

# 비정질 As-Ge-Se-S 박막에서 선택적 에칭을 통한 엠보싱 홀로그램 제작

이기남, 여철호, 신 경, 정홍배  
광운대학교 전자재료공학과

## Embossing hologram manufacture in amorphous As-Ge-Se-S with selected etching

Ki-Nam Lee, Cheol-Ho Yeo, Kyung Shin, Hong-Bay Chung  
Department of Electronic Materials Engineering of Kwangwoon Univ

### Abstract

본 논문에서는 비정질 As-Ge-Se-S 박막의 에칭 레이트를 측정하였으며 As-Ge-Se-S 박막에 회절격자를 형성 시킨 후 선택적 에칭을 통한 엠보싱 홀로그램을 제작하였다. NaOH 수용액으로 0.26N, 0.33N, 0.40N 농도로 변화시키며 수행하였으며 에칭 시간에 따른 에칭되는 두께의 변화를 측정하였다. 에칭 레이트는 NaOH 용액의 농도가 0.26N, 0.33N, 0.40N 일 때 각각 2.5Å/s, 3.3Å/s, 3.9Å/s 였다. 또한 2차원 엠보싱 회절격자를 형성 시킨후 0.26N NaOH용액으로 60초간 선택적 에칭을 수행하여 AFM(Atomic Force Microscopy) 으로 측정한 결과 선명한 엠보싱 형태의 회절격자를 확인 할 수 있었다.

**Key Words** : As-Ge-Se-S 박막, 에칭, NaOH, 엠보싱

### 1. 서 론

최근 정보통신의 급격한 발달로 인하여 광통신, 이동통신 기술 및 이와 관련된 광소자, 광부품의 수요와 기술 개발의 필요가 대두되고 있다.

특히 광부품 소자중에서 회절격자 소자는 일반적인 굴절(refractive), 반사(reflective) 특성을 응용한 소자로서 제작이 용이하고, 대량생산이 가능하며, 저가의 제작비를 갖는 등의 장점을 갖고 있다. 또한 가시광 영역부터 적외선 영역까지의 파장대역에 걸쳐 넓은 응용범위를 갖고 있어, 이에 대한 연구가 집중되고 있다.[1]

회절격자의 제작에는 여러 방법이 있으나 특히

홀로그래픽 방법으로 제작된 소자는 기계적으로 형성된 재래식 소자에 비해 제작이 용이하고, 일정한 격자간격과 높은 분해능을 얻을 수 있는 장점이 있다[2]. 따라서 홀로그래픽 방법은 기존의 재래식 광학 소자를 대체하는 방법으로 광범위하게 사용되고 있고 회절격자 뿐만 아니라 렌즈, 거울 및 광학필터 등의 제작에도 응용되고 있다.

그러나 이러한 회절격자와 같은 광학소자의 제작에 안정한 재료의 범위는 극히 제한되어 있고 따라서 이들 재료의 개발이 필요하게 되었다. 최근 까지 고분해능과 relief 구조 형성 등의 용이로 유기물 포토레지스트 재료가 주로 사용되었으나 재료가 용액(solution)형태로 제작되어야 하고 대부

분의 이러한 재료들은 소자의 안정성 및 취급에 문제점을 나타내고 있다. 반면 칼코게나이드 재료는 열증착방법으로 쉽게 제작이 가능하며 적외선 투과 재료로 잘 알려져 있고, 광통신의 파장대역에서 다양한 광유기 현상을 가지고 있다. 또한 회절 소자 제작을 위해 칼코게나이드 층에 안정적인 embeded 또는 surface relief 구조를 형성시킬 수 있으며[1], 이외에도 홀로그래피, 집적광학(integrated optics), 리소그래피 분야에서 사용되기에 적당하여 많은 연구가 진행되고 있다.

칼코게나이드 홀로그래피 회절 격자는 다른 후공정 없이 소자로 쓰일 수 있으나 높은 회절효율 등의 보다 나은 광특성과 광통신의 파장 영역에서의 작동을 위해 뚜렷하고 더 깊은 격자구조를 가져야만 한다. 이 깊은 구조를 생산하기 위해 적당한 etchant가 요구된다.

따라서 본 연구에서는 우수한 광유기 이방성과 안정성을 갖는 As-Ge-Se-S계 비정질 칼코게나이드 박막[3][4]을 이용하여 홀로그래피 회절 격자를 형성하고, 형성된 격자의 wet 에칭을 통하여 회절 소자로써 쓰이기 위한 격자 구조의 최적 조건을 산출 하였으며 이를 통하여 엠보싱 홀로그래피를 제작하였다.. 또한 이를 이용하여 미세렌즈와 필터, 편광기등의 광소자로서 응용성을 찾고자 한다.

## 2. 실험방법

### 2.1 Sample 제작

본 연구에 사용된 비정질 칼코게나이드 박막은  $As_{40}Ge_{10}Se_{50-x}S_x$ ( $x= 0, 25, 35$  at.%)중 최대 가역적 광구조적 변화(reversible photostructural transformation)를 갖는  $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 의 박막을 선택하였다.[3] As-Ge-Se-S계 비정질 벌크는 진공 봉입하여 전기로에서 충분히 반응하도록 한 후 Water quenching방법을 사용하여 제작하였다.[5] 칼코게나이드 박막은 corning glass 위에 열진공 증착기(thermal vacuum evaporator)를 이용하여 약  $2 \times 10^{-6}$ Torr의 진공도에서 0.98 $\mu$ m의 두께를 갖도록 제작하였고, 두께 및 광학상수는 N&K Analyzer (NKT 1200)를 사용하여 측정하였다.

### 2.2 홀로그래피 격자 형성

홀로그래피 격자 형성은 단색 광원의 간섭에 의

한 간섭 무늬를 기록 매질에 기록함으로써 격자를 형성하는 방법이다. 그림 1은 홀로그래피 격자 형성을 위한 장치도를 나타내고 있다. 격자 형성은 He-Ne Laser( $\lambda=632.8nm$ )를 사용하였다. 빔은 선형 편광 Beamsplitter(BS)를 지나 두 개의 기록 빔으로 나누어지고, mirror로부터 반사된 후 두개의 편광기에 의해 (P:P) 편광상태로 샘플에 입사되며, 홀로그래피 격자 형성을 위하여 샘플에서 간섭된다. 투과형 홀로그래피 기록방식에 의해 1차원 격자를 형성 시킨 후 엠보싱 형태의 격자를 형성시키기 위해서 샘플을 90도 회전시켰다. 격자를 형성 시킨 부분을 AFM(Atomic Force Microscopy)으로 측정 하였다. 두 기록빔 사이의 각  $2\theta$ 는 Bragg equation에 의해  $20^\circ$ 로 하였다. 레이저 빔의 세기는 샘플 입사 전에 측정되었고  $2.5mW/cm^2$ 를 유지하였다.

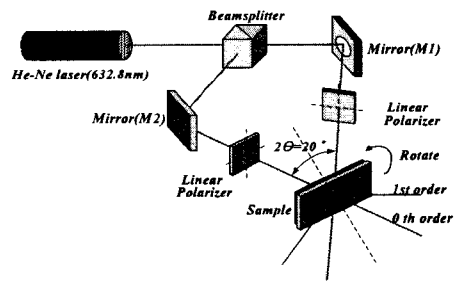


그림 1. 2차원 홀로그래피 격자 형성을 위한 장치도

### 2.3 회절격자의 선택적 에칭

격자의 에칭을 수행하기에 앞서 박막의 에칭 레이트(rate)를 조사하였다. NaOH 수용액으로 0.26N, 0.33N, 0.40N 농도로 변화시키며 수행하였으며 에칭 시간에 따른 에칭되는 두께의 변화를 측정하였다. 위 실험으로 얻어진 결과를 토대로 회절격자의 에칭실험을 진행하였다. 그림1의 방법으로 회절격자를 형성시킨 후 0.26N NaOH 용액으로 60초간 에칭을 수행하여 박막의 박막의 표면을 AFM(Atomic Force Microscopy)으로 측정 하였다.

## 3. 결과 및 고찰

그림2.는 박막의 빔조사 영역과 비조사 영역의 에

칭 시간에 따른 두께 변화를 나타내는 그림이다. 빔조사 여부에 따라 비정질 박막에서 알칼리 용액의 용해속도차를 발생시켜 선택적인 에칭이 일어난다. 이는 빔조사 영역과 비조사 영역간의 더 큰 두께차를 발생시킴으로서 보다 큰 굴절을 차를 일으키게 되고 이에 따라 에칭 된 격자는 높은 회절

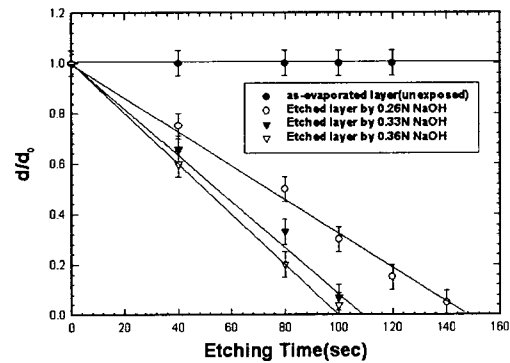
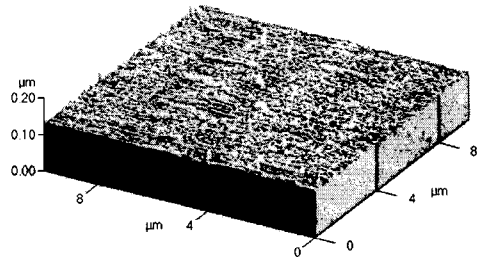


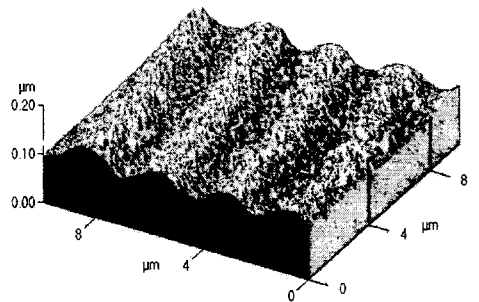
그림 2. 에칭시간에 따른 에칭되는 두께

절효율을 나타낸다. 그림에서 볼 수 있듯이 두께와 에칭 시간은 선형적인 관계를 나타내었다. 그림2.의 기울기로부터 에칭 레이트(rate)를 결정하기 위해  $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$  박막은 400Å로 제작되었으며 40분 동안 P-편광된 빔을 조사하였다. 빔 조사된  $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 의 에칭레이트는 빔이 조사되지 않은 박막보다 더 컸으며  $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$  표면에서 NaOH 용액의 선택적인 에칭에 기인한 결과라고 사료된다. 표면의 비조사 영역은 에칭 용액에 대해 완전히 저항하고 용해의 선택성은 성취될 수 있다. 그림으로부터 구해진 에칭 레이트는 NaOH 용액의 농도가 0.26N, 0.33N, 0.40N 일 때 각각 2.5Å/s, 3.3Å/s, 3.9Å/s 였다. 이로써 에칭용액의 농도를 증가시킴에 따라 에칭 레이트를 증가시킬 수 있음을 볼 수 있다.

칼코게나이드 박막은 광 노출된 영역과 노출되지 않은 영역사이의 알칼리 용액 내에서 현저한 현상 속도 차이가 발생하게 된다. 따라서 이러한 현상 속도에 의해 선명한 회절격자를 얻을 수 있다.



(a)



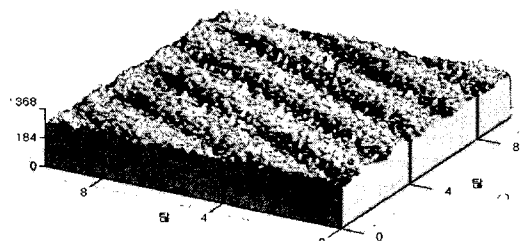
(b)

그림 3. (P:P) 편광상태의 기록빔에 의해 형성된 격자의 AFM 사진

(a) 에칭전

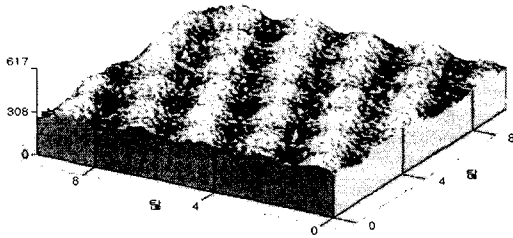
(b) 에칭후(0.26N NaOH)

그림 3은 (P:P) 편광상태의 기록빔에 의해 형성된 1차원 격자와 이를 0.26N NaOH로 60초 에칭한 후 AFM(atomic force microscope)으로 측정한 사진이다. 그림 6(a)는 홀로그래픽 방법으로 형성한 격자의 사진을 보여주고 있다. 에칭을 하지 않은 격자의 표면 변화(surface modulation)는 뚜렷하게 보이지는 않으나 격자의 형성을 확인할 수 있다. 그림(b)는 형성된 격자를 0.26N NaOH로 60초 에칭한 사진이다. 에칭효과로 뚜렷한 격자의 구조를 확인할 수 있다.



(a)

나 에칭후에는 확연한 엠보싱 형태의 2차원 격자의 모양을 확인 할 수 있었다.



(b)

그림 4. 2차원 홀로그래픽 격자형성에 의해 형성된 박막의 AFM 사진

(a) 에칭전

(b) 에칭후(0.26N NaOH)

그림 4(a)는 칼코게나이드 박막에 1차원 격자를 형성시키고 샘플을 90도 회전 시켜서 격자를 형성시 박막의 AFM 사진이며 그림4(b)는 형성된 격자를 0.26N NaOH로 60초 에칭한 사진이다. 그림4의 (a)는 그림3에서 나타난 결과와 같은 회절격자 이미지를 보여주고 있다. 그러나 그림4(b)는 뚜렷한 엠보싱 형태의 회절격자를 보여준다. 이는 칼코게나이드 박막의 에칭속도 차에 의해 발생하는 현상으로 사료된다. 즉 칼코게나이드 박막이 에칭되면서 박막 내부에 형성되었던 격자들이 확연히 드러나 2차원 격자들을 확인 할 수 있었다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 2차원 비정질 칼코게나이드 박막의 선택적 에칭을 통한 엠보싱 홀로그램 제작을 위한 선행 연구로 비정질 As-Ge-Se-S 박막의 에칭 레이트를 조사하였다. 에칭 레이트는 NaOH 용액의 농도가 0.26N, 0.33N, 0.40N 일 때 각각 2.5A/s, 3.3A/s, 3.9A/s 이며 이에 따라 에칭속도의 농도를 증가시키에 따라 에칭 레이트를 증가시킬 수 있음을 볼 수 있다. 또한 엠보싱 형태의 홀로그램을 제작하기 위하여 광감도가 우수한 칼코게나이드 박막을 이용하여 2차원 형태의 홀로그래픽 격자를 형성 시켰다. 1차원 격자 형성 후 샘플을 90° 회전시켜 다시 격자를 형성 시켰으며 각각 0.26N NaOH 용액으로 60초간 에칭을 수행하였다. 에칭전에 형성된 2차원 홀로그래픽 격자는 1차원 홀로그래픽 격자와 같은 구조를 띠고 있으

#### 감사의 글

“본 연구는 정보통신부 대학 IT연구센터 육성 . 지원사업의 연구결과로 수행되었습니다“

#### 참고 문헌

- [1]. M. Vlcek, P.J.S. Ewen, T. Wagner, "High efficiency diffraction gratings in As-S layers", J. of Non-Cryst. Solids, V. 227-230, pp. 743-747, 1998
- [2]. R. R. Gerke, T. G. Dubrovina, P. A. Dmitrikov, M. D. Mikhailov, "Obtaining holographic diffraction gratings on light sensitive layers of chalcogenide glasses by dry etching", J. Opt. Technol, V. 64, N. 11, pp.1008-1012, 1997
- [3]. J. Y. Chun, S. H. Park, H. Y. Lee and H. B. Chung, "Estimation of the anisotropy magnitude in amorphous As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>S<sub>35</sub>Se<sub>15</sub> thin films by an interference method", J. of the Kor. Inst. Electrical & Material Eng., V. 11, N.9, pp.749-751, 1998
- [4]. S. H. Park, J. Y. Chun, H. Y. Lee, H. B. Chung, "The relaxation and elimination characteristics of polarization-photoinduced dichroism in obliquely deposited amorphous chalcogenide thin films", J. of the Kor. Inst. Electrical & Material Eng., V. 11, N. 10, pp.891-896, 1998
- [5]. C. H. Yeo, S. J. Jang, J. I. Park, H. Y. Lee, H. B. Chung, "The measurement on diffraction efficiency in polarization holography using amorphous chalcogenide thin films" J. of the Kor. Inst. Electrical & Material Eng., V. 12, N. 12, pp.1192-1197, 1999