

비정질 칼코게나이드박막의 가역적 광특성

정홍배, 박태성, 이성준, 김종빈*

광운대학교 전자재료공학과, *조선대학교 전자공학과

서 론

광통신의 실용화에 따른 각종 소자를 일체화하는 광집적화가 새로운 분야로 발전해 왔고, 최근 광기록 및 광기능소자로서 그 응용성이 급증하는 광정보 매질인 비정질 칼코게나이드 박막은 커다란 결함밀도(defect density)와 고립전자쌍(lone pairs)의 존재, 그리고 낮은 평균 배위수(≤ 2.45)로 인한 구조적인 유연성으로 광학에너지 갭의 이동, 굴절율 변화, 박막두께 변화, 화학적 활성도변화 등과 같은 광유기 변화가 발생한다. 또한 에너지 대역폭 이상의 광에 대해 투과도, 흡수계수, 굴절율 등이 변하는 광흑화현상이 발생하며 이 광흑화된 영역은 유리질 천이온도 부근에서 열처리시킬 경우 원래의 상태로 회복되는 가역적 변환특성을 갖고 있다. 그러므로 본 연구에서는 비정질 칼코게나이드 물질에 의한 가역적 광특성 고찰을 통해 광도파로 및 광회로 소자의 응용에 그 목적을 두고 있다. 일반적으로 비정질 칼코게나이드 광도파로 특징은 다음과 같다. 1) 대면적의 박막제작이 용이, 2) 근적외선 영역에서의 적은 전송 손실, 3) 높은 굴절율로 인한 도파로 기판 물질의 다양한 선택이 가능, 4) 굴절율이 광이나 전자빔 노출에 따른 변화가능, 5) 조성비 변화에 따른 굴절율 변화 가능

실 험

본 실험에서 사용된 조성은 $As_{40}Se_{50-x}S_xGe_{10}$ ($x=0, 25, 35$ at.%) 이었고 각 조성의 벌크(bulk)들은 전자빔증착기(electron beam evaporator)를 사용하여 6×10^{-6} Torr의 진공도에서 박막을 제작하였다. 증착각도 변화에 따른 박막은 기판과 보트(boat)를 0° , 60° , 80° 를 이루게 하여 $0.1\mu m \sim 0.6\mu m$ 의 두께를 갖도록 제작하였다.

제조된 벌크시료의 비정질상은 X-선 회절분석으로 확인하였고 벌크의 유리질 천이온도 측정은 일반적인 DSC와 정압비열(C_p)방법으로 측정하였다. 또한 박막의 증착 각

도에 따른 depth profile을 SIMS를 이용하여 측정하였다. 증착각도 변화와 증착직후의 박막, 열처리 및 빛 조사된 박막의 투과도와 흡수계수, 광학 에너지갭을 구하였다. 박막의 열처리는 T_g 부근인 200°C 에서 30분 동안 행하였고, 빛조사는 파장 441.6nm 인 He-Cd Laser로 30분간 하였으며 박막 표면에서의 세기는 $3\text{mW}/\text{cm}^2$ 였다.

결과 및 고찰

비정질 칼코게나이드 박막에서 발생하는 중요한 특성은 빛 조사시 흡수단이 장파장 영역으로 이동하는 광흑화 현상과 증착각도에 따른 columnar 구조의 붕괴, 승화에 기인하는 광수축현상, 그리고 열표백 현상 등이 있다. 박막의 투과도 측정에서는 박막의 증착각도와 처리 조건에 관계없이 Se의 첨가량이 증가할수록 투과도는 장파장으로 이동하는 광특성이 변하였으며, 증착각도를 달리 했을 경우에도 광특성이 변하는 것으로 나타났다. 이 박막을 다시 T_g 부근에서 열처리 시킨 경우 원래의 미처리 상태로 회복되지는 못하지만 흡수단이 단파장으로 이동하는 열표백화이 일어나는 가역적 광유기 특성을 보였다. 각 조건의 모든 박막들은 빛조사와 증착각도의 증가에 따라 $E_{g,opt}$ 는 감소하였으며, 열처리에 의해서 $E_{g,opt}$ 는 증가하는 현상을 나타내었다. 증착각도의 증가에 따른 $E_{g,opt}$ 감소는 columnar 구조의 형성으로 인한 무질서도가 증가하는 것으로 생각되며, 열처리에 따른 $E_{g,opt}$ 의 감소는 박막내의 원자들이 안정한 상태로 천이하는 것으로 생각된다.

결론

빛조사한 박막에서는 흡수단이 장파장 측으로 이동하는 광흑화 현상을 나타내었으며, Se의 첨가량이 증가할수록 광흑화 현상은 더욱 크게 나타났다. 빛조사 후 열처리한 박막에서는 흡수단이 단파장으로 이동하는 표백화 현상을 나타냄으로서 $\text{As}_{40}\text{Se}_{50-x}\text{S}_x\text{Ge}_{10}$ ($x=0, 25, 35 \text{ at.}\%$) 박막은 가역적인 광유기 특성을 갖는 것을 알 수 있었다. 광학 에너지 갭은 빛조사보다 열처리시 더욱 크며, 이 현상은 열처리에 의해 구조적으로 더욱 안정한 상태, 즉 이완 과정에 의한 결과로 추정된다.

이상과 같이 비정질 $\text{As}_{40}\text{Se}_{50-x}\text{S}_x\text{Ge}_{10}$ ($x=0, 25, 35 \text{ at.}\%$) 박막은 비정질 상내에서 구조적 변화를 일으키며, 빛조사에 의한 광흑화 현상, 열처리에 따른 표백화 현상등의 가역적 광유기 특성과 박막두께 변화를 통한 박막형 도파로와 같은 광기능 소자로의 응용이 가능할 것으로 사료된다.