

시뮬레이션 실험을 통한 HIT Cell의 최적화 -AFOS HET

오명석, 허종규, 이준신
성균관대학교

Optimization of HIT Cell by Using Simulation -AFOS HET

Myoung-Seok Oh, Jong-Kyu Heo, Jun-Sin Lee
SungKyunKwan Univ

Abstract : 태양전지의 효율은 실리콘 자체의 특성에 의해서 결정 되거나 완성된 실리콘을 통해 태양전지를 제조하는 과정에서 웨이퍼의 두께와 도핑 농도의 조절을 통해 효율을 변화 시킬 수 있다. 높은 효율을 갖는 태양전지 설계를 위해 태양전지 시뮬레이터인 AFOS HET 프로그램을 이용하여 태양전지 웨이퍼 두께와 acceptor의 도핑 농도를 조절하였다. 최적화 결과 80nm ZnO , 300μm c-Si(p), 1nm a-Si(i) , 1nm a-Si(n), 1μm Ag, acceptor의 도핑 농도 $7 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 에서 $V_{oc}=697.7\text{mV}$, $J_{sc}=42.15\text{mA/cm}^2$, $P_{max}=0.0247\text{W/cm}^2$, $FF=83.51\%$, $Eff=24.56\%$ 의 고효율을 얻을 수 있다. 본 연구를 통하여 태양전지 설계나 제조 시에 연구비를 절감할 수 있고 높은 효율의 태양전지로 접근할 수 있다.

Key Words : Solar Cell, AFOS HET, optimization, high efficiency, thickness

1. 서 론

현대 사회는 에너지 자원의 고갈 및 화석연료로 인한 지구 온난화 등의 환경적인 문제 등이 가중되고 있다. 또한 2005년 2월 국가별 온실가스 배출량 감축에 대한 구체적인 일정과 계획을 담은 교토 의정서가 발효됨에 따라 어느 때보다 대체 에너지에 대한 중요성이 강조되고 있어 태양광을 이용한 대체 에너지 개발이 중요시 되고 있다. 태양전지(solar cell)의 효과적인 활용을 위해서는 고효율, 저가화 태양전지 제작에 있다고 할 수 있다. 최근 제조비가 싸면서 고효율의 태양전지의 개발이 요구되고 있다. 태양전지의 효율은 웨이퍼의 두께, 소수 반송자 수명시간, texture 구조와 균일도 정도, doping 프로파일, 표면농도와 접합 깊이, 표면 passivation(전면과 후면), 전극의 표면적 차광손실 정도등의 여러 가지 요인들이 복합적으로 영향을 끼친다. 따라서 보다 나은 효율을 얻기 위해서는 각 요소들의 영향이 어떠한지를 알고 변수들을 적절히 조절하여 최적의 조합을 찾아야 한다. AFOS HET를 이용하면 각각의 변수들을 쉽게 조정하여 시뮬레이션 해볼 수 있다. AFOS HET를 사용하여 태양전지의 베이스층의 두께와 도핑 농도를 변화시켜 최대의 효율을 얻을 수 있는 조건을 찾기 위해 최적화 과정을 거쳤다.

2. 실험

최적화 순서는 다음과 같다. 우선 최대 효율을 내는 두께를 찾기 위해 a-Si(i)과 a-Si(n)의 두께를 각각 변화시킨다. 그리고 결정된 최적 두께를 고정시키고 최적 acceptor의 도핑 농도를 찾기 위해 변화시킨다.

시뮬레이션의 기준이 되는 값은 실제 태양전지의 제작조

건의 범위와 비슷하게 시뮬레이션 설정을 하고, 그 값들에서 숫자를 조금씩 변화시켜 가면서 적절한 값을 찾아 나갔다.

표 1. 시뮬레이션 조건.

Parameters	a-Si(n)	a-Si(i)	c-Si(p)
Dielectric constant	11.9	11.9	11.9
Electron affinity(eV)	3.9	3.9	4.05
Band gap(eV)	1.74	1.72	1.12
Optical band gap(eV)	1.74	1.72	1.12
Effective conduction band density(cm^{-3})	1E20	1E20	2.8E19
Effective valence band density(cm^{-3})	1E20	1E20	1.04E19
Electron mobility(cm^2/Vs)	5	5	1041
Hole mobility(cm^2/Vs)	1	1	413
Doping concentration of donors(cm^{-3})	1E20	0	0
Thermal velocity of electrons(cm/s)	1E7	1E7	1E7
Thermal velocity of hole(cm/s)	1E7	1E7	1E7
Layer density(gcm^{-3})	2.328	2.328	2.328

3. 결과 및 고찰

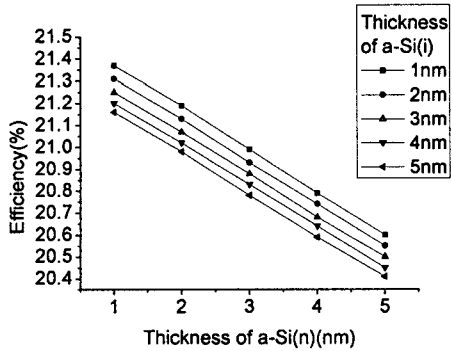


그림 1. 두께에 따른 효율 변화

a-Si(i)의 두께를 고정시키고 a-Si(n)의 두께를 5nm 에서 1nm 까지 1nm 간격으로 낮추니 효율이 증가하는 경향을 나타내었다. a-Si(i)의 두께 또한 1nm 에서 5nm 범위에서 얇을수록 효율이 증가하는 결과를 관찰할 수 있었다.

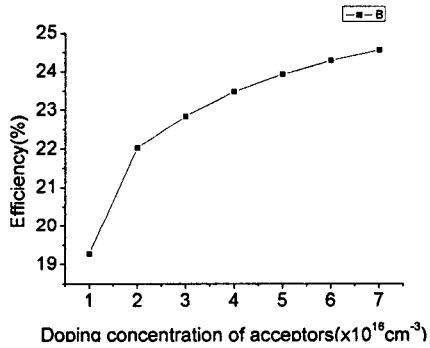


그림 2. 두께에 따른 효율 변화

그림 1에서 얻은 최적의 두께를 고정시키고 acceptor의 도핑농도를 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 에서 $7 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 까지 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 간격으로 높이니 효율이 증가하는 경향을 나타내었다.

이상의 과정을 통해서 1nm a-Si(i), 1nm a-Si(n), acceptor의 도핑농도 $7 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 에서 $J_{sc}=42.15(\text{mA}/\text{cm}^2)$, $V_{oc}=697.7(\text{mV})$, $P_{max}=0.0247\text{W}/\text{cm}^2$, $FF=83.51\%$, $Eff=24.56\%$ 의 고효율을 얻을 수 있다. 그림3는 I-V and Power 곡선이다.

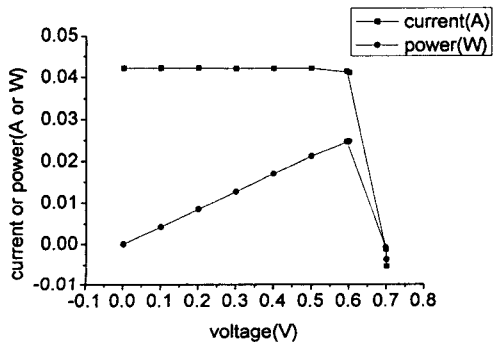


그림 3. I-V and Power 곡선.

4. 결론

위에서 얻어진 결과는 실제의 태양전지 설계나 제조시에 변수 결정이나 목표 효율을 결정하는데 도움을 줄 수 있고 여러 시행착오를 줄이는데 활용할 수 있다.

감사의 글

예전부터 관심있던 태양전지에 대해 공부할 수 있는 기회를 주신 성균관대학교 정보통신공학부의 이준신 교수님과 바쁜 와중에도 부족한 저를 도와주시느라 애쓰 허증규 조교님께 감사의 말씀 올립니다.

참고 문헌

- [1] 이준신 김경해 공저, "태양전지 공학", 도서출판 그린
- [2] 이준신 이재형 임동건 공저, "태양전지 원론", 흥릉과 학출판사