

고온고습 시험을 통한 Cell 레벨에서의 태양전지 특성

A Study on the Characteristics of Cell Level by High Temperature & High Humidity Test

*김경환¹, 김도석¹, 전유재², #신영의¹

*K. H. Kim¹, D. S. Kim¹, Y. J. Jeon², #Y. E. Shin(shinyoun@cau.ac.kr)¹

¹중앙대학교 기계공학부 대학원

²여주대학교 자동차과

Key words : PV module, Solar Cell, Power drop, Fill Factor, EL, I-V,

1. 서론

화석연료 및 원자력에너지 고갈 문제와 지구환경 문제가 높아지면서 이를 해결할 수 있는 방안으로 신재생에너지에 대한 관심이 집중되고 있다. 이러한 세계적인 관심 속에 태양광에너지 산업은 해마다 빠른 성장을 이루고 있다.[1] 태양전지 모듈에 대한 품질은 공인 기관의 인증이 필수적이며, 장기 신뢰성은 STC(표준 시험조건 : 수직복사 E=1000 W/m², 전지온도 T=25℃ ± 2℃, 공기질량 AM=1.5)하에서 10년에 90%, 25년에 80%의 효율을 만족해야 한다.[2] 따라서, 본 논문에서는 고온고습 시험(High Temperature & High Humidity Test)을 통하여 Cell 레벨에서의 장기 신뢰성 특성에 대하여 고찰 하였다.

2. 실험 방법

2.1 실험 시편

본 실험에서는 경년 시 나타나는 Cell의 특성을 분석하기 위하여 PV모듈을 만들기 전 전면전극만을 형성시킨 Bare Cell 위에 Ribbon을 Tabbing한 Solar Cell을 제작하여 실험을 수행하였다. Solar Cell의 면적은 단결정 Cell이 238.95cm², 다결정 Cell이 243.36cm²이다.

2.2 고온고습 시험

경년 시 나타나는 태양전지의 장기 신뢰성 특성을 분석하기 위하여 고온고습 시험을 수행하였다. 고온고습 시험의 조건은 태양전지 모듈의 고온고습 시험 규격인 KS C IEC 61215[3]의 규격을 이용하여 Cell 레벨에서 온도 85℃, 습도 85%의 환경조건 하에 총 1000시간을 수행 하였다. 경년에 따른 표면 및 전기적 특성을 매 200시간마다 EL 촬영 및 I-V측정을 통하여 비교 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 효율 저하

효율 측정은 태양전지에 STC의 일사량을 주어 측정된 I-V 특성곡선에서 최대 출력전압(V_{max}), 전류(I_{max})를 통해 최대 출력전력(P_{max})을 구한 후 Cell의 면적대비 효율로 산출하였다. Fig. 1과 같이 고온고습 시험 전 단결정 Cell의 효율은 15.7%였으나, 시험 후 14.0%로 10.6%의 감소율을 보였으며, 다결정 Cell은 14.1%에서 11.8%로 16.6%의 감소율을 보였다. 단결정 Cell이 다결정 Cell보다 초기 효율이 높은 것은 잉곳제조 과정 시 단결정 Cell이 다결정 Cell 보다 높은 순도의 실리콘으로 제조되는 것에 기인한 것으로 분석할 수 있다.[4]

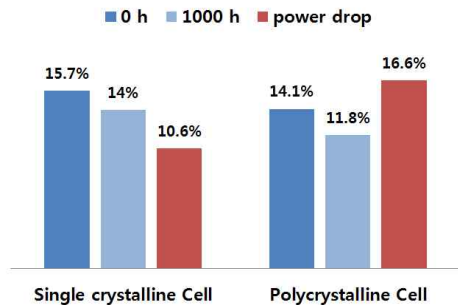


Fig. 1 Power drop of Solar Cell

3.2 표면 분석 및 전기적 특성

고온고습 시험1000시간 수행 후 효율저하의 원인을 분석하기 위해 EL촬영을 통하여 Cell 표면을 관찰 하였다. Fig. 2와 같이 단결정 Cell은 고온고습 시험 400시간 이후부터 부분적으로 어두워졌으며, 다결정 Cell은 Fig. 3과 같이 고온고습 시험 800시간 이후부터 Cell 표면이 어둡게 변한 것을 확인할 수 있었다. 이러한 Cell 표면 변화는 Cell 내부에 습공기(Humid Air)가 침투되어 Cell 가장자리부터 어둡게 변한 것으로 분석된다.

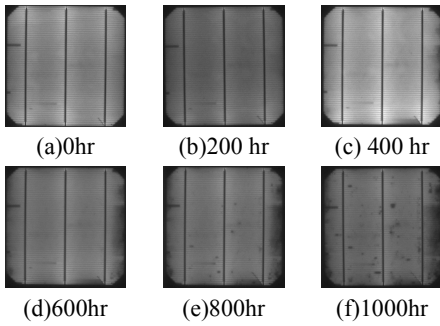


Fig. 2 Single crystalline Cell

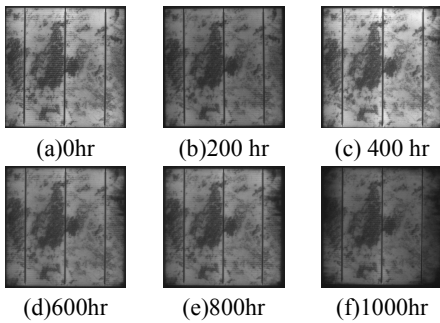
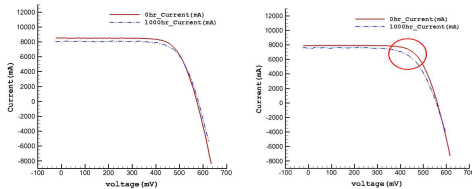
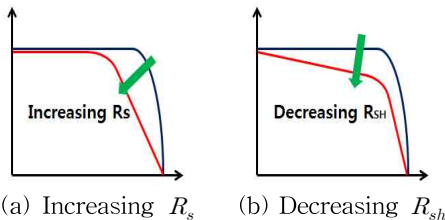


Fig. 3 Polycrystalline Cell



(a) Single crystalline (a) Polycrystalline
Fig. 4 I-V Characteristic Curve



(a) Increasing R_s (b) Decreasing R_{sh}
Fig. 5 according to resistance variation

효율변화의 원인을 분석하기 위하여 FF(Fill Factor) 통하여 전기적 특성을 분석하였다. 고온고습 시험 전 단결정 Cell의 FF는 72.8%에서 고온고습 시험 후 72.3%로 0.6%의 감소율을 보였으며, 다결정 Cell에서는 72.4%에서 68.2%로 5.8%의 감소율을 확인하였다.

고온고습 1000시간 시험 후 I-V 특성곡선을 Fig. 4에 나타내었다. 단결정 Cell과 다결정Cell에서 I-V 특성 곡선의 기울기 차이를 확인할 수 있었다. 이는 태양전지의 등가회로의 직렬저항(R_s)과 병렬저항(R_{sh})의 영향인 것으로 분석된다. R_s 의 증가는 접촉저항 및 Cell 계면에서의 저항에 기인하며, Fig. 5(a)와 같은 곡선변화가 생긴다. 반면, R_{sh} 감소는 p-n접합에서의 누설전류 및 표면 불순물에 의한 저항에 기인하며 Fig. 5(b)와 같은 곡선 변화가 발생된다.[5] 단결정 Cell은 표면 변화(표면 불순물)에 의한 집광능력 감소가 효율 저하의 원인으로 판단되며, 다결정 Cell은 표면 변화와 p-n접합의 습공기 침투에 의한 손상으로 R_s 의 증가가 전기적 특성 및 효율저하에 영향을 주었다고 판단된다.

4. 결론

본 연구의 결론은 다음과 같다.

- 1) 고온고습 시험 후 단결정 Cell은 10.6%, 다결정 Cell은 16.6%의 효율 감소율을 보였으며, FF는 단결정 Cell에서 0.6% 다결정 Cell에서 5.8%의 감소율을 보였다.
- 2) 고온고습 시험 후 EL촬영을 통해 단결정 Cell에서는 400hr, 다결정에서는 800hr 이후부터 표면변화를 확인할 수 있었다.
- 3) 습공기에 의해 p-n접합층의 손상으로 R_s 가 증가하여 효율이 저하된 다결정 Cell이 단결정 Cell보다 온도와 습도에 더 취약하다는 것을 확인하였다.
- 4) 향후 Cell 단면 및 Ribbon 접합부 분석을 통하여 효율저하의 원인을 명확히 분석하여야 할 것이다.

후기

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

참고문헌

1. kai Takaaki-Fujimoto Toshiak 공저/송승호 번역, 태양광·풍력발전과 계통연계기술, p2~p11
2. 이현화 편저, 2009, “저탄소 녹색성장을 위한 태양광발전”, (주)도서출판 기다리, p112, KSC-IEC 61646, 2007.
3. KSC-IEC 61215
4. 하마카와 요시히로 저, 한동순 역, “태양전지”, 기술정보, p 64
5. National Instruments, Part2-태양전지 I-V 특성화 이론과 LabVIEW 분석코드, p 5