

소결체 $Cd_{1-x}Zn_xS/CdTe$ 이종접합 태양전지의 특성
Photovoltaic Properties of Sintered $Cd_{1-x}Zn_xS/CdTe$
Heterojunction Solar Cells

설 여 송*
임 호 빈

한국과학기술원 박사과정
한국과학기술원 교수

Yeo-Song Seol*
Ho-Bin Im

KAIST
KAIST

I. Abstract

All-polycrystalline $Cd_{1-x}Zn_xS/CdTe$ solar cells have been fabricated by coating CdTe slurries with 4.5 wt% of $CdCl_2$ on the sintered $Cd_{1-x}Zn_xS$ films and by sintering CdTe layer at 625°C for 1h in nitrogen atmosphere.

Solar efficiency of the sintered $Cd_{1-x}Zn_xS/CdTe$ solar cells increases as the Zn content increases up to $x=0.06$ and then decreases with further increase in the Zn content. A solar efficiency of 12.5% under a solar intensity of 76 mW/cm^2 was observed in a $Cd_{0.94}Zn_{0.06}S/CdTe$ solar cell.

By optimizing the amount of $CdCl_2$ in the slurry and sintering conditions, it is possible to produce $Cd_{1-x}Zn_xS/CdTe$ solar cells with efficiency higher than 12%.

II. 서 론

band gap이 2.42eV인 CdS는 태양광의 대부분을 투과시킬 수 있기 때문에 이종접합 태양전지의 광부과층으로 적합하고, 효율이 10%이상의 소결체 $CdS/CdTe$ 태양전지들에 대한 보고가 있었다[1,2]. band gap이 3.68eV인 ZnS를 CdS에 치환하면 광부과층의 band gap을 증가시키고 태양전지의 개방전압과 단락전류를 증가시킬 수 있고, $Cd_{1-x}Zn_xS/Cu_2S$ [3]와 $Cd_{1-x}Zn_xS/CuInSe_2$ [4] 태양전지를 제조하였다는 보고가 있었다.

CdTe는 band gap이 1.44eV이며 광흡수계수가 크므로 박막형 태양전지 재료로 적합하다. $Cd_{1-x}Zn_xS/CdTe$ 태양전지에 관한 연구는 Yin등[5]이 spray pyrolysis 방법으로 제조하여 6-8% 효율을 나타내었다고 보고하였고, 최근에 vacuum evaporation 방법으로 제작한 태양전지의 효율이 10.8%[6]에 달했다는 보고가 있었고, 소결체 $Cd_{1-x}Zn_xS/CdTe$ 태양전지에 대해서는 보고된 바 없다.

본 연구에서는 광부과도가 높으며 전기저항이 낮은 $Cd_{1-x}Zn_xS$ 소결막을 이용하여 소결체 $Cd_{1-x}Zn_xS/CdTe$ 태양전지를 제작하고 그 특성을 연구하고자 하였다.

III. 실험 방법

순도가 99.999%이고 평균 입도가 각각 1.5 μm 의 CdS 분말과 0.5 μm 의 ZnS분말을 물비로 혼합하고, 결합제로 propylene glycol을 적당량 첨가하고, 용제로 $CdCl_2$ 를 첨가하여 mortar와 pestle로 혼합하였다. 혼합된 slurry를 165 mesh stainless steel screen을 사용하여 초음파 세척된 유리 기판위에 도포한 후에, 120°C에서 3시간 건조시켜 석영병에 넣어 소결하여 $Cd_{1-x}Zn_xS$ 소결막을 제조하였다.

소결막위에 CdTe분말과 적당량의 $CdCl_2$ 와 propylene glycol을 혼합한 CdTe slurry를 150 mesh silk screen과 tape masking을 이용하여 3.5x10 mm^2 의 면적이 되도록 도포하였다. 도포된 막은 120°C 대기중에서 2시간 건조하여 질소분위기에서 소결하였다. $Cd_{1-x}Zn_xS$ 소결막위에는 In-Ag 전극을, CdTe 소결막위에는 carbon 전극을 각각 부착하고 전극의 기계적 강도를 향상시키기 위하여 Ag를 보조 전극으로 부착하였으며, 350°C의 질소분위기에서 10분간 전극을 열처리하여 $Cd_{1-x}Zn_xS/CdTe$ 태양전지를 완성하였다.

IV. 결과 및 고찰

Zn농도에 따라 적정화된 CdCl₂를 첨가하여 질소분위기에서 600 °C, 1시간 소결하고 10분 제열처리하여 제조한 Cd_{1-x}Zn_xS막들의 파장에 따른 광부과도를 Zn농도에 따라 그림 1에 나타내었다. Zn농도가 증가함에 따라 흡수단이 단파장 영역으로 이동되었고, 장파장 영역의 광부과도는 CdS막에 비해 향상되었다. 단파장 영역으로의 흡수단 이동은 Cd_{1-x}Zn_xS 소결막의 band gap 증가를 의미한다.

그림 2에는 그림 1의 광부과도가 높은 Cd_{1-x}Zn_xS 소결막위에 4.5wt% CdCl₂를 첨가한 CdTe slurry를 도포하여 질소분위기에서 625 °C, 1시간 소결하여 제조한 Cd_{1-x}Zn_xS/CdTe 태양전지의 cell parameter를 Cd_{1-x}Zn_xS막의 Zn농도에 따라 나타내었다. Zn농도 증가에 따라 x ≤ 0.06에서는 단락전류, 개방전압이 약간 증가하여 50mW/cm²의 백열등 하에서의 효율은 x=0.06에서 10.5%로 최대 값을 나타내었고, 이후로는 단락전류, 개방전압, 충실도 등 모든 특성이 저하되어 효율이 급격히 감소하였다. Cd_{0.94}Zn_{0.06}S/CdTe 태양전지를 76mW/cm²의 태양광에서 측정할 결과 효율은 12.5%를 나타내었고, 그 전류-전압 특성 곡선을 그림 3에 나타내었다.

junction 특성을 관찰하기 위해 그림 4에는 그림 2의 Cd_{1-x}Zn_xS/CdTe 태양전지들의 분광반응을 Zn농도에 따라 나타내었다. x=0와 x=0.06인 경우 Cd_{1-x}Zn_xS와 CdTe의 band gap에 해당되는 파장에서 분광반응의 증가가 급격히 일어나는 전형적인 heterojunction의 분광반응을 나타내고 있고, x=0.06인 태양전지는 그림 1에서 광부과도의 광부과도 증가에 기인되어 단락전류가 증가된 것으로 보인다. 그러나 x ≥ 0.09에서는 Zn농도 증가에 따라 단파장 영역(650nm이하의 파장)의 분광반응이 심히 저하되는 현상을 나타내었고, 이것은 Cd_{1-x}Zn_xS와 CdTe의 계면에서 두꺼운 고융체가 형성되어 n-p junction과 CdTe층에 도달되는 photon량의 감소에 기인된 것으로 보인다.

x ≥ 0.09에서 Zn농도 증가에 따른 개방전압의 감소는 암상태 전류-전압 특성 곡선으로부터 구한 역포화 전류밀도가 증가하기 때문으로 나타났고, 충실도의 감소는 Cd_{1-x}Zn_xS막의 편저항 증가에 기인된 직렬저항에 관계된 것으로 나타났다.

V. 결론

광부과도가 높은 Cd_{1-x}Zn_xS 소결막을 이용하여 CdTe에 4.5wt% CdCl₂를 첨가하고 625 °C에서 1시간 소결하여 제작한 Cd_{1-x}Zn_xS/CdTe 태양전지의 효율은 Zn농도 x=0.06에서 최대의 효율을 나타내었고 76mW/cm²의 태양광 하에서 12.5%의 변환 효율을 나타내었다. 단락전류의 변화는 Cd_{1-x}Zn_xS 소결막의 광부과도 및 분광 반응으로 설명할 수 있었고, 개방전압의 변화는 Cd_{1-x}Zn_xS와 CdTe사이의 lattice mismatch에 기인된 역포화 전류밀도 J₀와 관계되며, 충실도의 변화는 Cd_{1-x}Zn_xS막의 편저항에 기인된 직렬저항과 연관지어 설명할 수 있었다.

VI. 참고문헌

1. H. Matsumoto, K. Kuribayashi, H. Uda, Y. Komatsu, A. Nakano and S. Ikegami, Solar Cells, 11 (1984) 367.
2. Y. K. Jun and H. B. Im, J. Electrochem. Soc., 135(1988) 1658.
3. R. B. Hall, R. W. Birkmire, J. E. Phillips and J. D. Meakin, Appl. Phys. Lett., 38 (1981) 925.
4. R. A. Michelson, W. S. Chen, Y. R. Hsiao and V. E. Lowe, IEEE Trans. Electron Devices A, ED-31, (1984) 542.
5. S-Y Yin, A. L. Fahrenbruch and R. H. Bube, J. Appl. Phys., 49 (1978) 1294.
6. T. L. Chu and S. S. Chu, Proc. DOE/SERI Polycrystalline Thin Film Program Meeting, Sheraton Lakewood, Colorado, July 20-22, 1987, 1.

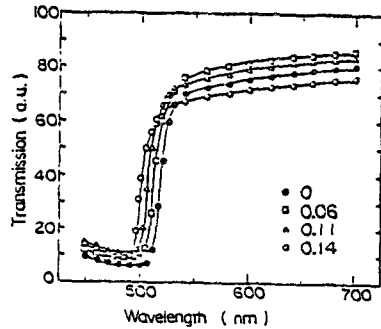


그림 1. 질소분위기에서 600 °C, 1시간 소결한 Cd_{1-x}Zn_xS막의 파장에 따른 광부과도

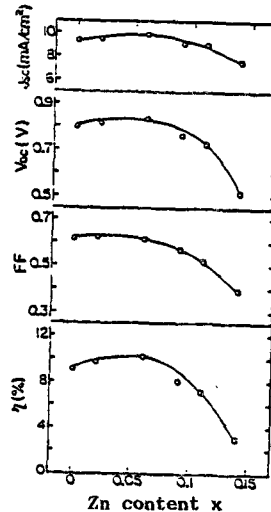


그림 2. CdTe에 4.5wt%의 CdCl₂를 첨가하고 질소분위기에서 625 °C, 1시간 소결하여 제작한 Cd_{1-x}Zn_xS/CdTe 태양전지들의 특성상수들

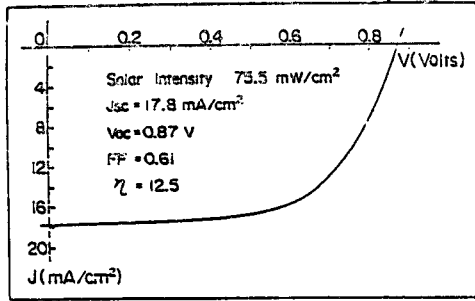


그림 3. 소결체 Cd_{0.94}Zn_{0.06}S/CdTe 태양전지의 공상태 전류-전압 특성곡선 (76mW/cm² 태양광하에서 측정)

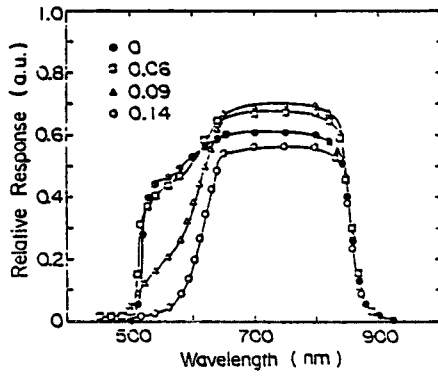


그림 4. 그림 2의 Cd_{1-x}Zn_xS/CdTe 태양전지들에 대한 분광반응도