

Chalcogen 혼합물을 이용한 Photo-TFT 제작

Fabrication of Photo-TFT with Chalcogen Alloys

김경암, 이상수*, 조두희*, 김준호**, 조규만***, 송기봉*
 ETRI / 서강대학교 물리학과, *ETRI, **인천대학교 물리학과
 ***서강대학교 바이오융합기술연구단/물리학과,

beam3@etri.re.kr

Chalcogen 원소 중 Se이 함유된 CuSe와 InSe 를 이용하여 제작된 CuInSe(CIS)가 Photo-Thin Film Transistor(TFT) 로 이용가능 한지에 대하여 알아보았다.

Cu, In 그리고 Se 혼합물로 만들어 지는 CIS 는 약 1.02~1.04 eV 의 band gap 을 가지고 있어서 Solar Photovoltaic device 에 대한 물질로 지금까지 많은 관심을 가지고 있다.

CIS의 또 다른 관심거리 중의 하나는 CuSe와 InSe는 각각 *p*-type과 *n*-type 으로 알려져 있지만 CIS 의 캐리어 농도가 열처리에 따라 *n*-type 또는 *p*-type 이 모두 가능하다는 사실이다.

Se 분위기에서의 열처리는 Cu의 vacancy(acceptor)를 증가시켜 *p*-type의 CIS를 만들고 진공상태나 Ar 같은 불활성 기체에서의 열처리는 Cu 의 vacancy(acceptor)를 감소시켜서 *n*-type 의 CIS 가 만들어 지는 것으로 알려져 있다.⁽¹⁾

또한 CuSe와 InSe 그리고 이 두개의 혼합물로 만들어 지는 CIS 는 모두 VI 족 chalcogen 원소(S, Se, Te)인 Se 가 함유되어 있다. chalcogen 원소로 이루어진 고체 상태에서는 비결합(non-bond)의 에너지 band가 형성되며 비결합 상태에 있는 전자를 고립전자쌍(Lone Pair electrons : LPe) 이라 한다. 이 고립전자쌍의 유무가 전자의 이동도 및 carrier 상태 등에 밀접한 연관이 있어서 물질의 광학적, 전기적 특성에 큰 영향을 미친다고 알려져 있다.⁽²⁾

그림 1. 은 본 논문에서 제작하려는 photo-TFT의 단면 구조가 나와 있다. 그림에서와 같이 *n*-type CIS를 지금까지 많이 알려져 있는 solar cell 구조가 아닌 TFT의 채널 층과 photo active layer로 이용하려 하며, CIS 의 빛에 대한 반응성 및 TFT의 기본 구조인 *pn* 접합 구조를 chalcogen 원소가 함유된 물질로 제작 가능한지에 대해 정성적으로 알아보았다.

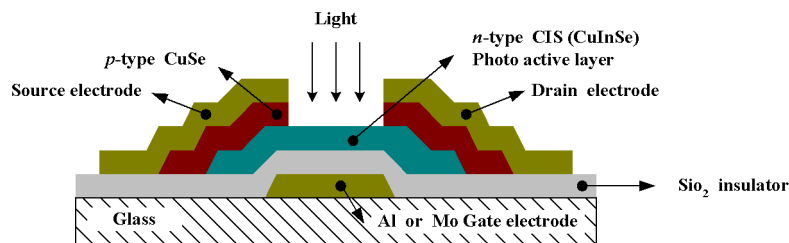


그림 1. *n*-type CIS 와 *p*-type Cuse 로 구성된 Bottom Gate Photo-TFT 단면도

먼저 세척된 glass 위에 InSe 와 CuSe 을 열 증착(Thermal evaporation) 방법으로 각 각 차례대로 증

착하여 박막을 형성하였다.

증착된 CuSe/InSe를 RTA(Rapid Thermal Annealing)을 이용하여 Ar 분위기에서 각각 200 °C ~380 °C로 열처리 하였다.

Cuse 만 증착된 박막의 Hall effect 측정결과 캐리어 농도는 약 $1.28 \times 10^{17} \text{ cm}^{-2}$ 인 *p*-type 박막으로 나타났으며, Cuse/InSe 를 증착한 박막을 200 °C에서 10분 간 열처리 후 측정한 결과 캐리어 농도는 약 $-2.02 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ 인 *n*-type 으로 나타났다. 이는 열처리로 인해 CuSe 박막과 InSe 박막이 서로 내부 확산되며 이로 인해 CIS 구조가 만들어 지고 있는 것으로 판단 할 수 있다.

따라서 *p*-type CuSe와 *n*-type CIS를 이용한 *pn* 접합 구조가 가능할 것으로 예상 할 수 있다.

열처리 온도와 조건에 따른 CuIn/InSe 의 확산 구조와 Hall effect 측정은 추후에 자세히 논의 할 예정이다.

그림 2에는 InSe/CuSe 박막의 열처리 온도에 따른 I-V 특성 곡선 중 300 °C에서 열처리한 박막의 정성적인 특성 곡선을 나타냈다. 그림에서 박막에 조사된 빛은 집광되지 않은 1mW의 He-Ne laser($\lambda=633\text{nm}$) 와 I-V 특성 곡선 측정 시 박막 정렬을 위해 비쳐 주는 약한 halogen lamp 의 두 종류 이다.

그림에서 보는 것과 같이 빛의 유무에 따라 photo-current 의 차이가 수십 pA와 수 nA로 약 100 배에 가까운 것을 확인 할 수 있으며, 빛의 유무에 따라 스위칭 동작을 하는 것을 알 수 있다.

He-Ne laser에서 조사된 빛보다 halogen lamp에서 조사된 빛에 의해 더 많은 photo-current 가 흐르는 것을 알 수 있으며 이는 CIS 의 에너지 band gap 이 1.02 eV~1.04 eV 인 것을 감안하며 쉽게 이해 할 수 있다.

열처리 온도가 300 °C 이상인 조건에서의 다른 박막도 photo-current의 크기만 다를 뿐 빛의 유무에 따라 유사한 I-V 특성 곡선을 얻을 수 있었다.

그림3. 에는 *p*-type CuSe 와 *n*-type CIS 를 이용한 *pn* 접합의 전압(V)과 전류(I) 특성 곡선이 나와 있다. 일반적인 *pn* 접합의 I-V 특성 곡선과 유사하게 정류작용을 하는 것을 볼 수 있으며 이는 Cuse와 CIS를 이용한 *pn* 접합이 가능하다는 것을 보여준다.

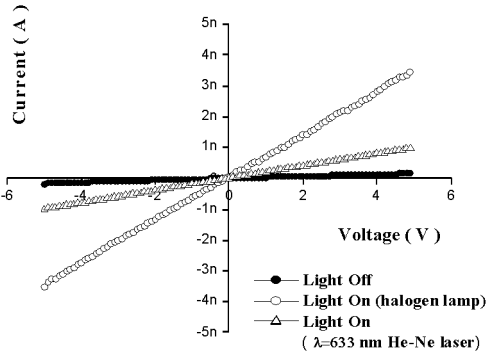


그림 2 . 300°C 열처리 후 제작된 CIS의 빛에 대한 I-V 특성

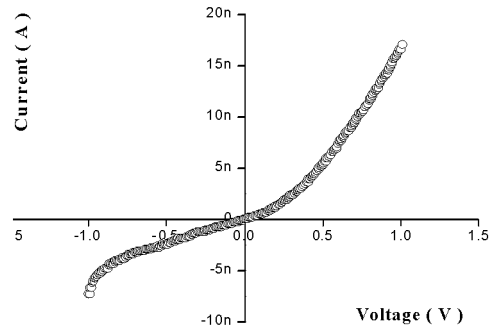


그림 3. *n*-type CIS와 *p*-type Cuse 를 이용한 *pn* 접합의 I-V 특성 곡선

따라서 증착된 CuSe/InSe 박막은 300 °C ~ 380 °C 사이의 열처리 조건에서 빛에 대해 높은 반응성을 보여 많은 photo-Current 가 흐르는 것을 확인 할 수 있었으며, photo TFT의 기본 구조인 *pn* 접합을 chalcogen 혼합물로 이루어진 *n*-type 의 CIS 와 *p*-type CuSe 로 제작이 가능하다는 것을 알 수 있었다.

CIS와 CuSe 를 이용한 Photo-TFT 제작 공정과 특성 평가는 논문에서 자세히 논의 할 예정이다.

1. S.Wagner, Topic in Applied Physics, edited by J.I.Pankove (Springerverlag, Berlin, 1977). Vol. 17.
2. M. Kaster, Phys. Rev. Lett. 28, 355(1972)