

결정질 실리콘 태양전지 모듈의 종류에 따른 동작 조건별 특성 비교에 관한 연구

박지홍*, 강기환**, 안형근***, 유권중****, 한득영*****

*건국대학교 대학원 전기공학과(rock12@chol.com), **한국에너지기술연구원(ghkang@kier.re.kr),
건국대학교 전기공학과(hkahn@konkuk.ac.kr), *한국에너지기술연구원(y-gj@kier.re.kr)
*****건국대학교 전기공학과(dyhan@konkuk.ac.kr)

Output characteristics of different type of si pv modules based on working condition

Park, Chi-Hong*, Kang, Gi-Hwan**, Ahn, Hyungkeun***, Yu, Gwon-Jong****,
Han, Deuk-Young*****

*Dept. of Electrical Engineering, Graduate School, Konkuk University(rock12@chol.com),
**Photovoltaic research center, Korea Institute of Energy Research(ghkang@kier.re.kr),
***Dept. of Electrical Engineering, Konkuk University(hkahn@konkuk.ac.kr),
****Photovoltaic research center, Korea Institute of Energy Research(y-gj@kier.re.kr),
*****Dept. of Electrical Engineering, Konkuk University(dyhan@konkuk.ac.kr)

Abstract

Photovoltaic (PV) modules output changes noticeable with variations in temperature and irradiance. In general it is has been shown that a 1°C increase in temperature results in a 0.5% drop in output. In this paper, seven PV module types are analyzed for variation in temperature and irradiance, and the resulting output characteristics examined. The 7 modules types utilized are as follows; 3 poly crystalline modules, 2 single crystalline modules, 1 back contact single crystalline module and 1 HIT module.

3 groups of experiments are then conducted on the modules; tests with varying irradiance values, tests with module temperature varying under 25°C and tests with module temperature varying over 25°C. The experiments results show that as temperature rises the follow is observed; Pmax decreases by 0.6%, Voc decreases by about 0.4%, and Isc increasing by between 0.03% ~ 0.08%. In addition, an irradiance decrease of 100 w/m² translates into a 10% drop in Pmax.

Keywords : 태양전지 모듈(PV module), 성능(Performance), 열적 성능(Thermal performance)

기 호 설 명

Pmax	: PV 모듈 최고출력 (W)
Voc	: PV 모듈 개방 전압 (V)
Isc	: PV 모듈 단락 전류 (A)
Vmp	: PV 모듈 최고출력 전압 (V)
Imp	: PV 모듈 최고출력 전류(A)

1. 서 론

태양전지 모듈을 제작 한 후 성능 실험 단계에서는 25℃ 1000 w/m² 에서 실험을 실시한다. 그러나 이 모듈이 실제로 사용되는 조건을 살펴보면 1000 w/m² 가 되지 않는 일사량 강도와, 여러 온도 상태에서 동작하게 된다¹⁾. 따라서 일사량 강도를 변화시키고 온도를 변화 시키면서 출력특성을 살펴보면 현실적으로 동작하는 상태에서의 결과를 예측할 수 있다²⁾³⁾. 이에 본 연구에서는 다양한 모듈을 이용하여 모듈의 온도와 일사량을 변화시키면서 모듈의 특성 변화를 관찰 하였다. 이러한 연구 결과는 향후 모듈의 실제 출력을 예측하는데 도움이 되리라 생각된다. 또한 본 일사량과 온도의 변화에 따라 Voc와 Isc 또한 변화하게 된다. 이러한 변화는 모듈이 실제 array 에서 일으킬 수 있는 문제나 영향 등을 예측하는데 중요하게 사용될 것이다. 예를 들어 일사량이 감소하면서 급격하게 Isc값이 변화하는 모듈이 어레이에 포함된다면 이 모듈은 전체 시스템 출력을 크게 감소 시킬 것이다.

1) Edson L. Meyer and E. Ernest van dyk, "assessing the Reliability and Degradation of Photovoltaic Module Performance parameters", IEEE Trans. on Reliability, Vol. 53. No. 1, pp. 83-92, March 2004.

2) E. Radziemska, "The effect of temperature on the power drop in crystalline silicon solar cells", Renewable Energy 28 (2003) 1-12

3) K. Nishioka, T. Hatayama, Y. Uraoka, T. Fuyuki, R. Hagihara, M. Watanabe, "Field-test analysis of PV system output characteristics focusing on module temperature", Solar Energy Materials & Solar Cells 75 (2003) 665-671

2. 실험

태양전지 모듈의 출력은 온도와 일사량의 변화에 따라 크게 변화한다. 일반적으로 온도가 1℃ 증가할 때 약 0.5%의 출력 감소가 발생한다고 알려져 지고 있다. 이에 본 실험에서는 서로 다른 7종류의 모듈을 가지고 온도와 일사량을 변화시키면서 출력 특성을 살펴 보았다. 3종류의 poly crystalline 모듈, 2 종류의 single crystalline 모듈, 1종류의 Back contact single crystalline 모듈, 그리고 1종류의 HIT 모듈, 이렇게 7종류의 모듈을 이용하여, 이 모듈을 3 그룹으로 나누고 일사량 변화 실험, 저온 온도(25℃이하) 변화 실험, 고온 온도 (25℃이상)변화 실험을 실시하였다. 실험결과 온도 증가에 따라서 약 0.6%의 Pmax 감소가 발생하였고, 약 0.4%내외의 Voc의 감소가 발생하였으며 0.03% ~ 0.08%의 Isc 증가가 발생하였다. 또한 100 w/m²의 입사에너지 감소에 의하여 약 10%의 Pmax 감소가 관찰되었다. 실험에 사용된 모듈은 총 4개의 그룹으로 구분하여 1, 2그룹은 일사량 변화에 따른 특성 변화를 관찰 하였으며, 3, 4그룹은 온도 변화에 따른 특성 변화를 관찰 하였다. 일사량 변화에 따른 특성 변화를 관찰한 1 그룹은 표 1의 모듈이고, 2 그룹은 표 2의 모듈이다. 온도 변화 실험에 사용된 3 그룹 표 3의 스펙과 같고, 그룹4는 그룹1의 모듈을 사용하였다.

일사량 변화에 따른 모듈의 특성 변화를 관찰하기 위하여 Pasan 사의 sun simulator III b 를 사용하였다. simulator를 이용하여 입사되는 광량을 200, 400, 600, 800, 1000 w/m²로 변화 시키면서 출력을 측정 하였다. 그리고 1그룹의 dark-IV 측정을 위하여 Keithley 사의 2430 Pulse Source Meter 를 사용하였다. 이 source meter는 10.5 A 까지의 전류를 펄스 형태로 공급하며 이때의 전압을 측정하는 형식으로 dark IV 를 측정한다.

표 1. 일사량 변화에 따른 특성 변화실험을 하기 위한 모듈의 스펙(그룹 1, 4)

	HIT	Poly	Single
Cell #	96 (4inch)	48 (6inch)	48 (6inch)
Pmax	189W	157W	178W
Voc	67.5V	28.7V	29.7V
Isc	3.83A	7.55A	8.4A
Vmp	51V	22.8V	23.8V
Imp	3.7A	6.92A	7.49A

표 2. 일사량 변화에 따른 특성 변화실험을 하기 위한 모듈의 스펙(그룹 2)

	Poly	Single	Back-contact
Cell #	72 (5inch)	72 (5inch)	72 (5inch)
Pmax	167W	173W	210W
Voc	43.1V	44.2V	47.7V
Isc	5.37A	5.30A	5.75A
Vmp	34.6V	36.6V	40.0V
Imp	4.83A	4.73A	5.25A

표 3. 온도변화실험을 하기 위한 모듈 스펙(그룹 3)

	Poly	Single
Cell #	54 (6inch)	72 (5inch)
Pmax	181W	173W
Voc	32.4V	44.2V
Isc	7.35A	5.30A
Vmp	26.9V	36.6V
Imp	6.73A	4.73A

모듈의 온도 변화에 따른 출력 특성을 관찰하기 위하여 3그룹과 4그룹을 사용하였는데, 3그룹은 -5 °C에서 장시간 방치 후 실험실 내부로 옮겨 모듈의 온도를 자연 상승 시키

면서 출력을 측정하였다. 4그룹은 85 °C 항온기에서 일정온도 도달 후 실험실 내부로 옮겨 자연 냉각시키면서 출력을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 일사량에 따른 출력 변화 실험

그림 1은 일사량 감소에 따른 Voc의 변화를 보여주고 있다. 일사량이 감소하면서 Voc가 감소하는 결과를 볼 수 있다. 그림 2는 그룹 1의 모듈이 일사량이 감소함에 따라 Pmax, Voc, Isc 등이 어떻게 변화하는지를 보여주는 그림으로 3가지 모듈 모두 비슷한 결과를 나타내고 있는데 Pmax는 poly 모듈이 조금 더 큰 감소율을 보이고 있고, Voc는 HIT 모듈에서 좀더 큰 감소율을 볼 수 있다. 그리고 isc의 감소율은 세 모듈 모두 비슷하게 나타났다.

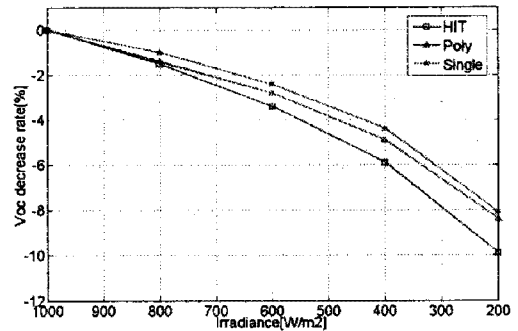


그림 1. 일사량에 따른 Voc 변화

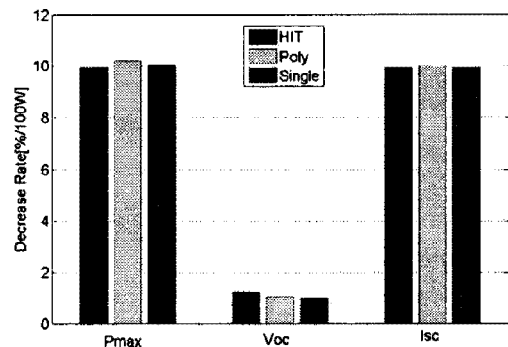


그림 2. 일사량에 감소에 따른 출력 감소 특성

그림 3은 그룹 2 모듈의 일사량 감소에 따른 특성을 보여주는 그림으로 Pmax는 거의 비슷한 감소율을 보이고 있고, Voc는 single 모듈에서 좀더 적은 감소율을 관찰 할 수 있으며, Isc의 경우 Back contact 모듈에서 큰 감소율을 보이고 있다. 그림 4는 그룹 2에서 사용한 모듈의 dark IV 그래프를 보여주고 있으며 Poly 모듈의 저항 성분이 가장 크게 나타남을 확인 할 수 있다.

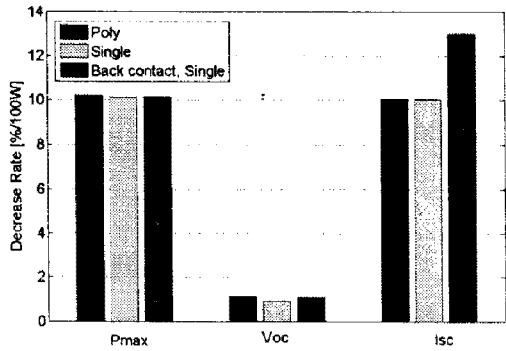


그림 3. 일사량 감소에 따른 출력 감소 특성

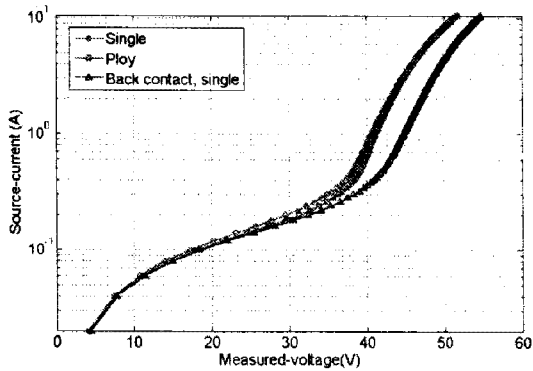


그림 4. 그룹2에서 사용된 모듈의 Dark IV 곡선

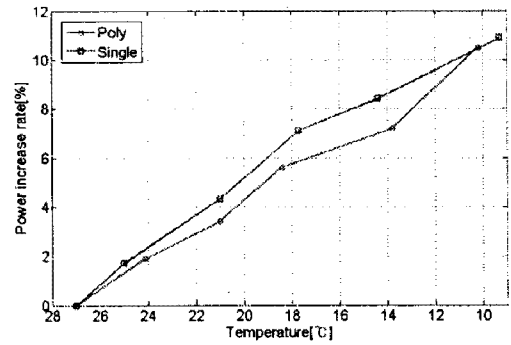


그림 5. 온도하강에 따른 출력 증가 곡선

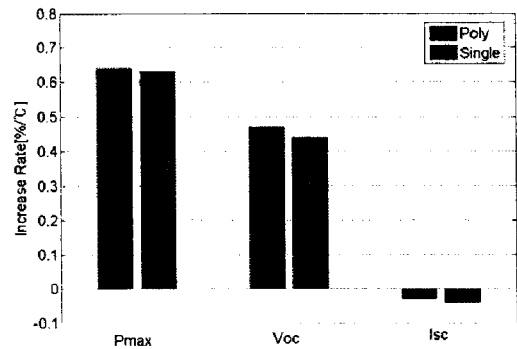


그림 6. 온도하강에 따른 출력 증가 특성

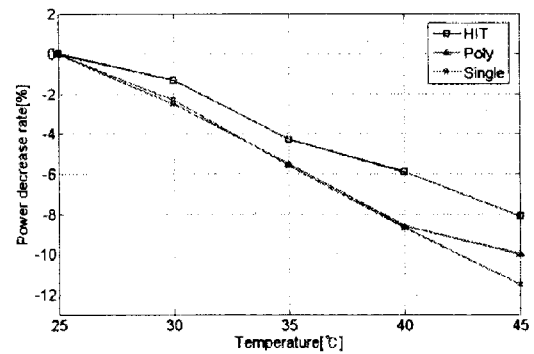


그림 7. 온도증가에 따른 출력 감소율

3.2 온도 따른 출력 변화 실험

그림 5는 그룹 3의 모듈이 온도 감소에 따라 어떻게 출력이 증가하는지를 보여주는 그림으로 Poly와 Single 모듈 모두 비슷한 특성을 보이고 있다. 온도 증가에 따른 Pmax, Voc Isc를 종합하여 그림 6에 나타내고 있다.

그림 7, 그림 8, 그리고 그림 9는 온도가 증가 하면서 Pmax, Voc와 Isc가 어떻게 변화하는지를 보여주고 있다. 온도 증가에 따른 특성 변화는 그림 10과 같다. 그림에서 볼 수 있듯이 본 실험에서는 Pmax와 Voc의 경우 HIT, Poly, Single 모듈의 순으로 출력 감소가 크게 나타났다. 그리고 Isc는 Poly 모듈에서 크게 가장 크게 증가함을 알 수 있다.

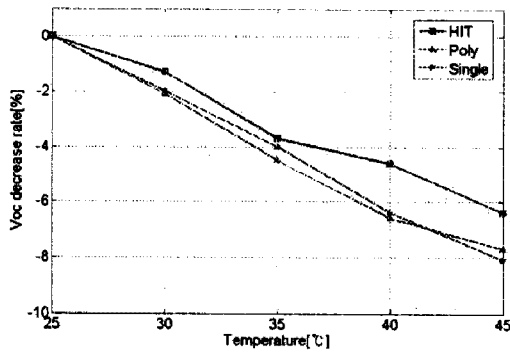


그림 8. 온도증가에 따른 Voc 감소율

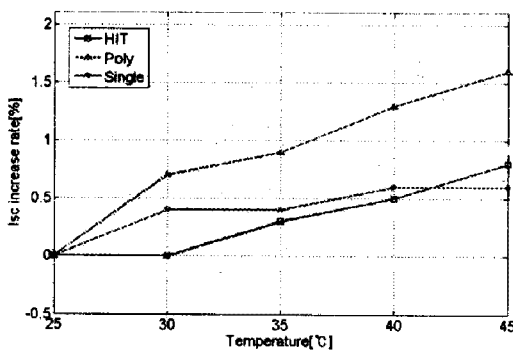


그림 9. 온도 상승에 따른 Isc 증가율

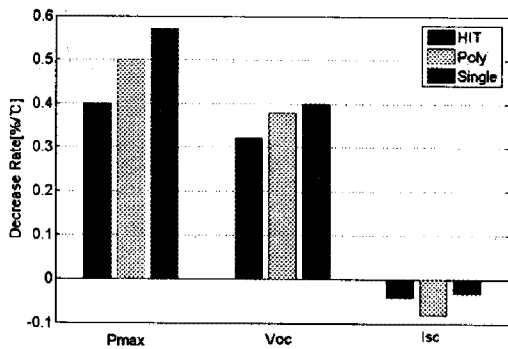


그림 10. 온도 상승에 따른 출력 감소율

5. 결론

본 연구에서는 서로 다른 7종류의 모듈을 이용하여 일사량과 온도를 변화 시켜가며 출력 특성을 살펴보았는데, 일사량의 변화에 대하여는 Poly silicon module이 다른 모듈에 비하여 출력 감소율이 조금 더 크게 나타났으며, 후면 전극 모듈의 경우 일사량 변화에

따라 출력 감소는 다른 모듈들과 비슷했지만 Isc의 감소율이 두드러지게 크게 나타났다.

Dark IV 실험 결과 poly silicon module이 다른 모듈에 비하여 등가 직렬 저항 성분이 좀 더 크게 나타났다. 온도 변화에 따른 출력 변화 특성 에서는 먼저 25°C이하의 낮은 온도에서는 Poly와 single crystalline 모듈 모두 비슷한 출력 증가 특성을 나타냈다. 25 °C 이상의 고온 영역에서는 좀 더 큰 차이를 보였는데 HIT 모듈이 가장 작은 출력 감소율을 보였으며, single 모듈이 가장 큰 출력 감소율을 보였다.

Isc는 Poly 모듈에서 온도증가에 따라 가장 큰 증가율을 보였다. 이렇게 모듈의 일사량과 온도변화에 따른 정확한 출력 특성은 실제 모듈이 발전할 수 있는 용량을 예측할 때 큰 도움이 되리라 여겨진다.

참 고 문 헌

1. Edson L. Meyer and E. Ernest van dyk, "assessing theReliability and Degradation of Photovoltaic Module Performance parameters", IEEE Trans. on Reliability, Vol. 53. No. 1, pp. 83-92, March 2004.
2. E. Radziemska, "The effect of temperature on the power drop in crystalline silicon solar cells", Renewable Energy 28 (2003) 1-12
3. K. Nishioka, T. Hatayama, Y. Uraoka, T. Fuyuki, R. Hagihara, M. Wtanabe, "Field-test analysis of PV system output characteristics focusing on module temperature", Solar Energy Materials & Solar Cells 75 (2003) 665-671