

# Se薄膜의 태양電池 製作에 關하여

崔致圭, 玄東杰\*

## On the Fabrication of the Se thin film Solar Cell

Choi Chi-kyu, Hyun Tong-guel

### Summary

A selenium thin film solar cell incorporates an ITO/CdSe/Se/Au structure and was fabricated by vacuum evaporation. The CdSe layer was treated at 250°C for 1 hour, and the crystalline form seem to be microcrystalline. Its resistivity was higher than  $10^7 \Omega \cdot \text{cm}$ .

The cell characteristics were investigated by measuring I-V, C-V in the dark and under the illumination at  $100\text{mW}/\text{cm}^2$ , and the results obtained were  $\eta = 6.8\%$ ,  $V_{oc} = 0.22$  volt,  $I_{sc} = 32 \times 10^{-3} \text{A}$ , and  $F.F. = 0.48$  respectively.

The structure of this cell is MIS type and the barrier heights deduced from saturation current  $I_{sc}$  with I-V characteristics was 0.64eV.

### 序 論

Se는 twofold로 배열된 원자결합 배열과 몇개의 band gap state를 가진 반도체이며, 특히 가전자대가 고립전자쌍에 의하여 형성되어 있다. (Spear 1975, Lakatos 1971).

비정질 Se은 낮은 surface state 밀도와 band gap state밀도 및 긴 carrier life time을 지니고 있어 소자응용에 매우 유용한 물질로 평가되고 있으며(Hartke 1962), 오래전부터 광전지, 사진전송,

xerographic plate, vidicon target 등에 사용되어 왔다 (Schaffert, 1965, Tung 1963, Kastner 1972, Tabak 1968). 그러나 Se은 태양전지나 photocell과 같은 광전소자에 사용할 때 소자의 내부저항을 줄이기 위하여 Se막의 결정형을 요구하고 있으며, 결정화과정에서 생기는 균열도 또한 문제점으로 지적된다 (Ito, 1984).

본 실험에서는 Se박막 제작과정에서 발생하는 결점을 보완하기 위하여 투명전도막 ITO와 Se막 사이에 energy gap 이 1.73eV로써 가시광영역에서 높은 광전감도를 갖고 있는 CdSe막을 얇게 형

성시켜 Se 태양전지를 제작하였다. 따라서 전기적, 광학적 특성 조사로 Se 태양전지의 open circuit voltage, short circuit current, fill factor, band 구조, 효율 등을 구하였다.

## 實 驗

Fig.1은 본 실험에서 제작된 Se 태양전지의 구조도이다. sheet저항이  $\sim 10\Omega/\square$ 인 ITO막 유리기판위에 Anelva VI-43N type 진공 증착기를 사용하여  $2 \times 10^{-6}$  torr의 진공도에서 CdSe(5N, BALZERS) 막을  $0.025\mu\text{m}$  두께로 증착하고 Se(5N, KATAYAMA)막은  $0.55\mu\text{m}$ 로 증착하였다. CdSe 막의 두께는 cell의 특성에 많은 영향을 준다. 즉, CdSe막의 두께가 아주 얇을 경우 short-circuit current는 증가하나 open-circuit voltage와 fill factor 및 효율이 감소되고, CdSe 막이 아주 두꺼울 경우에는 open-circuit voltage는 증가하나 short-circuit current와 fill factor 및 효율이 감소한다. 따라서 CdSe막의 최적두께는 Ito Hideo 등의 보고에 의하여  $0.025\mu\text{m}$ 로 하였다. (Ito, 1984).

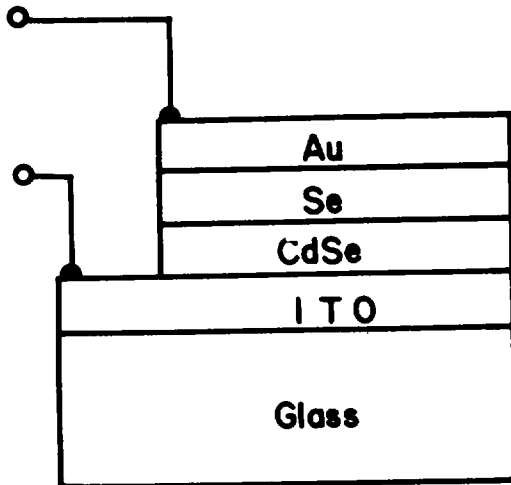


Fig. 1. Structure of ITO/Se Solar Cell

CdSe가 진공중에서 가열되어 증발할 때 성분원소로 분해하는 경향이 있으므로(최치규 1981) 기판의 온도를  $200^\circ\text{C}$ 로 하여 증착하였고, microcrystalline 시키기 위하여  $2 \times 10^{-5}$  torr 진공도에서 기

판의 온도를  $250^\circ\text{C}$ 로 1시간동안 열처리 하였다. 열처리한 CdSe막의 비저항은  $\sim 10^7\Omega \cdot \text{cm}$ 였다. Se막은 증착시 균열을 막기 위하여 기판온도를  $150^\circ\text{C}$ 로 하여 증착하였으며, cell의 면적은  $0.5\text{cm}^2$ 로 하였다. 전극은 ohmic contact이 좋은 Au(4N, AESAR)를 사용하여 ITO/Se 태양전지를 제작하였다.

제작된 ITO/Se 태양전지의 전류-전압특성은 Hewlett-Packard(4140 B Type)의 PA meter/DC Voltage source를 사용하였고 junction capacitance-voltage 특성은 Hewlett-Packard(4280 A Type)의 C meter/C-V plotter를 사용하여 주파수 1KHz에서 측정하였다. 태양전지의 출력특성은  $100\text{mW}/\text{cm}^2$ 의 solar simulator하에서 측정하였으며 CdSe 열처리 효과에 대한 표면결정상태를 고찰하기 위하여 SEM(AKASHI, ISI-SS130)으로 조사하였다.

## 結果 및 考察

제작된 태양전지에 빛을 조사하였을 때와 하지 않았을 때의 전류-전압특성곡선을 Fig.2와 같다. 여기서 Voc(open circuit voltage)는 0.22volt, Isc(short circuit current)  $32 \times 10^{-3}\text{A}$ 이다. 또한 최대 출력을 나타내는 전류와 전압은 Vop가 0.17volt이고 Iop는  $25.5 \times 10^{-3}\text{A}$ 로 Fig.3에서 얻어지며 fill factor F.F는 0.48이고 에너지 변화효율  $\eta$ 는 6.8%이다.

Fig.4는 태양전지의 순방향과 역방향의 I-V 특성을 나타낸 것으로 낮은 전압영역에서 포화전류와 ideality가 각각  $2 \times 10^{-4}\text{A}$ , 1.0이며 높은 전압영역에서는  $6 \times 10^{-4}\text{A}$ , 0.5로써 기울기의 변화를 볼 수 있으며 이는 낮은 전압영역에서 thermionic emission current가 지배적인 반면에 높은 전압영역에서는 diffusion current의 영향이 크다는 것을 나타내는 것으로 interface에 의한 전류 특성의 변화를 알 수가 있다 (Wagatano 1976, Ghosh 1979).

Bethe의 thermionic emission 이론에 의하면 순방향 포화전류측정에 의하여 barrier height를 구할 수 있다(Sze, 1969). 따라서 Fig.4에 측정된 Isc로

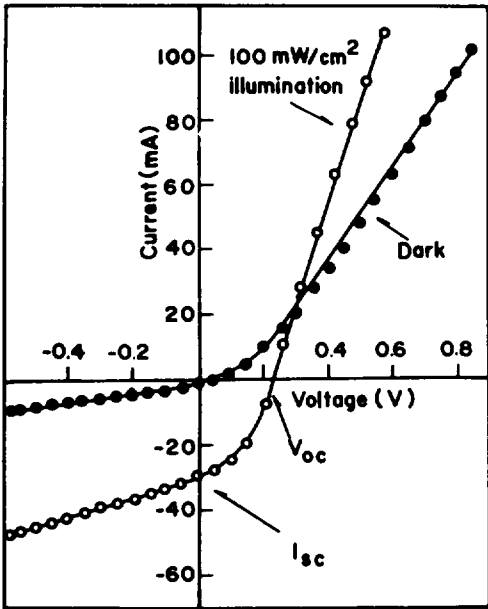


Fig. 2. I-V characteristics of ITO/Se Solar Cell in the dark and under the illumination at  $100\text{mW}/\text{cm}^2$

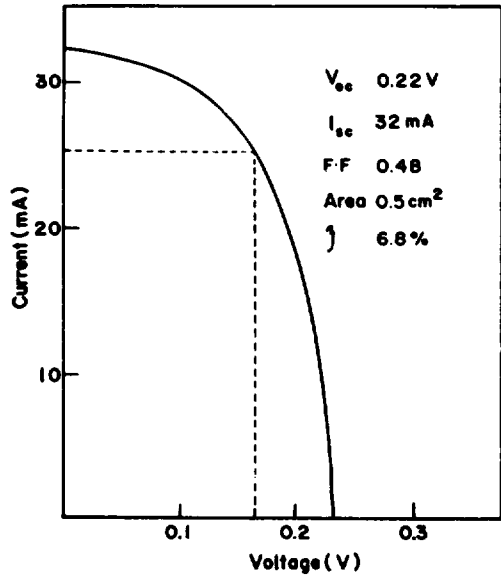


Fig. 3. Power Curve for ITO/Se Solar Cell under AM1 simulated sunlight of  $100\text{mW}/\text{cm}^2$

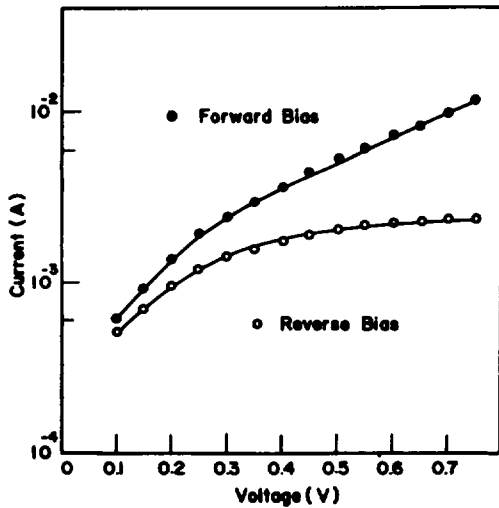


Fig. 4. Dark forward and reverse I-V characteristics of ITO/Se Solar cell at  $300^\circ\text{k}$

부터 계산된 barrier height는  $0.65\text{V}$ 로 산출된다.

Fig.5에서는 상온에서 junction capacitance와 인가전압을 측정하여 전압변화에 따른  $C^{-2}$ 의 변화

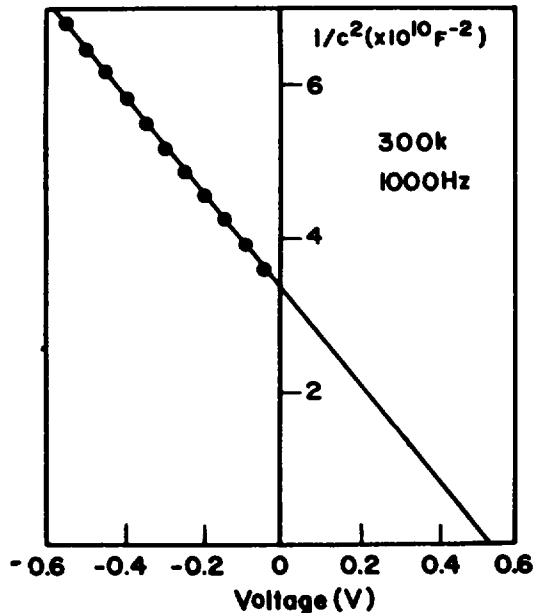


Fig. 5. Plots of  $C^{-2}$ -V characteristics at  $300\text{k}$

를 나타내었다. 여기서 주파수는  $1\text{KHz}$ 로 하였다. built-in-voltage는  $0.52\text{V}$ 로써 개방전압  $V_{oc}$ 보다 다소 큰 값을 보여주고 있으며, 그림의 기울기로

부터 계산된 acceptor 밀도는  $8.8 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 이다. 이들로 부터 cell의 barrier height는 0.64eV이며, Fermi level은 가전자대로 부터 0.14eV위에 존재하며, zero bias일 때 space charge layer 폭은  $2.41 \times 10^{-5} \text{cm}$ , 최대전장은  $4.3 \times 10^6 \text{V/m}$ , barrier lowering은 약 0.024eV이다. 따라서, cell의 구조는 MIS-type으로써 energy band diagram은 Fig.6과 같다.

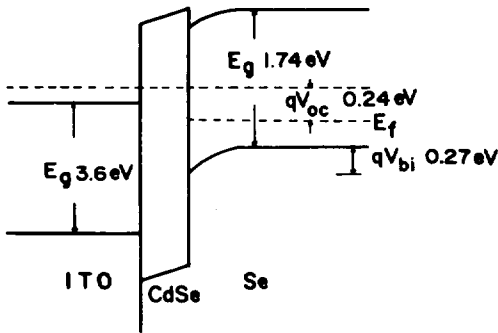


Fig. 6. Band diagram for ITO/Se Solar Cell under the illumination

Se와 ITO의 energy band gap은 1.74eV와 3.6eV이다(Gobrecht 1964, 라명옥 1981). 따라서 cell의 CdSe 두께는 space charge layer 폭보다 작은 차수로써 CdSe의 layer의 고갈과 결정면의 fluctuation은 작은 불연속선을 압도하므로 CdSe와 Se 사이에 존재하는 potential spike는 아무런 역할도 하지 못하며, diffusion potential은 Se에 발달되어 있다고 사료된다(Champness 1969). ITO는 축퇴된 n형 반도체로서 거의 금속과 같이 작용한다. 따라서 제작된 태양전지를 ITO-(CdSe)-Se Schottky barrier에 포함되는 MIS형 junction으로 간주하면 소자의 역학관계를 설명할 수 있다.

Fig. 7은 photospectral response를 나타내는 것인데 광전류의 크기를 최대치 1로 규격화시킨 것이다. 광전감응은 400nm에서 700nm이상으로 넓은 파장에 걸쳐 퍼져있으며 530nm에서 최대치를 보였다.

SEM으로 CdSe 막과 Se막의 표면결정상태를 관찰하기 위하여 Fig 8로 나타내었다. (a)는 CdSe

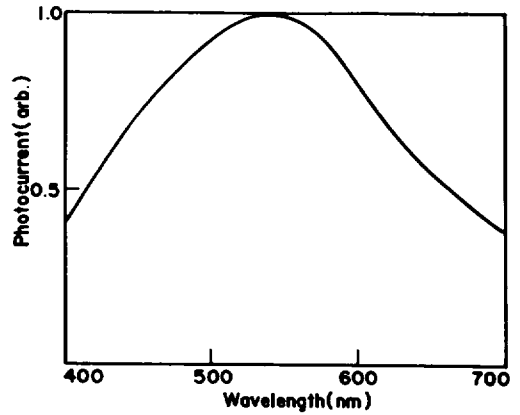
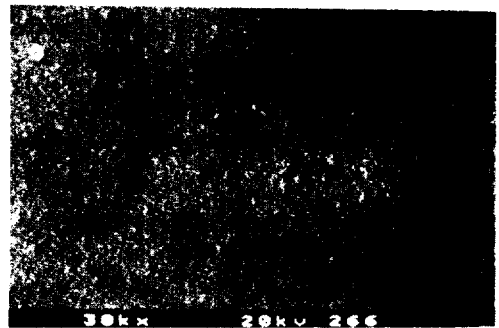
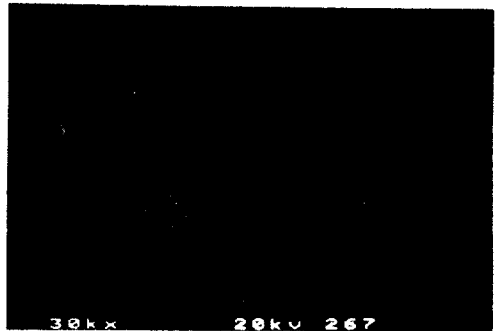


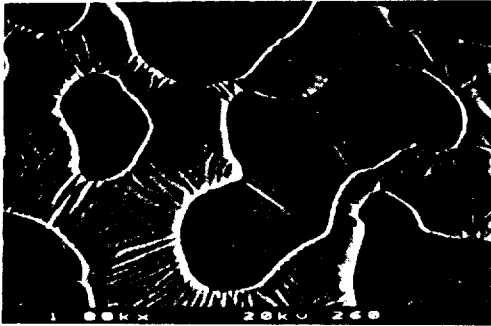
Fig. 7. Photo spectral response of ITO/Se Solar Cell



(a)



(b)



(c)

**Fig. 8. The SEM micrographs for the samples**  
 (a) CdSe film before annealing  
 (b) CdSe film annealed in vacuum at 250°C for 1 hour  
 (c) Se film

막을 열처리하지 않는 표면상태이고 (b)는  $2 \times 10^{-5}$  torr 진공중에서 250°C로 1시간 열처리한 것으로 표면이 smooth하다. 이것은 CdSe막이 microcrystalline 됨을 보여준다. (c)는 유리기판 위에 Se를 증착한 박막으로 표면상태가 균열되어 있음을 쉽

게 관찰할 수 있다. 이것은 막형성과정에서 결정화에 기인한 것으로 사료된다.

### 摘 要

진공증착법에 의하여 ITO막과 Se막 사이에 Se의 균열을 보완하기 위하여 CdSe막을 0.025 $\mu$ m 두께로 증착하여 MIS-type ITO/Se 태양전지를 제작하였다.

열처리한 CdSe막의 비저항은  $\sim 10^7 \Omega \cdot \text{cm}$ 였고 결정이 microcrystalline됨을 보였다. cell의 I-V특성에서 Voc가 0.22V, Isc는  $32 \times 10^{-3}$  A 이고, fill factor는 0.48로 얻어졌으며 효율은 6.8%이다. 또한 MIS type인 ITO/CdSe/Se/Au cell 구조에서 barrier height는 0.64eV로 얻어졌다. 따라서 Se막의 균열과 CdSe 막의 열처리에 따른 shunt저항, series저항증가에 따른 문제점이 해결된다면 실내에서 사용되는 계산기나 LSI game machine의 전원으로 이용할 수 있으리라 기대된다.

### 參 考 文 獻

Champness C. H., Griffiths C. H. and Sang H., 1969. The Physics of Selenium and Tellurium, 349, Pergamon Press, Oxford.

최치규, 김인호, 최홍수, 1981, 경상대학교논문집, 제20집, 189-193.

Ghosh A. K., Fishman C. and Feng T., 1979. *J. Appl. Phys.*, 49, 3490.

Gobrecht H., et al. 1964. Recent Advanced in Selenium Physics, Pergamon Press, Oxford.

Hartke J. I., 1962. *J. Appl. Phys.*, 31, 1558.

Ito Hideo, Ika Masayoshi, Ogino Toshio, Take-da Akitsu and Mizushima Yoshiniko, 1984, *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol.23, No.6, 719.

Kastner M., 1973. *Phys. Rev. Lett.*, 28, 355.

Lakatos A. I. and Abkowitz, 1971. *Phys. Rev.*, Vol.3, No.6, 1791.

라병욱, 1981, 경북대 물리 화학연구소보, 제2집, 147.

Schaffert R. M., 1965. Electro photography, Focal Press, N. Y.

Spear W. E. and LeCamber P. G., 1975. Solid state Commun., 17, 1193.

Sze S. M., 1969, Physics of Semiconductor Devices, Wiley, N. Y.

Tabak Mark D. and Warter Peter J., 1968. *Phys. Rev.*, 173, 3, 899.

Tung L. H. and Regensburger Paul J., 1963. *J. Appl. Phys.*, 34, 1730.

Wagatomo Takao and Omoto Osama, 1976, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 15, 199.