

AFORS HET 프로그램을 이용한 HIT Cell 태양전지 고 효율화 방안

임현정, 허정규, 이준신
성균관대학교

AFORS HET Simulation for High Efficiency of HIT Solar Cell

Hyun-Jung Lim, Jung-Kyu Heo, Jun-Sin Yi
SungKyunKwan Univ.

Abstract : HIT Solar Cell은 단결정 실리콘 웨이퍼가 초박막 amorphos 실리콘 층으로 싸여있는 구조이다. HIT Solar Cell에서 amorphos 실리콘의 두께와 도핑 농도는 태양전지의 효율을 결정하는 매우 중요한 요인이다. 본 논문에서는 높은 효율을 갖는 태양전지 설계를 위해 AFORS HET 프로그램을 이용하여 TCO_a-Si:H(p)_a-Si:H(i)_c-Si(n)_Al 구조를 설계했다. 후에 a-Si:H(p)의 두께와 a-Si:H(i)의 두께를 가변하며 효율을 측정하였고, p-i-n 구조에서 n+층을 추가함에 따라 변하는 효율을 측정하였다. 최적화 한 결과 $V_{oc} = 693\text{mV}$, $J_{sc} = 38.91\text{mA/cm}^{-2}$, $FF = 83.63\%$, $E_{ff} = 22.55\%$ 의 고효율을 얻었다.

Key Words : HIT Solar Cell, AFORS HET, high efficiency, thickness

1. 서 론

HIT solar cell은 단결정 베이스와 P type 및 N type amorphos 실리콘 층 사이에 intrinsic amorphos 실리콘 층을 얇게 형성시킨 것으로서 접촉면의 특성을 향상시키고 현격하게 발전 손실을 줄이기 때문에 다른 제품보다 출력이 높다. HIT solar cell의 온도계수가 0.23%/℃ 정도로 작는데 이것은 통상의 결정 Si형의 절반만큼으로 a-Si 태양전지와 동등하다. 또한 HIT solar cell은 최대 스펙트럼 강도 범위가 다른 타입의 태양전지 보다 훨씬 넓다. 태양전지의 온도가 증가할수록 일반적으로 발전량이 감소 하지만, HIT solar cell은 민감도가 낮아 높은 온도에서도 많은 발전량을 기대할 수 있다. 그러므로 고온상태에서 다른 제품보다 높은 출력을 발생한다. HIT solar cell의 P/N 접합은 기존 결정계 태양전지 (900℃) 보다 낮은 온도인 200℃에서 제작된다. 제조 시 소요되는 에너지를 절감하기 때문에 환경에 대한 적은 영향을 끼칠 뿐 아니라 저온에서 제작을 하기 때문에 실리콘 웨이퍼의 손상이 적다. 그리하여 실리콘 웨이퍼 두께가 감소하므로 원재료가 절감되고, 매우 단단한 구조이기 때문에 위험한 환경에 대한 최고의 안정성을 가진다.

2. 실험

HIT Solar Cell의 고효율 측정 실험은 AFORS HET simulation을 통해 하였다. 일단 TCO_a-Si:H(p)_a-Si:H(i)_c-Si(n)_Al의 기본 p-i-n 구조를 설정하고 아래 표 1 값으로 고정시킨 후 효율을 구한다.

표 1. 모의실험을 위해 사용된 기본 Parameter

parameter	a-Si:H(p)	a-Si:H(i)	c-Si(n)
Layer thickness (nm)	10	3	3×10^5
Band gap (eV)	1.74	1.72	1.12
Effective conduction band density (cm^{-3})	1×10^{20}	1×10^{20}	2.8×10^{19}
Effective valence band density (cm^{-3})	1×10^{20}	1×10^{20}	1.04×10^{19}
Doping concentration of acceptors (cm^{-3})	1×10^{20}	1	0
Doping concentration of donators (cm^{-3})	0	0	1×10^{16}

후에 a-Si:H(p)의 두께를 1nm 씩 감소시키며 두께에 따른 태양전지의 효율을 측정하였고, a-Si:H(i)의 두께를 감소시키며 효율을 측정하였다. 마지막으로 n+층을 추가하여 TCO_a-Si:H(p)_a-Si:H(i)_c-Si(n)_a-Si:H(n+)_Al 구조를 만든 후 효율을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

c-Si(n)의 두께와 도핑 농도는 각각 $3 \times 10^5 \text{ nm}$, $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 로 고정하고, a-Si:H(p)층의 두께를 변화 시켜 보았다. 그림 1에서 보는 것처럼 두께가 두꺼워질수록 태양전지의 효율은 낮아진다. 그리고 a-Si:H(p)층의 두께가 1nm에서 최대 효율인 20.42%를 보이고 있다. 10nm 일 때의 효율 19.13%에서 20.42%로 상승한 것을 알 수 있다.

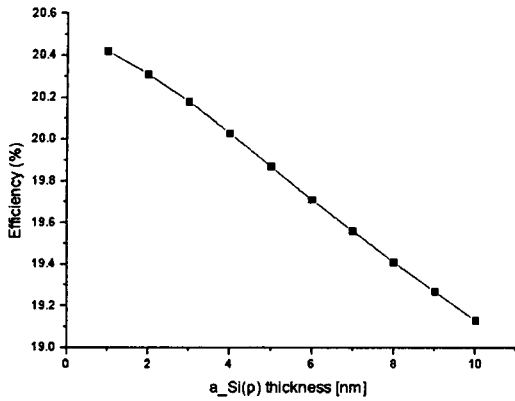


그림 1. a-Si:H(p) 두께에 따른 효율 변화

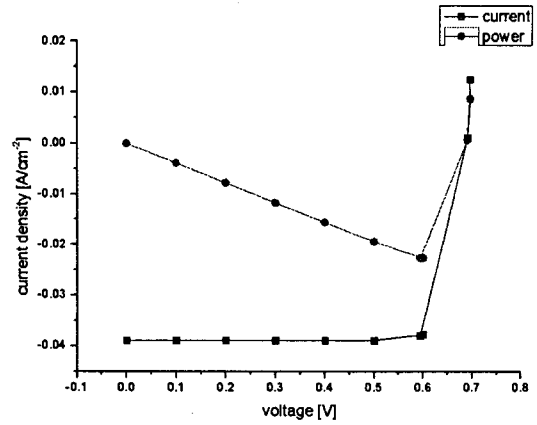


그림 3. I-V and Power 곡선

그 다음 a-Si:H(p)의 두께와 a-Si:H(i)의 두께를 변화 시켜 가며 피드백 과정을 거친 결과, 그림 2에서 볼 수 있는 것처럼 a-Si:H(p)의 두께가 1nm, a-Si:H(i)의 두께가 1nm 일 때 20.56%로 효율이 가장 높았다. 태양전지의 두께가 얇을수록 $R = \rho \frac{L}{A}$ 식에서 L이 작아지게 되므로 직렬저항이 감소하여 효율이 증가하게 된다.

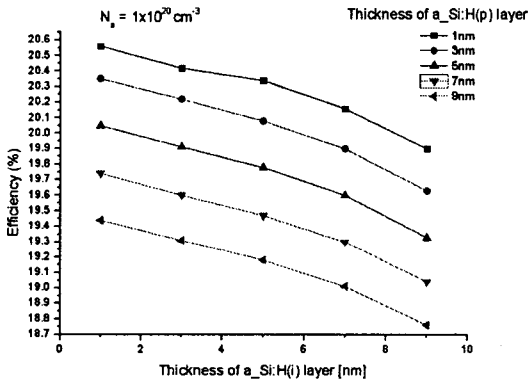


그림 2. a-Si:H(p)와 a-Si:H(i)의 두께에 따른 효율 변화

마지막으로 n+층을 추가해 TCO_a-Si:H(p)_a-Si:H(i)_c-Si(n)_a-Si:H(n+)_Al 구조를 만들었다. 이러한 과정을 통해서 $V_{oc} = 693\text{mV}$, $J_{sc} = 38.91\text{mA/cm}^{-2}$, $\text{FF} = 83.63\%$, $E_{ff} = 22.55\%$ 의 최적화된 값을 얻을 수 있다. 그림 3은 최적화된 HIT Solar Cell의 I-V and Power 곡선이다.

4. 결론

본 논문에서 우리는 HIT Solar Cell의 고효율을 내기 위한 최적화된 조건을 제시하였다. 두께가 얇아질수록 효율이 높아지기 때문에 a-Si:H(p) 층과 a-Si:H(i) 층의 두께를 1nm로 구했고, n+층을 추가함에 따라 더 높은 효율을 구하였다. 결과적으로 $V_{oc} = 693\text{mV}$, $J_{sc} = 38.91\text{mA/cm}^{-2}$, $\text{FF} = 83.63\%$, $E_{ff} = 22.55\%$ 을 갖는 HIT Solar Cell을 설계하였다.

감사의 글

본 논문은 성균관대학교 정보통신소재연구실과 한국전기전자재료학회의 도움으로 인한 연구결과입니다.

참고 문헌

- [1] 이준신·김경해 공저, 태양전자공학
- [2] L. Zhao, C.L. Zhou, H.L. Li, H.W. Diao, W.J. Wang "Design optimization of bifacial HIT solar cells on p-type silicon substrates by simulation"