

태양광 발전 모듈 내부 저항요소 분석

지양근*, 공지현*, 강기환**, 김경수* 유권종**, 정태희*, 신준오*, 김태범*, 안형근*, 한득영*
 건국대학교 대학원 전기공학과*, 한국에너지기술연구원 태양광연구단**

Analysis of the resistance in PV Module

Yang-Geun Ji*, Ji-Hyun Kong*, Gi-Hwan Kang**, Kyung-Su Kim**, Gwon-Jong Yu**, Tea-Hee Jung*, Jun-Oh Shin*,
 Tea-Bum Kim*, Hyung-gun Ahn*, Deuk-Young Han*

Dept of Electrical engineering in KonKuk University*, Photovoltaic Research Group, Korea Institute of Energy Research**

Abstract - 현재 양산중인 태양전지모듈의 효율은 일반적으로 태양전지보다 2~3% 낮은 상황이다. 이것은 태양전지모듈의 구성 부품 및 공정 기술 등 여러가지 요인에 의한 것으로 태양전지 모듈의 고 효율화를 위해서는 이러한 요소에 대한 분석이 필요하다. 본 논문에서는 태양전지 모듈 구성 부품 중 PV-ribbon이 태양전지모듈에 적용되는 과정에서 발생하는 저항에 대한 분석을 통해 PV-ribbon의 저항이 모듈 효율에 미치는 영향을 실험을 통해 검토하고자 하였다.

와 같은 평균치를 얻었으며, 시료 제작을 위해 평균치에 가까운 단위 ribbon들을 선별하였다.

<표 2> 1차 측정 시료 평균 저항

ribbon 구분	저항(mΩ)	비 고
bus bar	0.8541	Sn/Pb 60/40
interconnection	7.5199	Sn/Pb 60/40

1. 서 론

태양광 모듈의 효율을 감소시키는 요소로는 저항성분, 재결합 및 광학적 손실을 들 수 있다. 재결합 손실은 에미터 및 기판에서의 재결합, 공간전하층에서의 재결합, 표면재결합, 금속접합에서의 재결합 등으로 나눌 수 있으며, 양질의 산화막을 이용한 표면 passivation, 불순물의 제거 등을 통해 감소시킨다. 광학적 손실은 태양광 모듈의 전면재로 사용되는 저철분 강화유리, 충전제로 사용되는 EVA 층에서의 흡수 및 반사에 의한 손실과 태양전지 표면에서의 반사에 의한 손실로 texturing 및 AR(antireflection)코팅 등의 기술을 이용하여 보완하고 있다. 저항 성분 에 의한 감소는 태양전지내부에서 발생하는 edge에서의 누설전류(leakage current), doping된 에미터에서 금속전극 방향으로 전류의 흐름에 의한 저항, 기판과 금속전극 및 접촉저항과 같은 직렬저항으로 구분할 수 있으며, 태양전지를 모듈화하는 과정에서 string에 사용하는 PV-ribbon의 전기 저항과 접촉저항이 있다. 태양광 발전 모듈의 효율을 향상시키기 위해서는 위와 같은 요소들을 고려하여 손실을 최소화하기 위한 설계가 필요하다.

접촉저항 분석을 위해 앞서 선별한 단위 ribbon들을 <표.3>과 같은 구성으로 soldering을 실시하였다. 시료는 bus bar ribbon과 bus bar ribbon을 접촉한 경우와 bus bar ribbon과 interconnection ribbon을 접촉한 경우로 구분하여 <그림.1>과 같은 구성으로 제작하였으며, soldering의 재현성을 위해 2개의 PV-ribbon시료의 solder가 확실히 액화 될 때까지 충분한 열과 압력을 가하여 제작하였다.

본 논문에서는 이와 같은 많은 요소 중 태양전지를 모듈화하는 과정에서 적용되는 PV-ribbon에 의해 발생하는 저항에 대해 분석하고자 하였다.

2. 구성 재료 및 실험방법

2.1 측정 장치 및 구성 재료

본 실험에서는 ZENTECH 1075 LCR meter를 사용하여 일정한온도(25.0°C) 조건에서 PV-ribbon module의 직렬저항의 측정을 진행하였고, Therna CAM S65를 사용하여 일정한온도(23°C)에서 열 분포 관찰을 진행하였다. 구성 재료는 표.1와 같은 Spac의 PV-ribbon과 태양전지를 사용하였다.

순번	구분	비고	순번	구분	비고
①		normal	②		접촉면 1/2
③		접촉면 1/4	④		표면 불량
⑤		비절단	⑥		접촉면 불량
⑦		normal	⑧		표면 불량

<그림 1> PV-ribbon 저항 측정 결과

제작한 시료를 LCR meter를 이용하여 2차 저항측정을 실시하였다.

<표 1> 구성재료

구분	사양	비고
bus bar ribbon	6mm×0.38mm	저항 시료 및 모듈 제작
interconnection ribbon	2mm×0.15mm	저항 시료 및 모듈 제작
low iron glass	3.2T	모듈제작
EVA sheet	0.4T	모듈제작
back sheet	3M back sheet	모듈제작
solar cell	5inch 2.1Wp	모듈제작

2.2 실험방법

2.2.1 저항 측정

bus bar ribbon과 bus bar ribbon을 150mm의 길이로 준비하여 시료 제작을 위한 단위 ribbon의 초기 저항을 측정하여 오차를 줄이고자 하였다. 단위 ribbon의 저항 측정은 측정 오차를 줄이기 위해 probe의 connection 위치를 ribbon의 양 끝에서 3mm지점으로 고정하였다. bus bar ribbon과 interconnection ribbon의 단위 ribbon 측정을 통해 <표.2>

2.2.2 발열 실험

앞선 실험에서 사용하였던 시료의 접촉저항 및 기타 저항의 분포를 관찰하기 위해 sample ①, sample ②, sample ④, sample ⑥, sample ⑧에 대한 열 분포 실험을 실시하였다. power supply를 이용하여 정전류 6A 10분 동안 공급하여 발열을 관찰하였다.

2.2.3 모듈 구성 실험

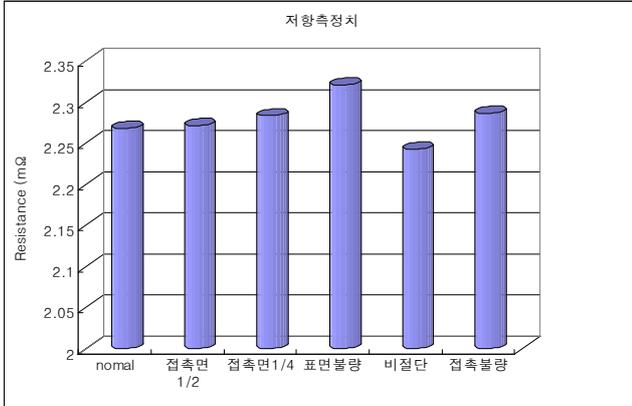
앞선 실험 결과를 토대로 접촉저항이 가장 작은 것으로 확인된 sample ③를 적용한 태양광 모듈과 일반적으로 사용되는 sample ①를 적용한 태양광 모듈을 제작하여 저항 측정 실험과 열 분포 실험을 각각 진행하였다.

2.3 실험 결과

2.3.1 저항측정

저항 측정 실험 결과 <표.3>과 같이 면적에 따라 크지는 않지만 저항이 증가하는 것을 알 수 있다. 또, 표면이 불량한 경우 저항이 증가하는 것을 알 수 있으며, 접촉면이 불량한 경우에도 저항이 증가하는 것이 관찰되었다. 반면에 ribbon을 절단하지 않고, 제작한 sample㉔에서 저항이 가장 낮은 것이 관찰되었다.

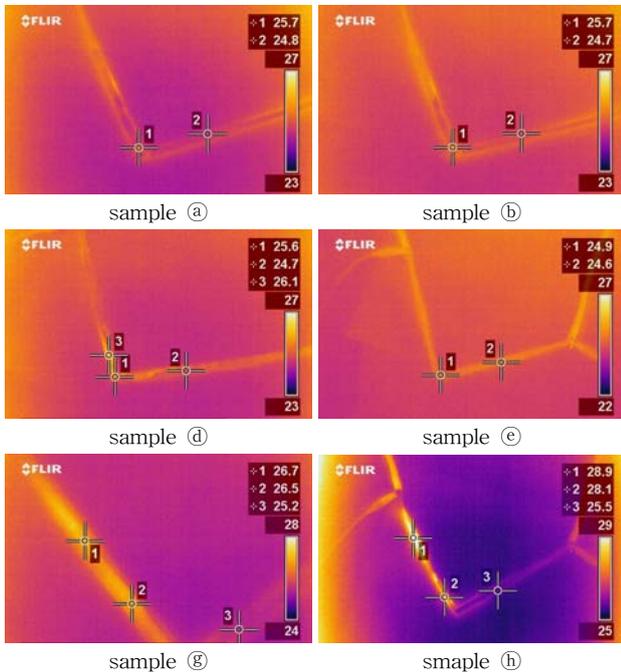
<표 3> PV-ribbon 저항 측정 결과



interconnection ribbon을 적용한 sample에서 역시 표면적이 불량한 ㉔ 모델의 저항이 더 높게 관찰되었다.

2.3.2 발열실험

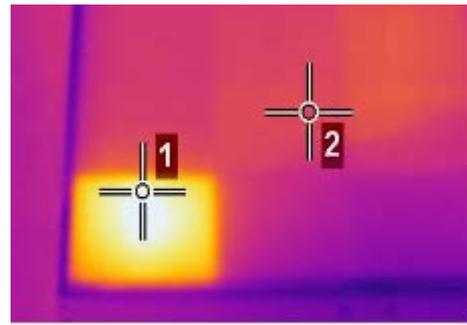
발열실험 결과 <그림.2>를 얻었다. 그림과 같이 접촉면에서 저항이 증가하여 비접촉면에 비해 온도가 높게 나타나는 것이 관찰되었고, 표면이 불량한 sample의 경우 ribbon 전면에서 국부적인 온도 상승이 관찰되었다. interconnection ribbon을 적용한 sample에서는 저항이 더 높은 interconnection ribbon부분에서 bus bar ribbon보다 큰 온도 상승이 관찰되었고, bus bar ribbon에서와 같이 표면이 불량한 sample에서 국부적인 온도 상승이 관찰되었다.



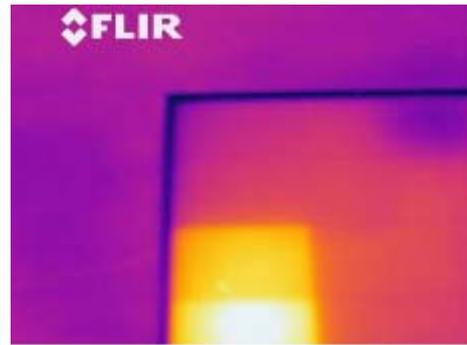
<그림 2> PV-ribbon 발열 실험 결과

2.3.3 모듈 구성 실험

모듈의 열 분포 실험 결과 <그림.3>과 같이 태양전지의 발열이 크게 나타나 리본의 발열이 뚜렷하게 관찰되지는 못했다. 하지만 직렬저항 측정 결과 비절단 sample을 적용한 모듈의 저항이 작게 나타나는 것으로 관찰되었다.



sample ①



sample ②

<그림 3> PV 모듈의 발열

3. 결 론

태양전지 모듈에 사용되는 ribbon은 태양전지로부터 생성된 전류를 외부부로 전달하기 위한 통로 기능을 하며, 그 자체로 태양전지 모듈의 효율에 큰 영향을 미친다.

앞서 실험한 바와 같이 ribbon에서 접촉저항이 증가되면, 태양전지 모듈은 직렬저항이 증가하게 되어 효율이 감소하게 된다. 따라서 PV ribbon은 고효율 태양전지 모듈의 제조를 위해서는 생성 전류가 손실 없이 흐를 수 있도록 PV-ribbon은 충분한 단면적을 가져야 하며, 접합부에서 접촉저항을 최소화해야 한다. 무엇보다 접합 포인트 수를 최소화하는 설계가 중요하다고 판단된다.

또한 전체적으로 균일한 내구성을 필요로 하는 태양전지 모듈에 있어서 이러한 접촉면에서의 저항 집중 현상은 site에서 사용 중 발열로 이어져 내구성에 영향을 미칠 것으로 판단된다.

모듈의 발열실험 중 모듈의 핫스팟에 의해 PV-ribbon의 온도가 함께 상승하는 것이 관찰되어 모듈의 온도 변화에 따른 PV-ribbon의 저항 변화에 대한 실험을 진행할 예정이다.

후 기

본 연구는 지식경제부 신재생에너지 기술개발사업에 일환 (2007-N-PV12-P-01-3-010-2008)으로 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이진섭, 강기환, 박지홍, 유권종, 안형근, 한득영 "Electrical Characteristics Analysis for single-crystalline and multi-crystalline PV module optical character". 대한전기학회 2008년도 제 39회 하계학술대회, 2008년, pp.1100-1101.
- [2] L. D. Partain Ed., "Solar cells and their applications", John Wiley & sons Inc., pp. 2-22, 1995.
- [3] M. Wolf. "Metallization for large area solar cells", 15th IEEE Photovoltaic specialists conference, P. 506, 1981.
- [4] S. P. Murarka, "Metallization", Butterworth-Heinemann, PP. 1-12, 1993.
- [5] R. B. Campbell and A. Rohatgi, "Investigation of contact metallization systems for solar cells", J. Electrochem. Soc. , 2702, vol. 127, 1980