

집광형 태양전지 모듈의 전기적 특성에 관한 연구

김범준¹, 강이구^{1,a}, 류세환²

¹ 극동대학교 태양광공학과

² 경동솔라

The Electrical Characteristics of Spot Light Solar Cell Modules

Beum Jun Kim¹, Ey Goo Kang^{1,a}, and Se Hwan Lyu²

¹ Department of Photovoltaic Engineering, Far East University, Eumseong 369-700, Korea

² Research Center of Solar Modules, Kyoung Dong Solar, Eumseong 369-823, Korea

(Received April 4, 2011; Revised April 12, 2011; Accepted April 17, 2011)

Abstract: We have analyzed electrical characteristics of spot light solar cell modules and have completed fabrication of spot light solar cell modules. Before we test modules, we have carried about UV test of hologram. As a result of test, we have obtained 165% efficiency of hologram film. the other hand, we obtained 75% efficiency of general films. After we have fabricated solar modules and carried about field test, spot light solar cell modules with hologram have been investigated 17.3 A of Isc and 155.4 W of power.

Keywords: Point contact, High efficiency, Passivation, Solar cell, Hologram, Spot light

1. 서 론

폴리실리콘의 공급 부족에 의한 태양전지의 높은 가격형성은 모듈의 가격상승으로 이어져 발전단가를 상승시키는 요인으로 작용하고 있고 당분간 지속될 것으로 보여 국내외적으로 태양전지 개발 및 재료의 특성 향상을 통해 원가 절감을 이루려는 기술적인 연구가 활발히 진행되고 있다.

하지만 태양전지의 두께를 박형화하는 것은 기존의 태양전지 모듈 공정상에서 마이크로 크랙같은 문제점을 일으킬 수 있고, 검증되지 않은 효율 특성을 나타내고 있으며, 또한 기존 장비의 공정 손실을 발생시킬 수 있기 때문에 현재로서는 많은 문제점을 가지고 있다. 태양전지의 박형화 이외에 집광형 모듈이 대두되었으나 집광형 시스템인 경우는 트래킹 시스템과

고집광에 의한 발열 현상을 제거하기 위한 방열 시스템도 같이 추가해야 하는 문제점이 있다. 그러나 실리콘 집광형 태양전지 모듈인 경우 태양전지보다 저렴한 집광 필름을 이용함으로써 태양전지 수를 획기적으로 줄일 수 있고 기존의 집광형 시스템과 비교했을 때 별도의 트래킹 시스템 및 방열 시스템도 추가할 필요가 없어 기존 모듈 가격을 30% 정도 단가를 절감할 수 있는 새로운 기술이라 사료된다.

태양광 발전시스템의 구성 단가의 9%이상을 차지하는 태양전지는 폴리실리콘의 직접 공급가격이 70~80 달러 정도로 2012년까지 지속 될 것으로 예상됨에 따라 설치단가의 약 60%이상을 차지하는 태양전지는 모듈 가격에 절대적인 요소로 작용하게 됨으로써 그에 따른 보급 확대 및 태양광 산업 활성화에 장애가 될 것으로 예상된다. 현재 폴리실리콘의 공급문제에 따른 문제를 해결하기 위해 박막 태양전지의 관심이 대두되고 있지만 결정질 태양전지에 비해 낮은 효율

a. Corresponding author; keg@kdu.ac.kr

문제로 인해 상업화에 한계를 가지고 있다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위한 여러 연구들의 필요성이 대두되고 있으며 실리콘 집광형 태양전지 모듈 개발이야말로 현재 제기되고 있는 문제점 해결에 획기적인 기술을 제공할 것으로 사료된다.

따라서 본 논문에서는 홀로그램 필름을 PV 모듈에 적용하기 위하여 홀로그램 필름의 UV 테스트, 가시광선 집광 테스트, 홀로그램 집광형 샘플 모듈 제작, 필드 테스트를 통해 새로운 집광형 모듈을 제작하여, 그 전기적인 특성을 분석하였다.

2. 실험 방법

본 논문에서 홀로그램 필름을 PV 모듈에 적용하기 위하여 홀로그램 필름의 UV 테스트, 가시광선 집광 테스트, 홀로그램 집광형 샘플 모듈 제작, 필드 테스트를 통해 새로운 집광형 모듈을 제작하여 그 전기적인 특성을 분석하였다. 160 W급 홀로그램 집광형 모듈을 제작하였으며, 그 구조는 그림 1에서 보여주고 있다.

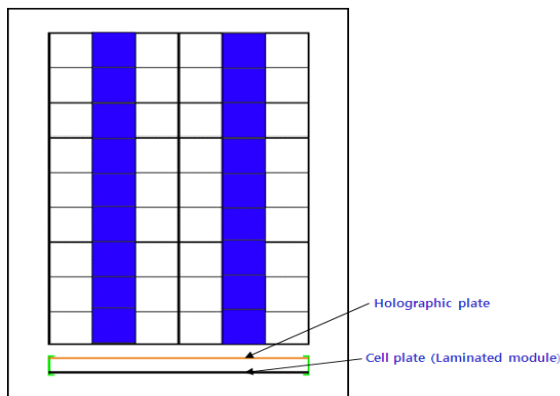


Fig. 1. The structure of hologram concentrated solar cell module.

본 논문에서는 홀로그램 필름을 실리콘 PV 모듈에 적용하기에 앞서 DVT (development verification test) 에서 홀로그램 필름과 태양전지를 이용하여 UV가 태양전지에 미치는 영향과 홀로그램 필름의 UV 차단 효과, 할로겐램프를 통한 홀로그램 필름의 각각 과장별 집광 효과를 테스트 하였다.

그림 2에서 나타낸 바와 같이 할로겐램프는 DC power

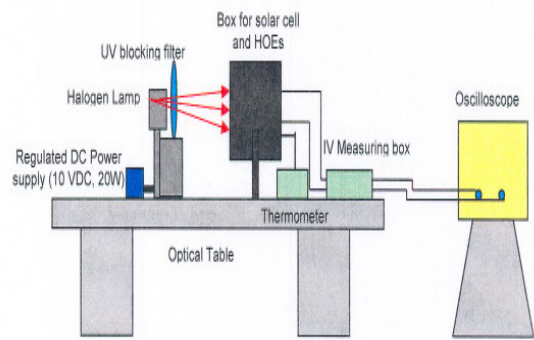


Fig. 2. The structure of UV test.

Table 1. Temperature and power according to UV.

Lamp Power (W)	Temperature (deg. C)		Short Circuit Current (A) IMPP		Open circuit Voltage (V) VMPP		Maximum Power (IMPP*VMPP)	
	with UV	without UV	with UV	without UV	with UV	without UV	with UV (consider filter absorption)	without UV (Raw)
5.83	24.30	23.90	0.0595	0.0500	0.502	0.493	0.030	0.0247
8.23	25.50	24.90	0.1235	0.1060	0.526	0.521	0.065	0.0552
10.14	26.30	25.70	0.1910	0.1630	0.540	0.521	0.103	0.0849
11.78	27.00	26.40	0.2470	0.2090	0.549	0.544	0.136	0.1137
13.30	28.10	27.20	0.3160	0.2670	0.558	0.558	0.176	0.1490
14.80	28.70	27.90	0.3860	0.3300	0.558	0.558	0.215	0.1841

supply를 통해 빛의 강도를 조절하며 할로겐램프를 통한 빛은 UV차단 필터를 거쳐 홀로그램 필름과 태양전지가 있는 box로 입사하게 된다. 오실로스코프는 각각 출력 전압과 출력 전류를 나타내고 최고점에서의 전압과 전류의 곱은 최대 전력을 나타낸다. 테스트 결과 UV가 차단된 태양전지의 표면 온도는 대략 1도 이상 떨어졌으며 최대 전류와 최대 전압은 반대로 UV가 있을 때 더 높았다. 각각의 테스트 결과는 표 1에 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

그림 2에서 보는 바와 같이 UV 차단 필터가 사용될 때 최대 전력 값은 UV 차단 필터가 사용되지 않았을 때의 대략 97%의 값을 나타내었다. UV 빛은 보통 태양전지에서 대략 1.4%의 전력을 생산하는 것으로 알려져 있는 반면 태양전지 표면 온도의 저하는 대략 3.3%의 태양전지의 전력을 높일 수 있다. 따라서 홀로그램 필름을 통한 UV 차단 효과는 태양전지

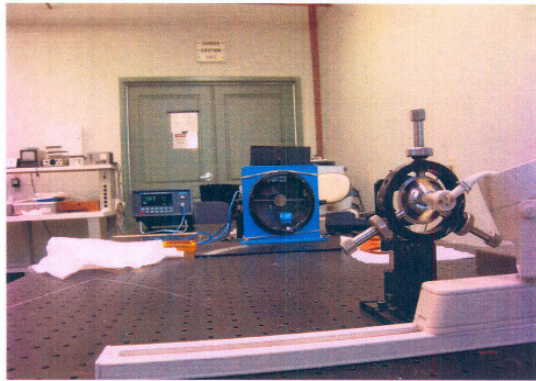


Fig. 3. The structure of spot light test.

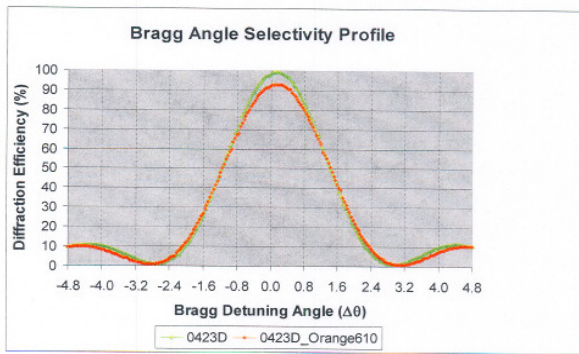


Fig. 4. Bragg curve(orange, 610 nm).

표면의 온도를 낮춰 태양전지 효율을 향상시킬 수 있는 것으로 사료된다.

홀로그래프 필름은 가시광선 파장 대의 빛을 회절각자를 이용하여 각 파장 대의 빛을 집광할 수 있는 구조로 되어 있으며 모든 홀로그래프 필름을 함께 PV 모듈에 적용하기 전 각각의 홀로그래프 필름을 시뮬레이션된 빛을 통해 각 파장대별 효율을 분석하는 실험을 진행하였다. 분석된 빛은 yellow, orange, green, blue, red이다.

그림 3은 각 파장별 빛의 집광 테스트 구조도를 나타내고 있으며 테스트 결과 홀로그래프 필름을 거친 가시광선 영역(400 nm~700 nm)의 빛은 각 파장대의 yellow, orange, green, blue, red 빛으로 90%이상의 회절 효율을 나타내었다. 다음 그림 4, 5, 6, 7, 8은 각 파장별 빛의 효율 데이터를 나타낸다.

위에 결과 값을 토대로 당사는 각 홀로그래프 필름을 중첩하여 태양전지에 적용하기 위해 테스트용 홀로그

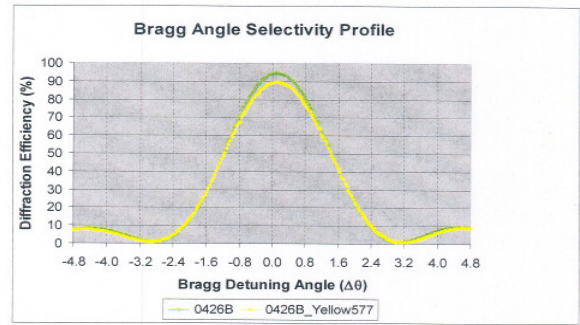


Fig. 5. Bragg curve(yellow, 577 nm).

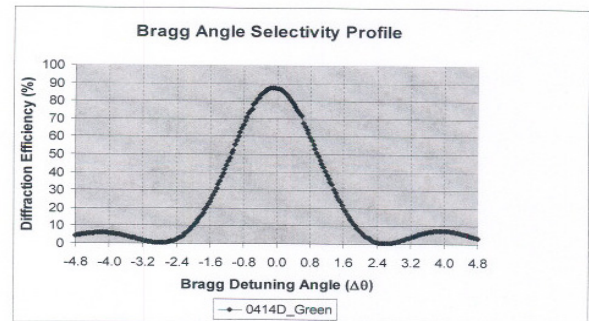


Fig. 6. Bragg curve(green, 532 nm).

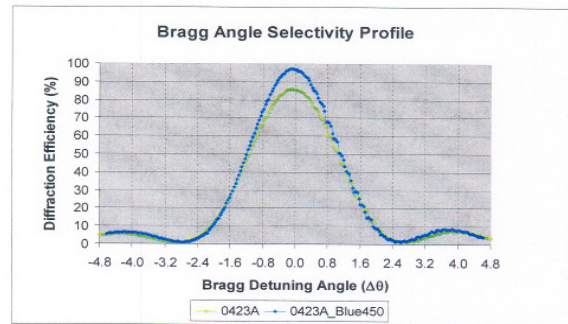


Fig. 7. Bragg curve(blue, 450 nm).

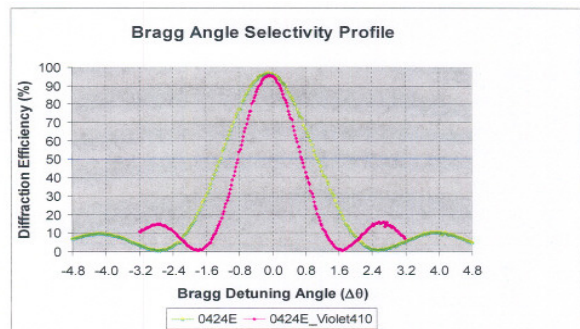


Fig. 8. Bragg curve(blue, 410 nm).

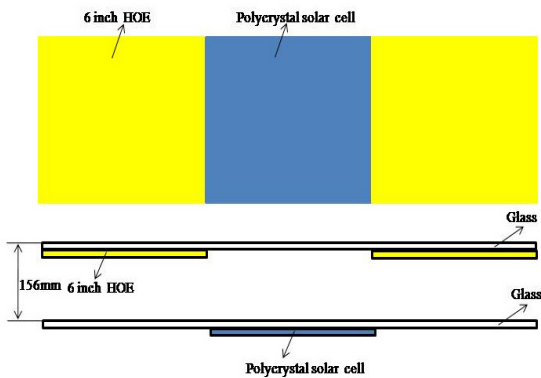


Fig. 9. The structure of hologram spot light solar cell module.

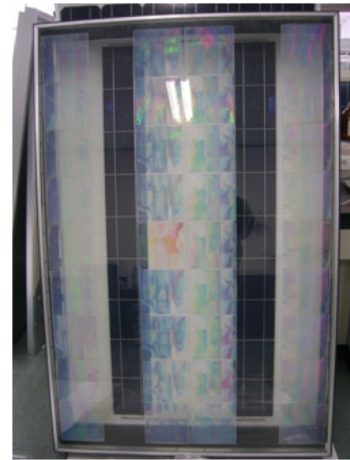


Fig. 11. Fabricated hologram spot light solar cell module.

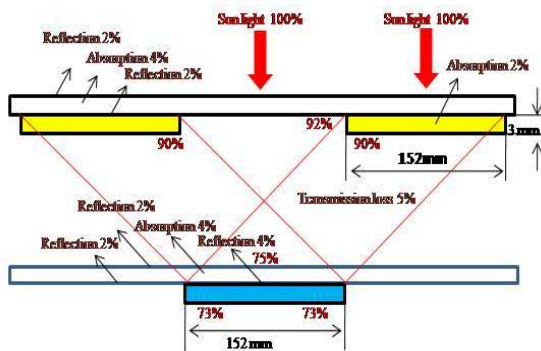


Fig. 10. The spot light structure of hologram film.

램 미니 모듈을 제작하였으며 그 구조도는 그림 9에 나타내었다.

홀로그램 필름은 유리 밑에 6인치 크기로 태양전지 양쪽에서 빛을 홀로그램 필름이 집광하여 태양전지에 집중되도록 하였으며 홀로그램 필름 플레이트와 태양전지 플레이트 사이의 거리는 집광된 빛이 45°로 회절되어 태양전지에 정확히 집광되도록 6인치 거리를 두었다. 또한 증착된 홀로그램 필름의 빛 집광 분포도를 분석한 결과 태양빛 100%는 홀로그램이 접촉되어 있는 첫 번째 유리에서 반사 4%, 흡수 4%가 발생하고 홀로그램 필름에서 약 2%의 흡수가 발생하게 되어 약 90%의 빛이 통과되며 홀로그램 필름 플레이트와 태양전지 모듈 플레이트 사이의 공기층에서 약 5%의 산란 손실이 발생하게 된다. 또한 태양전지 모듈 플레이트 유리에서 반사 4%, 흡수 4%가 발생하며

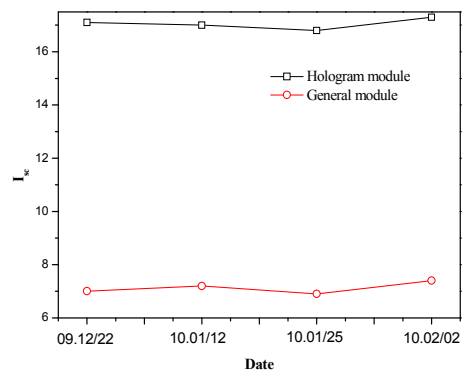


Fig. 12. Field test of hologram spot light solar cell module and general module.

태양전지에서 약 4%의 빛이 반사된다. 따라서 양쪽 홀로그램 필름을 통해서 태양전지에 집광되는 빛은 대략 146%이고 홀로그램 필름 이외에서 들어오는 빛은 대략 75%가 되어 태양전지에 집광되는 태양빛은 대략 221%로 예측할 수 있다. 홀로그램 집광효율 구조도는 그림 9에 나타내었으며 테스트 결과 Isc 값은 대략 18.5 A를 나타내었다.

본 논문에서는 기존의 200 W(54 cell)급 PV 모듈에서 태양전지수를 18장으로 줄인 태양전지 플레이트를 제작하였으며 이를 제작한 홀로그램 필름 플레이트를 결합하여 홀로그램 집광형 모듈 샘플을 제작, 필드 테스트를 진행하였다. 그림 11은 제작된 홀로그램 집광형 모듈 샘플을 나타낸다.

제작된 홀로그램 집광형 모듈(18 cell)은 200 W(54

Table 2. The field test value of hologram spot light solar cell module and general module.

Model	Hologram (160 W)	200 W Module
Isc	17.3 A	7.4 A
Power(W)	155.4 W	189 W

cell)급 일반 모듈과 비교하기 위해 필드에서 측정되었다.

필드 테스트는 총 4번 걸쳐 시행되었으며 측정 시간은 오후 1시~2시 사이에 걸쳐 진행되었다. 필드 테스트 결과 홀로그램 필름은 필드에서 빛을 집광하여 태양전지 플레이트 쪽으로 빛을 잘 모아주었으며 측정된 Isc값은 홀로그램 모듈 17.3 A, 200 W 모듈 7.4 A로 대략 2.4배 이상의 Isc값을 나타내었다. 그림 12는 홀로그램 필름과 일반 모듈의 필드 테스트 결과를 나타내며 표 2는 각 모듈의 전력값을 나타낸다.

표 2에서 보는 것처럼 160 W급 홀로그램 모듈은 필드상에서 155.4 W로 160 W에 97.13%를 달성하였지만 160 W에는 미치지 못하였다. 이는 홀로그램 필름이 6인치 크기로 중첩을 하여 제작하다 보니 각 파장대의 홀로그램 필름에 defects들이 발생하여 최적화가 이루어지지 않아 효율이 떨어지는 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 논문에서는 새롭게 제시한 홀로그램 집광형 태양전지 모듈의 설계 및 제작을 완료하여, 그 전기적인

특성을 분석하였다. 모듈을 테스트하기 전 집광을 하기 위한 홀로그램 필름의 UV 테스트를 수행하였으며, 수행한 결과 홀로그램에서 집광되는 빛은 165%이며, 이외의 필름에서 집광되는 빛은 75%로써 2.5배의 효율이 우수함을 알 수 있었다. 또한 실제 모듈을 제작하여 필드 테스트를 실시한 결과 Isc 는 17.3 A, 전력은 155.4 W의 특성을 가져올 수 있었다.

감사의 글

본 논문은 한국연구재단의 2010년도 지역혁신인력 양성사업의 지원에 의해 수행되었음.

REFERENCES

- [1] P. J. Verlinden, R. M. Swanson, and R. A Crane, *Progress in Photovoltaic and Applications*, **2**, 143 (1994).
- [2] P. J. Verlinden, R. M. Swanson, and R. A Crane, *Proc. 12th EC Photovoltaic Solar Energy Conference* (Amsterdam, Netherlands, 1994) p. 1477.
- [3] P. J. Verlinden, R. M. Swanson, T. Iwata, K. Handa, H. Ogasa, and D. L. King, *Proc. 12th EC Photovoltaic Solar Energy Conference* (Amsterdam, Netherlands 1994) p. 1304.
- [4] J. Zhao, A. Wang, D. M. Roche, S. R. Wenham, and M. A. Green, *Technical Digest 9th International Photovoltaic Science and Engineering Conference* (Miyazaki, Japan, 1996) p. 65.
- [5] R. R. King, R. A. Sinton, and R. M. Swanson, *Contractor Report to Sandia National Lab.*, **91** (Albuquerque, New Mexico, 1991).