

후면전극형 태양전지의 열해석에 관한 연구

남태진¹, 강이구^{1,a}

¹ 극동대학교 태양광공학과

Thermal Analysis for High Efficiency of Point Contact Solar Cell

Tae Jin Nam¹ and Ey Goo Kang^{1,a}

¹ Department of Photovoltaic Engineering, Far East University, Eumseong 369-700, Korea

(Received April 4, 2011; Revised April 12, 2011; Accepted April 17, 2011)

Abstract: This paper was carried about thermal analysis for high efficiency point contact solar cell. Therefore, we carried about 2-D device and process simulator according to design and process parameters. As a result of simulations, power transfer efficiency have decreased more increasing temperature. Especially, power transfer efficiency of room temperature have been showed 25%. The other hand, power transfer efficiency of 350 K kalvin temperature have been showed 20%. Therefore, we will considered design with thermal dissipation of device.

Keywords: Point contact, High efficiency, Passivation, Solar cell, Thermal analysis

1. 서론

실리콘 태양전지의 역사는 1950년대까지 거슬러 올라가지만 1970년대 중반의 Violet 전지나 Black 전지 이후 약 10년간 효율의 큰 변화가 없었다. 1980년대에는 마이크로อิเล็กทรอนิกส์에서 사용하기 시작한 실리콘 산화막을 이용한 실리콘 표면 passivation 기술과 전극의 passivation 기술을 적용하면서 고효율 태양전지 시대가 도래 하였다. 이 기술을 이용한 대표적인 전지로는 MINP (metal-insulator-NP junction) 전지와 PESC (passivated emitter solar cell)이 있으며 PESC는 20%의 벽을 넘은 최초의 전지이다 [1,2].

Sunpower에서 개발한 후면전극 (point contact) 태양전지는 shading loss로 작용하는 전면전극이 존재하지 않고 음극과 양극의 전극을 모두 뒷면에 형성시킨 구조가 특징이다. 전극이 한쪽에만 존재하기 때문에 기판의 품질이 좋아야하고 전면과 후면의 표면

passivation이 아주 중요하다. 지금까지 가격이 높아서 집광형 태양전지나 일부 고효율이 요구되는 특수한 용도에 사용되었으나 최근 후면전극을 값비싼 사 진식각공정 대신 스크린 프린팅 공정을 이용하여 형성함으로써 지상용을 대량생산할 수 있는 발판을 마련하였다. 최근 FZ과 CZ 기판을 이용하여 각각 20.4, 19.5%의 효율을 보고하였다 [3-5].

본 논문에서는 소자와 공정시뮬레이터를 이용하여 설계된 최적구조의 후면전극형 태양전지를 가지고 열 해석시뮬레이션을 수행하여 온도에 따른 소자의 동작 변화 여부를 분석하였으며, 또한 온도분포에 따른 전력변환 효율의 관계도 분석하였다.

2. 실험 방법

본 논문에서 열해석을 하기 위해 사용한 후면 전극형 태양전지의 최적 구조는 그림 1과 같이 나타내고 있으며, 본 구조를 이용하여 소자 및 공정시뮬레이션을 수행 하

a. Corresponding author; keg@kdu.ac.kr

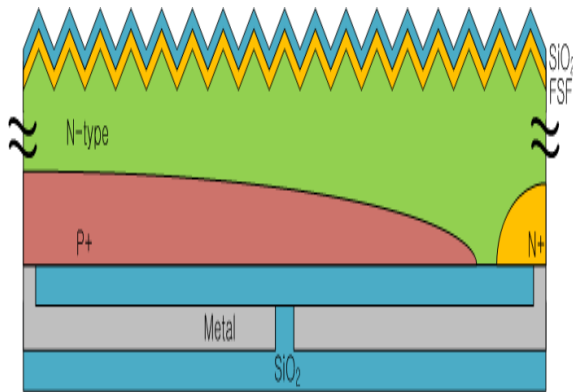


Fig. 1. The structure of point contact solar cell.

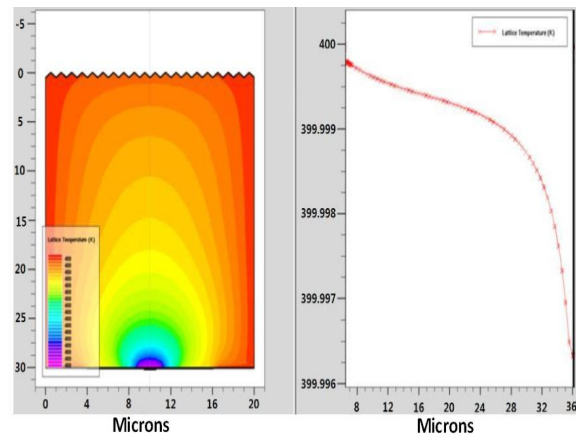


Fig. 2. The temperature distribution of point contact solar cell.

Table 1. Device parameter for simulation.

Parameter	Value	Parameter	Value
Cell Pitch(um)	100	N+ BSF width(um)	10
Substrate Thickness(um)	200	N+ BSF Thickness(um)	0.8
Substrate Concentration (/cm ³)	1E16	Peak doping in emitter(/cm ³)	5E20
AR coating (SiO ₂ ,um)	0.05	N+ Front Surface Field Thickness(um)	0.4
AR coating (Si ₃ NH ₄ ,um)	0.07	Peak Doping in N+ Front Surface Field (/cm ³)	2E19
Contact opening(um)	10	Surface Recombination Velocity(cm/sec)	100
P+ Emitter width(um)	85	Life Time	100us
P+ Emitter thickness	0.9	Incident light beam(°)	90
Peak doping in emitter(/cm ³)	1E19	Gap between N+ and P+(um)	5

였으며, 최적화된 후면전극형 태양전지의 파라미터는 표 1에서 보여주고 있다.

열해석 시뮬레이션 방법을 통해 온도에 따른 소자의 동작 변화 여부를 분석하였다. 아래는 lattice temperature를 분석하여 온도에 따른 특성 변화를 관찰하였으며, 온도 범위는 250 K~400 K 변화 시키며 소자의 온도 분포를 확인한 결과로 내부 온도의 변화는 표면 온도 대비 크게 변화하지 않는다는 것을 알 수 있다. 그러나 온도 변화에 대한 I-V 특성은 소자의 온도가 높아질수록 변환 효율이 낮아지는 경향을 보이는 것을 알 수 있다. 이는 향후 모듈 설계 시 소자의 열을 잘 확산시킬

수 있는 구조의 필요성을 알 수 있다.

3. 결과 및 고찰

그림 3은 온도분포에 따른 전류-전압 특성을 보여주고 있다. 그림에서 나타난 바와 같이 온도가 올라가면 올라갈수록 낮은 애노드 전압에서 전류가 급격히 감소하는 것을 볼 수 있다.

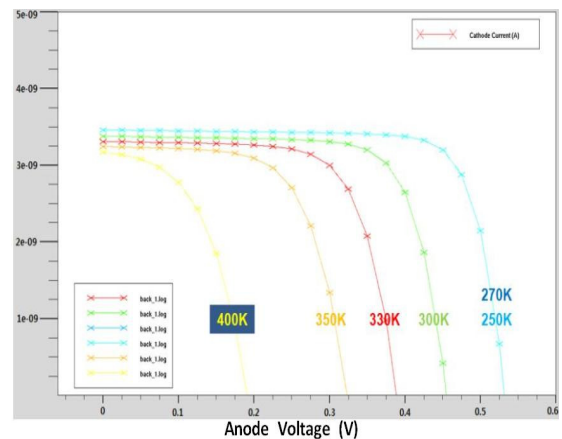


Fig. 3. The I-V characteristics of point contact solar cell according to temperature.

그림 4는 온도변화에 따른 전압과 전력효율의 관계를 보여주고 있다. 셀의 온도가 상온에서는 최대의 전력효율을 보여주고 있으며, 온도가 높아질수록 전

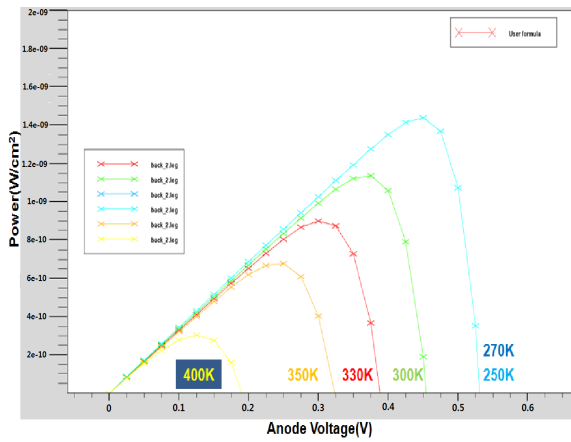


Fig. 4. The P-V characteristics of point-contact solar cell according to temperature.

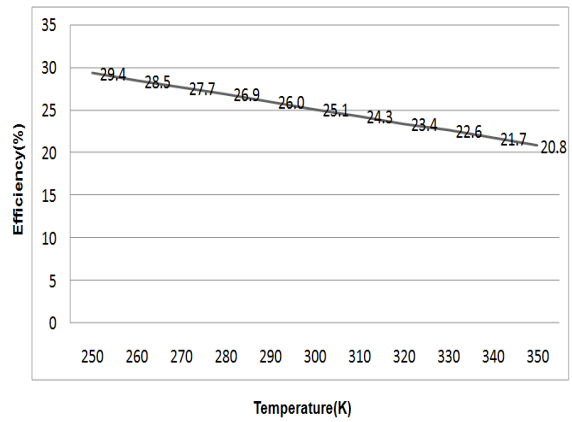


Fig. 5. The efficiency characteristics of point contact solar cell according to temperature.

Table 2. Thermal data of point contact solar cell.

Temp. (K)	Efficiency (%)	Fill Factor	Jsc (x10-7 A/cm2)	Voc (V)	Im (x10-7 A/cm2)	Vm (V)
250	29.3737	0.8181	4.6085	0.7791	4.3517	0.6750
260	28.5349	0.8109	4.6060	0.7639	4.2274	0.6750
270	27.7158	0.8016	4.6033	0.7511	4.2640	0.6500
280	26.8552	0.7924	4.6004	0.7367	4.2293	0.6350
290	25.9504	0.7835	4.5974	0.7204	4.1521	0.6250
300	25.1351	0.7764	4.5943	0.7046	4.1892	0.6000
310	24.2507	0.7671	4.5911	0.6886	4.2175	0.5750
320	23.3600	0.7543	4.5878	0.6751	4.0627	0.5750
330	22.5604	0.7487	4.5841	0.6573	4.1019	0.5500
340	21.6978	0.7385	4.5798	0.6415	4.1329	0.5250
350	20.7909	0.7255	4.5744	0.6265	3.9636	0.5245

력효율이 상당히 낮아지고 있음을 보여주고 있다. 셀의 온도가 높아지는 한 여름에 전력효율을 높이기 위해 또 다른 방법이 제시되어야 할 것으로 판단된다.

그림 5는 온도변화에 따른 후면전극형 태양전지 셀의 효율 특성을 보여주고 있다. 그래프에서 나타낸 바와 같이 셀의 온도가 높아질수록 전력변환 효율이 감소하는 것을 알 수 있다. 구체적인 데이터는 표 2에서 보여주고 있다.

위 표는 온도에 따른 태양전지의 열특성을 최종 분석한 데이터이다. 태양전지의 열특성을 보면 소자 내부에서의 온도 차이는 약간씩은 있으나 그 차이는 매우 적다는 것을 알 수 있다. 그러나 온도 증가 시 효율

및 fill factor가 감소하는데 이는 소자의 온도 증가 시 내부에서 scattering을 증가시켜 recombination의 증가를 일으키기 때문으로 향후 모듈 설계 시 소자의 내부 온도를 최적화 시켜줄 수 있는 설계가 필요하다.

4. 결론

본 논문에서는 후면전극형 태양전지의 고효율화를 위한 소자의 열특성을 분석하였다. 전반적으로 소자 내의 열이 온도가 높아질수록 전류, 전력변환 효율이 감소하는 것을 볼 수 있으며, 특히, 전력변환 효율의 경우 상온에서 25%의 변환효율을 보이는 반면 350 K에서는 20%로 급격히 감소하는 것을 볼 수 있다. 따라서 최종적으로는 소자 내부의 열 방출을 고려한 설계가 반드시 필요하다는 것을 알 수 있다.

감사의 글

본 논문은 한국연구재단의 2010년도 지역혁신인력 양성사업의 지원에 의해 수행되었음.

REFERENCES

[1] P. J. Verlinden, R. M. Swanson, and R. A Crane,

- Progress in Photovoltaic and Applications*, **2**, 143 (1994).
- [2] P. J. Verlinden, R. M. Swanson, and R. A. Crane, *Proc. 12th EC Photovoltaic Solar Energy Conference* (Amsterdam, Netherlands, 1994) p. 1477.
- [3] P. J. Verlinden, R. M. Swanson, T. Iwata, K. Handa, H. Ogasa, and D. L. King, *Proc. 12th EC Photovoltaic Solar Energy Conference* (Amsterdam, Netherlands, 1994) p. 1304.
- [4] J. Zhao, A. Wang, D. M. Roche, S. R. Wenham, and M. A. Green, *Technical Digest 9th International Photovoltaic Science and Engineering Conference* (Miyazaki, Japan, 1996) p. 65.
- [5] R. R. King, R. A. Sinton, and R. M. Swanson, *Contractor Report to Sandia National Lab*, **91** (Albuquerque, New Mexico, 1991).