

창 립
40주년 학술대회
논문 87-G-20-7

n-CdS/n-CdTe/p-CdTe 태양전지의 분광반응도

임 호빈 한국과학기술원 재료공학과 교수
 김 선재* 한국과학기술원 재료공학과 석사과정*

Spectral Response of the n-CdS/n-CdTe/p-CdTe Solar Cells

H. B. Im KAIST
 S. J. Kim*

Abstract

Transparent CdS films with low electrical resistivity on glass substrates were prepared by coating a CdS slurry which contained 10 wt.% CdCl₂ and sintering in a nitrogen atmosphere at 600 °C for 2hr. All-polycrystalline CdS/CdTe solar cells were fabricated by coating CdTe slurries, which contained 1.0 or 4.5 wt.% CdCl₂, on the sintered CdS films and sintering at 700 °C for various periods of sintering. The spectral responses of the sintered CdS/CdTe solar cells were measured and compared with theoretically calculated quantum efficiency. The spectral responses of the sintered CdS/CdTe solar cells in the short-wavelength region decreases with increasing sintering time. The poor response in this region is attributed to the existence of the Cd-S-Te solid solution in the compositional junction. The decrease in the maximum response in the long-wavelength region as the sintering exceeds certain time appears to be caused by the increase in the depth of the buried homojunction and by the increase in the series resistance. The CdCl₂ in the CdTe layer during sintering enhances the interdiffusion of S, Te or donor impurities across the metallurgical junction causing the formation of deeper n-p junction in the CdTe layer.

I. 서론

Photovoltaic solar energy 변환에 가장 적합한 band gap (1.25-1.5eV) 범위 [1]에서 직접전이형 II-VI족 화합물 반도체인 CdTe는 박막형 태양전지로서 매우 유망한 재료로 오랫동안 인식되어 왔다. 다결정 박막형으로 CdTe를 제조하는 방법에는 진공증착, 화학증착, spray pyrolysis, screen printing [2] 등이 사용되어 왔다. 그런데, 이용가능한 변환효율의 동종접합 CdTe 태양전지는 짧은 광 흡수거리와 높은 전기저항때문에 제조하기가 어렵다. 따라서 이종접합을 형성시키는 데 II-VI족 화합물인 CdS는 electron affinity가 CdTe와 비슷하기 때문에 광 부과층 재료(E_g=2.42eV)로서 가장 일반적으로 이용하여 왔다. 태양전지를 제조하는 방법으로서 사용한 screen printing & sintering 방법은 다결정 박막형 재료를 만드는 데 저가적이면서 대량생산에 용이한 잇점이 있다. 본 연구에서는 소결제 CdS/CdTe 태양전지를 제조할 때 소결시간을 점차로 증가시켜 가면서 단락전류의 변화와 그에 따른 분광 반응도를 조사하여 소결 중에 일어나는 현상을 예측해 보고자 한다.

II. 실험방법

고순도의 CdS 분말(99.999%)에 10 wt.%의 CdCl₂와 유기 결합제인 propylen glycol(P.G.)을 65 vol.% 첨가하여 혼합한 후 borosilicate glass 위에 165 mesh stainless screen 을 사용하여 도포한 다음 120 °C 에서 2시간 동안 공기중에서 건조시켰다. 건조된 시편을 600 °C에서 250cc/min.로 질소를 불어

넣어 주면서 2시간 동안 소결한 후 시편에 잔류하는 $CdCl_2$ 를 제거하기 위하여 다시 20분간 제염처리 하였다. 또한 고순도의 CdTe분말(99.999%)에 적당량의 P.G.와 1.0과 4.5wt.%의 $CdCl_2$ 를 첨가하여 혼합한 후 CdS소결막위에 150 mesh silk screen과 mask를 이용하여 도포한 후 소결시간을 바꾸어 가면서 700 °C 에서 질소분위기로 소결하였다. ohmic 전극을 형성시키기 위해서 CdS위에 Ag-In paint 를 CdTe위에 carbon paint 와 silver paint를 각각 발라서 350 °C 에서 10분간 질소분위에서 전극 열처리를 하였다.

III. 결과 및 고찰

그림.1은 소결시간에 따라서 1.0과 4.5wt.%를 첨가하였을 때 제조한 소결체 CdS/CdTe 태양전지의 상수값들을 $50mW/cm^2$ 의 텡스벤 빛아래에서 측정하여 나타낸 것이다. 그림에서 보면 4.5wt.%보다 1.0wt.%의 $CdCl_2$ 를 첨가한 경우가 더 향상된 값을 나타내고 있다. 특히, 1.0wt.%인 경우가 훨씬 큰 단락전류(J_{sc})값이 측정되었다. 이는 두 경우 모두 역상이 존재하여 역상($CdCl_2$)에 의해 소결이 촉진되지만, 4.5wt.%는 역상량이 많이 존재하여 CdTe의 미세구조가 향상될지라도, 그림.1에 보인 것처럼 단락전류변화는 미세구조의 변화에 기인된 것이 아니라는 것을 단적으로 알 수 있다. 여기에서 미세구조의 변화는 SBM을 이용하여 관찰하였다. 단락전류에 대한 변화의 원인을 알아보기 위하여 각각의 경우에 대하여 분광반응도를 조사하였다. 그림.2(a)와 (b)는 1.0과 4.5wt.%의 분광반응도를 각각 나타낸 것인데 모두 다 panchromatic한 반응도를 나타내지 못하고 있다. 특히 4.5wt.%인 경우에는 단파장영역의 반응이 매우 많이 있어 있는 것을 보여준다. 또한 소결시간이 증가함에 따라 장파장영역에서의 반응도가 감소하고 있음을 보여주고 있다. 그림.3(a),(b)에는 실험결과를 해석하기 위하여 이미 보고된 CdS/CdTe에 관한 여러상수들을[3,4] 이용하여 태양전지의 quantum efficiency를 이론적으로 계산한 결과를 나타낸 것이다. (a)그림은 계면의 CdS쪽에 원래의

CdS와는 다른 band gap 의 Cd-S-Te 고용체가 형성되었다고 하였을 때 고용체의 두께를 증가시키면서 그 결과를 본 것이다. (b)그림은 그림(a)에서 얻은 결과를 이용하여 CdS/CdTe의 metallurgical 계면으로부터 electrical junction을 CdTe내부로 이동시켰을 때 그 결과를 나타낸 것이다. 실제로 태양전지를 제조하였을 때 계면근처 CdS쪽에 다른 층의 CdS가 존재하는 것을 SBM사진을 통하여 관찰하였다. 따라서 실험결과와 계산결과를 비교하여보면 CdS의 band gap근처에서 낮아지는 반응도는 2.42eV보다 낮은, 특히 CdS-CdTe 상태도에서 구한 조성의 band gap을 가진 고용체 두께의 영향으로 볼 수 있으며 전체반응도의 점진적인 감소는 electrical junction이 CdS/CdTe 결합계면으로부터 CdTe쪽으로 이동과 과소결에 의한 직립저항의 증가에 의해 다수반송자(majority carrier)의 mobility의 감소때문인 것으로 사료된다. 만약 계면에서 고용체층이 존재하지 않는다면 panchromatic 반응도를 보이겠지만 격자상수의 불일치에 의한 재결합장소의 다량발생으로 인하여 전체반응도가 크게 낮아질 것으로 사료된다. 또한 CdTe에서 소결촉진제로 작용하는 $CdCl_2$ 는 donor dopant로 작용하기때문에 계면에서 소결을 촉진시키면서 고용체의 형성을 용이하게하고 CdTe쪽으로 buried homojunction경향을 증가시키는 것으로 사료된다.

V. 참고문헌

1. M.Wolf, PROC. IRE PP 1246-1265(1960)
2. N.Nakayama, H.Matsumoto et al
Jpn. J. Appl. phys. 19(1980)703
3. K.Ohata, J.Sarai, and T.Tanaka,
Jpn. J. Appl. Phys. 12(10)(1973)1641
4. K.W.Mitchell, A.L.Fahrenbruch, and R.H.Bube
J. Appl. phys. 48(10)(1977)4365

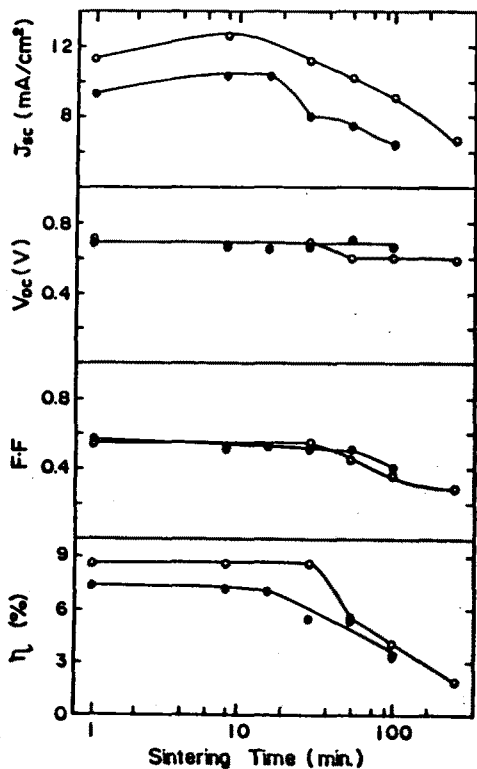


Fig.1 Cell parameters of CdS/CdTe solar cells under 50mW/cm^2 tungsten light as a function of sintering time for 700°C (○:1.0wt.%CdCl₂ in CdTe, ●:4.5wt.% in CdTe)

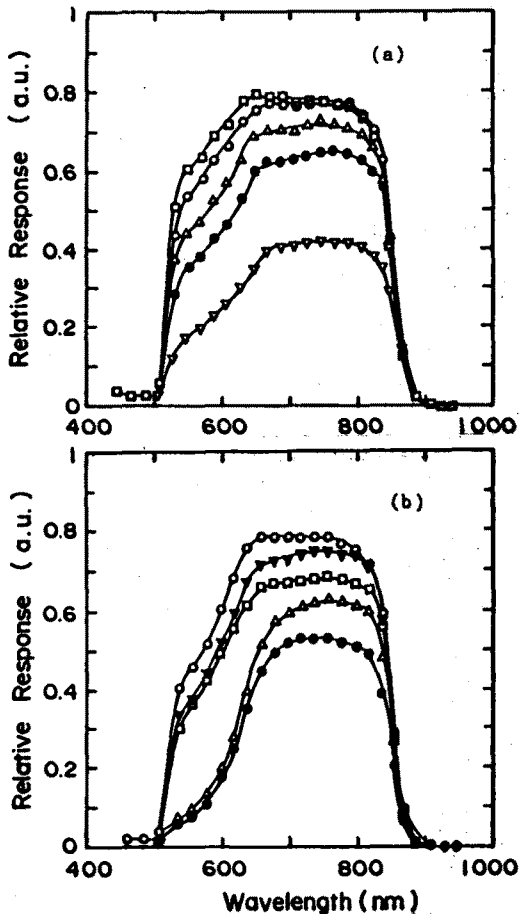


Fig.2 Relative spectral responses of sintered CdS/CdTe solar cells sintered at 700°C (a) 1.0 wt.% CdCl₂ (b) 4.5 wt.% CdCl₂ in CdTe ((a):○:1min.,●:30min.,■:60min.,▲:120min.,▼:300min., (b):○:1min.,▼:3min.,◐:15min.,◑:30min.,◒:60min.,◓:120min.)

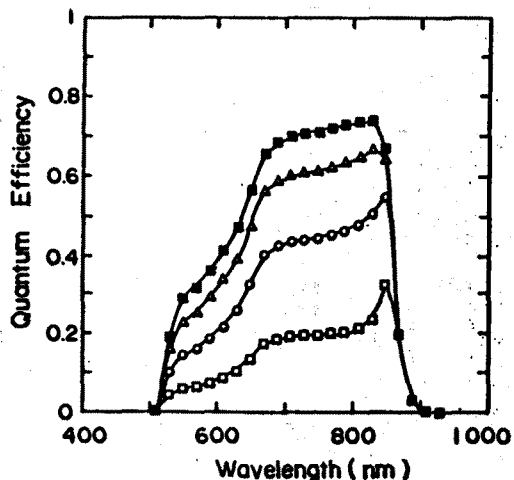
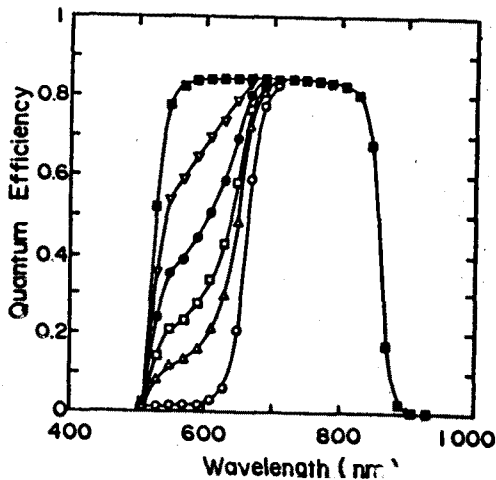


Fig.3 Calculated spectral responses of sintered CdS/CdTe solar cells as function of (a) Cd-S-Te thickness (b) electrical junction from metallurgical junction((a):■:0.25μm,●:0.5μm,○:1.0μm,▲:1.5μm,◐:2.0μm,◑:2.5μm, (b):○:0.1μm,●:0.2μm,◐:0.4μm,◑:0.8μm for 0.5μm of Cd-S-Te thickness)