

# 요철(Anti-Glare) 구조의 표면 유리 기판을 가지는 고효율 태양전지 모듈

공대영<sup>a</sup> · 김동현<sup>a</sup> · 윤성호<sup>b</sup> · 배영호<sup>c</sup> · 류인식<sup>d</sup> · 조찬섭<sup>e\*</sup> · 이종현<sup>a</sup>

<sup>a</sup>경북대학교 IT대학 전자공학부, 대구 702-701

<sup>b</sup>울텍(주), 대구 704-240

<sup>c</sup>위덕대학교 전자공학과, 경주 780-713

<sup>d</sup>경산대학, 경산 712-718

<sup>e</sup>경북대학교 산업전자전기공학부 전자공학전공, 상주 742-711

(2011년 2월 23일 받음, 2011년 4월 22일 수정, 2011년 5월 2일 확정)

태양전지 모듈은 back sheet, 후면 충전재, 태양전지 cell, 전면 충전재, 전면 보호유리의 구성으로 되어 있다. Back sheet는 유리 또는 금속을 사용하는데 사용 재료에 따라 각각 유리봉입방식, 슈퍼스트레이트방식으로 구분된다. 태양전지를 보호하기 위한 충전재는 빛의 투과율 저하가 적은 poly vinyl butylo나 내습성이 뛰어난 ethylene vinyl acetate 등이 주로 이용된다. 유리봉입방식과 슈퍼스트레이트 방식의 공통점은 모듈 전면에 투과율과 내·충격 강도가 좋은 강화 유리를 사용하는 것이다. 하지만 현재 모듈의 전면 유리는 평탄한 표면 때문에 태양고도가 낮을 때 상대적으로 반사율이 높은 단점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로 표면 유리에 요철(anti-glare) 구조를 형성하면 평면(bare) 구조의 표면에서 반사되는 태양광이 일부 태양전지 내부로 재입사가 일어나게 되어 표면 반사율이 낮아지게 되고, 이로 인하여 태양전지의 효율이 증가하게 된다. 특히 이러한 효과는 태양고도가 낮아졌을 때 요철(anti-glare) 구조에 의한 반사율의 감소가 증가하기 때문에 평면 구조보다 요철(anti-glare) 구조의 태양전지 모듈의 효율이 향상될 것이다. 본 논문에서는 요철(anti-glare) 구조의 유리와 평면 구조의 유리에서 태양고도의 고도 변화에 따른 반사와 투과 특성을 확인하기 위하여 입사각의 각도에 대한 반사율과 투과율을 측정하여 비교 분석하였다. 그리고 태양전지 cell 위에 요철(anti-glare) 구조의 유리와 평면 구조의 유리를 각각 위치시킨 후 태양전지 cell의 효율 변화를 확인하였다. 태양전지 cell의 표면 구조에 따라 요철 구조의 유리 기판의 특성을 비교하기 위하여 태양전지 cell의 표면을 이방성 식각 용액을 이용하여 역피라미드 구조의 텍스처링 태양전지 cell과 평면 구조의 태양전지 cell을 각각 사용하여 비교하였다.

주제어 : 태양전지, 태양전지 모듈, 마이크로 블라스터, 요철

## I. 서 론

최근 빛 에너지를 전기 에너지로 변환하는 반도체 소자로서 무공해, 무소음, 무한 공급 에너지라는 이유로 태양전지에 관한 산업과 연구가 각광을 받고 있다. 태양전지는 크게 태양전지 cell의 효율을 증가시키거나 저가격화를 위한 연구가 활발히 진행 중이고, 태양전지 모듈에 관한 연구는 모듈 자체에 관한 연구보다 태양광 발전에 사용되는 인버터에 관한 연구만 주류를 이룬다. 먼저 태양전지 모듈의 구성은 태양전지를 보호하기 위해 전·후면에 삽입하는 충전재, 후면에서 침투하는 습기를 방지하여 외부환경으로부터

보호하는 back sheet가 있다. 태양전지 모듈 제작에서 많이 사용하고 있는 방식은 유리봉입방식과 슈퍼스트레이트방식 등이 있고, 유리봉입방식의 back sheet는 유리 기판, 슈퍼스트레이트방식은 금속판이 쓰이고 있다 [1]. 이러한 두 모듈 방식의 공통점은 모듈 표면에 투과율과 내·충격 강도가 좋은 유리 기판을 사용한다는 것이다. 하지만 표면 유리 기판은 빛이 태양고도에 따라 입사될 때 평탄한 표면 때문에 태양고도가 낮아질 때는 상대적으로 반사율이 높다는 단점을 가지고 있다 [2]. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로 표면 유리에 요철 구조를 형성하여 평면 구조의 표면에서 반사되는 태양광을 일부 태양전지 내부로

\* [전자우편] chocs@knu.ac.kr

재입사시키면, 태양고도가 낮아졌을 때 평면 구조보다 요철 구조의 태양전지 모듈의 효율이 향상될 것이다. 그 이유는 요철 구조에 의해 표면 유리 기판에서 2회 이상의 재반사가 일어나 태양 고도에 따른 표면 반사율이 감소되기 때문이다 [3]. 본 연구에서는 요철 구조를 가지는 표면 유리 기판과 태양전지 cell을 접합하여 평면 구조 표면 유리 기판과 태양전지 cell을 접합한 일반적인 태양전지 모듈 구조와 표면 반사율과 투과율, 태양전지 효율을 비교하였다. 태양전지는 텍스처링 유무에 따라 요철 구조에 어떤 영향을 미치는지 확인하기 위하여 평면 태양전지와 역피라미드 태양전지 구조로 제작하였다.

## II. 이 론

$\vec{E}$ ,  $\vec{E}'$ ,  $\vec{E}''$  을 각각 경계면에서의 입사파, 반사파와 투과파의 전장이라 하면, 자장의 표현은 각각

$$\begin{aligned} \vec{H} &= \frac{1}{\mu\omega} \vec{k} \times \vec{E} \\ \vec{H}' &= \frac{1}{\mu\omega} \vec{k}' \times \vec{E}' \\ \vec{H}'' &= \frac{1}{\mu\omega} \vec{k}'' \times \vec{E}'' \end{aligned} \quad (1)$$

와 같이 된다.

빛의 편광 상태는 경계면을 기준으로 정의하면 편리하다. 입사파의 전장이 경계면과 평행한 경우를 가로 전기 편광(transverse electric polarization : TE 편광)이라 하며, 입사파의 자장이 경계면과 평행한 경우를 가로 자기 편광(transverse magnetic polalization : TM 편광)이라 한다.

반사율과 투과율을 구하기 위하여 경계조건을 사용하도록 하자. 경계면에서 평행한 전장과 자장 성분이 연속된다는 것이 바로 경계조건이다. 이 경계조건과 식 1로부터 TE 편광의 경우에는

$$E + E' = E'' \quad (2)$$

$$kE \cos\theta - kE' \cos\theta = kE'' \cos\theta'' \quad (3)$$

와 같은 식이 얻어지며, TM 편광의 경우에는

$$kE + kE' = k''E'' \quad (4)$$

$$E \cos\theta - E' \cos\theta = E'' \cos\theta'' \quad (5)$$

와 같은 식을 얻을 수 있다.

입사파와 반사파의 전장 크기의 비를 반사계수라 한다. TE 편광과 TM 편광의 반사계수는

$$r_e = \left(\frac{E'}{E}\right)_{TE}, \quad r_m = \left(\frac{E'}{E}\right)_{TM} \quad (6)$$

와 같이 정의된다.

식 2와 식 3으로부터  $E''$  을 소거하여  $r_e$  를 구하면

$$\begin{aligned} r_e &= \frac{k \cos\theta - k'' \cos\theta''}{k \cos\theta + k'' \cos\theta''} \\ r_e &= \frac{n_1 \cos\theta - n_2 \cos\theta''}{n_1 \cos\theta + n_2 \cos\theta''} \\ r_e &= \frac{\cos\theta - n \cos\theta''}{\cos\theta + n \cos\theta''} \end{aligned} \quad (7)$$

이고, 식 4와 식 5로부터  $E''$  을 소거하여  $r_m$  을 구하면

$$\begin{aligned} r_m &= \frac{k'' \cos\theta - k \cos\theta''}{k'' \cos\theta + k \cos\theta''} \\ r_m &= \frac{n_2 \cos\theta - n_1 \cos\theta''}{n_2 \cos\theta + n_1 \cos\theta''} \\ r_m &= \frac{n \cos\theta - \cos\theta''}{n \cos\theta + \cos\theta''} \end{aligned} \quad (8)$$

와 같다. 여기서  $n = n_2/n_1$  은 상대굴절율을 나타낸다. 그리고 여기에는 관계식  $k = \omega n/c$  이 사용되었다.

반사율이란 입사 에너지에 대한 반사 에너지의 비로 정의된다. 빛의 에너지는 전장 크기의 제곱에 비례하므로 TE 편광과 TM 편광에서의 반사율은 각각

$$R_e = |r_e|^2, \quad R_m = |r_m|^2 \quad (9)$$

$$R = |r_e|^2 + |r_m|^2 \quad (10)$$

이 된다.

Fig. 1에서는 위의 식을 사용하여 태양전지 상부에 위치한 유리 기판의 표면 구조에 따른 반사와 투과 특성에 대하여 비교한 그림이다. Fig. 1(a)는 평면 유리 구조를 나타내고 있다. 모든 각도에서 빛이 입사할 때 1회 반사하며, Fig. 1(b)는 요철 각도가 60°일 때 90°에서 30°까지 반사하는 경

로를 보여주고 있다. 입사된 빛은 요철에 1회 반사 후 다른 요철에 2회 반사되었을 때 1회 반사한 값과 2회 반사한 값을 곱해 주면 전체적으로 2회 반사율 한 결과가 나온다. 식 11은 2회 반사했을 때의 식이다 [4].

$$R = |R_1| \cdot |R_2| \quad (11)$$

## II. 실험방법

요철 유리 제작을 위한 공정 조건은 Table 1에서 나타내었다. 요철 유리 구조를 제작하기 위해서 micro blaster(모델명 : MB-1000, 제조사 : COMCO사) 장비를 이용하여 요철 구조를 형성하고, particle를 제거하기 위해서 HF 용액에 식각을 했다. 이 때 쓰인 유리 기판은(모델명 : 10 004 12 Soda-lime glass (76 mm × 26 mm × 1 mm), 제조사 : MARIENFELD사)를 사용하였다.

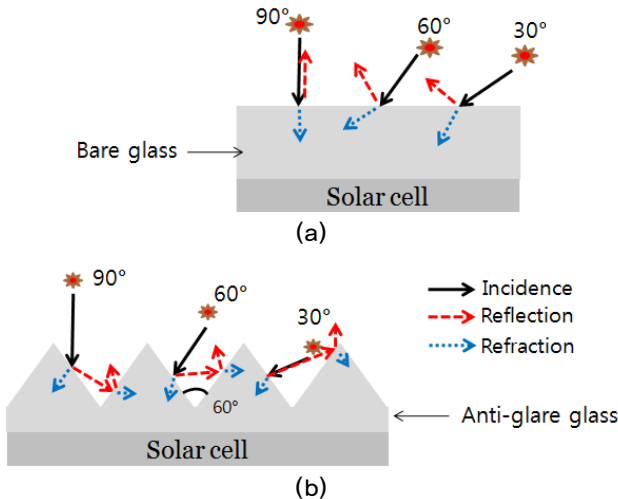


Figure 1. Bare glass structure and anti-glare glass structure, (a) Bare glass structure, (b) Anti-glare glass structure.

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> powder는 50 μm, 노즐과 기판과의 거리는 3 cm, 공정횟수는 1회를 일정하게 두었고, 노즐이동속도와 분사압력만 변화시켰다 [5].

노즐이동속도를 변화시킨 이유는 표면에 충돌하는 파우더 수에 따라 표면의 상태가 투과율에 어떠한 영향을 미치는지 확인하기 위해서 조건을 변화시켰고, 분사압력을 변화시킨 이유는 분사되는 방향으로 힘이 크게 작용하기 때문에 요철 구조의 형태에 따른 반사율 결과를 확인하기 위해서 조건을 변화시켰다.

Micro blaster 장비를 사용하여 요철구조를 제작 한 후 유리 식각 용액인 HF 용액으로 식각을 하였다. HF 49% 용액은 soda-lime glass를 분당 3.5 μm 식각되어진다 [6]. HF 용액을 사용한 이유는 particle를 제거하고 투과율을 향상시키기 위한 목적으로 사용되었다. 식각 공정은 3분,



Figure 2. Equipment image of micro blaster.



Figure 3. Cross section view of bare glass and anti-glare glass.

Table 1. Anti-glare glass fabrication condition.

Substrate	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Powder	Micro blaster				HF etching
		Scan speed	Pressure	Distance	Time	Time
Soda-lime glass	50 μm	20 cm/s,	100 kPa,	3 cm	1 time	3 min,
		60 cm/s	200 kPa,			4 min,
			300 kPa			4 min 30 sec,
						5 min

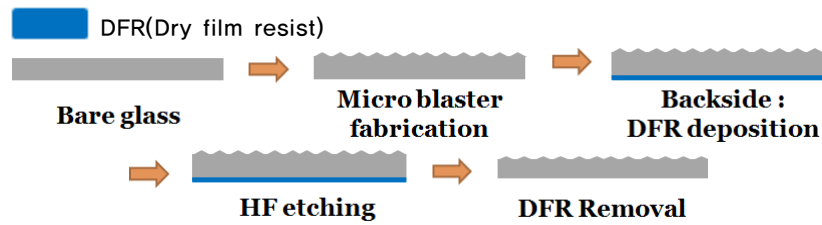


Figure 4. Process flowchart of Anti-glare glass structure.

4분, 4분 30초, 5분의 조건으로 제작하였다. 식각 시간을 다르게 한 이유는 요철 구조에 따른 반사율 결과가 HF 용액 식각 시간에 어떠한 영향을 미치는지 확인하기 위해서 변화를 주었다. Fig. 2는 요철 구조를 제작하기 위해 사용된 micro blaster 장비 사진이고, Fig. 3은 유리로 만든 평면 유리와의 요철 유리 구조의 단면도이다.

Fig. 4는 요철 유리 구조 공정 순서도이다. 먼저 평면 유리에 micro blaster를 이용하여 요철 구조를 제작하였다. 그 후 ultrasonic 장비로 아세톤과 메탄올을 이용하여 cleaning을 한 다음, 두께 50  $\mu\text{m}$ 인 KORON DFR (Dry film resist 모델명 : Accumage KS-8750)를 이용하여 backside를 보호하였다. 유리는 HF 용액에 식각하면 backside도 같이 식각되어지기 때문에 전면의 효과를 보기 위해서 backside를 보호하여야 한다. DFR 3겹을 증착 하였을 때 HF 용액에 4분 이상 견디지 못하고 벗겨져서 backside에 식각되는 현상이 나타났다. 하지만 4겹을 증착 하였을 때 최대 5분까지 견디는 것이 확인이 되었다. DFR을 이용하여 보호막을 형성한 다음, HF 용액에 3분 ~ 5분 동안 식각하고, 마지막으로 DFR 보호막을 아세톤과 메탄올 용액을 이용하여 제거하였다.

Fig. 5는 단결정 Si wafer를 이용한 역피라미드 텍스처링 구조의 태양전지를 제작하기 위한 공정 순서도이다. 먼저 태양전지용 wafer는 전면에서의 반사율을 감소시키고, 태양전지 내에서 빛의 통과 길이를 길게 하여 흡수된 빛의 양을 증가시키기 위해서 텍스처링을 한다. 텍스처링하는 방법에는 Reactive ion etch (RIE)를 이용한 건식 식각 방법, micro blaster를 이용한 물리적 식각 방법, 그리고 KOH, NaOH, TMAH와 같은 알칼리 용액과 HNA(HF : HNO<sub>3</sub> : CH<sub>3</sub>COOH)와 같은 산성 용액을 이용한 습식 식각 방법이 있다. 이러한 텍스처링 방법 중 알칼리 용액인 KOH 또는 NaOH 용액이 태양전지 텍스처링 방법에 많이 사용한다. 하지만 이 용액들은 강한 독성과, 소자의 특성에 부정적인 영향을 주기 때문에 요즘은 TMAH 용액을 많이

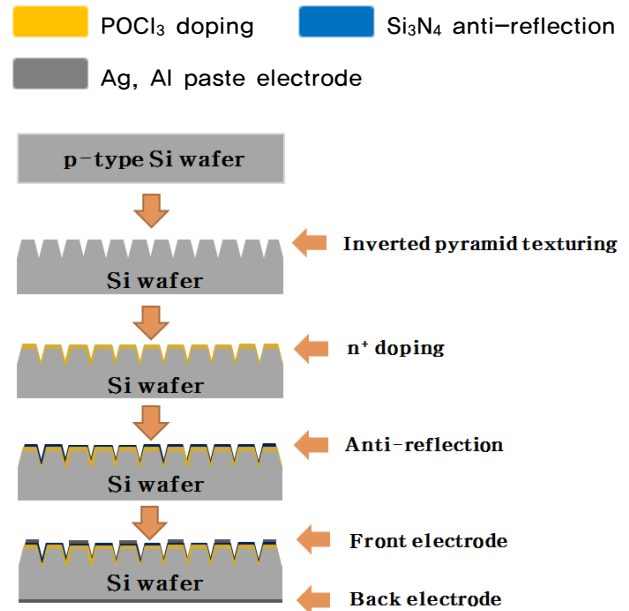


Figure 5. Process flowchart of single-crystal silicon solar cell.

사용하고 있다. 이 용액은 다른 알칼리 용액과 비교했을 때 Si/SiO<sub>2</sub>의 선택 식각성이 좋아서 피라미드 구조를 손상시키지 않고, 식각률이 일정하다는 장점을 가지고 있다.

이러한 방법으로 텍스처링을 한 후 웨이퍼 표면에 POCl<sub>3</sub>를 이용하여 n<sup>+</sup> doping시켜 p-n접합을 형성한다 [7]. n<sup>+</sup> doping한 후 반사방지막을 증착하고 마지막으로 후면전극과 전면전극을 형성한다.

### III. 실험결과 및 고찰

먼저 Table 2에 있는 요철 유리 반사율 표를 보면 상대적으로 분사 압력이 높을수록, HF 식각 시간이 적게 할수록 반사율이 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 분사 압력이 높을수록 표면에 부딪힌 파우더는 요철 유리 구조를 더 많이 형성하고, 또한 식각되는 깊이를 깊게 만들 수 있기 때

Table 2. Average reflectance of anti-glare glass according to various treatments.

Scanspeed (cm/s)	20									60								
Pressure (kPa)	100			200			300			100			200			300		
HF time (min)	4	4.5	5	4	4.5	5	4	4.5	5	4	4.5	5	4	4.5	5	4	4.5	5
Reflectance (%)	10,20	10,41	10,27	10,14	10,20	10,28	10,17	9,95	10,40	10,01	10,26	10,14	9,60	10,03	10,26	9,55	10,17	10,22
Reflectance of bare glass : 10,55%																		

Table 3. Average transmittance of anti-glare glass according to various treatments.

Scanspeed (cm/s)	20									60								
Pressure (kPa)	100			200			300			100			200			300		
HF time (min)	4	4.5	5	4	4.5	5	4	4.5	5	4	4.5	5	4	4.5	5	4	4.5	5
Transmittance (%)	83,7	83,6	84,2	85,0	84,2	83,6	85,2	83,6	83,4	86,1	83,8	84,0	85,9	85,3	83,9	86,7	85,8	84,3
Transmittance of bare glass : 86,42%																		

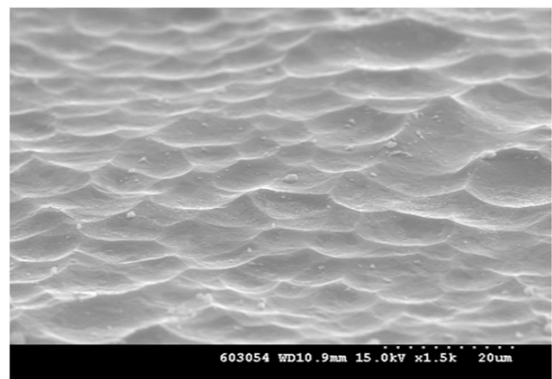
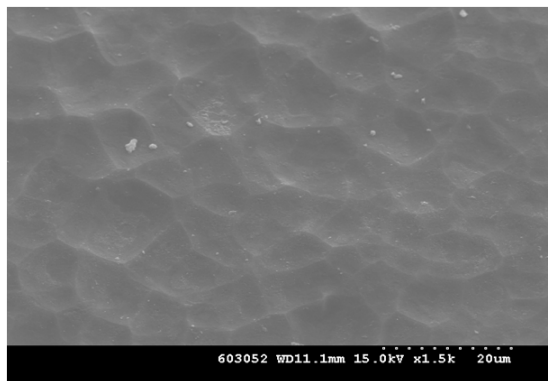


Figure 6. SEM image of anti-glare glass.

문에 반사율이 줄어들었다. HF 식각 시간은 많이 하면 할수록 요철 유리 구조가 평탄화되어 지기 때문에 반사율이 높아졌다. 결국 60 cm/s - 300 kPa - 4분 sample이 가장 낮은 반사율을 보였다. Table 3에 있는 요철 유리 투과율을 보면 노즐이동속도가 높을수록 높은 투과율을 보였다. 노즐이동속도가 낮으면 한 위치에 입사하는 파우더 양이 많아서 표면이 선명하지 못하고 불투명하기 때문에 낮은 투과율이 나온 걸 볼 수가 있다. 가장 낮은 반사율을 보인 60 cm/s - 300 kPa - 4분 sample이 평면 유리과 비교했을 때 비슷한 투과율을 보이고 있다. Fig. 6은 이때의 요철 구조를 가지는 유리 기판의 표면 SEM 사진이다. Table 2와 3을 보면 평면 유리의 반사율은 약 10.55%, 그리고 가장 좋은 sample의 요철 유리는 약 9.55% 반사율을 보인다. 그리고 투과율은 평면 유리인 경우 약 86.42%, 그리고 요철 유리는 86.7%가 측정되어 졌다. Fig. 7은 평면 유리와의 반사율을 wavelength (300-800 nm)에 대해

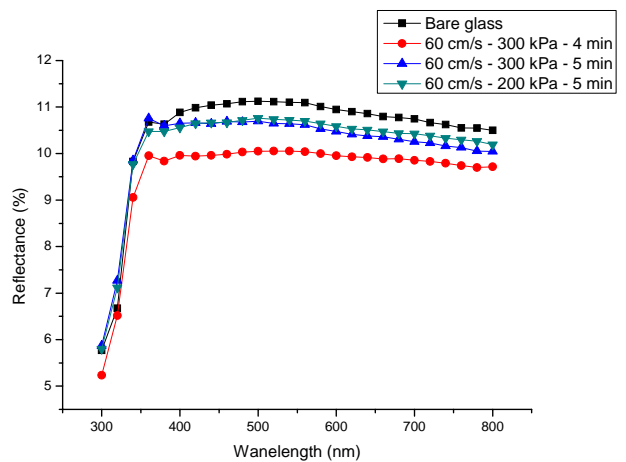


Figure 7. Reflectance graph of bare glass and anti-glare glass.

서 그래프로 나타낸 것이다. 본 연구에서 반사율과 투과율을 실리콘 태양전지가 흡수하는 태양광의 파장 영역 (300-1,100 nm) 중에서 가장 높은 에너지를 가지는 가시

광 영역(300–800 nm)에 대하여 측정하였다.

Fig. 8은 각도에 따른 평면 유리와 요철 유리 반사율 비교 데이터이다. 그림을 보면 각도가 낮아짐에 따라 평면 유리와 요철 유리 반사율 차이는 크게 나타나는 걸 볼 수가 있으며, 이론 data와 비슷한 경향을 보였다. Fig. 9는 요철 구조를 태양전지 쪽으로 올려놓고 각도에 따른 반사율 그래프이다. 그래프를 보면 요철 구조를 전면으로 한 data 보다 반사율이 증가한 것을 볼 수가 있는데 요철 후면기판의 표면이 평탄해서 반사가 1회 일어났기 때문이다.

먼저 glass는 micro blaster 장비를 이용하여 요철 구조를 형성시켰고, 2차 HF 식각 공정을 수행하여 표면에 형성

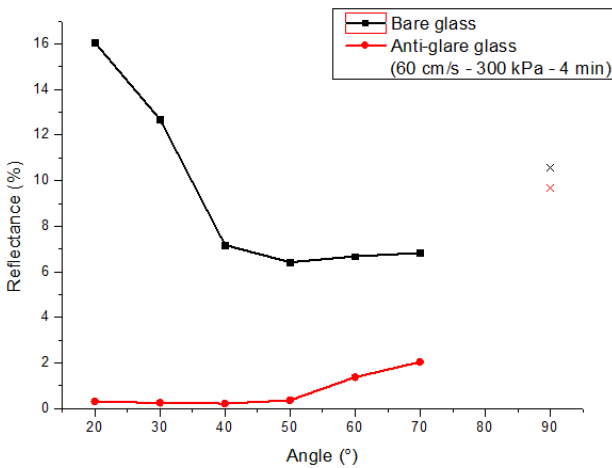


Figure 8. Reflectance comparison of bare glass and anti-glare glass according to light incidence angle.

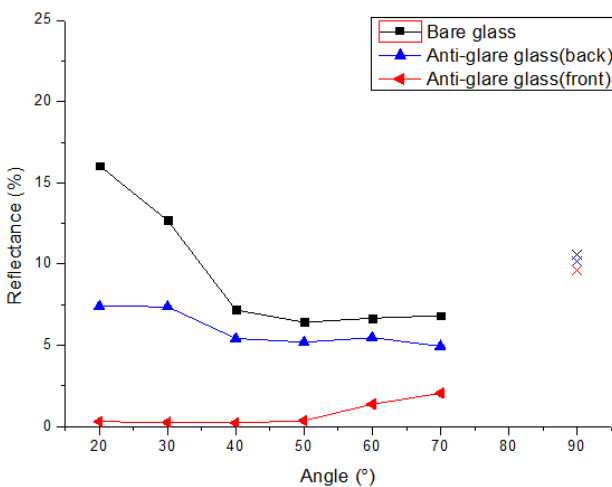


Figure 9. Reflectance comparison of bare glass, front and back anti-glare glass according to light incidence angle.

된 particle을 제거하였다. 유리 기판 표면에 미세한 피라미드가 생성된 것을 확인할 수 있다. Table 4는 wavelength (300–800 nm)에 대해서 평면 Si wafer와 역피라미드 텍스처링된 Si wafer 그리고 각각을 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 750 Å 반사방지막을 형성하고 난 후에 측정한 평균 반사율표이다. 평면 Si wafer의 반사율은 약 37.98%, 역피라미드 텍스처링 Si wafer의 반사율은 약 28.28%의 결과를 보였고, 반사방지막 형성한 후 평면 Si wafer인 경우 약 16.61%, 역피라미드 텍스처링 Si wafer는 약 10.82%까지 반사율이 감소하는 걸 볼 수가 있다.

Table 5는 제작된 평면 태양전지와 역피라미드 태양전지를 비교한 것이다. 일단 역피라미드 태양전지 구조는 앞에서 설명한 것처럼 빛이 요철에 맞아 반사가 덜 되고, 빛을 더 많이 흡수할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 먼저 V<sub>oc</sub> 값은 변화가 없었으나, I<sub>sc</sub>는 약 64.29 mA에서 약 82.14 mA로 증가하였다. 역피라미드 태양전지의 I<sub>sc</sub>가 증가한 이유는 텍스처링에 의한 역피라미드 형성으로 인하여 평면 태양전지의 평균 반사율보다 역피라미드 태양전지의 반사율이 약 6%가 감소하였으며, 역피라미드 구조는 구조 내에 광이 많이 흡수할 수 있기 때문에 I<sub>sc</sub>에서 증가함을 보였다. 그리고 FF (Fill Factor) 값도 31.15%에서 57%로 증가하여 효율에서 약 5.8%의 증가된 값을 얻을 수 있었다. 직렬저

Table 4. Average reflectance of bare Si wafer and inverted pyramid texturing Si wafer with and without anti-reflection layer deposition.

Bare Si wafer	Inverted pyramid texturing Si wafer	ARC_Bare Si wafer	ARC_textured Si wafer
37.98%	28.28%	16.61%	10.82%

Table 5. Comparison of bare solar cell and inverted pyramid solar cell.

Solar cell type	Bare solar cell	Inverted pyramid solar cell
Parameter		
sample size (cm <sup>2</sup> )	2.25	2.25
V <sub>oc</sub> (V)	0.4	0.4
I <sub>sc</sub> (mA)	64.29	82.14
FF (Fill Factor) (%)	31.15	57
R <sub>s</sub> (Ω)	6.56	4.98
R <sub>sh</sub> (Ω)	70.1	89.5
Efficiency (%)	3.55	9.31

항에 영향을 받는 FF 값의 증가는 역피라미드 내 전극 자체의 두께 증가로 인한 저항이 감소하였기 때문에 FF 값이 증가함을 보였다.

본 연구에서 제작된 태양전지는 전극 형성 공정의 안정화가 이루어 지지 않아 낮은 Rsh와 높은 Rs 값이 형성되어 일반적인 태양전지 보다 낮은 FF와 낮은  $V_{oc}$  가 형성되었지만 평면태양전지와 역피라미드 구조의 태양전지를 동일한 공정 조건에서 수행하여 두 종류의 태양전지에서 비슷하게 감소된 Rs와 증가된 Rsh 값이 나왔기 때문에 두 태양전지를 비교하여 설명할 수 있었다.

Fig. 10은 역피라미드 텍스처링 한 태양전지 위에 HF 식각 시간인 3분과 4분으로 만든 요철 유리 구조를 올려놓고 각도에 따른 반사율 그래프이다. 그래프를 보면 3분 한 것이 반사율이 증가하였는데, 그것은 HF 식각 시간을 적게 해서 완전한 요철 구조가 만들어 지지 않았기 때문에 높은 반사율을 보였다.

Table 6은 평면 태양전지 위에 평면 유리와 요철 유리를

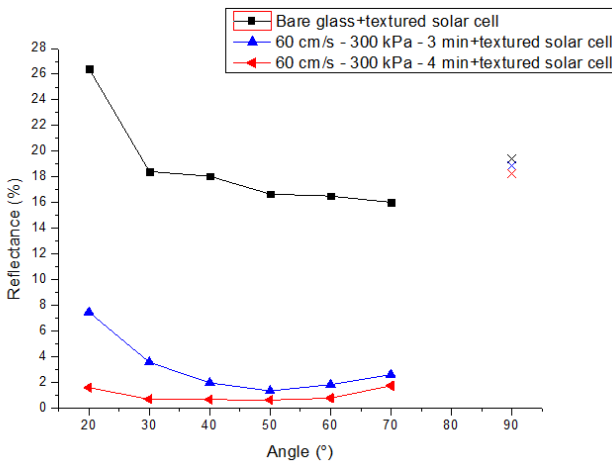


Figure 10. Reflectance of bare glass and anti-glare glass made 3 min and 4 min of etching time according to light incidence angle on textured solar cell.

각각 접합한 후(a), 그리고 역피라미드 텍스처링 한 태양전지 위에 평면 유리와 요철 유리를 접합한 후(b) 태양의 고도 변화에 따른 효율 변화를 측정하였다. 먼저 (a)의  $I_{sc}$ 를 보면 90°에서의 두 구조 차이는 약 0.86 mA, 40°에서는 약 3.87 mA이므로 약 3.01 mA의 차이를 보였으며, 이 때 효율은 약 0.009%에서 약 0.237%로 약 0.228%의 차이를 보였다. (b)의  $I_{sc}$  값은 90°에서 약 0.38 mA, 40°일 때 약 9.84 mA이고, 이 때 차이는 약 9.46 mA이고, 효율은 약 0.218%에서 약 0.959%로 약 0.741%의 차이를 보였다. 모든  $I_{sc}$  결과 데이터를 분석해 보면 유리 표면에 요철 구조의 형성으로 인해 빛의 반사율이 감소했기 때문에 효율이 증가하는 것을 확인 할 수 있었다. 직렬저항은 각도에 따라 요철 구조가 평면 구조보다 낮게 나왔는데, 이 때 직렬저항에 영향을 받는 FF 값의 증가로 인해 직렬저항은 감소하였다. 각도가 90°로부터 낮아짐에 따라서 평면 구조보다 요철 구조가 차이가 나는 이유는 30°부터 90° 사이에 평면 구조는 반사율이 1회, 요철 구조는 반사율이 2회 일어난다. 그렇기 때문에 평면 구조와 비교했을 때 요철 구조의  $I_{sc}$  값과 FF 값의 증가 때문에 효율도 증가함을 보였다. 또한 평면 태양전지와 역피라미드 태양전지 상부에 요철 구조를 두고 효율 차이를 보면 역피라미드 태양전지가 높은 효율차이를 보이는데, 그 이유는 역피라미드 태양전지가 평면 태양전지 보다 반사율이 낮기 때문이다.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 micro blaster를 이용하여 태양전지 cell 상부에 요철 유리 기판을 형성하여 태양전지 모듈의 효율을 향상시키기 위한 연구를 수행하였다. 유리 기판에 micro blaster를 이용하여 1차 요철 구조를 형성시켜 표면에 형성된 particle을 제거하고, 2차 HF 공정을 수행하였

Table 6. Efficiency comparison of samples.

Angle	Sample	(a) Bare solar cell		(b) Inverted pyramid solar cell	
		Bare glass	Anti-glare glass	Bare glass	Anti-glare glass
40°		2,112	2,349	4,406	5,365
50°		2,154	2,365	6,332	7,012
70°		2,796	2,896	7,315	7,966
90°		3,06	3,069	9,037	9,255

다. 요철 구조 유리의 반사율은 10%, 평면 구조 유리는 11%, 그리고 투과율은 약 89%임을 확인할 수 있었다. 입사각도가 낮아짐에 따라 요철 유리와 평면 유리의 반사율 비교한 결과 약 19% 차이가 보였다. 모든  $I_{sc}$  결과 데이터를 분석해 봤을 때 유리는 요철 구조의 형성으로 인해 빛의 반사율이 감소하였기 때문에 평면 구조와 비교했을 때 효율이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 직렬저항은 각도에 따라 요철 구조가 평면 구조보다 낮게 측정되었다. 이때 직렬저항에 영향을 받는 FF 값의 증가로 인해 직렬저항은 감소하였다. 본 논문에서는 요철 유리의 기판을 형성하여 태양전지 상부에 두고 각도가 낮아짐에 따라서 평면 구조보다 요철 구조로 제작된 기판이 태양전지 모듈의 효율이 향상됨을 보였다. 또한 평면 태양전지와 역피라미드 텍스처링 한 태양전지 상부에 요철 구조를 두고 효율 차이를 보면 텍스처링 한 태양전지가 높은 효율차이를 보이는데, 그 이유는 텍스처링 한 태양전지가 평면 태양전지보다 반사율이 낮기 때문이다. 그래서 태양전지 상부에 요철 구조를 형성할 때 텍스처링 한 태양전지를 쓰면 더 효과적일 것이다. 그렇기 때문에 앞으로 텍스처링 한 태양전지 모듈 전면에 요철 구조를 형성하면 각도에 따라서 최대 반사율이 2회 일어나므로 반사율은 더욱 더 줄어들 것이고 상대적으로 높은 효율을 얻을 수 있을 것이다.

## 감사의 글

이 논문은 2009년도 경북대학교 학술연구비에 의하여 연구되었음.

## 참고문헌

- [1] J. Yi, J. Korean Vacuum Soc. **16**, 161-166 (2007).
- [2] 이진섭, 강기환, 박지홍, 유권중, 안형근, 한득영, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 1100-1101 (2008).
- [3] H. -Y. Chung, C. -H. Chen, and H. -S. Chu, Int. J. Photoenergy 2008, 1-5, (2008).
- [4] 윤재선, *기초광학* (다성출판사, 2002), pp. 116-120.
- [5] 유우식, 김권흡, 정영배, J of KSIE, **30**, 8-14 (2007).
- [6] C. Ilescu, J. Ji, F. E. H. Tay, J. M. Miao, and T. T. Sun, Surface and Coatings Technology **198**, 214-318 (2005).
- [7] T. Oh, J. Korean Vacuum Soc. **19**, 391-396 (2010).



## Solar Module with a Glass Surface of AG (Anti-Glare) Structure

Dae-Young Kong<sup>a</sup>, Dong-Hyun Kim<sup>a</sup>, Sung-Ho Yun<sup>b</sup>, Young-Ho Bae<sup>c</sup>,  
In-Sik Yu<sup>d</sup>, Chan-Seob Cho<sup>a\*</sup>, and Jong-Hyun Lee<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*School of Electronics Engineering, College of IT Engineering, Kyungpook National University, Daegu 702-701*

<sup>b</sup>*Ultech, Daegu 704-240*

<sup>c</sup>*School of Electronics Engineering, Uiduk University, Gyeongju 780-713*

<sup>d</sup>*Gyeongsan University College, Gyeongsan 712-718*

<sup>e</sup>*School of Electrical Engineering, Kyungpook National University, Sangju 742-711*

(Received February 23, 2011, Revised April 22, 2011, Accepted May 2, 2011)

Currently, solar module is using the two methods such as a glass-filled method or a super-straight method. The common point of these methods is to use glass structure on the front of solar module. However, the reflectance of the solar module is high depending on the height of the incident sunlight due to the flat surface of the module front glass. Purposed to solve these problems, AG (anti-glare) structures were formed on the glass surface. Next is fabrication methods of AG structure. First, uneven structure made by micro blaster equipment was dipped in Hydro-fluidic acid (HF) acid. HF acid process was carried out to remove particles and to make high transmittance. The reflectance and transmittance of the anti-glare glass was compared to those of the bare glass. The reflectance of anti-glare glass decreased approximately 1% compared with bare glass. The transmittance of anti-glare glass was similar to bare glass. According to the sample angle, the difference of the reflectance between bare glass and the anti-glare glass was about 19%. Isc and efficiency value of anti-glare glass on bare solar cell appeared about 3.01 mA and 0.228% difference compared with bare glass. Anti-glare glass on textured solar cell appeared about 9.46 mA and 0.741% difference compared with bare glass. As a result, the role of anti-glare in the substrate is to reduces the loss of sunlight reflected from the surface. In this study, therefore, AG structure on the solar cell was used to improve the efficiency of solar cell.

Keywords : Solar cell, Anti-glare, Solar module, Micro blaster

\* [E-mail] chocs@knu.ac.kr