

---

# Co-sputtering 방법으로 제작한 ZnTe 태양전지의 특성

장유진\* · 김성우\*\* · 최혁환\*\* · 이명교\*\* · 권태하\*\*

Characteristics of the ZnTe solar cell by the co-sputtering methods

Yu-jin Chang\* · Sung-woo Kim\*\* · Hyek-hwan Choi\*\* · Myoung-kyo Lee\*\* · Tae-ha Kwon\*\*

---

이 논문은 2000년도 부경대학교 기성회 학술연구조성비에 의하여 연구되었음

---

## 요 약

본 논문에서는 II-VI족의 ZnTe 화합물반도체 태양전지를 제작하기 위하여 투명전극(AZO) 및 Buffer layer(ZnO)의 특성과 태양전지의 효율에 가장 큰 영향을 미치는 광흡수층의 에너지밴드갭을 줄이는 연구를 하였다. ZnTe 박막은 Zn(Zinc)과 Te(Tellurium)를 co-sputtering법을 이용하여 증착하였다. ZnTe 박막은 Zn과 Te의 RF power를 각각 50W, 30W로 하여 10mTorr의 Ar 분위기에서 200℃의 기판온도로 제작되었으며, 이때의 에너지밴드갭은 1.73eV였다. 이렇게 제작된 박막을 진공상태에서 400℃의 온도로 10초간 열처리하여 1.67eV의 에너지밴드갭을 얻을 수 있었고, 이때의 Zn과 Te의 비율은 32%:68%였다. 최적의 조건에서 태양전지는 6.85% (Voc:0.69V, Jsc:21.408mA/cm<sup>2</sup>, Fill Factor (FF):0.46)의 효율을 얻을 수 있었다.

## ABSTRACT

In this paper, to make a solar cell of II-VI ZnTe compound semiconductor, we studied for the property of the transparent electrode(AZO) and Buffer layer(ZnO), and for reducing the energyband gap of optical absorber layer which are most effective on its efficiency. The ZnTe thin film was used the optical absorber layer of solar cell. Zn and Te were deposited using the co-sputtering method. The thin film was sputtered RF power of Zn/50W and Te/30W, respectively and a substrate temperature of 200℃ under Ar atmosphere of 10mTorr. The energy band gap of the thin film was 1.73eV. Then the thin film was annealed at 400℃ for 10sec under a vacuum atmosphere. The energy band gap of 1.67eV was achieved and the film composition ratio of Zn and Te was 32% and 68%. At the best condition, the Solar Cell was manufactured and the efficiency of 6.85% (Voc: 0.69V, Jsc: 21.408mA/cm<sup>2</sup>, Fill Factor (FF): 0.46) was achieved.

## 키워드

ZnTe thin film, co-sputtering, solar cell, energyband gap

## 1. 서 론

현대는 범세계적으로 환경관련 각종 규제와 대  
양차원에서 청정에너지 사용을 통한 쾌적한 생활

환경 조성을 위해 무공해 에너지원의 개발 필요성  
이 증대되고 있다. 이러한 무공해 에너지원 중 태  
양전지는 햇빛을 전기에너지로 변환시켜주는 무  
한량의 고급 청정에너지기술로서 햇빛이 비치는

---

\* 리노공업주식회사 기술연구소

\*\* 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부

접수일자 : 2003. 11. 4

곳에서는 어디서나 전기를 얻을 수 있고, 다른 발전방식과는 달리 대기오염, 소음 및 진동 등의 공해가 전혀 없는 장점을 가지고 있는 에너지원으로 1839년 프랑스의 물리학자 Edmond Becquerel에 의해 처음 발견된 이후 많은 발전을 해 왔다[1].

태양전지는 크게 단결정, 다결정, 비정질 및 화합물 반도체 태양전지로 나눌 수 있는데, 단결정 및 다결정 태양전지의 경우는 효율은 높으나 비용이 너무 많이 드는 단점이 있고, 상업적으로 성공한 비정질 태양전지는 비용은 단결정이나 다결정 태양전지보다는 적게 들지만 효율이 낮은 것이 흠이다. 이에 1980년대부터는 비용이 저렴하면서도 고효율을 낼 수 있는 화합물 반도체 태양전지의 개발에 박차를 가하게 되었고, 이중 CdTe계 태양전지는 Matsushita에서 최고변환효율 16%를 달성하였고[2], 이론적 효율은 29% 이상이라고 알려져 있으며[3], CuInSe<sub>2</sub>계 태양전지는 Ga 등을 첨가하여 약 17%의 변환효율을 기록한바 있다[4].

일반적으로 태양전지의 효율이 극대화되려면 광흡수층 물질의 에너지밴드갭이 약1.45eV가 되어야 한다[4,5,6]. 이를 만족시키는 현재까지 알려진 가장 이상적인 물질이 CdTe 이고, CuInSe<sub>2</sub>는 Ga 등을 첨가하여 에너지밴드갭을 1.45eV까지 근접시켜 사용하고 있다. 하지만, CdTe계 태양전지는 Cd(Cadmium)자체의 환경오염 및 인체유해성이 계속해서 제기되고 있는 실정이며, 최근 몇 년간 16%의 벽을 허물지 못하는 침체에 들어서 있다. 또한 CuInSe<sub>2</sub> 계 태양전지는 그 재료의 복잡성으로 인해 대량생산(상업화)에는 어느 정도의 시일이 걸릴 것으로 보인다.

본 연구에서는 화합물반도체 태양전지 중 최고 변환효율을 기록한 CdTe태양전지와 유사한 II-VI족 원소인 ZnTe 물질을 광흡수층으로 사용하여 CdTe태양전지의 단점인 환경오염 문제와 인체유해성을 해결한 ZnTe태양전지를 제작하고자 하였다. 이를 위해서 태양전지의 투명전극(AZO)과 Buffer layer(ZnO)의 특성을 분석하였고, 특히 태양전지의 효율에 가장 큰 영향을 미치는 광흡수층의 에너지밴드갭을 co-sputtering법을 이용하여 1.45eV 근처까지 낮추는 방법을 연구하였다.

## II. 실험 및 측정

본 연구에서는 태양전지의 투명전극으로 AZO 박막, Buffer layer로 ZnO박막 그리고, 태양전지의 효율에 가장 큰 영향을 미치는 광흡수층으로 ZnTe 박막을 사용하여 Fig.1과 같은 구조로 증착하여 태양전지를 제작하였다.

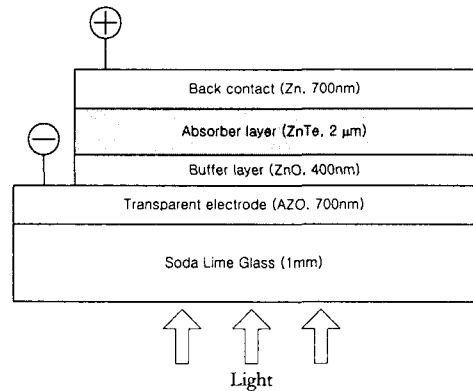


Fig. 1. The structure of ZnTe/ZnO solar cell.

연구에 사용된 박막 증착장비는 2인치 타겟을 사용하는 co-sputtering이 가능한 RF magnetron sputtering (Korea Vacuum, KVC-T5060)이며 Fig.2에 그 구조도를 나타내었다.

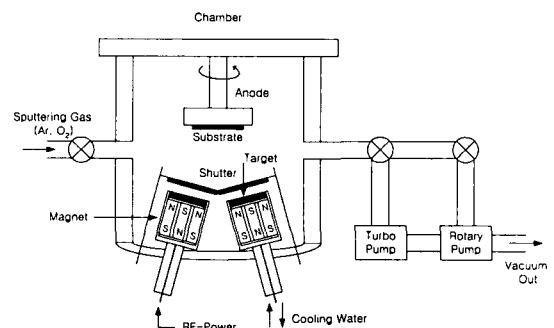


Fig. 2. Schematic diagram of a RF magnetron sputtering system.

기판으로는 슬라이드글라스(Mariefeld, Germany)를 사용하였고, 기판세척은 반도체(실리콘웨이퍼) 기본세척공정(초음파세척(Acetone→Methanol)→D.I water rinsing → N<sub>2</sub> Blowing)에 준하

여 세척하였고, 세척된 유리기판은 sputter에 장착 전 습기제거를 위해 dry-oven (300°C, 10min)에 넣어 말린 후 sputter에 장착시켜 사용하였다.

투명전극인 AZO박막 및 Buffer layer인 ZnO 박막은 RF power(40~140W), 기판온도(200~400°C), 가스분위기(Ar, O<sub>2</sub>, Ar:O<sub>2</sub>) 및 가스압력 등을 다양하게 바꾸어 가며 증착하였고, 이렇게 증착된 박막은 400~600°C로 30~120분간 열처리하였다.

또한 ZnTe 박막은 Zn(Zinc)와 Te(Tellurium) 개별 타겟을 이용하여 co-sputtering법으로 Table 1과 같이 증착하였다.

Table 1. Deposition conditions for ZnTe thin films.

Target	Zn(99.99%) Te(99.99%)
Substrate	ZnO/ZnO:Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /glass(2.5×2.5cm)
Working distance	5 cm
Base Vacuum	1×10 <sup>-6</sup> Torr
Gas pressure	10mTorr (Ar)
RF-Power	Zn (40~60W) Te (20~40W)
Substrate Temperature	150~300°C

이때 광흡수층의 두께는 태양에너지를 흡수하기 위한 중요한 factor로써 ZnTe의 광흡수계수가 3×10<sup>4</sup> [cm<sup>-1</sup>] 정도이므로 태양으로부터의 입사광 에너지의 대부분을 흡수하기 위한 두께는 약 1~2 μm가 되어야 하며[9], 본 연구에서는 2μm의 일정한 두께로 실험하였다. 열처리는 RT-CVD (RTP600, Kornic)를 이용하여 300~500°C(5~15sec)로 변화시켜가며 열처리하였다.

각 박막의 여러 특성을 알아보기 위해 α-step (Tenco-500)으로 두께측정, 비저항값 측정을 위해 4-point probe(SR1000, Korea), 광투과도 및 에너지 밴드갭 조사를 위해 UV-Spectrophotometer(Carry varian 1C)와 FT-NIR Spectrophotometer(BRLKER, Germany), 결정성분석을 위해 XRD(X'Pert-MPD system, Philips), 성분분석(정량)을 위해 XRF(XRF- 1700, Shimadzu, Japan), 미세구조분석을 위해 AFM (Digital Instr-

uments, USA) 등의 측정 장비를 사용하였다.

### III. 결과 및 고찰

TCO의 일종인 AZO 투명전극은 ZnO:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2wt%) 타겟을 사용하여 증착하였으며, RF power 80W, 기판온도 350°C, 아르곤 분위기 10mTorr의 가스압력에서 증착한 박막을 500°C에서 60분간 열처리하여 9.1×10<sup>-4</sup> [Ω·cm]의 비저항값을 갖는 박막을 얻을 수 있었다(Fig.3). 또한, XRD 회절패턴을 분석해본 결과 Fig.4에서 볼 수 있듯이 c축(002) 우선배향성을 가지는 것을 확인할 수 있었으며, 광투과도는 ZnO:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(0~3wt%)의 모든 박막이 80%이상으로 거의 동일한 투과도를 보였다(Fig.5).

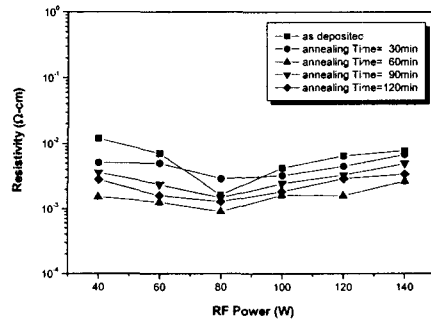


Fig. 3. Effects of annealing time on the resistivity of ZnO:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(2wt%)

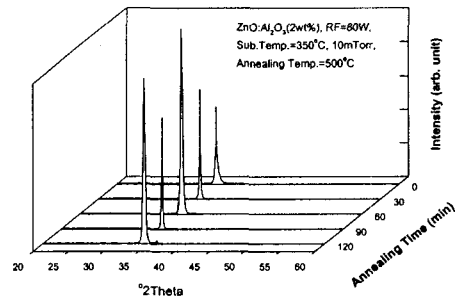


Fig. 4. XRD spectra of ZnO:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(2wt%) thin films with various annealing time.

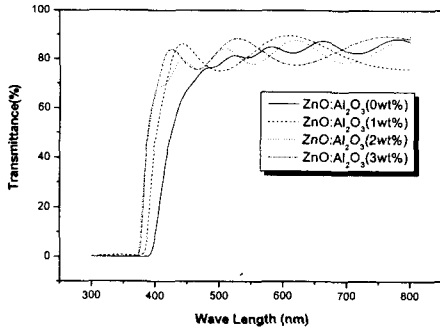


Fig. 5. Transmittance spectra of ZnO:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(0~3 wt%) thin films after annealed at 500°C.

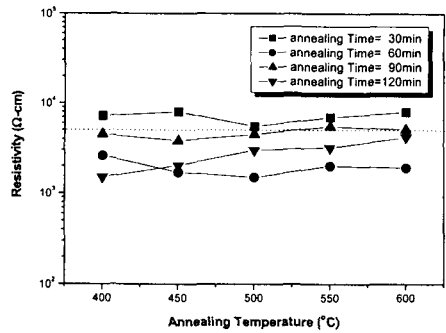


Fig. 7. Resistivity of ZnO thin films with various annealing temperature and time.

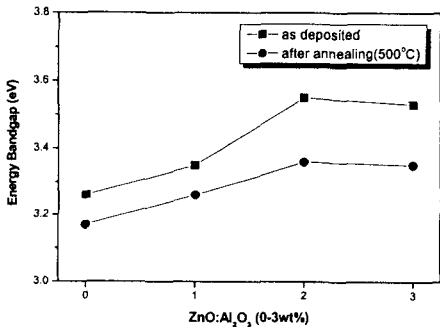


Fig. 6. Energy bandgap of ZnO:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(0~3wt%) thin films.

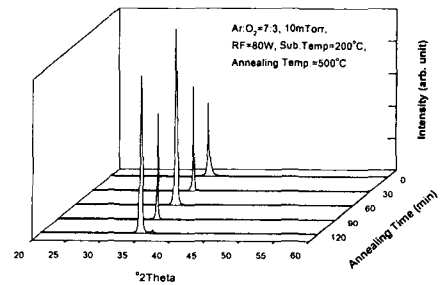


Fig. 8. XRD spectra ZnO thin films with various annealing time.

에너지밴드갭은 ZnO:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(2wt%)박막의 경우 3.55eV 의 값을 가졌으며, 500°C로 열처리한 결과 3.36eV로 광투과도와 더불어 광흡수층의 에너지 흡수에 큰 영향을 주지 않는 투명전극으로 사용하기에 적합할 것으로 사료된다(Fig.6).

Buffer layer인 n-type ZnO박막은 RF power 80W, 기판온도 200°C, 10mTorr의 Ar:O<sub>2</sub>=7:3분위 기하에서 증착한 박막을 500°C에서 60분간 열처리 한 경우 기존에 보고된 ZnO박막을 태양전지의 Buffer layer로 사용된 결과와 거의 일치하는 비저항값(10<sup>3</sup>[Ωcm])및 XRD 회절패턴(002)을 가지는 양호한 박막이 얻어졌다(Fig.7,8)[10].

ZnO박막의 비저항값은 열처리온도 및 시간에 거의 무관하게 10<sup>3</sup>~10<sup>4</sup>[Ωcm]정도로 비교적 안정된 값을 보여주고 있다. 이는 ZnO 박막이 증착되는 동안 Zn과 O의 화학양론비가 어긋나 있었는데 열처리를 함으로써 어긋난 화학양론비가 어느 정도 균형을 이루게 되어 전기전도도가 전반적으로 감소하며 안정화 된 것으로 보인다(Fig.7)[11,12]. 박막의 광투과도는 Ar과 O<sub>2</sub>의 가스유량비에 무관하게 80%이상의 값을 가졌으며, 열처리한 박막의 경우도 80%이상의 광투과도를 보여주고 있다(Fig.9,10). 에너지밴드갭을 측정한 결과 또한 가스유량비에 크게 의존하지 않는 것을 확인할 수 있었으며, Ar:O<sub>2</sub>=7:3의 경우 3.26~3.32eV의 값을 보여주고 있는데 이는 태양전지의 window layer로써 적절한 박막이 제작되었음을 알 수 있다(Fig.11).

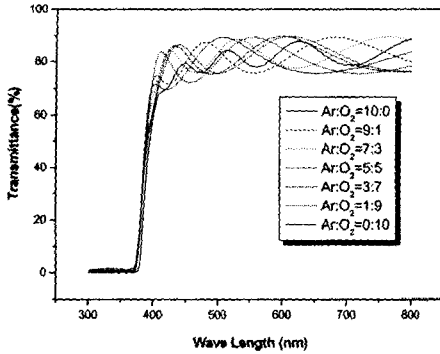


Fig. 9. Transmittance spectra of ZnO thin films with various  $O_2/(Ar+O_2)$  gas ratios. (RF=80W, 10mTorr, 200°C)

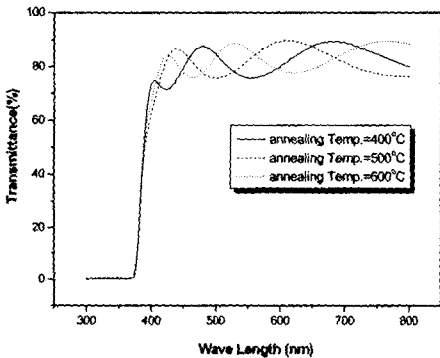


Fig. 10. Transmittance spectra of ZnO thin films ( $Ar:O_2=7:3$ ) with various annealing temperature.

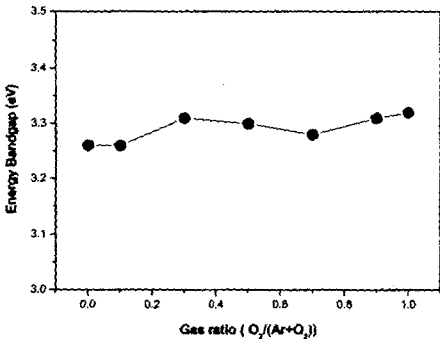


Fig. 11. Energy bandgap of ZnO thin films with various  $O_2/(Ar+O_2)$  gas ratios.

Absorber layer인 p-type의 ZnTe박막은 co-sputtering법을 이용하여 Zn과 Te의 RF power를 각각 50W, 30W, 기판온도 200°C, 10mTorr의 아르곤 분위기에서 증착한 결과 1.73eV의 에너지 밴드갭을 가졌으며, 이를 진공중에서 400°C로 15초간 열처리하여 1.67eV의 에너지밴드갭을 얻을 수 있었다(Fig.12).

또한, CdS/CdTe 태양전지의 Absorber layer인 CdTe 박막[13]의 비저항값( $10^5[\Omega\text{cm}]$ ) 및 결정성(111)과 거의 동일한 우수한 박막이 제작되었다(Fig.13, 14).

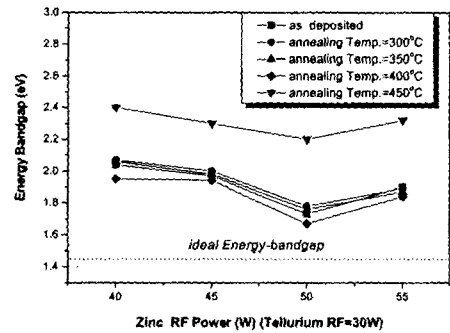


Fig. 12. Energy bandgap ZnTe thin films with annealing temperature.

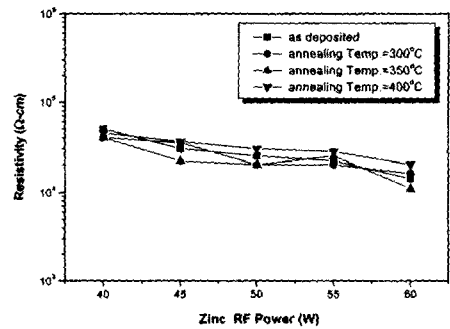


Fig. 13. Resistivity of ZnTe thin films with different annealing Temperature. (Tellurium RF=30W)

그리고, ZnTe박막의 열처리 전, 후의 에너지밴드갭을 비교해 볼 때, 열처리후의 에너지 밴드갭

이 평균 0.12eV 정도 감소되는 것을 볼 수 있었다. 이런 결과는 XRD 회절패턴(Fig.14) 및 AFM 표면분석(Fig.15)에서 볼 수 있듯이 열처리를 통하여 결정화가 더욱 촉진되고 입계가 치밀화 되었기 때문이라 사료된다.

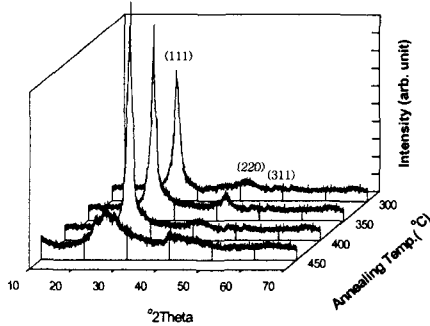


Fig. 14. XRD spectra of ZnTe thin films with different annealing temperature.

박막의 기공이 많으면 태양전지의 Buffer layer와의 접촉면적이 감소하여 접촉저항이 증가하고 그로 인하여 단락전류가 감소하게 된다[9]는 연구결과로 유추하여 볼 때, as-deposited ZnTe 박막에 비해 열처리한 ZnTe 박막(Fig15(b))의 표면은 입계가 더욱 치밀해져 있으므로 태양전지의 Buffer layer로 적용하였을 때 직렬저항이 감소하고 단락전류가 증대 될 것으로 사료된다.

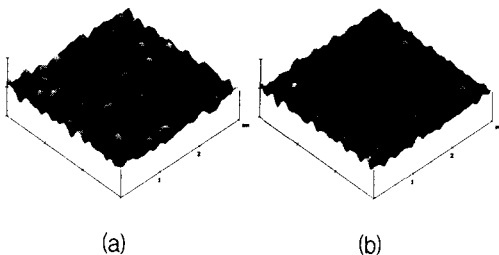


Fig. 15. AFM images of ZnTe thin films. (3μm×3μm×50nm)  
(a) RF=50W:30W (as-deposited)  
(b) after annealed (400°C, 10s)

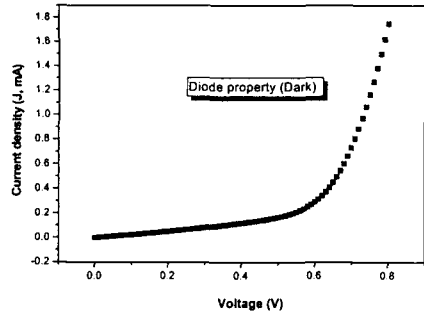


Fig. 16. I-V characteristic in the Dark.

이렇게 얻어진 박막을 Fig.1과 같은 1.67eV의 에너지 밴드갭을 가지는 ZnO/ZnTe 태양전지를 제작하여 I-V 특성을 측정된 결과 빛이 없는 (Dark) 상태에서의 태양전지는 보통의 p-n 접합 diode와 동일한 I-V 특성곡선을 가지는 것을 Fig.16과 같이 확인하였다.

그리고, Illuminated region에서 열처리하지 않은 소자는 약  $V_{oc}=0.59V$ ,  $J_{sc}=10.69mA/cm^2$ ,  $FF=0.31$  인 2%의 비교적 낮은 효율이 측정되었고, 300°C역시 2%대의 낮은 효율이 나왔으며, 350°C로 열처리한 소자는  $V_{oc}=0.66V$ ,  $J_{sc}=19.02mA/cm^2$ ,  $FF=0.46$  으로 5.83%의 효율이 나왔으며, 450, 500°C로 열처리한 경우엔 Zn 및 Te의 휘발로 인하여 측정 시 short 현상이 나타났다(Fig.17).

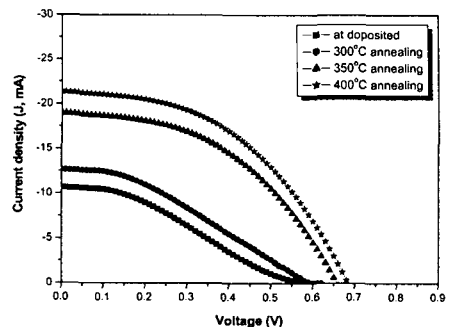


Fig. 17. I-V characteristic in the Illuminated region. (Active area = 1cm<sup>2</sup>)

위 Fig.17에서 보듯이 열처리하기전의 I-V 곡

선은 위축된 곡선(depressed curve)형태로써 이러한 형태의 곡선은 주로 전극이 ohmic contact을 하지 못한 경우로 접촉저항이 매우 큰 경우에 나타난다고 알려져 있으며[9] 효율 또한 2%로써 매우 낮은 편이다. 하지만 열처리를 함에 따라 위축된 I-V 곡선은 제거되었고,  $V_{oc}$  및  $J_{sc}$  가 점점 커졌으며, 충실도 FF 및 효율  $\eta$ 도 향상되어 400°C에서 열처리한 후의  $V_{oc}$ 와  $J_{sc}$ 는 각각 0.69V, 21.408 mA/cm<sup>2</sup> 이고 FF=0.46,  $\eta$ =6.85%로 전지의 성능이 크게 향상되는 것을 볼 수 있었다. 이런 결과는 400°C에서 열처리한 ZnTe의 박막의 결정성 및 미세구조와 관련이 깊은 것으로 보인다. 즉, 열처리로 인하여 결정화가 더욱 촉진되고 입계가 더욱 치밀화 되었기 때문이라 사료된다.

#### IV. 결론

본 연구에서는 저가 고효율의 화합물반도체 태양전지의 개발을 위해 투명전극, Buffer layer 및 광흡수층에 대해서 연구하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- (1) 투명전극인 AZO 박막은 ZnO 분말에 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 2wt% 첨가한 세라믹 소결체 타겟을 이용하여 아르곤분위기에서 가스압 10mTorr, 기판온도 350°C, RF power 80W에서 증착한 박막을 질소분위기에서 500°C로 60분간 열처리하였을 때,  $9.1 \times 10^{-4} [\Omega \cdot \text{cm}]$ 의 비저항값을 가지는 투명전극이 얻을 수 있었다.
- (2) Buffer Layer로는 에너지 밴드갭이 넓으며 격자상수가 ZnTe와 비슷한 n-type 반도체 물질인 ZnO를 사용하여, 분위기가스로 Ar:O<sub>2</sub>=7:3, 가스압 10mTorr, 기판온도 200°C로 박막 제작후 500°C로 열처리하였을 때, c축 우선배향성이 가장 좋았으며, 비저항값도 103[ $\Omega \cdot \text{cm}$ ] 로써 Buffer Layer로 적당한 박막이 만들어졌다.
- (3) 광흡수층으로 p-type 의 ZnTe를 co-sputtering 법을 이용하여 증착하였다. 이때 Zn과 Te의 RF power 비가 각각 50W, 30W이

고, 10mTorr(Ar)의 가스압에서 기판온도 200°C로 박막 제작후 400°C(10s)로 열처리하였을 때, XRD 회절강도가 상대적으로 가장 크게 나왔으며, 1.67eV의 에너지 밴드갭을 가지는 박막을 얻을 수 있었다. 이때의 Zn과 Te의 조성비는 약 32% : 68% 였다.

- (4) 이렇게 제작한 박막을 이용하여 Solar Cell을 제작하여 측정한 결과  $V_{oc}$  와  $J_{sc}$  는 각각 0.69V, 21.408mA/cm<sup>2</sup> 이고, Fill Factor (FF)=0.46, Efficiency  $\eta$ =6.85% 의 성능을 가지는 Solar Cell을 얻을 수 있었다.

본 연구의 결과로 화합물반도체 태양전지의 광흡수층으로 ZnTe물질을 이용할 수 있다는 가능성을 보여주었고, 저가의 투명전극 및 Buffer Layer, 후면전극을 이용한 공정단계의 일관화를 통해 태양전지의 제조단가를 상대적으로 많이 낮추어 보다 상용화에 앞장설 수 있을 것으로 기대된다.

#### 감사의 글

본 연구는 2000년도 부경대학교 기성회 학술연구조성비 지원에 의하여 수행되었음.

#### 참고 문헌

- [1] Fahrenbruch, A. L. and R. H. Bube, Fundamentals of solar cells, Academic Press, New York, pp. 9-75, 1983.
- [2] Ohyama H., T. Aramoto, S. Kumazawa, H. Higuchi, T. Arita, S. Schibutani, T. Nishio, J. Nakajima, M. Tsuji, A. Hanafusa, T. Hibino, K. Omura and M. Murozono, 16.0% efficient thin-film CdS/CdTe solar cells, 26th IEEE PVSC, sept. 30, 1997.
- [3] Durose K., P. R. Edwards and D. P. Halliday, Materials aspects of CdTe/CdS sole cells, Journal of Crystal Growth, vol 197, pp. 733-742, 1999.
- [4] 윤경훈, CuInSe<sub>2</sub> 박막 태양전지 개발 현황, 전기전자재료, vol. 11. pp. 43-47. 1998.

- [5] Alberts V., R. Herberholz., T. Walter and H. W. Schock, Device characteristics of In-rich CuInSe<sub>2</sub>-based solar cells, J. Appl. Phys, Vol. 30, pp. L2156-L2162, 1997.
- [6] 전력연구원, 저가 고효율 CuInSe<sub>2</sub>계 박막 태양전지의 개발(IV), 최종보고서, 1998.
- [7] Choi D. I., S. W. Yoon and D. H. Kim, Influence of Cu doping and heat treatments on the physical properties of ZnTe films, Korean J. of Materials Research, Vol. 9, No. 2, pp. L173-L180, 1999.
- [8] Bellakhder H., F. Debbagh, A. Outzourhit, A. Bennouna, M. Brunel and E. L. Ameziane, Characterization of Te/Zn/Te... multi-layers deposited by RF-sputtering, Solar Energy Materials and Solar Cells, Vol.45, pp.361-369, 1997.
- [9] Lee, J. S, Effects of preparation conditions and CdS microstructure on the photovoltaic properties of sintered CdS/CdTe solar cells, 한국과학기술원 박사학위논문, 1986.
- [10] Sutichai Chaisitsak, Takeshi Sugiyama, Akira Yamada and Makoto Konagal, Cu (InGa)Se<sub>2</sub> Thin-film Solar Cells with High Resistivity ZnO Buffer Layers Deposited by Atomic Layer Deposition, Jpn. Journal of Applied Physics, Vol.38, pp.4989-4992, 1999.
- [11] Ha J. S. and K. H. Kim, "Effect of deposition variables and heat-treatment on the growth characteristics and electrical resistivity of ZnO thin film by sputtering", Journal of the Korean Ceramic Society Vol. 35, No. 7, pp.733~739, 1998.
- [12] Yi S. H., Y. K. Sung and J. K. Kim, "A properties of ZnO thin film deposited by magnetron sputtering and its resistivity and microstructure due to annealing", The Journal of the Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers. Vol. 10, No. 2, pp, 126~133, 1997.
- [13] Kim D. H, "Development of thin film cadmium telluride(CdTe) photovoltaic solar cells by close-space sublimation(CSS)", 한국과학재단, 961-0804-029-2

저자 소개

**장유진(Yu-Jin Chang)**



2002년 부경대학교 전자공학과 공학석사  
2002년~현재 리노공업주식회사 기술연구소 연구원

※ 관심분야 : 반도체 공정, 태양전지, 전자재료

**김성우(Sung-Woo Kim)**



2002년 부경대학교 전자공학과 공학사  
2002년 부경대학교 전자공학과 공학석사

※ 관심분야 : 전력증폭기, LNA, Mixer, RF 집적회로설계, 태양전지 제작 분야.

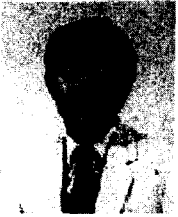
**최혁환(Hyek-Hwan Choi)**



1979년 경북대학교 전자공학과 공학사  
1982.11~1988.08 MBC 문화방송사

1990년 Arizona state University 공학석사.  
1993년 Arizona state University 공학박사.  
1994.03~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 부교수.  
※ 관심분야 : RF 집적 회로 설계, 센서, 아날로그 IC 설계





**권태하(Tae-Ha Kwon)**

1975년 경북대학교 전자공학과 공학사

1990년 경북대학교 전자공학과 공학석사

1993 경북대학교 전자공학과 공학박사

1982.03~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수

※ 관심분야 : 적외선 센서, 유전체 비휘발성 메모리, 박막형 초전도체, 태양전지, RF 집적 회로 설계



**이명교(Myoung-Kyo Lee)**

1963년 경북대학교 물리학과 공학사

1981년 동아대학교 전자공학과 공학석사

1987년 동아대학교 전자공학과 공학박사

1980.09~현재 부경대학교 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수

※ 관심분야 : 전자공학, 전자재료, 전자물성