

**Cu를 도우프한 소결체 CdS/CdTe 태양전지의 특성**  
**Photovoltaic Properties of Cu Doped CdS/CdTe Solar Cells**

김철수\*  
 임호빈

한국과학기술원 박사과정  
 한국과학기술원 교수

Chul-Soo Kim\*  
 Ho-Bin Im

KAIST  
 KAIST

**Abstract**

The cell parameters of the sintered CdS/CdTe solar cells in which the CuCl<sub>2</sub> was added in the carbon paste after the sintering of the CdS/CdTe composites and were annealed at 350 °C for 10 min in nitrogen are investigated. Voc and FF do not change significantly as the CuCl<sub>2</sub> increases up to 500 ppm, Jsc increases with increasing copper up to 25 ppm and then decreases with further increase in copper. The hole concentration, determined by C-V measurement, increases to 1.5×10<sup>16</sup>/cm<sup>3</sup> as the copper increased to 25 ppm and then stays at about the same value with further increase in copper.

위하여 다시 600 °C, 15분간 재열처리를 하였다. 이러한 CdS 위에 5 wt.% CdCl<sub>2</sub>를 첨가한 CdTe slurry를 도포한 후 625 °C에서 1시간 소결하였다. 특성이 균일하도록 제작한 CdS/CdTe 소결막 위에 다음과 같은 방법으로 전극을 형성시켰다. 먼저 CdS 소결막 위에는 20 wt.%의 In metal(Cerac.Inc. 5N)을 silver paint(Du-pont #4929)에 첨가한 In-Ag paint를 일었다. CdTe 소결막 위에는 carbon paint(ESPI #5006)를 3x11 mm<sup>2</sup>로 도포하였다. 이 때 TGA에서 관찰된 감량 반응으로부터 구한 carbon paint 내의 carbon의 함량비율 기준으로, CuCl<sub>2</sub>의 첨가량을 조절하였다. 그리고 carbon 전극의 먼저항을 낮추고 기계적 강도를 높이기 위하여 Ag paint를 보조전극으로 일었다. 이렇게 준비된 시편을 350 °C에서 10분간 열처리를 하였다. 그림 1은 완성된 태양전지의 구조를 나타낸 그림이다.

**I. 서론**

CdS/CdTe 태양전지는 도포 및 소결법으로 높은 효율의 전지를 제작할 수 있다[1,2]. S.Ikegami [2]는 Cu를 carbon 전극에 첨가하여 증실도에 의한 효율 증가를 보고한 바 있다. 한편, Sohn 등 [3]은 CdTe 소결시 CuCl<sub>2</sub>를 첨가하여 소결한 후, 전하농도의 증가 및 self compensation의 발생을 관찰한 바 있다.

본 연구에서는 태양전지의 제조 단가를 낮추기 위해 paste 형태의 전극물질을 screen printing 방법으로 제조하되, 불순물을 전극에 첨가하여, CdS/CdTe 이종접합 태양전지의 효율을 증가시키고자 하였다.

**II. 실험 방법**

CdS는 11 wt.% CdCl<sub>2</sub>를 첨가하여 600 °C에서 90분간 소결한 후, 잔류된 CdCl<sub>2</sub>를 제거하기

**III. 결과 및 고찰**

CuCl<sub>2</sub>를 carbon 전극에 0, 25, 50, 100, 500 ppm을 첨가하였을 경우, 전지특성의 변화를 그림 2에 나타내었다. 효율은 25ppm에서 최대값을 나타낸 후 CuCl<sub>2</sub>의 첨가량이 증가할수록 감소하였다. 그리고 개방전압 및 증실도는 CuCl<sub>2</sub>의 양에 따른 변화가 없었다. 따라서 효율의 변화는 단락전류의 변화와 비슷한 경향을 보였다.

그림 3은 carbon 전극에 0, 25, 500 ppm의 CuCl<sub>2</sub>를 첨가하였을 때의 태양전지의 분광반응도를 조사한 것이다. Cu의 첨가량에 따른 분광반응도가 단파장 및 장파장에서 비슷한 경향을 보여주나 파장 전 구간에서 분광반응도의 절댓치가 Oppm에 비해 25ppm에서 증가 하였으며, 500ppm일 때는 Oppm과 비슷하였다. 그림 3의 분광반응도는 Moon 등[1]이 CdTe의 전하농도가 다룰때 관찰한 것과 비슷하다. Kucys et al.[4]에 의하면 CdTe에서의

Cu의 용해도 ( $N_{Cu}$ ) 및 확산계수 ( $D_{Cu}$ ) 는 다음과 같다.

$$N_{Cu} = 2.4 \times 10^{22} \exp(-0.48/kT)$$

$$D_{Cu} = 9.57 \times 10^4 \exp(-0.74/kT)$$

350 °C에서의 Cu의 용해도는  $3.15 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 이다. CdTe의 분자밀도가  $1.55 \times 10^{22} / \text{cm}^3$  이므로 이 용해도는 200 ppm에 해당된다. 또한 350 °C 에서 10분 동안 확산되는 거리 L (diffusion length)은 다음과 같이 계산된다.

$$L = (D \cdot t)^{1/2} = 10^{-3} \text{ cm} = 10 \mu\text{m}$$

그림 4-(a)는 CdS 위에, 5wt.% CdCl<sub>2</sub>를 첨가하여 625 °C 1시간 소결한 CdTe 소결막의 표면사진이며, (b)는 이러한 CdS/CdTe의 단면사진이다. CdS와 CdTe의 두께는 15 μm 정도이며 CdTe의 입자 크기는 10 μm 미만이다. CdTe의 이러한 미세구조는 10분간 열처리를 하였을 때의 Cu의 확산 거리보다 작아서 Cu가 충분히 도우평된다고 생각할 수 있다. 이러한 도우평에 따른 전하농도의 변화 여부를 알기 위해서 C-V 측정을 하였다. C-V 측정은 100 kHz에서, signal amplitude를 20 mV로 하고, 시편에 0~1 V의 reverse bias를 가해주면서 64번 측정 평균치의 capacitance 값을 취하였다. C-V 특성은 식(1)과 같이 주어진다.

$$N = \frac{2}{q \epsilon A^2 d (1/C^2) / dV} \quad \text{--- (1)}$$

여기서 q는 전하량,  $\epsilon$ 는 CdTe의 permittivity, A는 CdTe의 active area를 나타낸다. C-V 측정 data 및 식 (1)을 사용하여 전하 농도를 구한 것을 그림 5에 나타냈다. CdTe 소결막의 전하농도는 carbon 전극에 Cu를 첨가하지 않았을 때  $5.7 \times 10^{16} / \text{cm}^3$  이었으나 25ppm일 때  $1.3 \times 10^{16} / \text{cm}^3$  로 증가하였으며, Cu의 첨가량이 증가함에 따라  $1.5 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ 로 거의 일정하였다. Cu 첨가량에 따른 일정한 전하농도는 CdTe내에서의 Cu의 self-compensation이 발생하는 것으로 생각되었다. 한편, Moon 등[5]은 CdS에 Cu가 첨가될 경우 광부과도가 급격히 감소한다고 보고한 바 있다.

그러므로, 전극에 Cu를 첨가하지 않는 경우에 비해, 25ppm의 Cu를 첨가하였을 때 단락전류가 증가한 것은 CdTe내의 전하농도의 증가 때문이며 그 이상의 농도에서는 광부과도가 감소하기 때문에 단락전류가 감소하는 것으로 생각된다. 따라서 단락전류의 변화는, 열처리시 Cu의 확산에 따른 CdTe의 전하농도와 CdS의 광부과도의 복합적 작용으로 사료되었다.

#### IV. 결 론

CdS/CdTe 소결막 위에 전극을 paste 상태로 입힌 후, 350 °C에서 10분간 열처리를 하였다. 전극 열처리시 carbon 전극에 Cu를 첨가하였을 때, 25ppm에서 효율이 10~20% 증가하였다. 이는 CdTe의 전하농도 증가에 의한 단락전류의 변화에 기인한 것이라 생각되었다.

#### V. 참고 문헌

1. J.T.Moon, K.C.Park and H.B.Im, Solar Energy Materials, 18, 53(1988).

2. S.Ikegami, Solar Cells, 23, 89(1988).
3. D.G.Sohn and H.B.Im, Trans. Korean Inst. Elect. Eng. 37, 777(1988).
4. E.Kucys, J.Jerhot, K.Bertulis and V.Bariss, Phys.Stat.Sol., 59, 91(1980).
5. J.T.Moon and H.B.Im, J.Mat.Sci, 23, 3475 (1988).

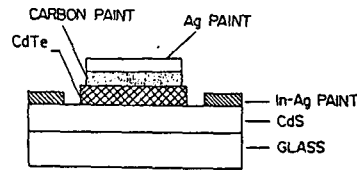


그림 1. 소결제 CdS/CdTe 태양전지의 구조.

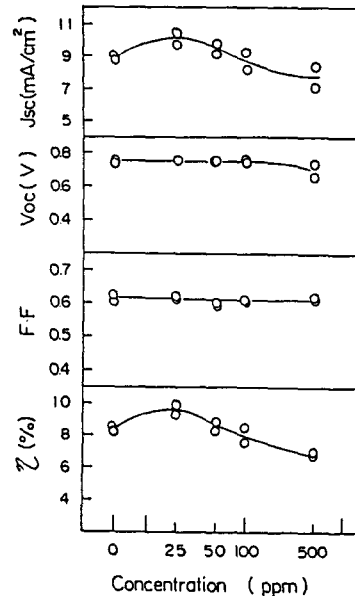


그림 2. Carbon 전극에 첨가한 CuCl<sub>2</sub> 양에 따른 CdS/CdTe 태양전지 특성 변화.

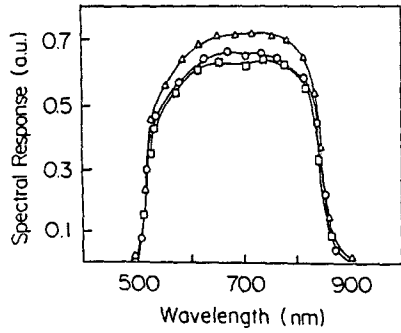


그림 3. Carbon 전극에 첨가한  $\text{CuCl}_2$  양에 따른 CdS/CdTe 태양전지의 분광반응도. (  $\circ$ : 0ppm,  $\Delta$ : 25ppm,  $\square$ : 500ppm )

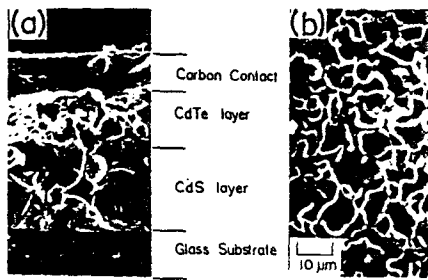


그림 4. CdS/CdTe 태양전지의 단면(a)과, CdTe 소결막의 표면(b)의 미세 구조 사진.

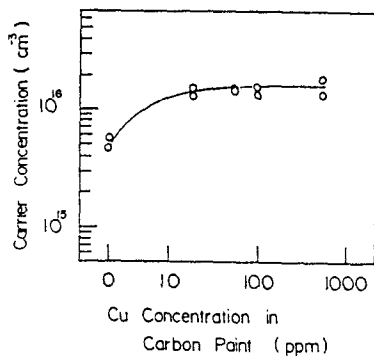


그림 5. Carbon 전극에 첨가한  $\text{CuCl}_2$  양에 따른 CdTe 소결막의 전하농도.