

ASA 프로그램을 이용한 박막태양전지의 고효율화 방안

박종영, 이영석, 허종규, 이준신
성균관대학교

High Efficiency of Thin Film Silicon Solar Cell by using ASA Program

Jongyoung Park, Youngseok Lee, Jongkyu Heo, Junsin Yi
Sungkyunkwan Univ.

Abstract : 박막태양전지에서 p-layer, i-layer, n-layer의 thickness와 doping concentration은 가장 기본이 되는 요소이다. 각 layer에서 위 두 가지 요소를 ASA simulator를 이용해서 높은 효율을 갖는 박막태양전지를 설계하기 위해 조절하였다. Simulation결과 p-layer의 thickness는 $9.5 \times 10^{-9}m$, doping concentration은 0.2eV, i-layer의 thickness는 $4.535 \times 10^{-7}m$, n-layer의 thickness는 $2 \times 10^{-8}m$, doping concentration은 0.1eV에서 최종 11.48%의 효율을 얻을 수 있었다. 본 연구를 통하여 높은 효율의 박막태양전지 설계 시에 도움이 될 수 있을 것이다.

Key Words : 박막태양전지, ASA, p-layer, i-layer, n-layer, thickness, doping concentration, 효율(eficiency)

1. 서 론

오늘날 18세기 산업혁명 이후 대량의 화석연료 사용으로 지구 온난화가 급속도로 진행되고 있다. 지구 온난화는 우리의 생활과 환경에 큰 영향을 끼치고 있어 현재 뿐만 아니라 미래 사회에서도 가장 큰 이슈가 될 것이다. 또한 화석연료는 양적인 측면에서 한계가 있기 때문에 고갈로 인한 미래사회의 에너지 수급에도 큰 어려움이 생길 것으로 보인다. 이러한 화석연료를 이용한 에너지 수급의 문제점들을 해결하기 위하여 우리는 대체 에너지 개발에 많은 연구를 하기 시작했다. 그중에서도 태양광을 이용한 에너지가 많이 부각되고 있는데, 그 이유로는 거의 무한이라고 할 수 있는 태양광 자원과 환경오염에서 비교적 자유롭다는 점 때문이라 할 수 있을 것이다. 이에 태양광을 이용한 에너지의 가장 기본이 되는 분야인 태양전지에 대한 연구도 따라서 활발히 진행되고 있다.

현재 연구되고 있는 태양전지는 기본적으로 실리콘 태양전지, 화합물 반도체 태양전지, 그리고 기타 태양전지로 나눌 수 있다. 가장 많이 이용되고 있는 것은 실리콘 태양전지로 이는 다시 결정질과 박막으로 나눌 수 있다. 결정질은 단결정과 다결정으로 나눌 수 있고 단결정 실리콘 태양전지는 현재 여러 가지 태양전지 중에서 일반적으로 많이 사용되고 있다. 다결정 실리콘 태양전지 또한 단결정 보다는 효율이 떨어지지만 제조단가가 저렴하여 많이 사용되고 있다. 하지만 단결정 및 다결정 실리콘 태양전지는 제조가격의 50% 이상을 차지하는 실리콘 기판으로 인한 높은 제조 단가와 대면적화의 어려움, 그리고 공정 자체가 복잡하여 가격 절감 측면에서 단점이 있다.

때문에 실리콘 사용을 줄일 수 있는 박막태양전지가 많이 연구 되고 있다. 박막 실리콘 태양전지 기술의 경우 아직은 성능의 재현성, 단결정 및 다결정 실리콘 태양전지에 비해 낮은 효율 등의 문제를 가지고 있지만 모듈 제작에 사용되는 재료의 비용이 낮고 대면적화가 용이하기 때문에 단결정 및 다결정 실리콘 태양전지가 가지고 있는

단점들을 극복할 수 있다. 그래서 지속적인 연구를 통해 태양전지 시장에서 한 부분을 맡을 것으로 생각된다.

따라서 현재 박막 실리콘 태양전지가 가지고 있는 가장 큰 문제점은 낮은 효율이라고 볼 수 있는데 이러한 낮은 효율을 극복하기 위하여 ASA simulator를 이용한 고효율화 방안을 simulation을 통해 연구해 보았다.

2. 실험

efficiency가 가장 높은 상태를 찾기 위하여 p-layer의 thickness와 doping concentration, i-layer의 thickness, n-layer의 thickness, doping concentration을 변화시켰다. simulation 순서는 다음과 같다.

표 1. 각 layer의 초기상태 조건

초기상태		
	Thickness	Doping concentration
p-layer	$10 \times 10^{-9}m$	0.50eV
i-layer	$4.5 \times 10^{-7}m$.
n-layer	$2 \times 10^{-8}m$	0.30eV

step 1 : 초기상태에서 p-layer의 thickness를 변화시킨다.

step 2 : 앞 실험에서 값을 고정시키고 i-layer의 thickness를 변화시킨다.

step 3 : 앞 실험에서 값을 고정시키고 n-layer의 thickness를 변화시킨다.

step 4 : 앞 실험에서 값을 고정시키고 p-layer의 doping concentration을 변화시킨다.

step 5 : 앞 실험에서 값을 고정시키고 n-layer의 doping concentration을 변화시킨다.

3. 결과 및 고찰

초기상태에서 p-layer의 thickness를 변화시켜 보았다. 그림 1.에서 볼 수 있듯이 thickness가 비슷한 효율을 보이다가 일정 이상 두꺼워지자 효율이 크게 떨어지는 것을 확

인할 수 있다. 최대 효율은 10.63%로 thickness가 9.5×10^9 m에서 나타났다.

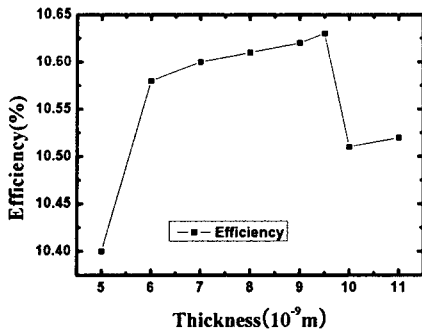


그림 1. p-layer의 thickness에 따른 효율 변화

그림2. 는 i-layer의 thickness의 변화에 따른 효율을 나타내었다. i-layer에서는 일정 thickness이상 두꺼워 지거나 얇아지면 효율의 차이가 많이 변화함을 볼 수 있다. 최대 효율은 10.71%로 thickness가 4.535×10^{-7} m에서 나타났다.

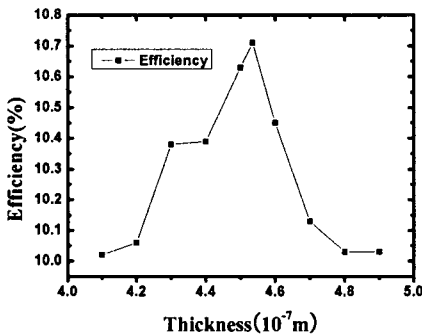


그림 2. i-layer의 thickness에 따른 효율 변화

그림3. 은 n-layer의 thickness 변화에 따른 효율을 나타내었다. n-layer는 thickness가 얇아질 때보다 두꺼워질 때 효율의 차이가 더 크게 나는 것을 확인할 수 있었다. 최대 효율은 10.71%로 thickness가 2×10^{-8} m에서 나타났다. 초기상태의 값과 동일한 상태에서 최대효율을 나타내었다.

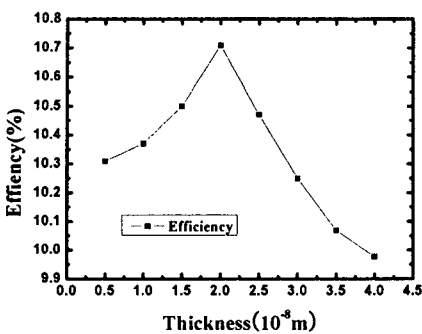


그림 3. n-layer의 thickness에 따른 효율 변화

그림4. 는 p-layer의 doping concentration 변화에 따른 효율을 나타내었다. p-layer는 doping concentration이 작은 경우 효율의 차이를 거의 보이지 않지만 커질수록 효율이

급격히 떨어짐을 확인할 수 있다. 최대 효율은 11.33%로 doping concentration이 0.2eV에서 나타났다.

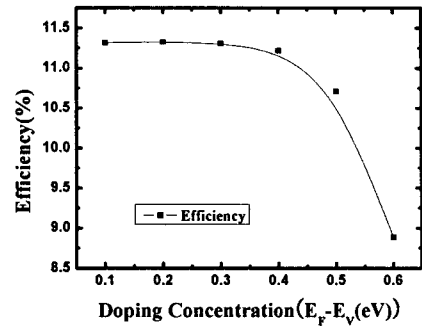


그림 4. p-layer의 doping concentration변화에 따른 효율 변화

그림5. 는 n-layer의 doping concentration 변화에 따른 효율을 나타내었다. n-layer는 doping concentration이 작은 경우 효율의 차이를 거의 보이지 않지만 커질수록 효율이 급격히 떨어짐을 확인할 수 있다. 최대 효율은 11.48%로 doping concentration이 0.1eV에서 나타났다.

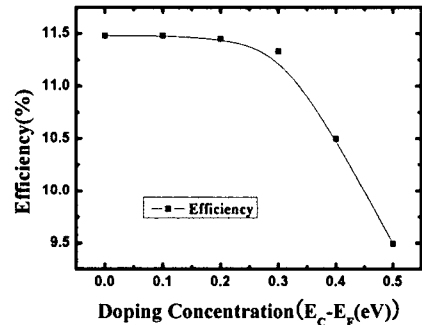


그림 5. n-layer의 doping concentration변화에 따른 효율 변화

4. 결론

각 layer의 thickness와 doping concentration을 가변하여 simulation 해 보았다.

최종적으로 11.48%의 효율을 얻게 되었는데 각각의 simulation에서의 특성을 살펴보면 thickness에서 p-layer는 9.5nm, i-layer는 453.5nm, n-layer는 20nm에서 가장 좋은 효율을 보였는데 각 layer가 너무 두껍거나 얇을 경우 효율이 떨어짐을 확인하였다. 또한 doping concentration 가변에서 p-layer는 0.2eV, n-layer는 0.1eV에서 가장 좋은 효율을 보였는데 그래프의 특성을 확인해 보면 doping concentration이 커질수록 효율이 확연히 떨어짐을 볼 수 있었다. 이는 doping concentration이 커질수록 도핑 농도가 낮음을 의미하는 것으로 도핑 농도가 클수록 효율이 상승한다는 것을 simulation 그래프에서 파악 할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] 이준신, "태양전지공학", 그린
- [2] B.E. Pieters, J. Krc, M. Zeman, "ADVANCED NUMERICAL SIMULATION TOOL FOR SOLAR CELLS - ASA5"