

홀로그래픽 간섭 노광계를 이용한 회절격자 제작의 재현성 향상

Reproducible fabrication of diffraction gratings
using holographic exposure system

이 동 호*, 정 병 주**, 이 용 탁*

* : 한국전자통신연구소 광전자연구실

**: 전남대학교 물리학과

ABSTRACT

A simple fabrication technique of diffraction gratings with short periods is presented. We can see that the monitoring of diffracted light from photoresist gratings during the development process provides optimum conditions for exposure and development processes. With this technique reproducibility and high quality of diffraction gratings is expected.

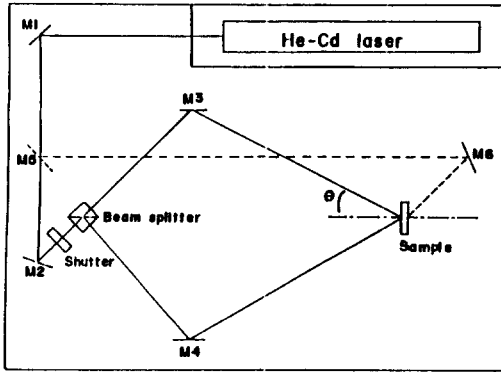
1. 서론

회절격자는 기존의 분광계뿐만 아니라 최근들어 DFB 레이저, 광파장 분할다중소자, 광결합소자, 광필터 등 광소자 분야에 널리 응용되고 있다. 광소자에 쓰이는 회절격자는 수천 Å 정도의 짧은 주기의 것이 요구되며, 홀로그래픽 노광 또는 전자빔 노광 기술을 사용하여 얻을 수 있다.⁽¹⁾ 회절격자의 제작은 포토레지스트 박막의 도포, 노광, 현상 그리고 에칭 등의 과정을 거치는데, 현상 후에 형성된 포토레지스트 격자의 모양은 에칭 과정에 심각한 영향을 미치며, 현상조건은 포토레지스트 박막 및 노광 상태에 의해 결정된다. 따라서 재현성 있고 양질의 회절격자를 얻기 위해서는 포토레지스트 박막 및 노광의 정확한 제어가 요구되는데 현실적으로 쉽지가 않다.

본 연구에서는 홀로그래픽 간섭노광계를 구성하여 회절격자를 제작하였으며, 특히 현상과정을 광학적으로 관찰함으로써, 최적 노광 및 현상 조건을 결정하는 간단한 방법을 도입하여 회절격자 제작의 재현성을 높이고, 노광에너지와 현상의 진행상태와의 관계를 현상과정에서 동시에 측정하는 방법에 대하여 논의한다.

2. 회절 격자의 제작 공정

(그림 1)은 홀로그래픽 간섭노광계이다. 광원으로는 주된 파장이 325nm 및 441.6nm인 He-Cd 레이저를 사용하였다. 레이저로부터 나온 빛살은 빔스플리터를 통하여 두개의 빛살로 나뉘어 각각 공간 필터를 통한 후 2θ의 각도로 포토레지스트 위에 간섭무늬를 형성한다. 이때 레이저 빛살은 s-편광 상태이다. 공간 필터의 역할은 매우 중요한데 빛살을 넓게 퍼트리며 또한 빛살의 질을 좋게 한다. 두개의 거울 (M_3, M_4)과 시료는 섬세한 회전대 위에 올려 놓아 노광 각도를 정확하게 결정할 수 있도록 하였다. (그림 1)에서 점선으로 표시된 부분은 제작된 회절격자의 주기가 원하는 대로 형성됐는가를 측정하기 위한 것이다. 간섭계에서 진동은 심각한 영향을 미치므로 방진대위에 전 시스템을 설치하였다. 또한 실내 공기의 흐름, 특히 공명식인 레이저로부터 생기는 와류의 영향을 차단하기 위하여 레이저를 제외한 전 시스템을 아르셀박스로 덮어 뒀다.

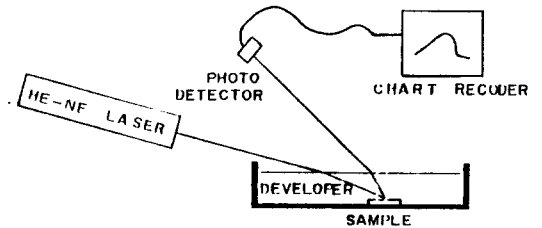


(그림 1) 홀로그래픽 간섭 노광계의 구성

본 실험에서는 441.6nm 파장의 레이저 빛을 이용하여 470nm의 주기를 갖는 회절격자를 InP 및 SiO₂ 기판 위에 제작하였다. Shipley사의 S1400-17 포토레지스트를 전용 희석액으로 희석(1:2)하여 사용하였으며 제작공정은 다음과 같다. 기판을 주의깊게 세척한후, 수분을 제거하기 위하여 약 200°C에서 30분간 굽는다. 다음에 포토레지스트 박막을 도포하는데 박막의 두께는 포토레지스트 종류와 희석률 및 회전속도에 의해 결정되는데 5000rpm의 회전속도로 30초간 900Å정도를 도포하였다. 노광과정에서는 노광시간을 제어하여야 하는데 노광세기, 포토레지스 상태에 따라 달라진다. 노광 세기는 파워가 모두 1.2mW였다. 노광 후 포토레지스트의 휘발을 방지하기 위하여 약 85°C에서 30분간 굽는다. 노광된 포토레지스트 박막은 전용현상액으로 현상하여 격자를 형성시킨다. 이때 현상 조건은 앞선 과정 즉 포토레지스트 종류와 두께 및 노광에너지에 의해 결정된다. 포토레지스트를 굳게 하기위해 약 110°C에서 30분간 구운 후 감광된 부분을 선명하게 하고 기판의 표면이 깨끗해지도록 짧은 시간동안 ashing한다. 다음에 기판을 에칭하는데 InP는 HBr, HNO₃, H₂O를 (1:1:1')으로 배합하여 0°C에서 그리고 SiO₂는 6:1 BOE (Buffered oxide etchant)로 상온에서 에칭하였다. 남아 있는 포토레지스트는 전용 제거액을 사용하여 굽기 시작하는 상태에서 5분간 썩 2회에 걸쳐 제거한다.

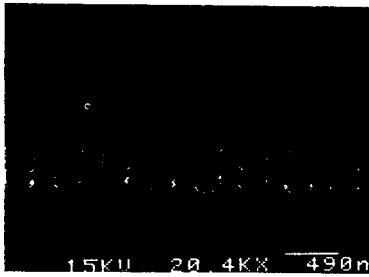
3. 노광 및 현상의 최적 조건 결정

현상 후의 포토레지스트 격자의 모양은 기판 위에 형성시킬 격자의 주기 및 모양에 심각한 영향을 미친다. 따라서 회절 격자 제작공정에 있어서 현상 조건을 결정짓는 포토레지스트 박막 및 노광 상태는 가장 중요한 요소이다. 그러나 포토레지스트 박막 및 노광 조건의 최적치를 결정하였다고 하여도 때회 제작시마다 정확하게 제어한다는 것은 불가능하다. 따라서 현상 조건도 때변 바뀌게 되어 재현성 있는 회절격자의 제작이 어렵다. 이러한 어려움은 현상이 진행되는 동안 포토레지스트 격자로부터 회절되는 광량을 측정하여 최적 현상상태를 결정함으로써 해결할 수 있다.⁽²⁾



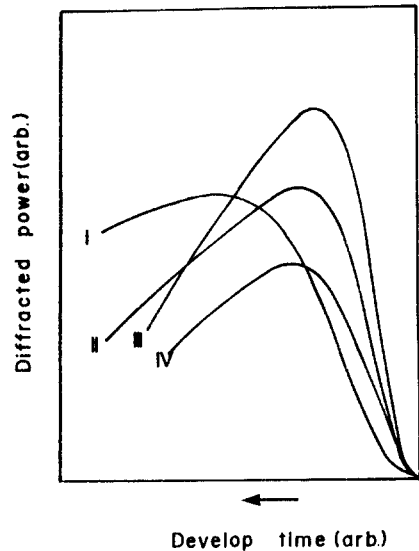
(그림 2) 현상 진행 과정 중의 회절광 측정 시스템

(그림 2)는 현상과정 중 회절되는 광량을 측정하기 위한 시스템이다. 현상액에 시료를 넣은후 레이저 빛을 조사하여 회절되는 빛을 광검출기로 받아 레코더에 연결하여 현상과정을 관찰한다. 이때 조사하는 빛의 파장은 포토레지스트의 감광영역을 벗어난 632.8nm의 He-Ne 레이저를 사용하였다. 광출력은 약 5mW였다. 기판이 노출되기 시작하는 점에서 회절 효율이 가장크며, 최적 현상 상태가 된다. 따라서 회절되는 광량이 최대점에 이르렀때 현상을 끝낸다. (사진)은 이러한 방법으로 현상한 포토레지스트 격자의 SEM 사진이다.



(사진) 현상 후에 형성된 포토레지스트 격자의 SEM 사진

(그림 2)와 같은 측정시스템을 통하여 최적 현상조건 뿐만 아니라 노광조건 즉 최적 노광시간도 결정할 수가 있음을 실험적으로 관찰하였다. (그림 3)은 포토레지스트의 박막 및 노광세기를 고정시킨 후 노광 시간을 변화시킨 시료의 현상과정을 관찰한 결과이다. 포토레지스트 격자의 끝이나 마루가 될 부분 사이의 감광량의 차가 클수록 각 부분의 현상 속도의 차가 커지며 따라서 회절되는 광량의 변화율도 커진다. 따라서 시간에 따른 회절되는 광량의 변화율 즉 곡선의 기울기가 작으면 노광이 부족하거나 과다한 경우가 된다. 그림에서 I은 90초, II는 150초, III은 180초, IV는 210초 노광한 시료의 현상 시간에 따른 회절량의 변화이다. 포토레지스트 박막의 두께는 900Å, 노광세기는 좌우 각각 1.2mW였다. 또한 (그림 3)의 결과로부터 노광에너지와 현상시간과의 일반적인 관계를 예측할 수도 있다.



(그림 3) 노광시간이 다른 시료의 현상시간에 따른 회절량의 변화

4. 결론

회절격자를 제작하는 공정중에 최적 노광 및 현상 조건을 쉽게 결정할수 있는 간단한 측정 방법을 제안하였다. 이러한 측정기술은 양질의 회절격자를 제작하는데 있어서 재현성을 높일 것으로 기대된다. 또한 노광 에너지와 현상시간과의 일반적 관계를 예측하여 다른 많은 분야에 응용될 수 있을 것이다.

(본 연구는 전기통신공사의 출연 연구의 일부임)

참고문헌

1. L.F.Johnson, G.W.Kammlott and K.A.Ingersoll, Appl.Opt.17,1165 (1978)
2. Y.Nakano and K.Tada, Opt.Lett.13,7 (1988)