

## 비정질 As-Ge-Se-S 박막에서 선택적 에칭을 통한 2차원 홀로그램 제작

김진홍, 강진원, 정홍배\*  
 광운대학교 전자정보공과대학 전자재료공학과

### 2-dimensional hologram formation by selective etching on amorphous As-Ge-Se-S thin film

Jin-Hong Kim, Jin-Won Kang, Hong-Bay Chung\*  
 Dept. of Electronic Materials Eng. Kwangwoon Univ. 139-701, Seoul, Korea

**Abstract** - We investigated the formation of 2-dimension hologram grating by means of selective etching characteristic and photo-expansion effect according to photo irradiation on amorphous As-Ge-Se-S thin film. By method of phase holography, we made the 2-dimensional hologram grating by each (S:P) and (+45°:-45°) polarized beam with DPSS laser(532nm) and He-Ne laser(632nm). A recording property was observed at each polarized beam through 2-dimensional hologram surface relief grating. Chalcogenide thin film was etched selectively by NaOH solution after the formation of 1-dimensional diffraction grating. And then etched sample was rotated 90 degree to fabricate 2 dimensional hologram grating. We found that it was observed the formation of 2-dimensional hologram grating by AFM(Atomic Force Microscopy).

#### 1. 서 론

최근 정보통신의 급격한 발달로 인하여 광통신, 이동통신 기술 및 이와 관련된 광소자, 광부품의 수요와 기술 개발의 필요가 대두되고 있다. 특히 광 부품소자 중에서 회절격자소자는 일반적인 광의 굴절, 반사특성을 응용한 소자로써 제작이 용이하고, 대량생산이 가능하며, 저가의 제작비를 갖는 등의 장점을 갖고 있다. 또한 가시 광 영역부터 적외선 영역까지의 파장대역에 걸쳐 넓은 응용범위를 갖고 있어, 이에 대한 많은 연구가 진행되고 있다.

회절격자의 제작에는 여러 방법이 있으나 특히 홀로그래피 방법으로 제작된 소자는 기계적으로 형성된 재래식 소자에 비해 제작이 용이하고, 일정한 격자간격과 높은 분해능을 얻을 수 있는 장점이 있다. 따라서 홀로그래피 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 필요하고 특성이 안정된 재료의 범위는 현재까지 극히 제한되어 있고 따라서 이들 재료의 새로운 개발이 필요하게 되었다. 최근까지 고 분해능과 릴리프(relief) 구조 형성 등의 용이성으로 인해 유기물 포토레지스트 재료가 주로 사용되었으나 재료가 용액(solution)형태로 제작되어야 하며 대부분의 이러한 재료들은 소자의 안정성 및 취급에 문제점을 나타내고 있다. 반면 칼코게나이드 재료는 열 증착방법으로 쉽게 제작이 가능하며 적외선 투과 재료로 잘 알려져 있고, 광통신의 파장대역에서 다양한 광유기 현상을 가지고 있다. 또한 회절 소자 제작을 위해 칼코게나이드 층에 안정적인 임베드(embedded)형 또는 표면 릴리프(surface relief)형 구조를 형성시킬 수 있으며,[1-4] 이외에도 홀로그래피, 집적광학, 리소그래피 분야에서 사용되기에 적당하여 많은 연구가 진행되고 있다.

따라서 본 연구에서는 우수한 광유기 이방성과 안정성을 갖는 As-Ge-Se-S계 비정질 칼코게나이드 박막과 위상홀로그래피 방법을 이용하여 (S:P), (±45°) 각 편광상태에서 홀로그래피 회절격자를 형성하고, 형성된 격자의 선택적인 습식에칭방법을 통하여 회절 소자로써 사용하기 위한 격자 구조의 최적 조건을 산출 하였으며 이를 통하여 2차원 홀로그램을 제작하고자 한다. 또한 He-Ne laser와 DPSS를 이용하여 각 편광상태에서의 laser에 의한 기록특성을 비교하고자 한다.

#### 2. 실험

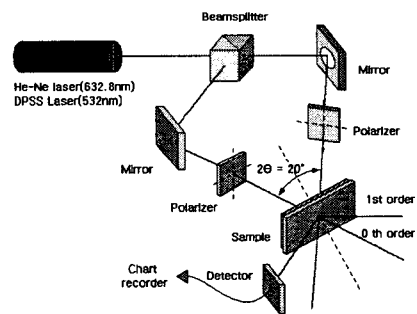
본 연구에 사용된 비정질 칼코게나이드 박막은  $As_{40}Ge_{10}Se_{50-x}S_x$  (x= 0, 25, 35 at.%) 중 최대 가역적 광구조적 변화(reversible photostructural transformation)를 갖는  $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 의 박막을 선택하였다.[5-7] As-Ge-Se-S계 비정질 벌크는 진공 봉입하여 전기로에서 충분히 반응하도록 한 후 Water quenching 방법을 사용하여 제작하였다.[5] 칼코게나이드 박막은 coming glass 위에 열진공증착기(thermal vacuum evaporator)를 이용하여 약  $2 \times 10^{-6}$  Torr의 진공도에서 1.0μm의 두께를 갖도록 제작하였다. 두께

및 광학상수는 N&K Analyzer (NKT 1200)를 사용하여 측정하였다. 그림 1은 홀로그래피 격자 형성을 위한 장치도를 나타내고 있다. 실험에는 He-Ne Laser(632.8nm: 30mW)와 Diode Pumped Solid State(DPSS, 532.0nm: 200mW)를 사용하였다. 빔은 Beam splitter(BS)를 지나 두 개의 기록빔으로 나누어지고, mirror로부터 반사된 두 개의 빔은 각각의 beam polarizer와 Waveplates를 사용하여 (S:P), (+45°-45°) 각 편광을 만들고, +1st의 회절빔 세기를 실시간으로 측정하여 회절효율을 구하였다. 회절효율은 이와 같은 격자간격으로 형성된 격자에 의해 초기 입사빔( $I_{input}$ )이 회절되어 나타나게 된다. 이중 첫 번째 회절 되어 나타난 빔의 세기( $I_{1st-order}$ )를 측정하여 아래와 같이 나타낼 수 있으며, 홀로그래피에서의 격자형성에 의한 회절효율(diffraction efficiency:η)을 나타낸다.

$$\eta = \frac{I_{1st-order}}{I_{input}} \times 100\%$$

두 기록빔 사이의 각 2θ는 홀로그램 격자 간격  $\Lambda=1.8\mu m$ 을 얻기 위해 20°로 하였다. 기록빔의 세기는 두 laser 모두  $2.5mW/cm^2$ 를 유지하였다.

2차원 홀로그램 격자의 형성은 각 편광상태에서 1차원 회절격자를 형성한 후 0.26N NaOH용액에서 90초간 선택적 에칭을 한다. 에칭된 1차원 회절격자를 90°회전시켜서 2차원 홀로그램 격자를 형성하였다. 형성된 박막의 표면을 AFM으로 측정하여 2차원 홀로그램 격자의 형성을 확인하였다.



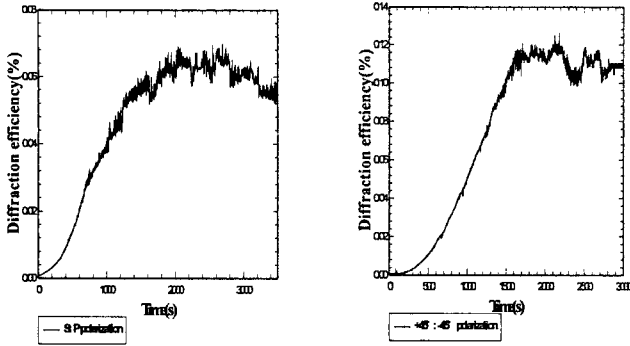
<그림 1> 홀로그래피 격자 형성을 위한 장치도

#### 3. 결과 및 고찰

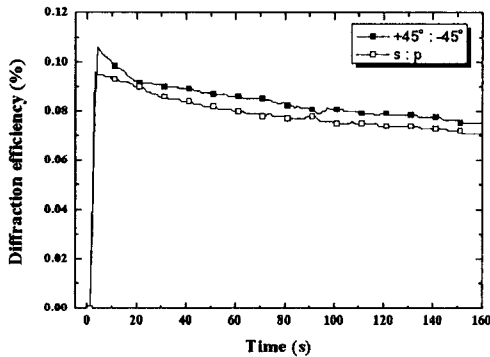
홀로그램 격자는 He-Ne laser와 DPSS 두 laser를 이용하여 위상 홀로그래피 방법으로 두 기록빔의 편광상태가 각각 (S:P), (+45°-45°) 일 때 형성하였다, 그림 2는 He-Ne laser를 이용하여 각 편광상태에 따라 회절효율을 측정한 그래프이다. laser의 intensity를 이용한 홀로그램 격자형성의 특징[7-8]과는 다르게 격자 형성이 초기부터 일어나는 것을 볼 수 있으며 회절효율이 포화되는 시점은 2000sec이다. 또한 intensity 홀로그래피 방법과는 다르게 회절효율이 포화된 후 감소하는 현상은 일어나지 않고, 일정하게 유지되는 것을 알 수 있다. 이는 편광상태가 각각 수직으로 입사되므로 칼코게나이드 박막의 빔조사 지역 전체에서 빔의 세기는 일정하고 서로 다른 방향성을 가지게 되어 이러한 방법으로 형성된 격자들은 서로 다른 기준광의 편광상태와 공간상의 경로차에 따라 다르게 작용하게 되므로 그 값이 일정하게 유지되는 것으로 사료된다. 최대 회절효율은 (S:P)일 때 0.063% (+45°-45°)일 때 0.12%였다.

그림 3은 DPSS laser를 이용하여 각 편광상태에 따른 회절효율을 측정한 그래프이다. 최대회절효율까지 매우 빠른 시간(11sec)에 홀로그램 격자가 형성됨을 볼 수가 있다. 그리고 He-Ne laser( $E_g=1.97eV$ )와 다르게 빠르게 기록된 후에 회절효율이 서서히 감소되는 현상이 나타났다. 이는 DPSS laser의 에너지

( $E=2.33\text{eV}$ )가 칼코게나이드 물질이 가지는 에너지갭( $E_g=2.04\text{eV}$ )보다 커서 전자천이가 Band to band 간에서 이루어지기 때문이라고 생각된다. 이런 빠른 기록특성은 DPSS laser가 Holographic Digital Data Storage(HDDS) 기록 광원으로써의 가능성을 보여준다. 최대회절효율은 (S:P)일때 0.077%, (+45°-45°)일 때 0.11%였다. 동일한 조건하에 파장이 다른 laser에 의한 홀로그래픽 격자형성에서 최대회절효율은 큰 차이를 보이지 않았지만 기록시간에 있어서는 매우 큰 차이를 보였다.



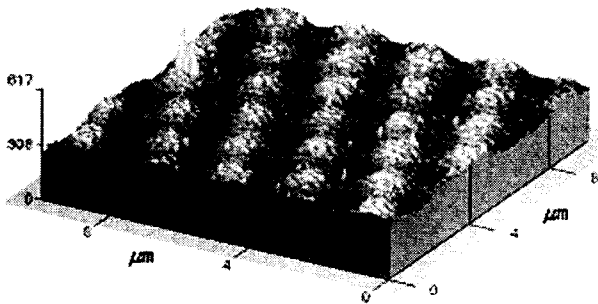
〈그림 2〉 He-Ne laser를 이용한 (S:P), (+45°:-45°) 각 편광상태에서의 회절효율



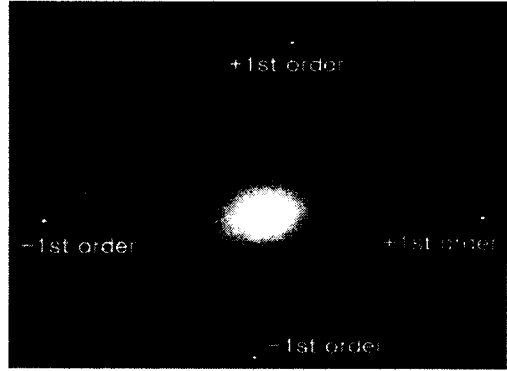
〈그림 3〉 DPSS laser를 이용한 (S:P), (+45°:-45°) 각 편광상태에서의 회절효율

그림 4는 DPSS laser의 (+45°-45°) 편광상태에서 제작된 2차원 홀로그래픽 격자의 표면은 AFM(Atomic Force Microscopy)를 이용하여 측정된 것이다. 광 팽창효과[9]와 칼코게나이드 물질의 NaOH 용액에 대한 선택적 에칭으로 인하여 선명한 2차원 홀로그래픽 격자가 형성된 것을 확인할 수가 있었다.

그림 5는 2차원 홀로그래픽 격자에 의해서 형성된 1st order의 모습을 보여주고 있다. 총 4개의 1st order가 생성된 것을 확인할 수가 있다. 이는 2차원 홀로그래픽 격자가 형성된 것을 증명해 주고 있다.



〈그림 4〉 2차원 홀로그래픽 격자의 표면 AFM 이미지



〈그림 5〉 2차원 홀로그래픽 격자에 의해 형성된 1st order

#### 4. 결 론

본 연구에서는 비정질 칼코게나이드 박막의 2차원 홀로그래픽 격자를 형성하기 위한 연구로 파장이 다른 He-Ne laser(632nm)와 DPSS laser(532nm)의 위상 홀로그래피 방법으로 홀로그래픽 격자를 형성할 때 회절효율을 비교해 보고, DPSS laser의 ±45° 편광을 이용하여 2차원 홀로그래픽 격자를 제작하였다.

동일조건하에서 파장이 다른 laser에 의한 홀로그래픽 격자형성에서 최대회절효율면에서는 비교적 큰 차이를 주지 못하였지만, 격자형성 기록시간에는 DPSS laser시의 효율이 He-Ne laser시에 비해서 매우 우수하다는 사실을 확인하였다. 이는 DPSS laser를 이용시 상용화 가능성을 보여주는 것이다. 또한 두 laser 모두 (S:P)편광 보다는 (+45°:-45°)편광의 회절효율이 더 우수하였다.

2차원 격자형성은 1차원 격자를 형성한 후 NaOH 용액에서의 선택적 에칭을 한 후 샘플을 90°회전하여 다시 1차원 홀로그래픽 격자를 형성시켜서 2차원 홀로그래픽 격자를 제작하였다. 1차원 격자를 형성할 때의 회절효율과 에칭 후 2차원 격자를 형성할 때의 기록시간과 최대회절효율이 큰 차이를 보이지 않았다.

이와 같은 결과로 기록법의 편광상태를 조절하여 최대회절효율조건을 찾을 수가 있고, 이를 바탕으로 2차원 홀로그래픽 제작이 가능하다는 것을 확인하였다. DPSS laser에서의 더 나은 회절효율을 위한 칼코게나이드 박막의 최적조건과 박막형 제작홀로그래픽을 위한 3차원 격자형성은 앞으로 연구해야 할 과제이다.

#### 감사의 글

This research was supported by the MIC (Ministry of Information and Communication), Korea, under the ITRC(Information Technology Research Center) support program supervised by the IITA(Institute of Information Technology Assessment)(IITA-2005-C1090-0502-0038).

#### 참고 문헌

- [1]. M.Vlcek, P.J.S. Ewen, T.Wagner, "High efficiency diffraction gratings in As-S layers", J. of Non-Cryst. Solids, Vol. 227-230, p. 743, 1998
- [2]. R. R. Gerke, T.G.Dubrovina, P.A.Dmitriyev, M.D.Mikhailov, "Obtaining holographic diffraction gratings on light sensitive layers of chalcogenide glasses by dry etching", J. Opt. Technol, Vol. 64, No. 11, p.1008, 1997
- [3]. K. Shimakawa, "In-situ photoexpansion measurement of amorphous As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> films :Role of photo carriers", Applied physics letters, Vol.74, No.15, p.2119, 1999.
- [4]. K. Tanaka, "Sub-gap excitation effect in As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> glass", J. of Non-Cryst. Solid, Vol.266-269, p.889, 2000.
- [5]. 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 KIEEME, Vol. 11, No. 9, p.749, 1998
- [6]. 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 KIEEME, Vol. 11, No. 10, p.89, 1998
- [7]. 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 KIEEME, Vol. 12, No. 12, p.1192, 1999
- [8]. L. Nikolova, T. Todorov, M. Ivanov, F. Andruzzi, S. Hvilsted and P. S. Ramanujam Appl. Opt., Vol. 35, No. 20, p. 3835, 1996
- [9]. S. R. Elliott, "Physics of Amorphous Materials", p.342, 1990.