턴의 주기는 295nm, 선폭은 98nm이며, 현상 후 웨이퍼 노출면에 광경화제가 없이 정확한 선 패턴이 제작되었음을 볼 수 있다. 그림 3은 그림 2의 선 패턴 제작 후 기판을 90도 회전하여 동일한 노광 조건으로 2회 노광한 결과이다.

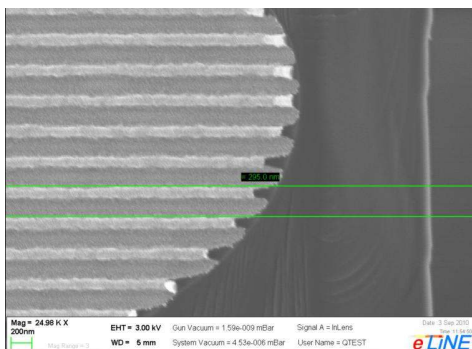


Fig. 2 Line Pattern after 1st Exposure. Line Width : 98.33nm, Period : 295nm, Height : ~100nm

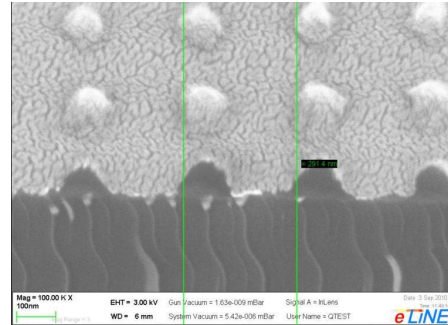


Fig. 3 Nano Dot Pattern after 2nd Exposure, Period : 290nm, Diameter : 117nm, Height : 77nm, Area: 2 Inches.

패턴의 주기는 290nm, 직경은 117nm를 가지는 점 패턴이 노광 영역에 고르게 제작되었다.

4. 결론

이 논문은 나노 패턴을 활용한 표면 플라즈몬 센서 기술에 활용되는 나노 점 패턴을 간섭 리소그래피를 활용하여 제작하는 공정에 대하여 기술하였다. 이 방법은 1 μ m 이상의 대면적에 정확한 주기의 패턴을 제작할 수 있는 가장 경제적인 방법이며, 간단한 광학적 구성의 변경 및 immersion 기술을 활용하여 주기 100nm이상의 점, 선 패턴을 효과적으로 제작할 수 있다.

후기

이 논문은 21세기 프론티어 연구 과제인 나노 메카트로닉스 사업(3단계 3차년도)의 지원으로 수행되었다.

참고문헌

1. S.W.Lee, J.Y.Ahn, M.G.Kim, Y.B.Shin, J.J.Lee, K.P.Lim, K.B.Kim, "Enhanced Biomolecular Detection Based on Localized Surface Plasmon Resonance(LSPR) Using Enzyme-Precipitation Reaction, " J. Nanosci. Nanotechnol., 10, 3246-3249, 2010
2. H.S.Jang, G.H.Kim, J.J.Lee, K.B.Choi, "Eliminating the undercut phenomenon in interference lithography for the fabrication of nano-imprint lithography stamp," Curr. Appl. Phys., 10, 1436-1441, 2010