

# MBE법으로 제작한 ZnSe/GaAs 이종접합 태양전지에 관한 연구

이홍찬<sup>+</sup>·이상태<sup>++</sup>·오진석<sup>+++</sup>·김윤식<sup>++++</sup>·장지호<sup>++++</sup>

## A Study on ZnSe/GaAs Heterojunction Solar Cells Grown by MBE

Hong-Chan Lee<sup>+</sup>, Sang-Tae Lee<sup>++</sup>, Jin-Suck Oh<sup>+++</sup>, Yoon-Sik Kim<sup>++++</sup> and Jiho Chang<sup>++++</sup>

**Abstract** : We report a study of Zn(S)Se/GaAs heterojunction solar cells grown by molecular beam epitaxy (MBE). Zn(S)Se/GaAs heterostructures prepared under different conditions were characterized *in-situ* by reflection high-energy electron diffraction (RHEED). Structural and electrical properties were investigated with double crystal X-ray diffraction and current-voltage characteristics, respectively. The fabricated n-ZnS<sub>0.07</sub>Se<sub>0.93</sub>/p-GaAs solar cell (SC #2) exhibited open circuit voltage(V<sub>oc</sub>) of 0.37 V, short circuit current(I<sub>sc</sub>) of 1.7x10<sup>-2</sup> mA, fill factor of 0.62 and conversion efficiency of 7.8 % under 38.5 mW/cm<sup>2</sup> illumination.

**Key words** : Solar cell(태양전지), ZnSe/GaAs, Heterojunction(이종접합), MBE(분자선 에피택시)

### 1. 서론

최근 고유가 시대가 지속되면서 에너지원 기술개발에 대한 가속화가 요구되고 있으며 산-재생에너지 및 대체 에너지에 대한 관심이 높아지고 있다. 여러 가지의 대체 에너지원 중에서 태양광을 전기에너지로 직접 변환시키는 태양광 발전은 무한정, 무공해의 태양에너지를 이용하기 때문에 고갈되지 않고 지역 편중성이 없을 뿐만 아니라, 대기오염과 환경공해가 없는 미래의 에너지원이다 [1].

최근에는 저렴한 제작원가로 고효율을 갖는 단결정 또는 다결정 실리콘을 이용한 태양전지가 널리 연구되고 있으며, 이 중 새로운 소자 재료로써 화합물 반도체에 대한 관심이 집중되기 시작했다.

특히 II-VI족과 III-V족 화합물 반도체로 구성된 이종접합 태양전지는 고효율 태양전지의 가격을 낮추기 위해 많은 연구의 대상이 되어왔다 [2]. 이 가운데 II-VI족 화합물 반도체인 ZnSe는 실온에서 에너지 갭은 2.67 eV로서 대부분의 태양광을 통과시킬 수 있으며, 광학적 선형 흡수계수(10<sup>4</sup> cm<sup>-1</sup>)가 [2] 매우 크고 실외 안정성이 뛰어나 태양전지의 창층(window layer)으로 주목받고 있는 물질이다 [4].

III-V족 화합물 반도체인 GaAs는 밴드갭은 실온에서 1.42 eV로서 태양 스펙트럼과 잘 부합되며, 이론적 효율이 높고 (26.2%) 직접천이형 에너지 밴드구조를 이루고 있으며, 특히 방사선에 대한 저항성이 Si보다 우수하므로 통신위성 및 우주 공간에서의 응용이 기대되어진다 [5].

위와 같이 태양전지 소재로서 우수한 특성을 가진 GaAs를 기판으로 사용하고 ZnSe계 재료를 창층으로 성장한 n-Zn(S)Se/p-GaAs 이종접합 태양전지는, 이론적으로 태양광의 대부분을 흡수할 수 있어 고효율의 태양전지 제작이 가능하다고 생각된다.

따라서 본 연구에서는 n-Zn(S)Se/p-GaAs 이종접합 태양전지를 MBE법으로 성장/제작하여 전기-광학적 태양전지특성 조사를 통해 최적의 성장조건에 대하여 고찰하였다.

### 2. 실험 방법

#### 2.1 태양전지 제작

본 연구에서 사용한 시료는 분자선 에피택시(molecular beam epitaxy: MBE)법으로 p-GaAs 기판 위에 ZnSe 완충층을 성장시킨후, n-Zn(S)Se층을 순차적으로 성장시켰다. 이와같이 제작된 n-Zn(S)Se/p-GaAs 이종접합 태양전지의 구조는 Fig. 1에 나타내었다. 제작한 태양전지는 두 종류로 n-ZnSe/p-GaAs 태양전지(SC #1)와 n-ZnS<sub>0.07</sub>Se<sub>0.93</sub>/p-GaAs 태양전지(SC #2)이다.

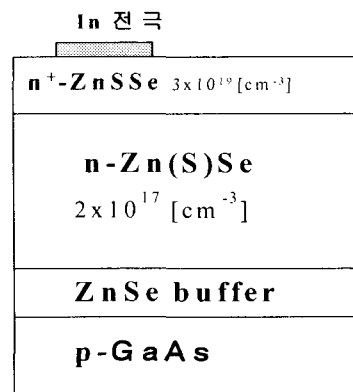


Fig. 1 Schematic structure of n-Zn(S)Se/p-GaAs solar cells grown by molecular beam epitaxy

#### 2.2 평가 방법

MBE법으로 에피층(epilayer)을 성장 중 표면상태 및 초기 과정을 reflection high energy electron-beam diffraction(RHEED) 패턴에 의해서 관측하였고, 성장된 박막의 구조적 특성을 조사하기 위해 이중격자 X선 산란측정(double crystal X-ray diffraction: DCXRD)을 실시하였다.

+ 이홍찬 (한국해양대학교 선박전자기계공학부), E-mail: leehc@bada.hhu.ac.kr, Tel: 051)410-4259  
 ++ 이상태, 한국해양대학교 선박전자기계공학부  
 +++ 오진석, 한국해양대학교 선박전자기계공학부  
 ++++ 김윤식, 한국해양대학교 전기전자공학부  
 ++++ 장지호, 한국해양대학교 반도체물리학과

제작된 태양전지의 전류밀도-전압 특성을 통해 성장조건과 광기전력 현상과의 관계를 고찰하였고, 개방회로전압( $V_{oc}$ )과 단락회로 전류( $I_{sc}$ )를 알 수 있었으며, 충전인자(Fill Factor: F.F.)와 에너지변환효율( $\eta$ )을 계산하였다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

#### 3.1 태양전지의 전류-전압 특성

Fig. 2에서는 제작한 태양전지의 암상태(dark condition)에서 인가전압에 따른 순방향 전류밀도를 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있는바와 같이 n-ZnSe/p-GaAs 이중접합 태양전지 SC #1의 built-in 전압은 약 0.25 V 부근 이었고, n-ZnS<sub>0.07</sub>Se<sub>0.93</sub>/p-GaAs 이중접합 태양전지인 SC #2은 약 0.3 V를 넘는 수치를 보여, 전류-전압 특성이 개선되었음을 알 수 있었다.

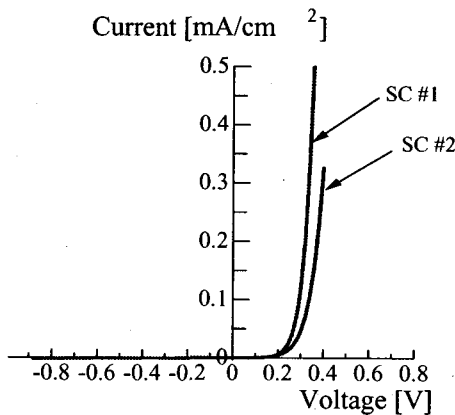


Fig. 2 Current-voltage ( $I$ - $V$ ) characteristics for Zn(S)Se/GaAs solar cells

#### 3.2 태양전지의 광기전력 특성

실온에서 약 48.9uW ( $S=0.13 \text{ mm}^2$ ) 입사광을 입사 시키어 태양전지의 광전류-전압 특성곡선을 얻을 수 있는데, 특성곡선으로부터 개방전압, 단락전류를 구하고 충전인자(F.F.)와 변환효율을 계산할 수 있다. 각각의 태양전지의 개방전압( $V_{oc}$ ), 단락전류( $I_{sc}$ ), 충전인자(F.F.)와 변환효율( $\eta$ )를 정리하여 보면, SC #1과 SC #2의 개방전압은 각각 0.31V와 0.37V이었고, 변환효율은 각각 5.4%와 7.8%로서 태양전지 SC #2가 높은 변환효율을 나타내었다. Fig. 3에서는 대표적으로 태양전지 SC #2의 광조사 측정결과를 나타내었다.

전체적으로 S를 약 7% 첨가한 태양전지 SC #2가 SC #1보다 개방전압과 변환효율이 개선된 특성을 나타내었다. 이것은 S 첨가로 인해 GaAs 기판위에 격자정합(lattice-matching)된 ZnSse 층을 성장시킴으로써, 결정성이 향상되고 그에 따른 태양전지 특성이 전체적으로 향상되었음을 알 수 있다.

앞으로의 과제로는 화학적 성질이 다른 II-VI족 화합물 반도체(ZnSse)와 III-V족 화합물 반도체(GaAs)의 경계층의 세밀한 성장 제어를 통한 효율 향상이 필요하다고 생각 된다.

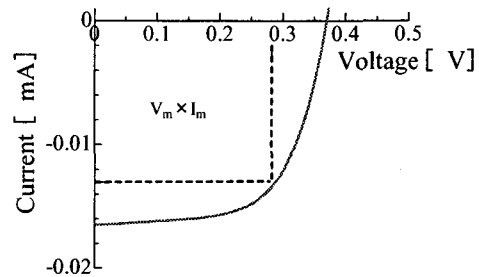


Fig. 3 Illumination characteristics of p-ZnSse/n-GaAs solar cell

### 4. 결 론

본 연구에서는 MBE법으로 n-ZnSe/p-GaAs 이중접합 태양전지(SC #1)와 n-ZnS<sub>0.07</sub>Se<sub>0.93</sub>/p-GaAs 이중접합 태양전지(SC #2)를 제작하여, 태양전지의 전류-전압 특성 및 광전변환효율 등을 관찰하였으며 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 전류-전압 특성으로부터 n-ZnS<sub>0.07</sub>Se<sub>0.93</sub>/p-GaAs 이중접합 태양전지(SC #2)의 built-in 전압이 약 0.3 V를 넘는 수치를 보였으며, SC #1보다 개선된 특성을 나타내었다.

2) 광조사 측정을 통한 변환 효율 역시, n-ZnS<sub>0.07</sub>Se<sub>0.93</sub>/p-GaAs 이중접합 태양전지(SC #2)가 SC #1보다 향상된 특성을 나타내었다. 제작된 태양전지 SC #2의  $V_{oc}$ 는 0.37 V이고,  $I_{sc}$ 는  $1.7 \times 10^{-2}$  mA이었으며, F.F.는 0.62이었고, 변환효율은 7.8 %를 나타내었다.

### 감사의 글

본 연구에 도움을 주신 일본 Tottori University의 Prof. K. Ando, Dr. T. Abe 님께 감사드립니다.

### 참고문헌

- [1] SERI, "Basic Photovoltaic Principles and Methods", Technical Information Office, 1982.
- [2] G. Dhere, Thin solid films, Vol. 193/194, p. 757, 1990.
- [3] R. Chandramohan, C. Sanjeeviraja and T. Mahalingam, physica status solidi, Rapid Research Notes, pss/RRN-97-041, 1997.
- [4] G. Li, G. Li and J.F. Neumark, Proceedings of the 13th workshop on quantum solar cell energy conversion (QUANTSOL), 2001.
- [5] A.W. Bett, F. Dimroth, G. Stollwerk and O.V. Sulima, Appl. Phys. A, Vol. 69, p. 119, 1999.