

Acid Texturing에 의한 다결정 실리콘 태양전지의 표면 반사율 감소에 대한 연구

김지선, 김범호, 이은주, 이수홍
세종대학교 전략에너지개발사업단

Investigation of Surface Reflectance Reduction for Multicrystalline Silicon Solar Cells with Acid Texturing

Ji-sun Kim, Bum-ho Kim, Eun-joo Lee, Soo-hong Lee
Strategic Energy Research Institute, Sejong University

Abstract : To improve efficiency of solar cells, it is important to make a light trapping structure to reduce surface reflectance for increasing absorption of sun light within the solar cells. One of the promising methods that can reduce surface reflectance is isotropic texturing with acid solution based on hydrofluoric acid(HF), nitric acid(HNO₃), and organic additives. Anisotropic texturing with alkali solution is not suitable for multicrystalline silicon wafers because of its different grain orientation. Isotropic texturing with acid solution can uniformly etch multicrystalline silicon wafers unrelated with grain orientation, so we can get low surface reflectance. In this paper, the acid texturing solution is made up of only HF and HNO₃ for easy controlling the concentration and low cost compared to acid solution with organic additives. HNO₃ concentration and dipping time were varied to find the condition of minimum surface reflectance. Textured surfaces were observed Scanning Electron Microscope(SEM) and surface reflectance were measured. The best result of arithmetic mean(wavelength from 400nm to 1000nm) reflectance with acid texturing is 4.64% less than alkali texturing.

Key Words : Multicrystalline silicon, Acid texturing, Surface reflectance, Solar cells

1. 서 론

태양전지 효율을 증가시키기 위해서는 표면에서의 반사율을 줄여 빛의 흡수율을 최대화하는 것이 중요하다. 이를 위해 texturing과 반사방지막(antireflection coating)을 통해 광 가둠(light trapping) 구조를 형성하는데[1], 반사방지막은 단위 제조비용을 높이고 막의 재료와 디자인에 따라 반사정도가 달라진다[2]. Texturing은 단일 공정만으로도 평균 반사율을 약 10% 정도 줄일 수 있다[3].

Alkali 수용액을 이용한 이방성(anisotropic) texturing은 grain orientation이 다양하여 orientation에 따라 texturing의 방향이 달라져서 반사율을 낮추기 어렵기 때문에 다결정 실리콘 태양전지에는 적합하지 않다[4]. 그러나 acid 수용액을 이용한 등방성(isotropic) texturing은 grain orientation에 상관없이 균일한 texturing 효과를 얻을 수 있어 반사율을 낮출 수 있다[5]. 또한 additive 없이 texturing solution을 구성하면 solution의 조성 비율을 조절하기 용이하고 가격이 저렴해지는 장점이 있다[6].

본 연구에서는 additive 없이 HF와 HNO₃만으로 이루어진 solution을 이용하여 반사율을 절감할 수 있는 texturing 조건을 찾아보기로 한다.

2. 실험

실험을 위해 boron이 doping된 p-type, 비저항 1Ωcm, 두께 약 300μm인 33×33mm² 크기의 다결정 실리콘 wafer를

HF(49%)와 HNO₃(60%)만으로 이루어진 acid solution에서 texturing하였다. 실험 변수는 아래 표 1과 같다.

표 1. 실험 변수

Solution	A	B	C	D	E	F	G	H
HF : HNO ₃ [vol.]	1:5		1:6		1:7		1:8	
Dipping time [min]	1	2	1	2	1	2	1	2

Etch rate는 전자저울로 실험 전후 wafer의 무게를 측정하여 계산하였다. 온도의 영향을 최소화하기 위해 얼음 수조를 사용하여 용액의 온도를 상온 이하로 유지하였다. Wafer는 모두 수평으로 loading하였다. Texturing된 표면은 전자현미경(Scanning Electron Microscope)으로 관찰하였고, 400~1000nm의 wavelength 범위에서 반사율을 측정하였다.

3. 결과 및 검토

그림 1은 solution A, B, G, H에서 texturing된 표면의 SEM 사진이다. HNO₃의 농도가 일정할 때 (a)에서 (b)로, (c)에서 (d)로 dipping time이 길어질수록 요철의 크기가 커지고 그 수도 줄어들었다. Dipping time이 일정할 때에는 (a)에서 (c), (b)에서 (d)로 HNO₃의 농도가 증가할수록 형성되는 요철의 크기가 작아지고 좀 더 조밀해지는 결과를 확인할 수 있었다.

Texturing 조건별 평균 반사율과 etch rate는 표 2와 같다. 일정한 시간에서 HNO₃의 농도가 증가할수록(solution A-C-E-G, B-D-F-H) etch rate와 반사율이 감소하는 경향이 있고, HNO₃의 농도가 일정할 때 dipping time이 길어질수록(solution A-B, C-D, E-F, G-H) etch rate와 반사율이 증가하는 경향이 있다.

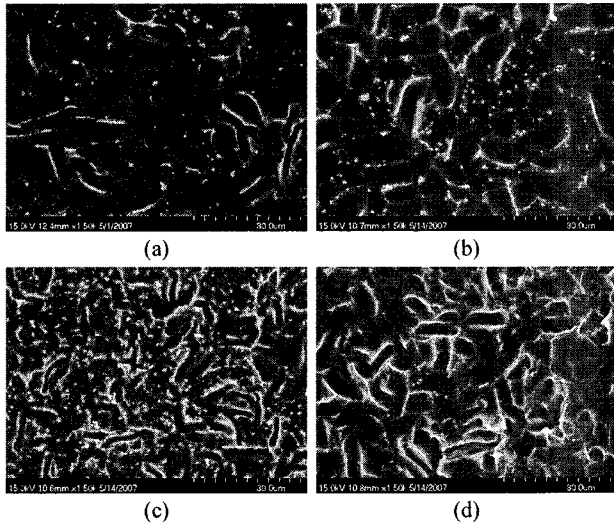


그림 1. Texturing된 기판의 표면 SEM 사진 (×1,500)
 (a) Solution A, (b) Solution B
 (c) Solution G, (d) Solution H

표 2. Texturing 조건 변화에 따른 etch rate와 평균 반사율

Sample	A	B	C	D	E	F	G	H
HF : HNO ₃ (vol.)	1:5		1:6		1:7		1:8	
Dipping time [min]	1	2	1	2	1	2	1	2
Etch rate [$\mu\text{m}/\text{min}$]	4.53	7.09	3.40	6.32	2.91	4.86	1.79	3.53
Reflectance [%]	37.11	37.98	35.49	37.03	33.74	36.27	31.36	34.37

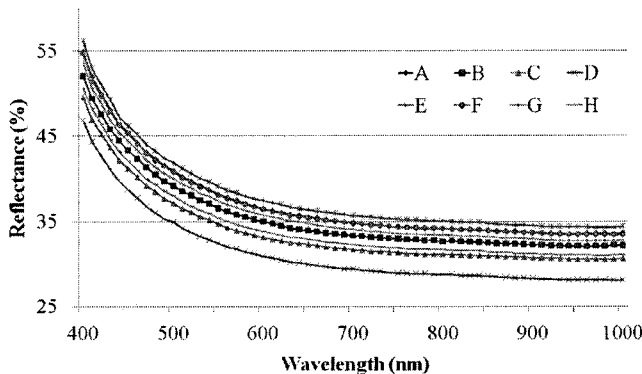


그림 2. Texturing 조건별 400~1000nm에서의 표면 반사율

그림 2는 400~1000nm의 wavelength 범위에서의 texturing 조건별 표면 반사율이다. 그림 1에서와 확인한 바와 같이 요철의 크기가 작아지고 그 수가 적을수록 반사율이 낮아진다. 최저 반사율을 얻은 solution G —그림 1의 (c)—에서의 반사율은 alkali texturing의 평균 반사율 36.0%[7]보다 4.64% 낮은 결과이다. Dipping time이 일정할 때에는 HNO₃의 농도가 진할수록, HNO₃의 농도가 일정할 때에는 dipping time이 짧을수록 반사율이 더욱 절감되는 효과가 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 additive 없이 HF와 HNO₃만으로 이루어진 acid texturing solution에서 HNO₃ 농도와 dipping time을 변화시켜 반사율의 변화를 살펴보았다. HF와 HNO₃의 비율이 1:8에서 1min 조건으로 400~1000nm의 wavelength에서 평균 31.36%의 반사율을 얻었으며, 이는 alkali texturing의 평균 반사율보다 약 4.64% 낮은 결과이다. 추후 additive를 추가한다면 더욱 낮은 반사율을 얻을 수 있어 태양전지의 효율을 증가시키는데 기여할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 서울시 전략산업 혁신클러스터 육성 지원사업의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] P.Campbell and M.A.Green, J. Appl. Phys. Vol. 62, 1987, p.243
- [2] P.Campbell, Solar Energy Materials, Vol. 21, 1990, p.165-172
- [3] H.Saha, S.K. Datta, K.Mukhopadhyay, S.Banerjee, M.K.Mukherjee, IEEE Trans. Electron Devices, Vol. 39, 1992, p.1100-1107
- [4] Erik Stensrud Marstein, Hans Jørgen Solheim, Daniel Nilsen Wright and Arve Holt, Proceedings of the 31th IEEE PVSC, 2005, p.1309-1312
- [5] R.Einhaus, E.Vazsonyi, J.Szlufcik, J.Nijs, R.Mertens, Proceedings of the 26th IEEE PVSC, 1997, p.167-170
- [6] A.Hauser, I.Melnyk, E.Wefringhaus, F.Delahaye, G.Vilsmeier, P.Fath, Presented at 19th EC PVSEC, Paris, June 2004
- [7] A.Hauser, I.Melnyk, P.Fath, S.Narayanan, S.Roberts, T. M.Bruton, Photovoltaic Energy Conversion, Vol.2, 2003, p. 1447-1450