

論文94-31A-12-10

가역적 Hologram 소자개발을 위한 비정질 (Se,S)계 박막 특성에 관한 연구

(A study on the properties of amorphous (Se,S)-system thin films for reversible hologram device development)

金尙德*, 李載圭**, 金鍾彬**

(Sang Dug Kim, Jae Gyu Lee and Jong Bin Kim)

要約

본 논문에서는 가역적 홀로그램 소자개발을 위한 $As_{40}Se_{50-x}S_xGe_{10}$ ($x=0, 25, 35, \text{at.}\%$) 벌크와 박막은 X-RD 분석에 의해 비정질임을 알 수 있었다. 조성비 변화에 따른 박막에서 Se 첨가량이 증가 할수록 흡수단이 장파장으로 이동 하였으며 박막에 광조사와 열처리를 할 경우 가역적 광흑화 현상이 일어남을 알 수 있었다. 광학에너지 갭은 박막에 광조사할 경우 보다 열처리할 경우 더욱 크며 이 현상은 열처리에 의해 박막이 구조적으로 안정된 것으로 추정된다. 투과도 특성이 가장 우수한 $As_{40}Se_{15}S_{35}Ge_{10}$ 박막에 Bragg 방법에 의해 격자 홀로그램을 형성 하였으며, 편광각이 클수록 최대 회절효율은 작아짐을 알 수 있었고, 박막두께 $0.6\mu\text{m}$, 편광각 40° , 광조사 20sec에서 4.5%의 최대 회절효율을 얻었다.

Abstract

In this paper, $As_{40}Se_{50-x}S_xGe_{10}$ ($x=0, 25, 35, \text{at.}\%$) bulk and thin films, to develop device of reversible hologram, proved amorphous by X-RD analysis. On the thin films with composition rate, as Se-doped-quantity increased, absorption edge shifted to long wavelength, and we found that reversible photodarkening effect occurred when thin films are exposed and annealed. Optical energy gap was larger when thin films are annealed than exposed. In this effect thin films structurally stabilized by annealing. It is to formed grating hologram by the Bragg method on the $As_{40}Se_{15}S_{35}Ge_{10}$ thin films with the best transmittance properties As polarizing angle grew larger, we found that maximum diffraction efficiency became smaller, and obtained it of 4.5% on the thin film thickness of 0.6 m, polarizing angle of 40° and exposing for 20sec.

I. 서론

*正會員, 東亞專門大學 電算情報處理科
(Dept. of Elec. Eng., Dong-A Col.)

**正會員, 朝鮮大學校 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., Chosun Col.)

接受日字: 1994年 3月 21日

현재 많은 정보량을 기록 저장하는 방법으로는 자기기록 방식이 주류를 이루어 왔으나 정보가 대형화 됨에 따라 광학적인 정보 저장방법이 새로이 대두되었다. 1960년대 이후 레이저의 발전과 더불어 광학적

정보저장 방법중의 하나인 홀로그래픽 방식에서는 저장하여야 할 데이터를 공간적인 홀로그래프의 형태로 저장 시킴으로써 데이터에 대한 신뢰도 면에서 이점을 갖고 있다.

이러한 광기록 매질로서의 비정질 반도체는 크게 주기율표상의 4족을 기본으로한 테트라헤드랄(tetrahedral)계와 6족을 기본으로한 칼코게나이드(chalcogenide)계로 나눌 수 있다. 비정질 칼코게나이드 반도체는 1972년 Ohmachi등에 의해 굴절률 변화를 이용한 고능력 정보저장 매질(high capacity information storage)로의 응용가능성¹이 보고된 후 광학적 응용성에 대한 연구가 폭넓게 시도되고 있다.² 또한, 이 물질에 격자(grating)를 형성하여 필터, 도파로, 변조기 등과 같은 광기능 소자의 제작에 응용 가능성도 기대할 수 있다.^{3,4} 이러한 응용 가능성이 급증하고 있는 비정질 칼코게나이드 물질은 구조적으로 커다란 결함밀도(defect density)와 고립 전자쌍(lone pair electron)의 존재⁵ 그리고 낮은 평균 배위수(≤ 2.45) 등과 같은 특성으로 인한 구조적인 유연성이 있기 때문에 광학 에너지 갭의 이동, 굴절률 변화, 박막두께 변화, 화학적 활성도 변화 등과 같은 광유기 변화⁶가 발생하며 비정질 칼코게나이드 박막에서 관찰되는 현상으로는 (1) 비정질-결정질의 변환 특성을 이용한 것⁷ (2) 레이저 조사에 의한 void의 형성과 파괴 특성을 이용한 것⁸ (3) 비정질-비정질의 구조적 변환 특성을 이용한 것^{9,10} (4) 급속과의 적층구조에서 급속이 비정질 막으로 확산되는 광도핑 특성을 이용한 것 등으로 분류할 수 있다.

(Se,S)를 기본으로한 비정질 칼코게나이드 박막은 일반적으로 비정질-비정질의 구조적인 변환 특성을 이용한 것으로 에너지 대역폭에 해당하는 빛 조사에 의해 흡수단이 장파장 영역으로 이동하여 동일파장 내에서 흡수계수가 증가하는 광흑화 현상(photodarkening effect)^{11,12}이 나타나며 이 광흑화된 영역을 유리질 천이온도 부근에서 열처리 시킬 경우 흡수단이 단파장 영역으로 이동하는 열표백화 현상(thermal bleaching effect)^{13,14}과 같은 가역 변화가 발생한다. 이러한 가역적인 변화는 동일상 내에서 구조적인 변화를 수반하여 높은 분해능과 커다란 굴절률 변화를 일으켜 홀로그래피^{15,16}, 슈퍼 마이 크로리시¹⁷, 트래킹가이드^{18,19}, 광도파로²⁰ 등과 같은 광정보 매질과 광기록 소자로서의 광진직회로(OEIC)에 응용될 수 있다. 특히 가시광선 영역에서 굴절률 변화량이 0.05-0.1에 해당하는 값은 홀로그래피 기록매질로서 매우 유용한 것으로 보고되고 있다.

그러므로 본 연구에서는 (Se,S)를 기본으로 한 비

정질 박막중 커다란 광유기 현상이 발생함으로 광기록 매질에 유용성이 있는 것으로 보고된 $As_{40}Se_{50-x}S_xGe_{10}$ ($x=0, 25, 35$ at.%)의 조성비를 변화시켜 벌크와 박막에서의 비정질상의 확인과 자외선-가시광선 분광광도계로 박막의 조건에 따른 투과도를 측정 한 후 광흡수계수와 광학 에너지갭을 구하고 Bragg 방식에 의해 반사격자 홀로그래프를 형성시킴으로 인하여 홀로그래프 소자 개발 응용 가능성을 고찰하였다.

II. 실험

1. 벌크제조 및 박막제작

본 실험에서 사용한 As, Se, S 및 Ge 원소(High purity chem. Japan)의 순도는 6N 이었으며 $As_{40}Se_{50-x}S_xGe_{10}$ ($x=0, 25, 35$, at.%)의 조성을 이루도록 각 원소의 원자량 비율로 환산하여 전자 천평(ALSEP, MEV-198A)으로 0.1mg까지 정확히 평량하여 석영관 내의 무기물을 완전히 제거한 후 준비된 시료를 내경이 10mm인 석영관에 넣은 후 2×10^{-6} Torr 정도의 진공도에서 봉입하였다. 진공 봉입된 석영관을 브리지만형 실리콘 닛트 전기로에 넣어 200℃에서 2시간, 600℃에서 2시간 이상을 유지시켜 각각의 원소들을 충분히 반응시킨후 서서히 온도를 상승시켜 870℃ 부근에서 25시간 이상을 유지한 후 공기중에서 급속히 냉각하여 시료의 비정질화를 이루도록 하였다.

박막제작은 각조성의 벌크(bulk)들을 열진공 증착기(thermal vacuum evaporator)를 사용하여 6×10^{-6} Torr의 진공도에서 균일한 표면을 얻기 위해 5Å/sec의 낮은 증착속도로 0.4-0.6μm의 두께를 갖도록 증착한 후 ellipsometry로 박막의 두께를 측정하였다.

2. 측정

제조된 벌크와 박막에 대한 비정질 상은 XRD(X-Ray diffractometer, Rigaku D/Max)를 사용하여 $2\theta = 10^\circ \sim 70^\circ$ 에서 관측된 XRD 분석으로 확인하였으며, 증착직후(as-deposited) 박막, 열처리(annealed) 및 빛조사(exposed)한 박막의 투과도는 자외선-가시광선 분광광도계(UV-Visible spectrophotometer : SHIMAZU UV-240)을 사용하여 400~650nm의 파장범위에서 측정하였으며 투과도를 이용하여 흡수계수와 광학에너지갭을 구하였다. 박막의 열처리온도는 Tg 부근인 200℃에서 30분 동안 진공오븐(vacuum oven : JE-ILC-DVP) 내에서 하였으며 진공도는 2×10^{-6} Torr였다. 광조사는 파장 442nm, 최대출력 40mW인 He-Cd 레이저로

30분간 하였으며, 박막 표면에서의 세기는 $3\text{mW}/\text{cm}^2$ 였다. 비정질 박막에 회절격자를 형성하기 위하여 recording beam 광원으로 He-Cd 레이저 (442nm)를 사용하였으며 He-Ne 레이저(632.8nm)를 recording beam으로 사용하였다.

III. 실험결과 및 고찰

1. 벌크 및 박막의 비정질상

비정질 $\text{As}_{40}\text{Se}_{50-x}\text{S}_x\text{Ge}_{10}$ 의 각 조성비에 따른 벌크 (Bulk)시료와 박막의 비정질상을 관찰하기 위하여 X-선 회절분석을 $\text{CuK}\alpha$ 선을 사용하여 $2\theta = 10^\circ \sim 70^\circ$ 범위에서 $1^\circ/\text{min}$ 의 조건으로 분석한 결과 각 조성비에 따른 벌크시료와 처리조건에 따른 박막은 측정 범위

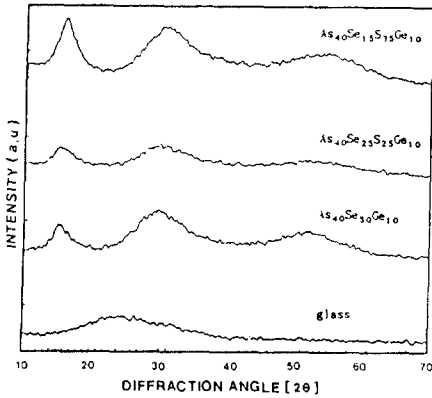


그림 1. 비정질 $\text{As}_{40}\text{Se}_{50-x}\text{S}_x\text{Ge}_{10}$ 벌크의 조성에 따른 XRD 패턴

Fig. 1. XRD patterns with composition of amorphous $\text{As}_{40}\text{Se}_{50-x}\text{S}_x\text{Ge}_{10}$ bulks.

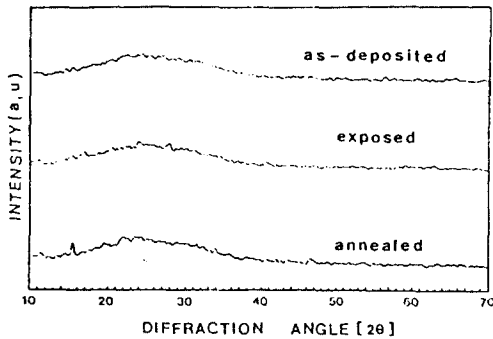


그림 2. 비정질 $\text{As}_{40}\text{Se}_{15}\text{S}_{35}\text{Ge}_{10}$ 박막의 XRD 패턴

Fig. 2. XRD patterns of amorphous $\text{As}_{40}\text{Se}_{15}\text{S}_{35}\text{Ge}_{10}$ thin films.

에서 결정피크가 관찰되지 않으므로 비정질상을 확인 할 수 있었으며 그 결과는 그림 1, 2와 같다.

그리고 실험에 사용된 현미경용 유리의 경우에 비하여 15° 와 30° 부근에서 결정질에서 볼수 없는 언덕 (hill)이 관찰 되었으며 15° 부근의 언덕은 Se-Ge 결합성분, 30° 부근의 언덕은 As와 결합한 성분에 기인된 것으로 추측된다.

2. 박막의 투과도 특성

비정질 칼코게나이드(Chalcogenide) 박막에서 발생하는 중요한 특성은 광 조사시 흡수단이 장파장 영역으로 이동하는 광축화(photodarkening)현상과 박막의 유리질전이온도(Tg) 부근에서 열처리할 경우 열표백화(thermal bleaching) 현상 등이 있다.^{11,15,16}

비정질 $\text{As}_{40}\text{Se}_{50-x}\text{S}_x\text{Ge}_{10}$ ($x=0, 25, 35$ at.%) 박막을 $0.4 - 0.6\mu\text{m}$ 두께 영역에서 박막 내부의 구조적인 변화 특성을 이용하기 위하여 파장범위 $400\text{nm} - 650\text{nm}$ 까지 측정된 미처리(as-deposited) 박막의 투과도는 그림 3과 같고 파장이 442nm 인 He-Cd 레이저를 사용하여 $3\text{mW}/\text{cm}^2$ 30분 광조사를 한 박막의 투과도는 그림 4와 같고, Tg부근에서 30분 열처리한 박막의 투과도는 그림 5와 같다.

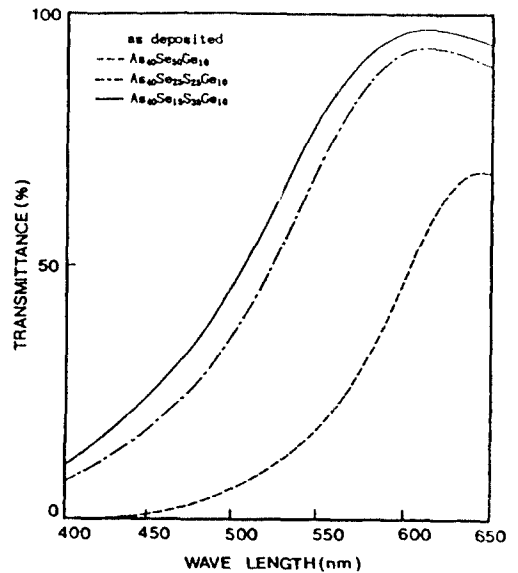


그림 3. 파장에 따른 미처리 $\text{As}_{40}\text{Se}_{50-x}\text{S}_x\text{Ge}_{10}$ 박막의 투과도

Fig. 3. Transmittance of as-deposited $\text{As}_{40}\text{Se}_{50-x}\text{S}_x\text{Ge}_{10}$ thin films with wavelength.

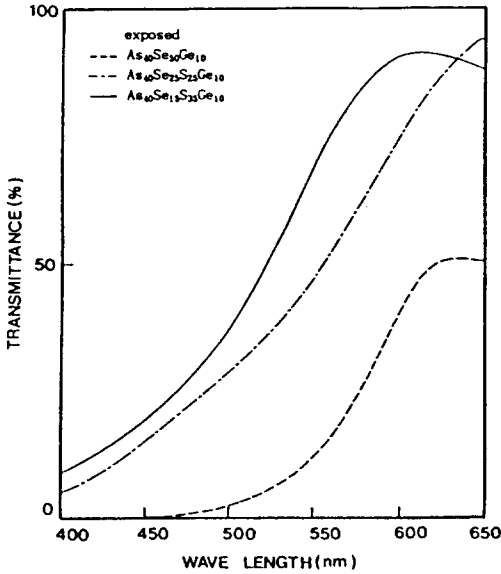


그림 4. 파장에 따른 광조사 $As_{40}Se_{50-x}S_xGe_{10}$ 박막의 투과도

Fig. 4. Transmittance of exposed $As_{40}Se_{50-x}S_xGe_{10}$ thin films with wavelength.

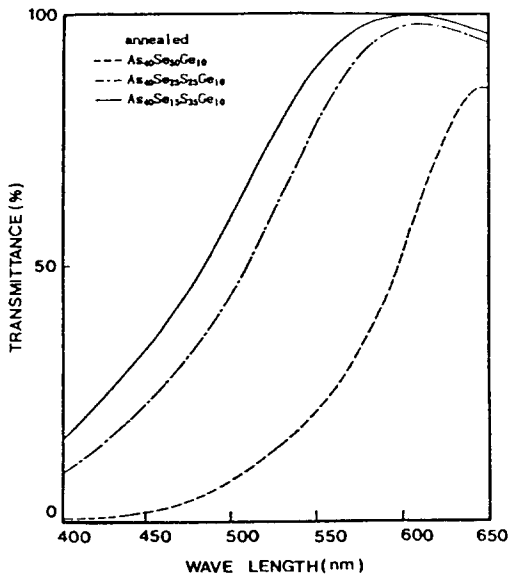


그림 5. 파장에 따른 열처리 $As_{40}Se_{50-x}S_xGe_{10}$ 박막의 투과도

Fig. 5. Transmittance of annealed $As_{40}Se_{50-x}S_xGe_{10}$ thin films with wavelength.

이와 같은 투과도 측정에서 박막의 처리조건에 관

계없이 Se의 첨가량이 증가할수록 투과도는 장파장으로 이동하는 광특성을 알 수 있었다. $As_{40}Se_{50-x}S_xGe_{10}$ ($x=0, 25, 35$ at.%) 박막의 미처리 상태 박막에 광조사할 경우 흡수단이 장파장으로 이동하는 광흑화 현상이 일어났으며 이 박막을 다시 Tg 부근에서 열처리할 경우 흡수단이 미처리 박막보다 단파장으로 이동하는 열표백화(thermal bleaching effect) 현상이 일어나는 가역적 광유기 특성을 보였으며 $As_{40}Se_{15}S_{35}Ge_{10}$ 박막의 투과도는 그림 6과 같다.

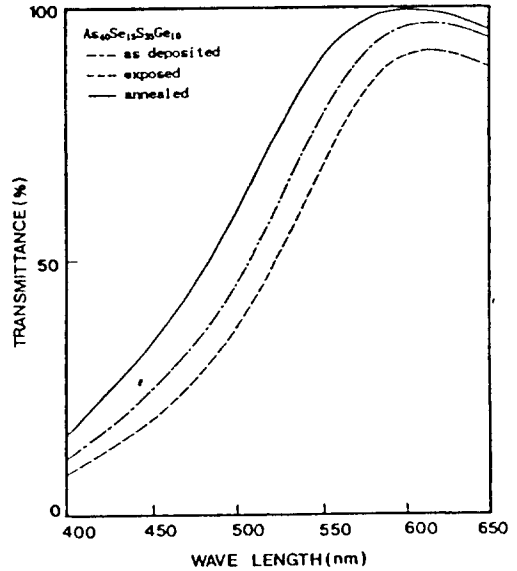


그림 6. 파장에 따른 $As_{40}Se_{15}S_{35}Ge_{10}$ 박막의 투과도

Fig. 6. Transmittance of $As_{40}Se_{15}S_{35}Ge_{10}$ thin films with wavelength.

Averyanov 등에 의하면¹⁷⁾ 실온이상에서 광조사할 경우 열에너지에 의해 흡수단이 미처리 상태에서 단파장으로 이동하는 광표백화(optical bleaching effect) 현상이 일어났으므로 보고 하였으나 광조사시 열에너지를 제거하기 위해 실온 이하에서 광조사를 함으로 인하여 광표백화 현상은 일어나지 않았다. 광정보 기록 광원으로 사용되는 He-Cd 레이저의 442nm 파장에서나 Ar 레이저의 488nm 파장대에서는 낮은 투과도를 나타내고 광정보 검출 광원으로 사용되는 He-Ne 레이저의 632nm 파장대에서는 높은 투과도를 나타내므로 이들 박막에서 He-Ne 레이저의 영향을 무시할 수 있을 것으로 예상할 수 있다.

광조사에 의한 투과도 변화는 조사량보다 조사세기에 크게 의존함을 알 수 있었고 비정질

As₄₀Se₅₀Ge₁₀, As₄₀Se₂₅S₂₅Ge₁₀ 박막보다 As₄₀Se₁₅S₃₅Ge₁₀ 박막에서 높은 투과도를 나타내고 가장 커다란 광유기 현상이 발생함을 알 수 있었다.

3. 박막의 광흡수 특성

광조사에 의한 흡수계수는 Lambert 법칙에 의해 다음과 같은 관계식으로 구할 수 있다.

$$I_t = I_0 \exp(\alpha d) \tag{1}$$

여기서, I_t 는 입사파의 광, I₀는 투과 광의 세기, d은 박막의 두께를 나타낸다

$$\alpha = 1/nT(\lambda) / d \tag{2}$$

위의 식을 이용하여 투과도 곡선으로부터 광에너지에 따른 박막의 광흡수계수를 구할 수 있으며, As₄₀Se₁₅S₃₅Ge₁₀ 박막에 3[mW/cm²]의 He-Cd 레이저를 사용하여 광조사를 할 경우 광에너지에 따른 박막의 흡수계수는 그림 7에 나타내었으며, 빛에 민감한 물질인 Se의 첨가량에 따라 전체적으로 흡수계수가 증가하는 것을 관찰할 수 있었고, 광조사한 박막에서 광흡수계수가 증가하는 현상이 나타나므로써 Hamanaka 등이 보고한 광흑화 현상이 일어남을 알 수 있었다.

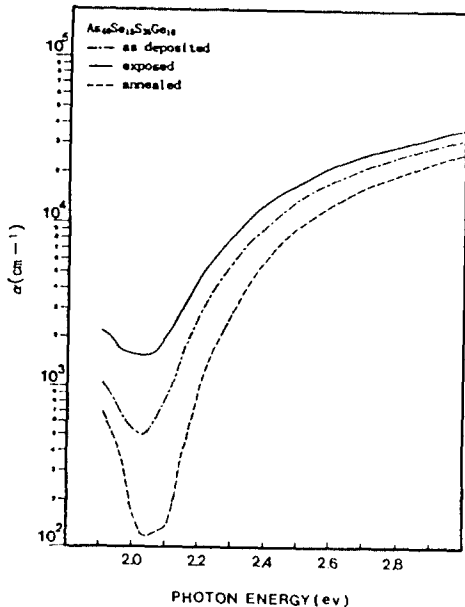


그림 7. 포톤에너지에 따른 As₄₀Se₁₅S₃₅Ge₁₀ 박막의 흡수계수

Fig. 7. Absorption coefficient of As₄₀Se₁₅S₃₅Ge₁₀ thin films with photon energy.

이와 같은 현상은 박막내부의 구조적인 무질서도 (structural randomness)가 증가하기때문인것으로 생각되며 기록광원으로 Ar 레이저, He-Cd 레이저, 검출광원으로는 높은 투과율로 인한 광구조 변화를 일으키지 않은 He-Ne 레이저의 사용에 적합한 물질임을 알 수 있어 Ohmachi등의 결과와 일치하는 것으로 나타났다.

4. 박막의 광학 에너지 갭

일반적으로 Urbach 꼬리 영역에서 광자 에너지보다 조사광의 광자 에너지가 큰 경우에 비정질 칼코게나이드 박막의 광학에너지 갭은 다음의 식에 따른다.

$$\alpha h\omega \propto (h\omega - \omega E_g^{opt})^2 \tag{3}$$

위의 식으로 부터

$$(\alpha h\omega)^{1/2} \propto h\omega - \omega E_g^{opt} \tag{4}$$

비정질 칼코게나이드 반도체의 대표적인 광유기 현상인 광흑화 현상은 에너지 대역폭 이상의 이들 박막에 광조사할 경우 흡수단위 장파장으로 이동하여 동일 영역내에서 흡수계수와 굴절율이 증가하므로 에너지 갭이 감소하며 T_g 부근에서 열처리할 경우 광표백화 현상이 일어나 박막이 구조적으로 안정상태가 되기 때문에 에너지 갭이 증가한다. 이때 $(\alpha h\omega)^{1/2} : h\omega$ 의 그래프에서 외삽법에 의해 $(\alpha h\omega)^{1/2} = 0$ 이 되는 곳을 택하여 광학 에너지 갭을 구하였으며 As₄₀Se_{70-x}S_xGe₁₀(x=0, 25, 35 at.%) 박막에서의 처리조건에 따른 광학 에너지 갭은 표 1과 같고, As₄₀Se₁₅S₃₅Ge₁₀ 박막의 에너지 갭은 그림 8과 같다.

표. 1. As₄₀Se_{70-x}S_xGe₁₀ 박막의 조성에 따른 광학 에너지 갭

Table 1. The Optical energy gap with composition of As₄₀Se_{70-x}S_xGe₁₀ thin films.

박 막	조 건	E _g ^{opt}
As ₄₀ Se ₁₅ S ₃₅ Ge ₁₀	as-deposited	1.95
	exposed	1.93
	annealed	2.06
As ₄₀ Se ₂₅ S ₂₅ Ge ₁₀	as-deposited	1.94
	exposed	1.81
	annealed	2.20
As ₄₀ Se ₅₀ Ge ₁₀	as-deposited	1.87
	exposed	1.86
	annealed	1.91

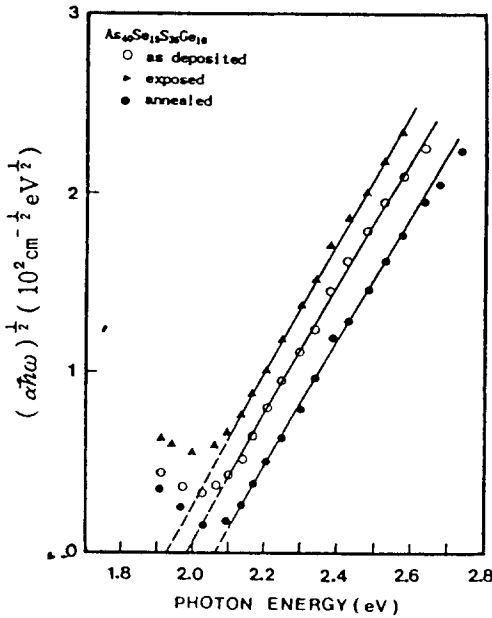


그림 8. 포톤에너지에 따른 $As_{40}Se_{15}S_{35}Ge_{10}$ 박막의 $(\alpha \hbar \omega)^{1/2}$

Fig. 8. $(\alpha \hbar \omega)^{1/2}$ of $As_{40}Se_{15}S_{35}Ge_{10}$ thin films with photon energy.

5. 박막의 회절격자와 회절효율

저손실이고 균일한 격자를 갖는 Bragg 반사격자 방법으로 형성한 회절격자는 He-Cd레이저(442nm)에서 나온 선평광된 빔을 광속확대기 (beam expander)를 사용하여 평행광으로 만들고 $\lambda/4$ plate를 사용하여 원평광으로 만든 후 광속을 beam splitter로 두개의 광속으로 분할하여 거울을 이용하여 박막에 입사하는 두 recording beam으로 하였다. 이때 두 recording beam의 광로차(optical path difference)는 같게하고 경로상에 Gran-Thomson polarizer를 설치하고 편광각을 회전거울에 의해 임의로 조절할 수 있게 하였다.

recording beam은 He-Ne 레이저(632.8nm)를 사용하여 박막에 형성된 격자의 Bragg angle로 recording 하였으며 실험장치는 그림 9와 같다.

그림 9에서 두파 사이의 편광각도와 파장 그리고 격자간격간의 관계는

$$2a \sin \theta = \lambda \quad (5)$$

의 관계식^[22]을 통해 알 수 있으며 두파 사이의 편광각 2θ 를 증가 시킬 경우 격자 간격이 감소됨을 예상

할 수 있다. 박막위에 형성된 격자에서의 회절현상^[23]에 의해 회절효율(diffraction efficiency)^[24] η 는 입사되는 빛의 세기에 대한 회절된 빛의 세기로 정의되며, 일반적으로 회절효율은

$$\frac{I_1}{I_0} = \left(\frac{\pi \Delta n d}{2\lambda_0} \right)^2 \quad (6)$$

- I_1 : first order의 회절된 빛의 세기
- I_0 : 박막을 통과하여 진행한 빛의 세기
- λ : 파장
- Δn : 굴절율 변화
- d : 박막의 두께

이때 사용된 시료는 광특성이 가장 우수한 $As_{40}Se_{15}S_{35}Ge_{10}$ 박막을 사용하였으며 두께는 $0.6\mu m$ 이었고 박막 표면에서 측정된 레이저의 세기는 $3mW/cm^2$ 이었다

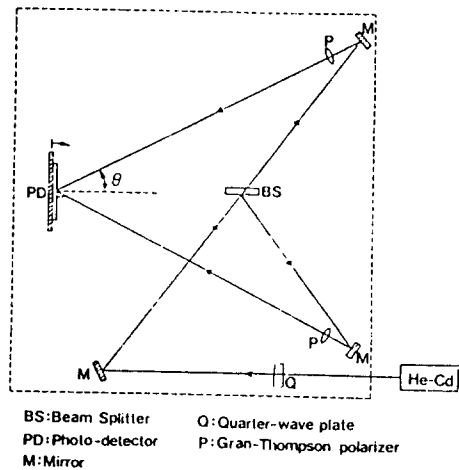


그림 9. Bragg 반사격자 방법의 개요도

Fig. 9. The Schematic diagram of the Bragg's reflection grating method.

그림 10은 레이저의 세기를 $3mW/cm^2$ 로 하였을 경우, recording beam의 편광각 변화와 노출시간을 변화 시켰을 경우 1차 회절효율을 나타내었다

회절효율은 광조사 시간에 따라 빠른 속도로 증가하여 최고 강도에 도달한 다음 감소하고 편광각이 클수록 최대 회절효율은 작아짐을 알 수 있었다. 박막에서의 최대회절효율은 박막두께 $0.6\mu m$ 에서 편광각이 40° 일때 광조사 시간 20여초 이내에서 약 4.5% 최대 회절효율을 나타내었다.

사진 1은 최대효율 4.5%인 박막에 형성된 회절격

자이며 격자간격은 $0.42\mu\text{m}$ 이었으며 식(5)의 결과와 일치함을 알 수 있었다.

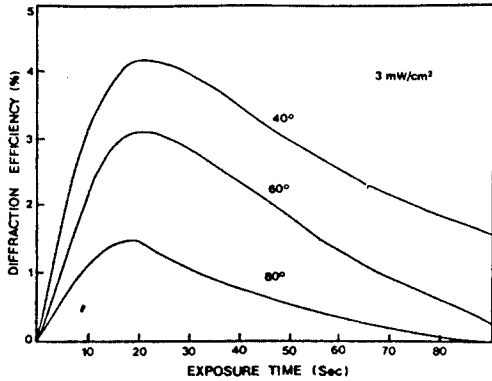


그림 10. Recording beam의 편광각과 노출시간을 변화시켰을 경우의 회절효율
 Fig. 10. The Diffraction efficiency when polarizing angle and exposed time of recording beam was changed.

회절격자가 형성된 박막에 유리질 천이온도인 200°C 로 10분 열처리를 실행하였을 경우 격자가 완전히 소거되었으며 이 박막에 다시 회절격자를 형성한 결과 격자간격이 $0.42\mu\text{m}$ 로 형성되었으며 사진 2와 같다.

IV. 결론

비정질 $\text{As}_{40}\text{Se}_{50-x}\text{S}_x\text{Ge}_{10}$ ($x=0, 25, 35$ at.%) 벌크와 박막에서 XRD 분석, 가역적 광유기 특성,

Bragg 방식에 의한 격자 홀로그램을 관찰하므로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. $\text{As}_{40}\text{Se}_{50-x}\text{S}_x\text{Ge}_{10}$ ($x=0, 25, 35$ at.%) 벌크와 박막은 XRD 분석으로부터 비정질임을 알 수 있었다.
2. 조성비에 따른 박막은 처리조건에 관계없이 Se 첨가량이 증가 할 수록 흡수단이 장파장측으로 이동하였다.
3. 광조사한 박막에서는 흡수단이 장파장측으로 이동하는 광표백 현상을 나타내었으며 광조사후 열처리한 박막에서는 흡수단이 단파장측으로 이동하는 열표백화 현상을 나타내므로 $\text{As}_{40}\text{Se}_{50-x}\text{S}_x\text{Ge}_{10}$ ($x=0, 25, 35$ at.%) 박막은 가역적 광유기 현상이 일어남을 알 수 있었다.
4. 광학에너지 갭은 광조사보다 열처리 조건에서 더욱 크며 이 현상은 광표백화 현상이 일어나 박막이 구조적으로 더욱 안정한 상태가 되기 때문이다.
5. 투과도 특성이 가장 우수한 $\text{As}_{40}\text{Se}_{15}\text{S}_{35}\text{Ge}_{10}$ 박막에 Bragg 방식을 이용하여 격자 홀로그램을 형성시켰으며 편광각이 클수록 최대 회절효율은 작아짐을 알 수 있었다.
6. 박막에서의 최대 회절효율은 박막 두께 $0.6\mu\text{m}$ 에서 편광각이 40° 이고 광조사 시간 20여초 이내에서 약 4.5% 최대효율을 나타내었다.

이와 같은 결론에 의해 As-Se-S-Ge계 박막이 가역적 광유기 현상을 통한 홀로그램, 광도파로 등과 같은 광전 집적회로의 광기능 소자에 응용가능할 것으로 사료된다.

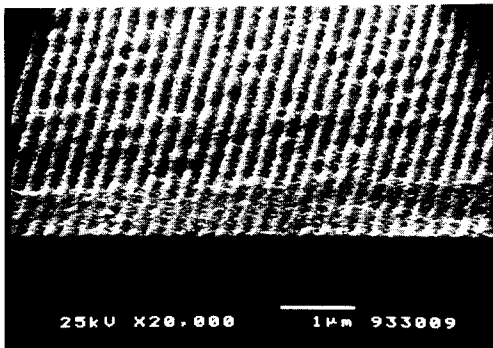


사진 1. $\text{As}_{40}\text{Se}_{15}\text{S}_{35}\text{Ge}_{10}$ 박막에 형성된 회절격자
 Pho. 1. The diffraction grating formed on $\text{As}_{40}\text{Se}_{15}\text{S}_{35}\text{Ge}_{10}$ thin film.

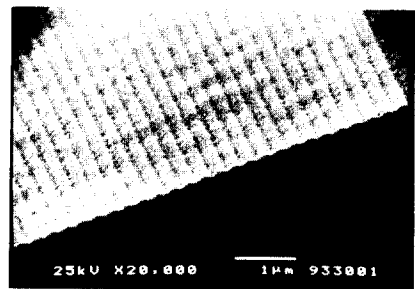


사진 2. 열처리 후 $\text{As}_{40}\text{Se}_{15}\text{S}_{35}\text{Ge}_{10}$ 박막에 형성된 회절격자
 Pho. 2. The diffraction grating formed on $\text{As}_{40}\text{Se}_{15}\text{S}_{35}\text{Ge}_{10}$ thin film after annealing.

参 考 文 獻

- [1] Y.Ohmachi and T. Igo, Appl. phys. Lett., Vol.20, No.12, p.506, 1972.
- [2] K.Tanaka, Solid Stte Communication, Vol.15, p.1521, 1974.
- [3] K.Tanaka and A.Odajima, Appl. Phys. Lett., Vol.38, No.7, p.481, 1981.
- [4] H.Nishihara, Y.Handa, T.Suhara and J.Koyama, Applied Optics, Vol.17, p.2342, 1978.
- [5] M.Kastner, Physical Review Letters, Vol.28, No.6, p.355, 1972.
- [6] T.Igo and Y.Toyoshima, Jpn. J. Appl. Phys., Vol.11, p.117, 1972.
- [7] D. Van der Linde and A.M.Glass, Applied Physics, Vol.8, p.85, 1975.
- [8] J.P.deNeufville, Proceedings of the Fifth International Conference on Amorphous and Liquid Semiconductors, Garmisch-Partenkirchen, p.1351, 1974.
- [9] V.B.Jipson and K.Y.Ahn, Solid State Technology, January, 1984.
- [10] V. L. Averianov, A. V. Kolobov, B. T. Kolomiets and V. M. Lyubin, Phys. Stat Sol., Vol.57, p.81, 1980.
- [11] I. Manika and J. Teteris, J. Non-Cryst. Solids, Vol.90, p.505, 1987.
- [12] K.L.Chopra, K.S.Harshvardhan, S. Rajagopalan and L.K.Malhotra, Solid State Communications, Vol.40, p.387, 1981.
- [13] H.Hamanaka, J. Non-Cryst. Solids, Vol.57, p.401, 1983.
- [14] B.Singh, S.Rajagopalan, D.K. Pandya and K.L.Chopra, J. Non-Cryst Solids, Vol.35 & 36, p.1053, 1980.
- [15] K.Tanaka, J. Non-Cryst. Solids, Vol.35 & 36, p.1073, 1980.
- [16] K.Tanaka, J. Non-Cryst. Solids, Vol.35 & 36, p.1022, 1980.
- [17] V.L.Averyanov, A.V.Kolobov, B.T. Kolomiets, J. Non-Cryst. Solids, Vol.45, p.343, 1981.
- [18] Y.Hamakawa, "Amorphous Semiconductor Technologies & Devices", Ohmsha, LTD, p.296, 1982.
- [19] A. Singh, L.Song, R.A.Lessard, Applied Optics, Vol.26, p.2474, 1987.
- [20] M.Miyagi, and S.Fukunishi, Applied Optics, Vol.24, No.16, p.2621, 1985.
- [21] K.Tanaka, Y.Imai and A.Odajima, J. Appl. Phys. Vol.57, No.11, p.4897, 1985.
- [22] R.Collier, C.Burckhardt, "Optical Holography", Axademic Press, New York, 1971.
- [23] E.Hecht, A.Zaja, "Optics", Addison-Wesley publishing Co., Second edition, p.196, 1987.
- [24] Y.Ohmachi and T.Igo, Applied physics Letters, Vol.20, p.506, 1972.

* 본 연구는 92년도 조선대학교 교비에 의해 수행 하였습니다.

著者紹介



金 尙 德(正會員)

1966年 6月 7日生. 1992年 2月
조선대학교 전자공학과(공학사).
1994年 2月 조선대학교 대학원 전
자공학과(공학석사). 1994年 현재
동아전문대학 전산정보처리과 전
임강사. 주관심 분야는 WDM소자

개발 및 광 상호연결 시스템 등임.



李 載 圭(正會員)

1959年 11月 20日生. 1988年 9
月 조선대학교 전자공학과(공학
사). 1990年 8月 조선대학교 대학
원 전자공학과(공학석사). 1993年
3月 ~ 현재 조선대학교 대학원
박사과정. 주관심 분야는 전자재

료 및 광집적회로 등임.



金 鍾 彬(正會員)

1945年 5月 4日生. 1967年 2月
조선대학교 전기공학과(공학사).
1980年 10月 건국대학교 대학원
전자공학과(공학석사). 1993年 2
月 광운대학교 대학원 전자재료공
학과(공학박사). 1994年 현재 조

선대학교 전자공학과 교수. 주관심 분야는 광통신 및
전자재료 등임.