

## 밀폐상태 RTP 시스템으로 제작된 CIGS 흡수층의 특성

조현준\*, 고병수\*, 전동환\*, 성시준\*, 황대규\*, 강진규\*, 김대환\*

\*대구경북과학기술원(monolith@dgist.ac.kr)

### Properties of the CIGS Thin Films Prepared by Closed RTP System

Jo, Hyun-Jun\*, Ko, Byoung Soo\*, Jeon, Dong-Hwan\*, Sung, Shi-Joon\*, Hwang, Dae-Kue\*,  
Kang, Jin-Kyu\*, Kim, Dae-Hwan\*

\*Daegu Gyeongbuk Institute of Science and Technology (DGIST)(monolith@dgist.ac.kr)

#### Abstract

CuInGa 전구체를 여러 분위기에서 급속 열처리 공정 (rapid thermal processing; RTP)을 이용하여 셀렌화하여 CuInGaSe 박막을 제작하였다. 공정조건은 각각 진공상태, 아르곤 가스 유동 상압상태, 아르곤 분위기 상압밀폐에서 덮개 유리를 사용한 상태 및 아르곤 밀폐상압에서 추가로 Se을 공급한 상태이었다. 제작된 CuInGaSe의 특성을 ICP 측정을 통하여 분석하였다. 열처리 조건에서 시스템이 밀폐상태에 가까울수록 Se 증기압이 높을수록 CuInGaSe 박막의 Se 함량이 증가하였다. 아르곤 분위기 상압 밀폐상태에서 제작된 CuInGaSe 박막을 이용하여 제작한 태양전지의 효율은 9.6%이었다.

Keywords : CIGS, 셀렌화(Selenization), 급속 열처리 공정 (rapid thermal processing), RTP

#### 1. 서 론

CuIn<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>Se<sub>2</sub>는 고효율 박막 태양전지의 흡수층으로 유망한 물질이다.<sup>1)</sup> 고효율의 CIGS 박막은 Cu, In, Ga, Se을 동시 증발법을 이용하여 주로 3-단계 공정으로 만들어지나<sup>2,3)</sup> 대면적 양산과정에 적용하기는 힘든 방법이다. CIGS 박막 태양전지의 저가, 고효율화 및 대면적화를 위한 양산공정을 위해서는 주로 CuInGa 전구체를 스퍼터링 방법으로 증착 후 셀렌화 공정으로 제작하고 있

다. 현재 많이 사용되고 있는 셀렌화 방법은 주로 H<sub>2</sub>Se 및 H<sub>2</sub>S 가스를 사용하고 있으나, 이러한 가스들은 독성이 강하고 공정시간이 비교적 길다는 단점이 있다.

이러한 단점을 극복하기 위하여 Se 막을 선증착 후 급속 열처리하는 방법이 많이 연구되고 있다.<sup>4)</sup> 급속 열처리는 thermal budget이 낮아 구성 원소들의 interdiffusion 완화, 불순물의 확산 감소 효과를 기대할 수 있다.

본 연구에서는 스퍼터링 방법으로 증착된 GaInGa 전구체를 다양한 분위기에서 RTP 방법

으로 셀렌화하여 CuInGaSe 흡수층을 제작하였다. 제작된 흡수층은 ICP 측정을 통하여 그 특성을 조사하였다. 태양전지를 제작하여 RTP 공정 변화에 따른 효율 변화에 대하여 논의하였다.

## 2. 실험

CuInGa 금속 전구체를 스퍼터링 방법으로 물리브덴이 증착된 소다라임 유리 위에 성장한 후 열증발기를 이용하여 Se를 상온에서 증착하였다. 제작된 박막을 650°C에서 3분간 RTP 방법을 이용하여 셀렌화하였다. RTP 상태는 각각 진공, 상압에서 아르곤 가스 유동, 아르곤 분위기 상압밀폐에서 덮개 유리를 사용, 아르곤 분위기 상압밀폐에서 추가로 Se를 공급한 것이었다. 제작된 CuInGaSe 흡수층의 특성을 ICP 측정을 통하여 분석하였다. Al/Al:ZnO/i-ZnO/CdS/CIGS/Mo/SLG 구조로 태양전지를 제작 후 효율을 측정하였다.

## 3. 결과 및 토의

표 1. 다양한 분위기에서 RTP 방법으로 제작된 CuInGaSe 흡수층의 ICP 결과

공정 상태	Cu/(In+Ga)	Ga/(In+Ga)	Se/(Cu+In+Ga)
진공	1.05	0.29	0.95
아르곤 가스 유동	0.92	0.26	0.24
덮개 유리 밀폐	0.90	0.26	1.73
추가 Se 밀폐	0.88	0.26	1.67

표 1은 다양한 분위기에서 RTP 방법으로 제작된 CuInGaSe 흡수층의 ICP 결과이다. RTP 처리 분위기에 따라 Ga/(In+Ga)의 조성비와 Cu의 함량은 크게 변화가 없으나 Se의 비율은 변화되었다. Se의 증기압이 높게 유지되는 상태일수록 흡수층 내부의 Se 비율이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 아르곤 가스 유동상태에서 아르곤 가스가 Se 증기를 외부로 배출시켜서 Se의 조성이 가장 낮았다.

표 2는 다양한 분위기에서 RTP 방법으로 제작된 흡수층을 사용한 태양전지의 특성이다. 진공 및 아르곤 유동 상태에서 제작한 흡수층의 경우 효율 측정에 실패하였다. Se 증기압이 높게 유지되는 상태일수록 개방전압과 단락전류가 점점 증가하고 있으며, 그 결과 효율이 개선되는 것을 확인할 수 있다. Se의 함량이 증가하면서 Se 빈자리에 의한 결함이 감소하며, Se 부족으로 인한 이차상역시 감소한다. 이러한 결함 감소 및 박막의 결정성이 증가하게 되면 개방전압과 단락전류가 증가하게 된다. 가장 높게 측정된 효율은 9.6%이었다.

표 2. 다양한 분위기에서 RTP 방법으로 제작된 흡수층을 사용한 태양전지의 특성

공정 상태	V <sub>oc</sub> [V]	J <sub>sc</sub> [mA/cm <sup>2</sup> ]	F.F. [%]	Eff. [%]
진공	-	-	-	Fail
아르곤 가스 유동	-	-	-	Fail
덮개 유리 밀폐	0.327	33.1	35.2	3.80
추가 Se 밀폐	0.456	39.8	53.0	9.60

## 4. 결론

CuInGa 전구체를 여러 분위기에서 RTP를 이용하여 셀렌화하였다. ICP 측정 결과 셀렌화 조건에서 시스템이 밀폐상태에 가까울수록 Se 증기압이 높을수록 CuInGaSe 박막의 Se 함량이 증가하면서 박막은 특성이 좋아졌다. Ga/(In+Ga)의 조성비와 Cu의 함량은 크게 변화가 없으나 Se의 비율은 변화되었다. Se 함량이 증가할수록 개방전압과 단락전류가 점점 증가하여 효율이 개선되었다. 가장 높게 측정된 효율은 9.6%이었다.

## 후 기

본 연구는 지식경제부, 한국산업기술진흥원, 대경광역경제권 선도산업지원단의 광역

경제권 선도산업 육성사업으로 수행된 연구  
결과입니다.

### 참 고 문 헌

1. I. Repins, M. A. Contreras, B. Egaas, C. DeHart, J. Scharf, C. L. Perkins, B. To, R. Noufi, Prog. Photovolt: Res.Appl.16 (2008) 235 - 239.
2. M. A. Contreras, J. Tuttle, A. Gabor, A. Tennant, K. Ramanathan, S. Asher, A. Franz, J. Keane, L. Wang, R. Noufi, Solar Energy Materials and Solar Cells 41/42(1996)231-246.
3. A. Gabor, J. Tuttle, M. H. Bode, A. Franz, A. L. Tennant, M. A. Contreras, R. Noufi, D. G. Jensen, A. M. Hermannv, Solar Energy Materials and Solar Cells 41/42(1996)247-260.
4. F. Karg, V. Probst, H. Harms, J. Rimmasch, W. Riedl, J. Kotschy, J. Holz, R. Treichler, O. Eibl, A. Mitwalsky, A. Kiendl, Rec. IEEE Photovoltaic Special Conference, Vol. 23, 1993, p. 441.