

# 열충격 시험을 통한 태양전지 성능 분석

## A Study on The Performance Analysis of Solar Cell by Thermal Shock Test

\*강민수<sup>1</sup>, 김도석<sup>1</sup>, 전유재<sup>2</sup>, #신영의<sup>1</sup>

\*M. S. Kang<sup>1</sup>, · D. S. Kim<sup>1</sup>, Y. J. Jeon<sup>2</sup>, #Y. E. Shin(Shinyoun@cau.ac.kr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>중앙대학교 기계공학부 대학원

<sup>2</sup>여주대학교 자동차과

Key words : PV Module, Solar Cell, Thermal Shock test, EL, I-V Curve, Equivalent Circuit

### 1. 서론

태양광 발전의 핵심 소자는 광전효과를 이용하여 태양광 에너지를 전기 에너지로 변환하는 태양전지이다. 태양전지는 소재와 제작 방식에 따라 여러 종류가 있지만, 전체 태양광 발전의 90% 이상은 결정질 실리콘 태양전지가 차지하고 있다.[1]

이러한, 결정질 실리콘 태양전지 보증수명은 10년 내구성에 20년을 기준으로 설계하고 있지만, 설치된 태양전지는 외부의 변화 없이도 자체적인 성능저하 및 표면변화에 의해 1년마다 0.5~1%, 25년 후 20%의 효율저하가 발생하고 있다. 따라서 본 연구에서는 경년에 따른 Cell의 성능저하 특성을 분석하기 위해 열충격 시험(Thermal Shock Test)을 통한 Cell 표면의 손상 및 전기적 특성 변화에 대하여 고찰하였다.

### 2. 실험 방법

#### 2.1 실험 시편

본 실험에 사용된 시편은 PV 모듈을 만들기 전가로, 세로 156mm의 다결정 Cell에 Ag paste로 Gridfinger와 전면전극 3개만을 형성한 Bare cell과 전면전극에 Sn-Pb Ribbon을 Tabbing한 Solar Cell을 시편을 제작하였다.

#### 2.2 열충격 시험

현재 열충격 시험 조건은 태양전지 장기 신뢰성 시험방법의 부재로 인해 본 실험에서는 KS C IEC 61215[2]의 열사이클 규격을 이용하였다. 열사이클 시험 보다 가혹한 온도조건을 유지시켰으며, Lamping Time을 포함하여 저온(-40℃) 및 고온(120℃)구간을 각각 15분씩 총 30분을 1사이클로 500 사이클을 수행하였다.

#### 2.3 효율 측정 및 표면분석

태양전지에 STC(표준시험조건 : 수직복사

$E=1000 \text{ m}$ , 전지온도  $T=25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ , 공기질량  $AM=1.5$ )의 일사량을 주어 I-V 특성곡선을 통해 최대출력전압( $V_{max}$ ), 전류( $I_{max}$ )를 측정하여 최대 출력전력( $P_{max}$ )을 구한 후 이를 면적대비 효율로 산출 하였다. 표면분석은 Cell에 전기장을 인가하여 표면의 음영 변화로 관찰하는 EL촬영을 통해 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 효율 저하

Fig. 3과 같이 Bare Cell의 경우 열충격 시험 전 효율은 14.4%이며 열충격 500사이클 시험 후에는 13.9%로 초기 효율 대비 약 3.4%의 감소율을 보였다. 반면 Ribbon을 Tabbing한 Solar Cell의 경우 10.6%에서 8.8%로 16.0%의 감소율을 보였다. EL 촬영 결과 Solar Cell이 Ribbon 접합부의 손상으로 인해 Bare Cell 보다 큰 효율 감소를 보였으며, 초기 Solar Cell의 효율이 상대적으로 낮은 것은 Ribbon에 의한 저항체의 증가로 효율이 낮게 측정된 것으로 분석된다.[3]

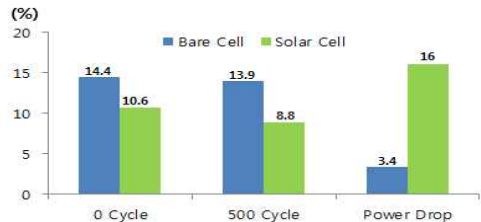


Fig. 3 Power Drop of Cell

#### 3.2 표면관찰 및 전기적 특성

EL촬영을 통해 표면을 관찰한 결과 Bare Cell의 경우 Fig. 4(1)과 같이 Cell 표면에 큰 변화는 없었다. 반면, Solar Cell 표면에서는 열충격 시험 후 이종재료 간 열팽창계수 차이로 인해 Fig. 4(2)와 같이 Ribbon 접합부의 손상 및 Cell Crack이 확인되었다.

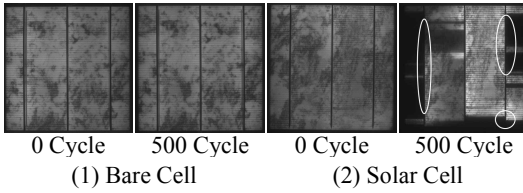


Fig. 4 Image of EL

I-V 특성곡선을 통하여 열충격 시험 전·후 Fill Factor(FF)를 통하여 Cell의 성능을 분석하였다. 그 결과, Fig. 5와 같이 Bare Cell에서는 78.0%에서 74.4%로 초기 FF대비 4.6%의 감소율을 보였으며, Solar Cell의 경우 61.9%에서 59.5%로 3.0%의 감소율을 보인 것으로 분석되었다.

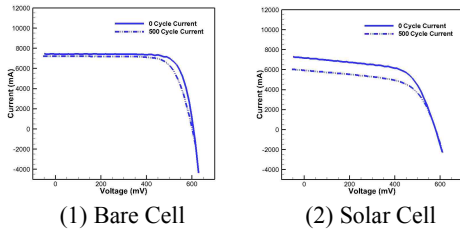


Fig. 5 I-V Characteristic Curve

Fig. 5에서와 같이 Bare Cell과 Solar Cell의 I-V 특성 곡선이 다르게 나타나는 것을 확인하였다. 이를 보다 정확하게 분석하기 위하여 Fig. 6에 나타난 등가회로를 통하여 분석하였다.

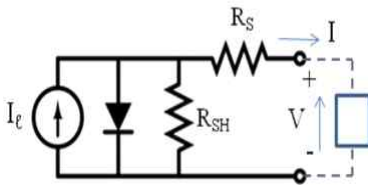


Fig. 6 Equivalent Circuit of Solar Cell

Fig. 6에서 나타낸 태양전지 등가회로 모델에서 직렬저항( )과 병렬저항( $R_{SH}$ )이 생기며,  $R_S$ 는 p와 n층의 전류가 흐를 때의 저항이며, 계면에서의 접촉저항에 의해 발생한다. 반면,  $R_{SH}$ 는 p-n접합의 누설전류, 결정결함 및 불순물에 의해 발생하며, Fig. 7과 같은 곡선의 특성 변화가 생긴다.[4] 따라서, Bare Cell에서의 전기적 성능 저하는 p-n접합계면에서의  $R_S$ 가 증가하여 Fig. 7(1)과 같은 변화를 보였으며, Solar Cell의 경우 Ribbon접합부의 손상 및 누설전류에 의한 영향으로  $R_{SH}$ 가 감소하여 Fig. 7(2)와 같은 특성변화를 보인 것으로 분석된다.

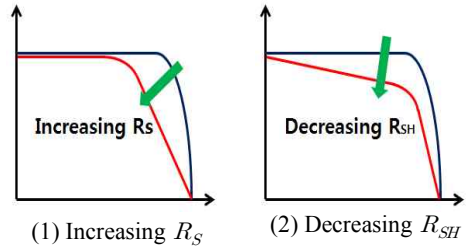


Fig. 7 I-V Curve according to resistance of variation

#### 4. 결론

열충격 시험을 통한 다결정 태양전지의 성능저하 특성은 다음과 같다.

- 1) 열충격 시험 후 Bare Cell은 3.4%, Solar Cell은 16.7%의 효율저하가 분석 되었으며, Fill Factor는 Bare Cell에서 4.6%, Solar Cell에서 3.0%의 감소율이 분석되었다.
- 2) EL촬영 결과, Bare Cell에서는 표면 손상 및 변화는 확인되지 않았으며, Solar Cell에서는 Ribbon접합부의 손상 및 Cell Crack이 확인되었다.
- 3) 전기적 성능을 분석해 본 결과, Bare Cell은 p-n접합 층의  $R_S$ 가 증가하였으며, Solar Cell은 Ribbon접합부 손상에 의하여  $R_{SH}$ 가 감소되었다.
- 4) 전기적 특성 저하는 p-n접합계면의 저항변화가 큰 요소로 작용하며, 효율특성 저하는 표면손상으로 인한 집광능력 및 접합부의 손상이 가장 큰 영향을 미치는 것으로 분석된다.

#### 후기

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입(No.2011-0010674).

#### 참고문헌

1. 송영훈, 강기환, 유권중, 안형근, 한득영 “PV모듈에서 온도 영향에 의한 Micro-crack 성장과 전기적 특성 분석” 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 1318-1319, 2011
2. KSC-IEC 61215
3. 강민수, 전유재, 손선익, 김도석, 신영의 “열충격 시험을 통한 태양전지 특성” 한국태양에너지학회 춘계학술발표대회 논문집 VOL. 32, NO.1, 2012
4. National Instruments “Part2-태양전지 I-V특성화 이론과 LabVIEW분석코드”