

고효율 단결정 태양전지 설계를 위한 PC1D 시뮬레이션

정성현, 이영석, 윤인용 이준신
성균관대학교

PC1D Simulation for Design High Efficiency Single Crystalline Solar Cell

Sung-Hyun Jung, Young-Seok Yi, In-Yong Moon, Jun-Sin Yi
SungKyunkwan Univ.

Abstract : 태양전지의 효율은 실리콘 자체의 특성에 의해서 결정 되거나 완성된 실리콘을 통해 태양전지를 제조하는 과정에서 Texturing, Coating 등을 통해 효율을 변화 시킬 수 있다. PC1D를 이용해 Texturing, Base Resistivity, Emitter Doping등을 조절해가며 고효율 태양전지를 위한 시뮬레이션을 하였다. Texture Angle이 80°, Texture Depth가 2um, Base Resistivity가 0.2[Ω·cm], Emitter Doping이 $8 \cdot \text{Exp}(19)[\text{cm}^{-3}]$ 일 경우 효율이 19.9%로 최적화 되었다.

Abstract : Solar cell's efficiency depends on silicon's characteristic itself, or additional process such as texturing, coating, etc. Using PC1D, by adjusting Texturing, Base Resistivity, Emitter Doping, simulate many situation and observe the result. When texture Angle=80°, Texture Depth=2um, Base Resistivity = 0.2, Emitter Doping = $8 \cdot \text{Exp}(19)$ are set, the solar cell's efficiency is 19.89%, and optimized.

Key Words : Solar cell, Design, High Efficiency, PC1D

1. 서 론

세계는 고유가, 온실가스 감축 등 여러 가지 문제점에 직면하여 있고 그에 대한 대안을 찾는 데 심혈을 기울이고 있다. 그 대안 중 하나가 바로 태양전지이다. 태양전지는 초기의 설치비를 제외하면 유지비용이 거의 들지 않고, 반영구적으로 사용이 가능하며, 태양이라는 무한한 자원을 이용한다는 장점을 지니고 있다.

태양전지의 효율을 나타내는 파라미터에는 Open-Circuit Voltage, Short-Circuit Current, Fill Factor가 있다.

Open-Circuit Voltage, Short-Circuit Current,는 서로 간에 영향을 주고 있어 하나를 크게 하면 다른 하나는 값이 작아지는 경우가 생긴다. 그래서 각 요소에 영향을 미칠 수 있는 요소를 찾아서 최적화 된 값을 찾아내야 된다. 실제 태양전지 제작 과정에서 효율에 영향을 미칠 수 있는 요소에는 내부적인 요소로 Doping, Diffusion, Recombination 등이 있고, 외부적 요소로는 Texture, Coating, Reflectance 등이 있다. 이런 값들을 조절해 가면서 최적화 된 값을 찾아야 고효율 태양전지를 제작 할 수 있다.

PC1D를 이용하면 시뮬레이션을 통해 태양전지를 가상으로 제작 해 볼 수 있기 때문에 실제 제작에서 생길 수 있는 여러 가지 변수들을 미리 조절해 봐 시행착오를 최대한 줄일 수 있다.

2. 실험

먼저 Texture를 바꿔가면서 그 값들에서 효율이 어떻게 변하는지 관찰하고 그 값 중 최대 효율을 가진 값을 선택해 시뮬레이션 조건에 추가 한 뒤, 더 높은 효율을 얻기 위해 Emitter Doping값에 따라 Base 층의 두께를 변화 시켜 가면서 최적의 값을 찾았다. 얻어진 값을 다시 시뮬레이션 조건으로 설정한 뒤 Base Resistivity값에 따른 최적의 Emitter 값을 다시 찾아냈다.

시뮬레이션의 기준이 되는 값은 실제 태양전지의 제작 조건의 범위와 비슷하게 시뮬레이션 설정을 하고, 그 값들에서 숫자를 조금씩 변화시켜 가면서 적절한 값을 찾아 나갔다.

표 1. 기본 시뮬레이션 조건

Device Area	148.6cm ²
Dielectric constant	11.90
Band gap	1.124eV
P-type Background doping	$7.355 \cdot \text{Exp}(18)\text{cm}^{-3}$
Intrinsic conc. at 300K	$\text{Exp}(10)\text{cm}^{-3}$
Bulk recombination	Tau n = Tau p =100us
Temperature	25°C
Constant intensity	0.1W cm ⁻²

3. 결과 및 고찰

먼저 최적의 Texture 값을 찾기 위해 texture의 angle을 10° 간격으로 증가 시키며 각 경우에서 depth를 1um에서 5um까지 변화시켜 보았다. Angle이 80°가 될 때까지 효율이 계속 증가하다가 80°를 넘으면 효율이 점차 감소하였다. 그리고 Depth는 Angle에 비해서 효율에 그렇게 많은 영향을 미치지 않는 듯하였다. 최적의 Depth값은 2um였다. 태양전지는 80°, 2um에서 최적의 효율을 나타냈다.

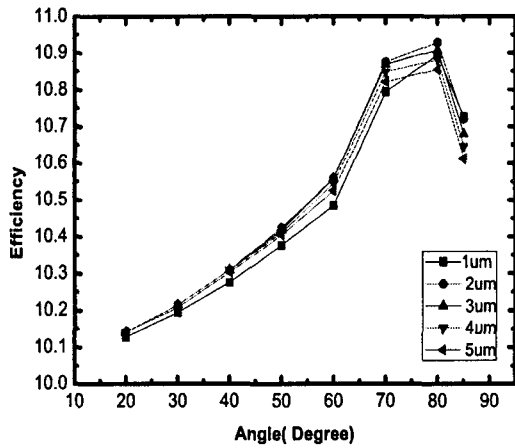


그림 1. Texture Angle 변화에 따른 효율 변화

Emitter층의 도핑 농도가 높아지면 반송자 이동도가 떨어지게 된다. 결과 내부의 재결합이 증가하게 되고 단락 전류 값이 적어지게 되어 태양전지의 효율이 떨어지게 된다. 그림 2를 보면 Doping 농도가 증가 할수록 효율이 떨어지는 것을 확인 할 수 있다.

Base 두께를 변화 시켜 가면서 Emitter 도핑을 변화 시켜 가면서 최적의 Emitter Doping농도를 찾아본 결과 Doping농도가 $8 \times \text{Exp}(19)[\text{cm}^{-3}]$, Base 두께가 200um일 경우 가장 높은 효율을 보였다.

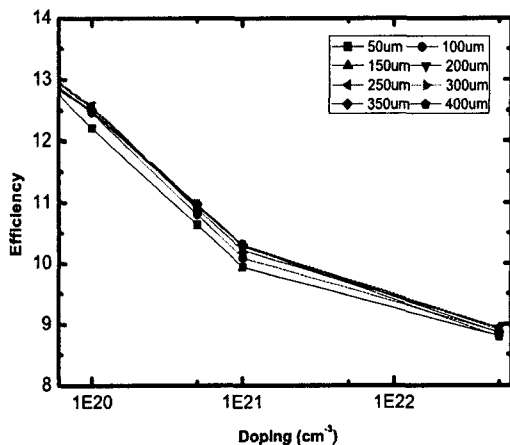


그림 2. Emitter Doping 변화에 따른 효율 변화

Resistivity가 $0.2[\Omega \cdot \text{cm}]$ 이고 Emitter Doping이 $8 \times \text{Exp}(19)[\text{cm}^{-3}]$ 일 경우 가장 높은 효율이 나타났다. Base Resistivity가 크면 Base의 Doping농도가 작아져 효율이 떨어진다. 그러나 비저항이 너무 낮은 경우는 Doping농도가 높아져 불순물이 많아져 재결합이 쉬워지고 그 결과 효율이 급격하게 감소한다. Base Resistivity가 $0.2[\Omega \cdot \text{cm}]$ 일 경우 효율이 가장 높게 나타났다.

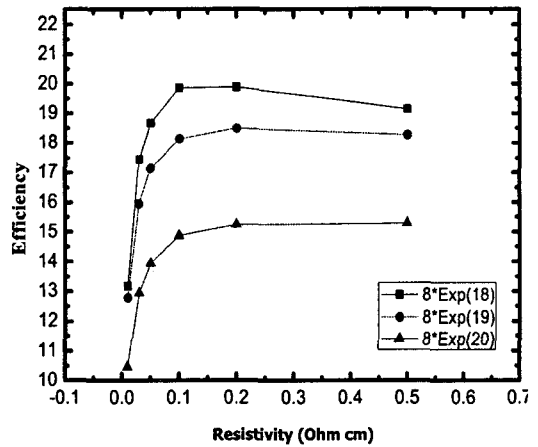


그림 3. Base Resistivity 변화에 따른 효율 변화

시뮬레이션을 통해 얻은 최적화 값은 Texture Angle이 80°, Texture Depth가 2um, Base Resistivity가 $0.2[\Omega \cdot \text{cm}]$, Emitter Doping이 $8 \times \text{Exp}(19)[\text{cm}^{-3}]$ 일 경우에 19.9%의 효율을 얻을 수 있었다.

4. 결론

시뮬레이션을 통해 얻어진 결과는 실제 태양전지 설계나 제조 시에 변수 결정이나 목표 효율을 결정하는데 도움을 줄 수 있어, 시행착오를 줄일 수 있게 할 것이다.

감사의 글

실험을 도와주신 성균관대학교 정보통신 소자 연구실 분들에게 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] 이준신, 김경해 공저, “태양전지공학”, 그린
- [2] 이수은, “PC1D를 이용한 cast poly-Si 태양전지의 최적화”, 한국전기전자재료학회, 1999