

태양전지 보호유리가 태양전지 성능에 미치는 영향

최영진 왕진석
충남대학교 전자공학과

Effect of Solar Cell Cover Glass on Solar Cell Performance

Youngjin Choi and Jinsuk Wang
Dept. of Electronics, Chungnam National Univ.

ABSTRACT

In this study, the effect of solar cell cover glass on the solar cell performance is evaluated. Silicon solar cell(active area:4*6cm, efficiency:12.6% at AMO condition) is used for this study. ITO(Indium tin Oxide) film thickness of the ITO/AR/substrate glass/solar cell structure samples are 40 Å, 60 Å, 160 Å, 240 Å respectively. The solar cell maximum output power on the stacking structure variations showed 465mW in the AR/ITO/substrate glass/solar cell, and minimum output power showed 403mW in the AR/substrate glass/solar cell. The maximum output power of the solar cell on the ITO thickness variations of the ITO/AR/substrate glass/solar cell showed 460mW at 40 Å then decrease output power as ITO thickness increase. For environment tests, all samples are exposed UV light in the vacuum chamber. The output power degradation of AR(UVR)/substrate glass/solar cell stacking structure is small compared with ITO/AR(UVR)/substrate glass/solar cell stacking structure.

1. 서론

인공위성용 태양전지는 위성의 임무수명 기간 동안 위성체에 안정된 전원을 공급 해야 한다. 그러나, 태양전지는 우주환경에 존재하는 고 에너지를 띤 입자들과 우주공간에 존재하는 강력한 자외선(Ultra-violet;UV)에 의해 열화(degradation) 되어 그 성능이 저하 된다. [1] [2] 태양전지 성능저하 원인으로 작용하는 고 에너지 입자와 UV의 영향을 최소화 하기 위해 태양전지 앞면에 보호유리를 부착하여 사용하고 있으며, 따라서 보호유리의 구조와 특성에 따라 태양전지의 출력특성은 변할 수 있다. 이와 같은 이유로 태양전지 보호유리의 성능 요구조건은 태양전지 동작영역의 파장에서 광 투과율이 가능한 높아야 하며 자외선을 차단시킬 수 있어야 한다. 또한 입사광에의해 발생한 열 에너지의 방출율(emittance)과 보호유리 자체의 열에너지 방출율은 커야

한다. 본 논문에서는 위성체 외부 표면에 퇴적되는 고 에너지 입자들을 위성체의 접지부로 흐르게하여 고 에너지 입자들에 의한 방전현상을 예방 할 수있는 보호유리를 사용하여 이 보호유리가 태양전지 성능에 미치는 영향을 평가 하였다. 본 연구에서 다루어진 내용을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 보호유리 표면에 증착된 AR, UVR, ITO 박막의 적층 순서가 태양전지 출력에 미치는 영향.
- 2) ITO 박막의 두께가 태양전지 출력에 미치는 영향.
- 3) AR, UVR, ITO 박막의 적층순서를 변화시킨 시편과 ITO 막 두께를 변화시킨 시편에 대해 UV를 조사시켜 이에 대한 태양전지의 전기적, 광학적 특성변화.

2. 실험

AR, ITO, UVR 막의 적층순서가 다른 보호유리를 실리콘 태양전지 전면에 DC93-500 집착제로 부착한후 태양전지 최대출력을 측정 하였다. 이때 사용된 태양시뮬레이터(solar simulator)는 ORIEL사의 태양시뮬레이터를 사용하여 측정 하였다. 보호유리 부착 전 후의 태양전지출력, 흡수율, 방출율을 측정 하였다. 환경시험을 위해 보호유리가 부착된 태양전지를 진공 챔버(chamber) 속에 장착 하고 UV source(mercury vapour grid lamp; 파장:185-579nm, Intensity:12-15mW)로 자외선을 시편표면에 조사 시킨후 태양전지 출력 흡수율, 방출율을 측정 하였다. UV 총 조사시간은 3000시간 이며, 500, 1000, 1500, 3000시간에서 태양전지 열화특성을 평가 하였다. 실험에 사용된 태양전지는 ASEC사의 태양전지(면적: 4cm X 6cm; 효율:12.6%)를 사용 하였고, 보호유리 UVR, AR, ITO 막의 적층순서는 AR/substrate/solar cell, AR/ITO/substrate/solar cell, UVR/ITO/substrate/solar cell, ITO/AR/substrate/solar cell, ITO/UVR/substrate/solare cell, UVR/substrate/solar cell의 6가지 형태의 시편으로 실험 하였다. ITO 막 두께 변화에 대한 실험은 ITO/AR/substrate/solar cell 구조의 ITO 막 두께를 40 Å, 60 Å, 160 Å, 240 Å으로 하여 각 시편에대한 실험을 하였다. 그림1은 ITO/AR/substrate/ solar cell 구조의 시편 단면도를 보인다.

| |
|-----------------|
| ITO (40~240 Å) |
| AR (UVR) |
| substrate glass |
| 태양전지 |

그림1 ITO/AR(UVR)/기판유리/태양전지 시편 단면도

3. 결과 및 검토

1) 보호유리 적층순서 변화에 대한 태양전지 특성

그림2는 적층순서 변화에 대한 태양전지 최대 출력을 나타낸다. 그림2에서 ITO/AR(UVR)/substrate/solar cell 구조의 시편은 AR(UVR)/substrate/solar cell 구조의 시편 보다 약 3%의 증가된 열화특성을 보인다. AR(UVR)/ITO/substrate/solar cell 구조의 시편은 표준 태양전지 보다 2% 증가된 열화특성을 보인다. 이와 같은 사실은 보호유리 광 투과율 변화에 대한 data와 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다. 즉 보호유리의 광 투과율 저하는 태양전지의 출력저하의 원인이 된다. 흡수율과 방출율은 AR/substrate/solar cell, AR/ITO/substrate/solar cell, ITO/AR/substrate/solar cell 구조의 흡수율은 0.75이며 나머지 시편은 0.72를 보인다. 방출율은 적층구조에 큰 영향을 받지 않았다.

2) ITO 막 두께 변화에 대한 태양전지 특성

보호유리 표면에 증착된 ITO 막의 두께가 태양전지 최대 출력에 미치는 영향을 평가 하기 위해 ITO 막의 두께를 40Å, 60Å, 160Å, 240Å 으로 하여 각 시편에 대한 최대출력, 흡수율, 방출율을 측정 하였다. 그림4는 ITO/AR(40Å-240Å)/substrate glass/solar cell 구조의 시편에 대한 보호유리 부착 전 후의 태양전지 최대출력을 나타낸다. 그림4에서 ITO 막 두께가 40Å, 60Å의 시편은 보호유리를 부착 하지 않은 시편과 같은 크기의 출력을 나타내었다. 그러나 ITO 막 두께가 160Å인 시편은 AR/substrate/solar cell 구조의 시편 보다 태양전지 출력이 감소 하였다. 240Å 시편에서는 보호유리를 사용 하지 않은 태양전지에 비해 약2%의 출력 감소를 보였다. 이러한 사실은 ITO 막의 두께가 두꺼워질수록 입사광의 표면반사율이 증가 하기때문으로 추측 된다. ITO 막 두께를 변화시킨 각 시편에 대해 흡수율, 방출율을 그림5-6에 나타낸다. 흡수율은 ITO 막의 두께 변화에 의존하지 않고 0.74 - 0.75 부근의 값을 보였고 방출율은 보호유리 기판의 방출율과 같은 값을 보였다.

3) 환경시험

그림2에서 보호유리의 각 적층구조에 대하여 UV 조사 전 후의 태양전지 출력을 보여준다. AR(UVR)/substrate glass/solar cell 구조의 시편에서 20mW 정도의 출력전력 감소를 보이는 반면 ITO/AR(UVR)/substrate glass/solar cell 구조에서는 50mW 정도의 출력 감소를 보이고 있다. 이러한 변화는 ITO 막이 UV에 의해 열화되어 색상이 변하고 그에따른 광 투과율 감소가 원인이 되는 것으로 추측 된다. 그림4에 ITO/AR(UVR)/substrate

glass/solar cell 구조의 시편에서 ITO 막 두께 변화에 대한 UV 조사 후의 출력전력 변화를 보인다. 그림4에서 ITO 막 두께 40Å-60Å 사이에는 출력전력 감소가 ITO 두께에 크게 의존하지 않음을 보인다. 그러나 240Å 일 때는 약 37mW 정도 출력전력이 감소함을 보였다. 총 300시간 UV 조사한 시편에서 시편 표면에 오염물질이 퇴적된 것을 관찰 할 수 있었으며 이 오염물질의 성분 분석을 위해 AUGER SPECTROSCOPY로 분석한 결과 탄소와 실리콘 성분임을 확인 하였다. 불순물 퇴적원인은 시편을 진공챔버속에 장시간 장착하여 유화산 펌프의 펌프오일이 역류되어 발생한 것으로 추측된다. 이 오염물질에 의한 투과율 감소를 측정하기 위해 별도의 유리기판을 진공챔버속에 장착하여 시편과 동시에 UV 조사시켜 투과율을 측정 하였다. 투과율 측정결과 오염물질에 의한 투과율 감소가 2-3% 로 나타났다. 따라서 ITO 두께 240Å 시편에서의 출력전력 감소는 오염물질에 기인한 것으로 추측 된다.

그림6은 UV 조사시간에 대한 시편의 흡수율을 나타낸다. UV 조사 시작시점부터 500시간까지 모든 시편에서 1%의 감소를 보인후 500시간 이후에는 조사시간에 의존하지 않음을 보였다. UVR/ITO/substrate glass/solar cell, UVR/Substrate glass/solar cell 시편보다 ITO/AR(UVR)/substrate glass/solar cell, AR/substrate glass/solar cell 시편에서 3% 증가된 흡수율을 보였다. 그림7은 UV 조사시간에 대한 방출율로 모든 시편에서 UV 조사시간에 크게 의존하지 않음을 보인다. 그림8-9는 ITO 두께를 변화시켰을 때의 UV 조사시간 변화에 대한 흡수율, 방출율을 나타낸다. 흡수율에서 처음 500시간 까지 1%의 감소를 보였고 60Å, 240Å 시편은 40Å, 160Å 보다 1% 큰 흡수율을 나타냈다. 방출율은 40Å, 60Å 시편에서는 일정한 값을 보였고 160Å, 240Å 시편에서 2-3% 감소를 나타냈다.

4. 결론

보호유리의 적층구조 변화에 대한 태양전지 출력은 AR/ITO/substrate glass/solar cell 시편에서 465mW로 최대값을 보였고, AR/substrate glass/solar cell 시편에서 403mW로 최소 값을 나타냈다. ITO 두께변화에 대한 시편의 출력변화는 ITO/AR/substrate glass/solar cell 구조에서 40Å일때 460mW의 최대값을 나타냈다. 모든 시편의 환경시험에서 출력전력 열화는 AR(UVR)/substrate glass/solar cell 구조의 시편이 ITO/AR(UVR)/substrate glass/solar cell 시편 보다 작은 값을 나타냈다.

참고문헌

- [1] A. Bogorad, C. Bowman, L. Rayadurg, T. Sterner J. Loman, and J. Armenti, 'Amplitude Scaling of Solar Array Discharge', IEEE Transactions on Nuclear Science, NS-37, 2112, 1990
- [2] 'Effects of Environmental Electrical Charges on Spacecraft', NASA Technical Brief, volume 17, No. 1, January 1993.

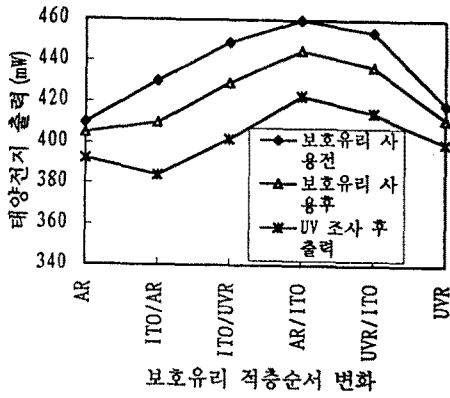


그림 2 보호유리 적층순서 변화에 대한 태양전지 출력 변화

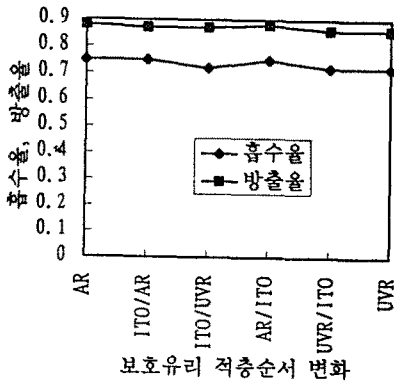


그림 3 보호유리 적층순서 변화에 대한 흡수율 방출율

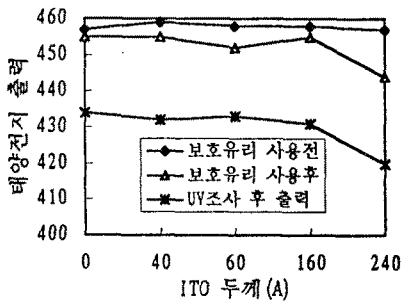


그림 4 ITO 두께변화에 대한 태양전지 출력 변화

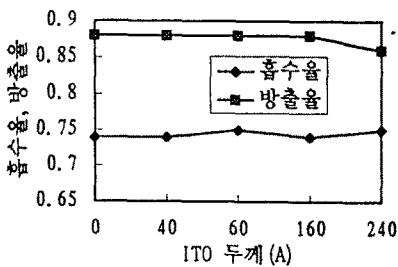


그림 5 ITO 두께변화에 대한 흡수율, 방출율

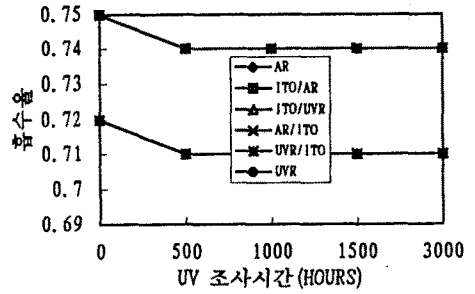


그림 6 UV 조사시간에 대한 흡수율

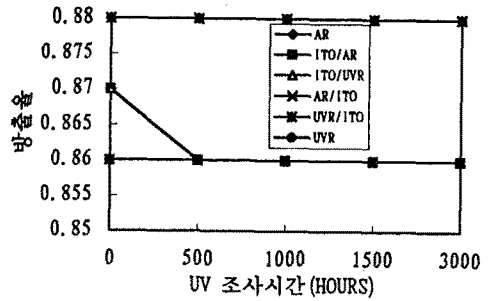


그림 7 UV 조사시간에 대한 방출율

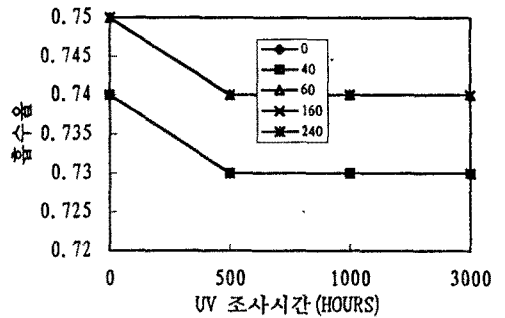


그림 8 UV 조사시간에 대한 흡수율

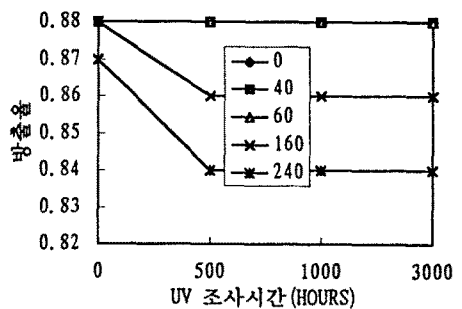


그림 9 UV 조사시간에 대한 방출율