

## HIT Cell 최적화를 위한 AFORS HET 시뮬레이션 실행

유호준  
성균관대학교

### Operating AFORS HET Simulation for Optimize of HIT Cell

Ho-Jun You  
Sungkyunkwan Univ.

**Abstract** : HIT(Heterojunction with intrinsic thin layer) solar cell은 결정 실리콘(c-Si)을 n-type으로 제작시 수율이 어렵고 결정 실리콘(c-Si)을 p-type위에 제조하는 것이 보다 보편적인 방법이므로 베이스의 결정 실리콘에는 p-type을, 그 위에는 진성 층(intrinsic layer) 그리고 반투명 전극의 아래에 제조되는 비정질 실리콘(a-Si)을 n-type으로 하여 베이스 층과 TCO 후면 층의 두께, 도핑 농도(doping concentration)와의 관계를 확인하여 본다.

**Key Words** : Voc(개방전압), Jsc(전류밀도), FF(곡선인자), Eff(효율)

#### 1. 서론

1차 에너지의 고갈과 더불어 미래의 새로운 에너지원으로 각광받고 있는 것은 바로 태양에너지다. 최근 발표에 따르면 SANYO Ltd.에서 22.3% 효율의 HIT(Heterojunction with intrinsic thin layer) solar cell을 제작했다고 한다. 많은 기업과 연구소에서 더욱 더 좋은 효율을 낼 수 있는 HIT Cell 연구에 몰두하고 있는데, 이 효율을 높이기 위하여 c-Si의 두께를 얇게 하거나, 베이스 비저항과 후면재결합속도 그리고 도핑농도를 작게 하는 등의 노력을 통하여 효율을 향상시키고 있다. AFORS HET 시뮬레이션을 통해서 4가지 변수들을 이용하여 최적의 효율에 다가가 볼 수 있도록 하겠다.

#### 2. 실험

Intrinsic layer의 위에는 n-type의 비정질 실리콘을 쌓고 아래에는 p-type의 결정질 실리콘을 위치시켜 p-n결합을 형성하였다. 위 아래에 Ag와 TCO(Transparent conducting Oxide, ZnO)를 형성하였는데 이는 전극을 설치하기 위한 것으로 값이 싸고 도전율이 좋은 은을 음극으로 하였고, 양극은 빛을 흡수하기 위하여 투명전극을 사용한다. 좋은 효율이 나오는 HIT Cell 구성 조건을 알아보기 위해 베이스의 두께와 도핑농도 그리고 TCO접합면 아래의 n층 두께와 도핑농도가 효율에 미치는 영향을 알아보도록 한다.

#### 3. 결과 및 고찰

##### 3.1 n-type의 두께

그림 1.1은 n-type층 두께의 변화에 따른 개방전압, 단락전

류, FF(곡선인자), 태양전지 효율을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 두께가 얇을수록 효율이 증가하고 두께가 굵을수록 효율이 떨어지는데 그 이유는 저항은 거리에 비례하기 때문에 거리인 두께가 증가하면 저항이 증가하여 효율이 떨어지게 된다. 하지만 거리가 너무 작으면 효율이 감소하는데 이는 장파장 영역에서 빛의 투과가 많아 손실이 증가하기 때문이다. 또한 저항이 증가하여 전압강하가 커지기 때문에 두께가 두꺼워질수록 개방전압이 감소하는 현상을 보이며, 재결합이 증가하기 때문에 단락전류가 감소한다.

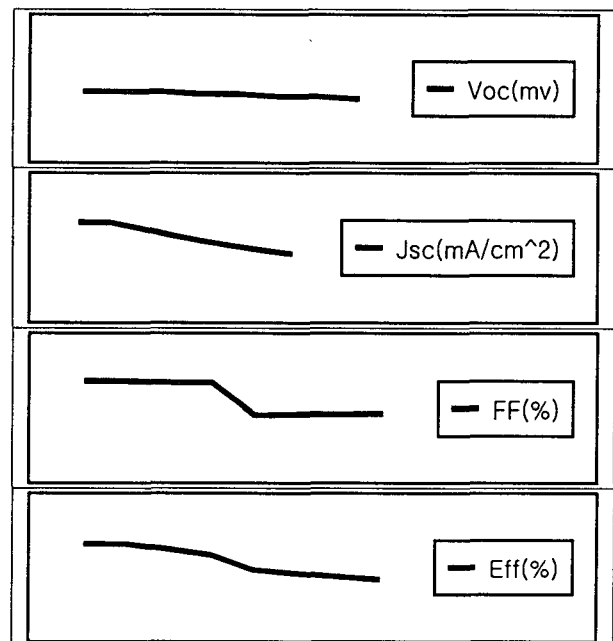


그림 1.1 (단위 : nm)

##### 3.2 n-doping 농도

그림 1.2는 전자농도에 의한 효율을 보여주는데 좋은 성

능을 위해서는  $2.3 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$  이상의 도핑을 하여야 한다는 것을 보여준다. High doping concentration은 a-Si과 c-Si 사이의 작은 conduction band offset 에 기인하며, 이 구조에서 전자의 activation 에너지(Fermi-energy)는 매우 작아 전자의 도핑농도를 계속 증가시켜도 더 이상 에너지 준위를 낮추기 어렵고 또한 도핑농도가 증가하면 전자와 정공사이의 재결합이 증가하기 때문에 효율이 더 이상 증가하지 않는 것으로 보인다.

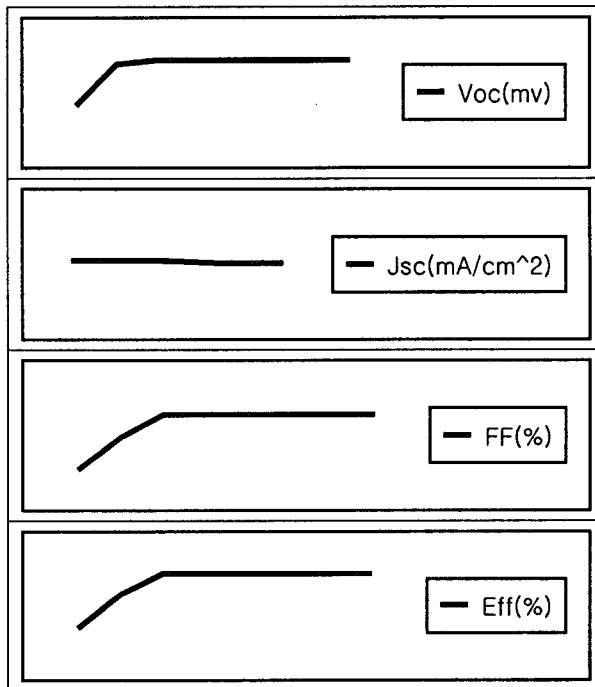


그림 1.2 ( $\times 10^{20}$ )

### 3.3 p-doping 농도

도핑농도를  $8 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$  로 할 경우 효율이 가장 좋았다. 이러한 high doping은 태양전지의 효율과 FF 그리고 개방전압의 특성을 향상시켜준다. 작은 conduction band offset은 소수캐리어들의 활동을 좋게 하지만 큰 valence band offset은 다수캐리어인 hole에 장벽을 만들어 tunnelling을 방해한다. Tunnelling 기회를 향상시키기 위해서는 도핑농도를 높여 에너지 장벽을 낮추어 FF와 개방전압을 높여야 한다.

### 3.4 p-type의 두께

그림 1.3을 보면 두께가 얇아질수록 효율이 점점 감소하는 현상과 C-si wafer의 두께가 감소할수록 단락전류도 감소하는 것을 확인할 수 있는데 이는 두께가 너무 작아지면 장파장 영역에서의 투과에 의해 빛의 양적 손실이 많아지기 때문이다.

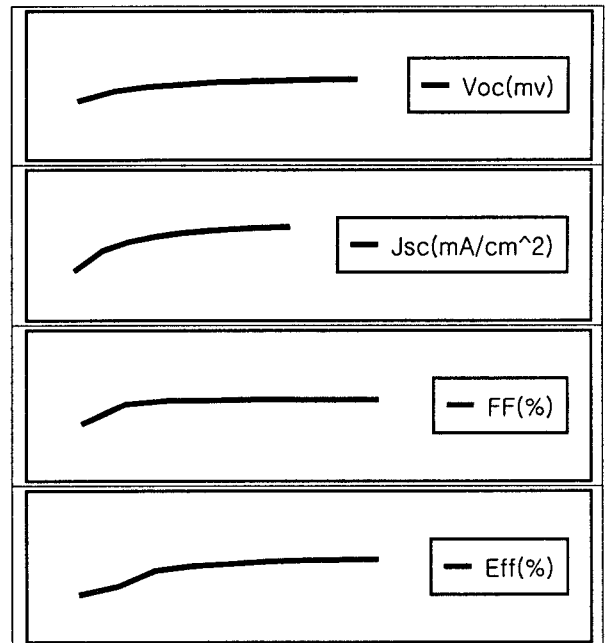
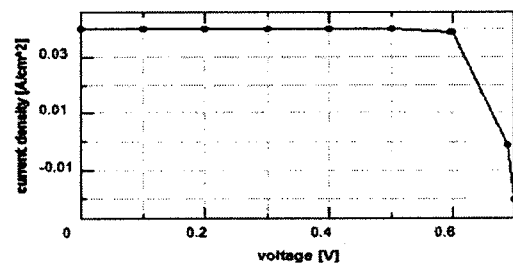


그림 1.3 (단위 :  $\mu\text{m}$ )

## 4. 결론

AFORS-HET 프로그램을 통하여 4가지 변수 n과 p층의 두께와 doping농도를 변화시켜 TCO/a-Si(n)/a-Si(i)/C-Si(p)/Ag 구조의 태양전지의 효율을 보았다. 고효율의 태양전지를 위해 p층의 두께와 도핑농도는  $400\mu\text{m}$ 와  $5 \times 10^{16}$ , n층의 두께와 도핑농도는  $0.6\text{nm}$ 와  $0.5 \times 10^{20}$ 로 한 결과 개방전압은  $689.8\text{mV}$ , 전류밀도는  $39.75\text{mA/cm}^2$ , FF는  $83.88\%$  그리고  $23\%$ 의 효율을 구현할 수 있었다.

I-V diagram



## 참고 문헌

- [1] L. Zhao, C.L. Zhou, H.L. Li, H.W. Diao, W.J. Wang, Laboratory of Solar Cell Technology, Institute of Electrical Engineering, The Chinese Academy of Science, Beijing 100080, China, Design optimization of bifacial HIT solar cells on p-type silicon substrates by simulation
- [2] 이준신, 김경해, 태양전지공학