

비정질 칼코게나이드의 광도파로 제작

박 태성^o, 박 정일, 정 흥배 김 중빈
(광운대학교 전자재료공학과) (조선대학교 전자공학과)

The optical waveguide fabrication of amorphous chalcogenide

T.S.Park^o, J.I.Park, H.B.Chung

(Dept. of Electronic materials Eng. Kwangwoon Univ.)

J.B.Kim

(Dept. of Electronics Eng. Chosun Univ.)

Abstract

Amorphous chalcogenide glasses are highly transparent in the near 1 μ m wavelength region, which corresponds to the wavelength region of the optical communication system.

Optical properties of these materials, including the transmittance, the optical gap, and the shift associated with reversible photostruction change, were measured.

Thereafter, optical waveguide was fabricated by the laser lithographic technique and then, guide modes were measured by utilizing the end-fire coupling technique.

The field patterns of both the single mode and the multimode waveguide were observed.

서 론

광회로 소자는 전자소자를 사용하지 않고도 직접 광신호의 변조 및 처리가 가능하고 초고속 대용량 광신호의 전송 및 처리가 가능하다는 장점을 갖고 있으며 광집적회로에 사용된 광소자들의 대부분은 광도파로를 이용한 광신호의 처리에 기초를 두고 있고 광스위치, 광변조기, 광필터, 광스펙트럼 분석기 등 응용범위는 다양하다.

광집적소자는 발광 또는 수광을 할 수 있는 반도체를 재료로 한 광전소자와 LiNbO₃와 같은 전기광학소자, 그리고 유전체를 재료로 한 광신호를 수동적으로 처리하는 광회로소자로 분류할 수 있으며 본 연구에서는 비정질 칼코게나이드 광도파로(optical waveguide)의 제작을 통해 광회로 소자로서의 응용에 그 목적을 두고 있다.

광정보 매질인 광기록 소자와 도파로, 변조기 등과 같은 광기능 소자로서 그 응용성이 우수한 비정질 칼코게나이드 박막은 (1)비정질-결정질 변환특성 (2)레이저 조사에 의한 void의 형성과 파괴의 특성 (3)비정질-비정질의 구조적 변환특성을 이용한 것 등으로 분류될 수 있다. 이들 중

AsSeS₂Ge계 비정질 칼코게나이드 박막은 비정질-비정질의 구조적 변환특성을 이용한 것으로 커다란 결함밀도(defect density)와 고전전자쌍(ion pairs), 낮은 평균배위수(≤ 2.45) 등으로 인한 구조적인 유연성을 갖는다. 그러므로 광학 에너지갭의 이동, 굴절률, 투과도, 화학적 활성도 변화등의 광유기 현상¹⁾이 일어난다. 특히, 가역적인 광유기 변화는 동일상 내에서의 구조적인 변화를 수반하므로 높은 분해능과 커다란 굴절률 변화를 일으켜 홀로그램(hologram), 슈퍼마이크로피치(super-microfiche), 광도파로(optical waveguide) 등과 같은 광기록 매질과 광기능 소자로서 광집적회로에 응용될 수 있음이 보고되고 있다.

비정질 칼코게나이드 광도파로 특징은 다음과 같다. 1) 대면적의 박막제작이 용이 2) 근적외선 영역에서의 적은 전송 손실 3) 높은 굴절률로 인한 도파로 기반 물질의 다양한 선택이 가능 4) 굴절률이 광이나 전자빔 노출에 따른 변화가능 5) 조성비 변화에 따른 굴절률 변화 가능

실 험

(1) bulk 제조 및 박막 제작

본 실험에 사용한 As, Se, S 및 Ge 원소의 순도는 5N 이었으며 시료를 석영관($\phi=12\text{mm}$)에 넣은 후 2×10^{-5} Torr 정도의 진공도에서 봉입한 후 실리콘넛트 전기로에 넣어 서서히 온도를 상승시켜 870[$^{\circ}\text{C}$]부근에서 25시간 이상 용융상태를 유지하였다. 그 후 공기중 300 $^{\circ}\text{K}$ 로의 급속한 냉각을 통해 시료의 비정질화를 이루도록 하였다. 제조된 각 조성의 bulk들은 열 진공 증착기(thermal vacuum evaporator)를 사용하여 1×10^{-5} Torr의 진공도에서 박막을 제작하였다.

(2) 광특성 및 광도파로 제작

비정질 AsSeS₂Ge계 박막의 도파로 제작에 사용한 박막 두께는 1 μm 이하였으며, 열처리와 빛조사에 따른 광투과

도와 광학 에너지값의 변화를 측정하였다. 박막의 열처리 는 진공 건조 오븐(vacuum drying oven)으로 Tg 부근에서 30분간 행하였고, 빛조사는 He-Cd 레이저(442nm, 3mW)로 30분간 노출시켰다. 도파로는 레이저 식각 방법으로 제작하였고 장치의 개요도는 그림 1과 같다. 레이저 식각은 레이저 광을 집속시켜 직접 기판에 노광시키는 방법이며, 파장이 441.6nm인 He-Cd 레이저, 광정렬을 위한 광학부, X-Y stage, 그리고 모터 조절기로 구성 되어 있다. 노광량은 광 감쇄기와 stage 구동 속도에 의해 조절되며, 실험에서는 0.7mW~1.0mW 정도의 광을 조사하여 1 μ m~4 μ m 정도의 선폭을 갖는 도파로를 제작하였다. 박막에 제작된 도파로의 도파 모드는 end-fire coupling 방법으로 측정하였으며 장치의 개요도는 그림 2와 같다.

결과 및 고찰

광정보 기록광원인 He-Cd 레이저의 441.6nm 파장에서는 낮은 투과도를, 검출 및 측정 광원인 He-Ne 레이저의 632.8nm 파장대에서는 높은 투과도를 나타내고 있다. 또한 광학 에너지값은 다음의 관계식에서와 같이

$$(\alpha h\nu)^{1/2} = B(h\nu - E_g^{opt})$$

$(\alpha h\nu)^{1/2}$: $h\nu$ 의 그래프에서 외삽법에 의해 $(\alpha h\nu)^{1/2}=0$ 가 되는 곳을 택하여 구하였다. AsSeSGe계 박막의 미처리 상태의 박막에 빛을 조사한 경우 흡수단이 장파장으로 이동하는 광축화현상이 발생하였으며, 이 박막을 다시 Tg 부근에서 열처리 시킨 경우 원래의 미처리 상태로 회복되지는 못하지만 흡수단이 단파장으로 이동하는 열표백화(thermal bleaching effect)현상이 일어나는 가역적 광유기 특성을 보였다.

평면형 슬랩 도파로위에 횡방향으로 광을 도파시킬 수 있도록 패턴화 하는 방법에는 포토 마스크를 이용하는 포토식각(photo lithography)법, 전자빔(electron beam) 혹은 이온빔(ion-beam) 식각법 및 레이저 광을 이용하는 레이저 식각(laser-lithography)방법이 있으며 본 연구에서는 도파로 패턴 부분에 레이저를 노광함으로써 도파로 식각 기능을 갖는 레이저 식각 방법의 의해 광도파로를 제작하였고 다른 도파로 식각기술에 비해 간편함을 알 수 있었다. 위의 방법으로 제작된 도파로 표면사진을 위상차 현미경과 SEM으로 관찰 하였다.

용융 석영(n=1.46)을 기판으로 하여 AsSeSGe계 박막을 도파층으로 형성한 후 그 위에는 공기층이 있는 3층 도파로를 제작하여 effective index method을 이용하여 모드 굴절율을 구하였다. 계산 파장은 0.6328 μ m, 1.30 μ m, 1.55 μ m로 하였다. 여기서 0.6328 μ m는 실험에서 도파광 측정을 행한 파장이므로 이 파장에서 계산을 하였으며, 또한 1.30 μ m, 1.55 μ m는 광통신용 파장으로서 AsSeSGe계 박막이 투명한 대역이므로 계산의 파장으로 정하였다.

결 론

도파로는 레이저 식각 방법에 의해 제작되었고 도파로 폭은 1~4 μ m였다. 빛조사 한 박막에 형성된 도파로의 TE 모드에 대한 유효굴절율 N_{eff} 는 2.29, 열처리한 박막에서 N_{eff} 는 2.32 였다. 이때 빛 조사량과 열처리 온도 증가에 대해 N_{eff} 는 증가하였다.

End-fire coupling 방법으로 관찰한 도파모드는 박막두께 0.4 μ m 이하에서는 단일 모드, 0.4 μ m - 0.6 μ m에서는 다중모드를 나타내었다.

이상과 같이 비정질 AsSeSGe계 박막은 비정질 상내에서 구조적 변화를 일으키며, 빛조사에 의한 광축화 현상, 열처리에 따른 표백화 현상등의 가역적 광유기 특성과 박막 두께변화 통한 도파로 모드선택이 가능하였다.

Reference

1. A.Singh, L.Song, Appl. Optics, Vol.26, No.12, pp.2474, 1987
2. K.Tada, T.Murai, Thin Solid Films, Vol.108, pp.293, 1983
3. M.Kastner, Phy. Rew. Lett., Vol.28, No.6, pp.335, 1972
4. R.G.Hunsperger "Integrated Optics : theory & Technology" Springer-Verlag Berlin Heidelberg NewYork, pp.98, 1982
5. M.Miyagi, S.Fukun, S.Fukunishi, Apl. optics, Vol.24, No.16, pp.2621, 1985
6. H.Nishihara, "Optical Integrated Circuits", Macgraw-Hill Book Co. pp.151, 1987
7. E.Zelolov, K.weiser, Thin Solid Films, Vol.89, pp.263, 1982
8. J.Philip, Phil. Mag.B, Vol.63, pp.493, 1991

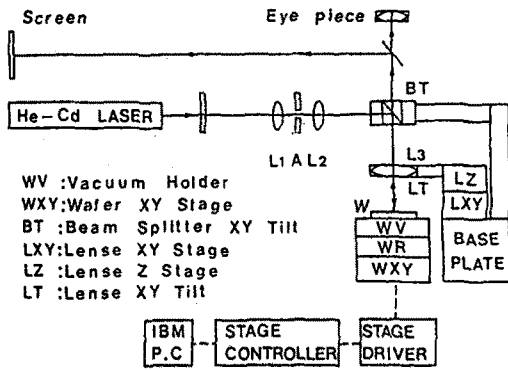


그림 1. 레이저 식각 장치의 개요도
 Fig. 1. The Schematic diagram of the laser lithography system

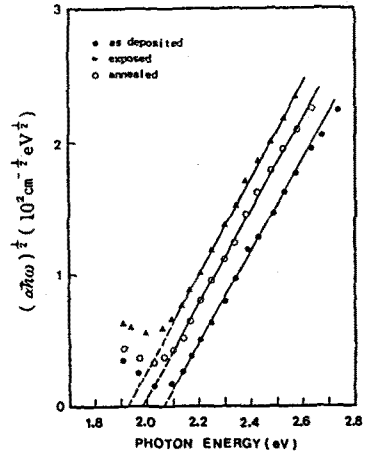


그림 4. 비정질 AsSeSGe계 박막의 광학에너지갭
 Fig. 4. Optical gap energy of a-AsSeSGe system thin films

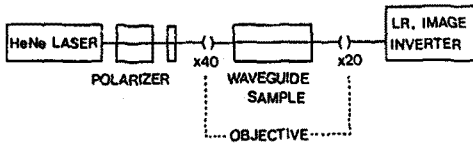


그림 2. End-fire coupling에 의한 측정장치 개요도
 Fig. 2. The Schematic diagram of End-fire coupling measurement

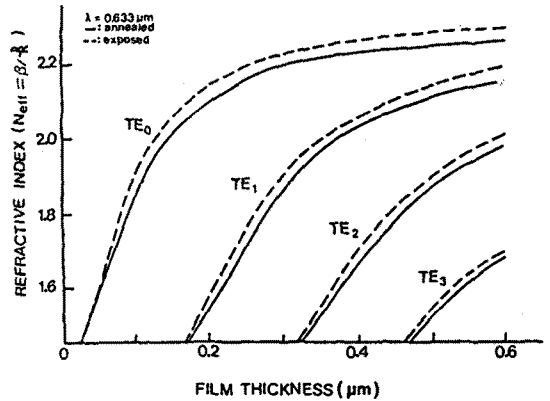


그림 5. 비정질 AsSeSGe계 광도파로의 분산 곡선
 Fig. 5. The dispersion curve of a-AsSeSGe system optical waveguide

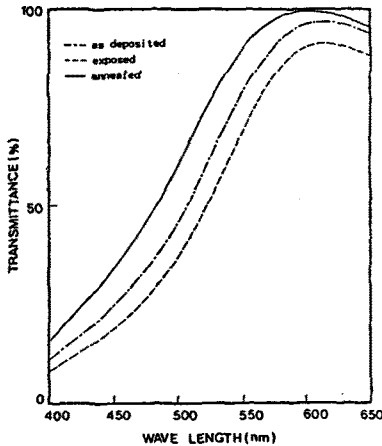


그림 3. 비정질 AsSeSGe계 박막의 투과도
 Fig. 3. Transmittance of a-AsSeSGe system thin films