

# Tandem Cell 박막태양전지의 효율향상을 위한 시뮬레이션 실험-ASA

최종호, 이영석, 허종규, 이준신  
성균관대학교

## Simulation for improvement of thin firm tandem solar cell-ASA

Joong-Ho Choi, Young-seok Lee, Jong-kyu Heo, Jun-sin Yi  
Sungkyunkwan Univ.

**Abstract :** pin 두 개의 층으로 이루어진 적층형 박막 태양전지를 이용하여 시뮬레이션 하였다. 각 층별 두께를 조절하여 층별 효율을 측정 하였다. 또한 각 층의 도핑 농도를 조절하여 층별 효율을 측정하였다. 그 후 각각 두 개의 층의 최대효율을 측정하였고 동일한 값으로 두 층이 직렬 연결된 태양전지의 효율을 측정하였다. 그 결과 최대 효율은 10.14%로 측정 되었다.

**Key Words :** Tandem cell, solar, Thin firm solar cell, ASA

### 1. 서 론

태양전지 시장의 대부분은 wafer기반의 태양전지가 차지하고 있으며 기본적인 구조는 pn접합의 다이오드 형태로 광흡수층의 재료에 따라 분류되어 진다. 실리콘을 기반으로 하는 결정질(다결정) 기판형 태양전지와 박막형 태양전지가 있고, CIS나 CdTe를 사용하는 화합물 박막 태양전지, 유기 태양전지, III-V족 태양전지가 주를 이루고 있다. 현재 태양전지 시장의 대부분을 다결정 실리콘과 벌크형 실리콘 태양전지가 차지하고 있으나 복잡한 제조 공정과 고가의 실리콘 원료, 높은 제조 원가로 인하여 기존의 다른 발전 방식에 비해 발전단가가 비싸다.

따라서 높은 효율의 태양전지 개발과 실리콘 기판을 대신 할 수 있는 저가 물질의 개발이 시급하다. 삼성 경제 연구원에 따르면 일반적인 실리콘웨이퍼 태양전지는 와트당 제조비용이 3달러인 반면에 박막 태양전지는 1.50달러에 불과하다. 폴리실리콘에 의존하지 않기 때문에 향후 업계 전망대로 공급이 부족하더라도 큰 영향을 받지 않을 수 있다. 게다가 얇은 막 형태로 유리창이나 곡면에 부착하는 등 다양한 방법으로 활용할 수 있다. 양산 기술이 빨리 확보될수록 저변이 확대되어 전 세계 에너지 시장에서 두각을 나타낼 수 있을 것이다. 본 글에서는 위와 같은 장점을 지니고 있는 실리콘 박막 태양전지의 효율에 대해 논하고자 한다.

### 2. 실험

#### 적층형 실리콘 박막 태양전지

비정질 및 미세결정 실리콘을 광 흡수층으로 사용한 단일 pin접합 형태의 박막 태양전지는 그 효율이 낮아 실제 사용하기에는 부적합하다. 따라서 a-Si:H와 c-Si:H 기반의 박막 태양전지를 이중으로 적층하여 직렬 연결하여 효율을 향상시킬 수 있다. 일반적으로 이중 박막 태양전지의 Top cell의 크기는 0.3um이하이며 Bottom cell의 경우 3um

이하로 제작하고 있다. 그 크기를 유지하면서 pin의 적층 높이와 도핑 농도를 조절하여 그 효율을 측정 하였다. 다음은 시뮬레이션에서의 초기값이다.

표 1. 시뮬레이션 구동을 위한 초기값

	Top Cell		Bottom Cell	
	Thickness	Ea	Thickness	Ea
p	11nm	0.45 eV	10nm	0.25 eV
i	100nm		2um	
n	20nm	0.17 eV	20nm	0.3 eV

### 3. 결과 및 고찰

Top cell에서 기본적으로 pin의 각 층의 높이와 doping 농도를 조절하며 효율 값을 향상시켰다. 이 때 빛이 먼저 입사하는 top cell의 pin 각층의 경우 투과량을 높이기 위해 두께를 낮게 하도록 노력했다.

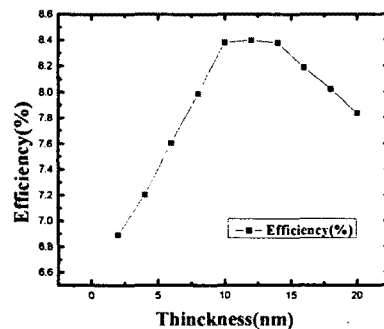


그림 1. Top cell의 p-layer 두께에 따른 효율 변화

ASA를 이용한 시뮬레이션 결과 위 표와 같이 각각 p층의 경우 11nm, i층은 100nm, 그리고 n층은 4nm일 경우

효율이 가장 높게 나타났다. i층의 경우 예상보다(200nm) 보다 낮은 100nm일 때 최대 효율값을 얻을 수 있었다.

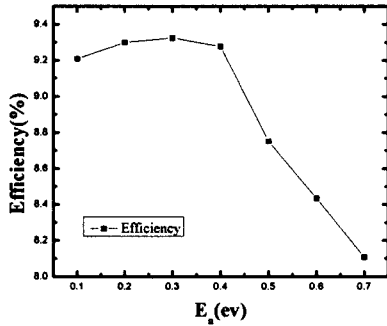


그림 2. Top cell의 p-layer의 도핑에 따른 효율

도핑 농도에 따른 효율의 경우 에너지 밴드 차가 0.4eV 이상일 경우(p layer) 그 효율이 급격하게 낮아졌다.

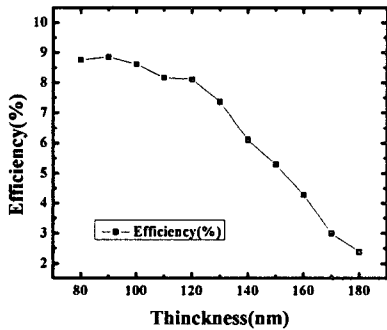


그림 3. Top cell의 i-layer 두께에 따른 효율 변화

Bottom cell의 경우 p layer가 7nm의 두께를 가질 경우 최고 효율이 나타났으며 Top cell과 유사하게 도핑에 의한 에너지 밴드 갭이 0.2eV 이하 일수록 높은 효율이 나타났다.

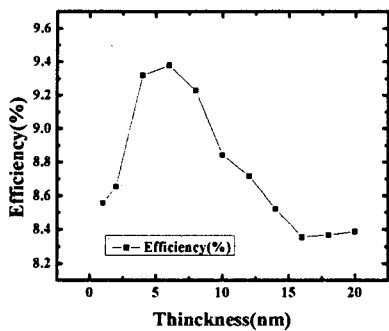


그림 4. Bottom cell의 p-layer 두께에 따른 효율 변화

하층부의 I layer는 2.2um를 유지할 때 가장 좋은 효율이 나타났다. 이는 일반적으로 이중박막태양전지를 제작할

때 사용되는 높이와 유사하다.

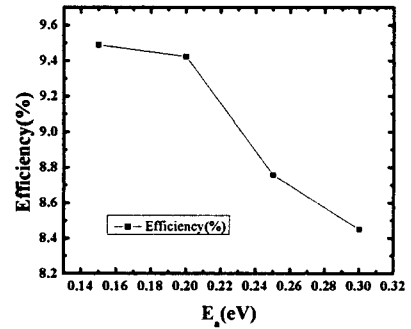


그림 5. Bottom cell의 p-layer의 도핑에 따른 효율

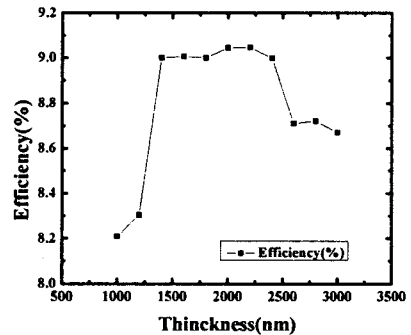


그림 6. Bottom cell의 i-layer 두께에 따른 효율 변화

Top cell과 Bottom cell의 각각 최대 효율을 이용하여 두 셀을 접합하여 시뮬레이션 해보았다. 이때 최대 효율은 10.14%로 일반적인 단층 박막 태양전지보다 향상되었음을 알 수 있다. Top Cell과 Bottom Cell사이에 수송 층을 삽입한다면 효율은 더 향상되어진다.

#### 4. 결론

2007년 한 해 동안 국내 총 전력 생산량은 426,647 GWh이었고 이는 전 세계 10위에 해당하는 수치이다. 이중 전력 생산량의 60%는 화력발전에 의존하고 있다. 2007년 한 해 동안 에너지 수입에 소비된 자금은 3500억 달러에 이르렀고 유가 가격의 상승으로 앞으로의 에너지 소비 자금은 더욱 상승할 것이다. 대체 에너지로 각광받고 있는 태양전지의 효율을 더욱 향상시키고 수명을 늘린다면 좀 더 현실적인 발전 자원이 될 수 있을 것이다. 물론 아직 해결해야 할 생산단가와 대량생산의 문제 해결을 위해 보다 많은 연구와 투자가 이루어져야 할 것이다.

#### 참고 문헌

- [1] PV Module, 업계 동향 및 전망, 태양광산업 발전 Workshop 08, 2, 29
- [2] 이준신·김경혜, "태양전지공학", 2007