

열처리 온도에 따른 CuInSe_2 나노 그레인과 광 전류

Nano-grains of CuInSe_2 as a function of annealing temperature and its photocurrent

송 기봉, 김 경암, 이 상수, 조 두희, 김 준호*, 정 문석**
 한국전자통신연구원, *인천대학교 물리학과, **고등 광 기술원
kbsong@etri.re.kr

주기율표 VI족 원소 즉, 칼코젠을 포함하는 소재 중 최근 활발하게 이용되고 있는 소재로는 상변화 (Phase Change) 소재와 황동광(Chalcopyrite) 등이 있다. 구체적 응용 분야로는 상변화물질의 경우 정보 저장 소재로 이용되고 있으며 황동광의 경우 태양전지 소재로 이용되고 있다. 정보저장에 이용되고 있는 대표적인 상변화 물질로는 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ (GST)가 있으며 태양전지에 이용되는 대표적인 황동광 물질로는 CuInSe_2 (CIS) 등이 있다.

최근 상변화물질 GST를 이용하여 칼코젠 광 박막형 트랜지스터⁽¹⁾를 제작할 수 있음을 알아보았다. 사용된 비정질 상변화 GST 물질의 경우, 상대적으로 그 물리적 특성이 잘 알려져 있어 기본 특성분석에는 좋은 소재이나 좁은 밴드 갭과 낮은 광 효율 때문에 상대적으로 넓은 밴드 갭과 높은 광 효율을 가지는 소재에 대한 연구가 필요하다. 황동광의 대표적 소재중 하나인 CIS는 태양전지에서 높은 광 효율을 나타내는 소재임이 알려져 있다.

본 논문에서는 이미 다른 논문에서 처음으로 제안하고 언급하는 n형 CIS(n-CIS)와 p형 CuSe (p-CuSe)를 이용하여 제작할 수 있는 광 박막형 트랜지스터의 광 채널 층으로 이용될 수 있는 높은 광 효율을 보이는 n-CIS소재의 광 그레인 형성과정에 대해 알아보려고 한다.

n-CIS의 경우 InSe와 CuSe 를 이용하여 열 증착 방법으로 적층성장하고 그 후 성장된 이층박막을 열처리하여 형성된다. 이 때 열처리조건에 따라 서로 다른 특성의 소재가 된다. 그림1은 InSe위에 CuSe 를 단순 증착한 열처리 하지 않은 시료의 Auger특성을 측정한 결과이다. 분석결과로는 InSe위에 CuSe 가 증착되어 Cu가 어느 두께까지만 존재함을 알 수 있다. 따라서 적층 성장된 CuSe/InSe 를 열처리하면 diffusion control process에 따라 적층 박막의 계면에서 가시광선에 반응하는 n-CIS소재를 형성할 수 있다. 실험한 열처리 온도는 200도, 300도, 325도, 350도, 380도 였다.

그림2는 380도에서 열처리되어 형성된 CIS소재에서 발생하는 광 전류 측정한 I-V특성 곡선이다. I-V특성을 측정하기 위해 별도의 전극을 형성하지 않은 점 접점방식에 의해 측정하였으며 붉은 선이 백색광을 비취준 경우 발생하는 광전류를 나타낸 곡선이다. 검은 색은 빛이 입사되지 않았을 때 전류가 거의 흐르지 않는 결과를 보인다. 열처리 온도에 따라 광에 반응하는 정도의 차이가 있는 소재가 제작된다. 별도로 언급하겠지만 백색광에 반응하는 CIS소재가 형성되는 열처리 온도는 300도 이후였다. 초기 적층 성장된 CuSe/InSe 에서 열처리 온도에 따라 소재 표면에서 그레인이 어떤 모양으로 형성되는지

AFM을 이용하여 알아보았다.

그림3은 As-evaporated, 300도, 325도 380도 열처리한 시료의 AFM Topography이다. 측정된 면적은 2um x 2um이었다. As-evaporated 시료에서 300도 범위의 열처리 시료는 가시광선에 대해 무관한 박막이 형성되었다. 이는 In 혹은 Cu가 diffusion 되어 있으나 n-CIS로써 결합되어 있는 상태는 아닌 소재의 상이며 빛에 대해 광 효율이 좋은 n-CIS시료는 열처리 온도 300도 이후의 시료에서 형성되었다. 그림3에서 볼 때 그레인의 크기가 온도 325도 까지는 점점 작아지며 광 효율이 좋은 시료가 되었다. 380도 시료의 경우 작아지던 그레인이 다시 커지게 되는 현상이 나타났다.

요약하면 적층 성장된 CuSe/InSe 박막을 상온에서 380도까지 열처리 하였을 때 가시광선에 반응하는 광 효율이 좋은 박막은 열처리 온도 300도 이상에서 형성되었으며 이때 형성되는 그레인은 온도가 올라가면서 점점 작아지게 되며 380도 이후에서는 형성되는 그레인이 다시 커지는 방향으로 박막이 만들어 졌다. 그레인의 크기는 수십nm - 수백nm 정도였고 그레인의 크기에 따른 광 효율의 물리적 메카니즘은 나노 광 구조 측정을 통하여 향후 자세히 언급된다.

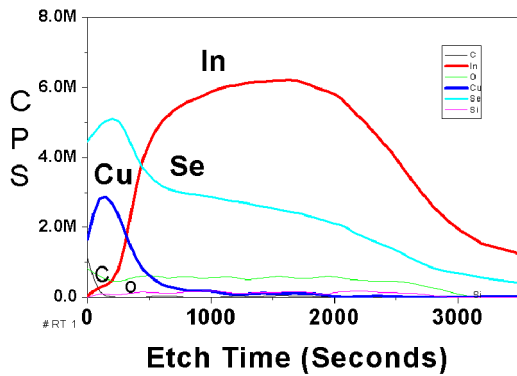


그림1. 적층성장된 CuSe/InSe의 Auger 스펙트럼

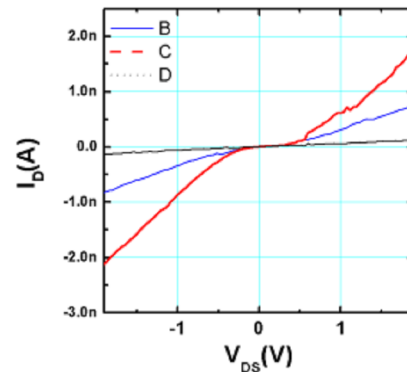


그림2. 380도에서 열처리된 CIS시료 광 IV 특성

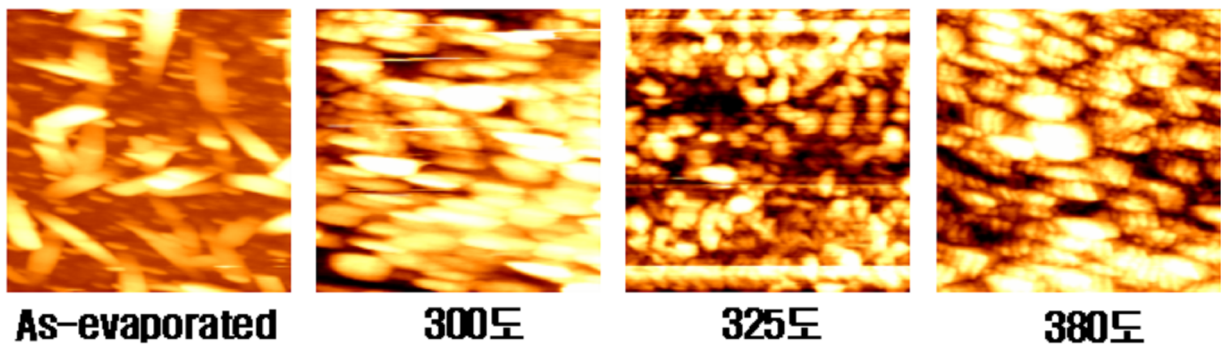


그림3. AFM으로 측정된 온도에 따른 그레인의 크기변화

참고문헌

1. 송 기봉, 조 두희, “비정질 GeTe-Sb₂Te₃를 이용한 PHOTO-TFT”, 한국광학회, Photonics Conference 2005 학술회의 논문집, pp.107-108(2005).