

실리콘 태양전지 셀 효율에 관한 연구

현일섭¹, 오테레사^{1*}

¹청주대학교 반도체설계공학과

Study on the Efficiency in Silocin Solar Cell

Il Seoup Hyun¹ and Teresa Oh^{1*}

¹Division of Semiconductor Design, Cheongju University

요 약 실리콘 태양전지 셀을 제작하고 효율을 측정하는데 있어 texturing 효과에 대하여 상관성을 조사하였다. Texturing은 HNO₃, KOH, NaOH를 각각 사용한 IPA혼합 에칭용액을 만들어서 샘플을 제작하였다. 셀의 분석은 FTIR과 XRD를 이용하였으며, 실리콘 태양전지 셀의 효율과 화학적인 특성 사이의 상관성을 조사하였다. FTIR 데이터의 950~1350 cm⁻¹ 영역에서 픽의 생김새와 셀 표면의 반사도 사이에는 상관성이 있으며, 픽의 쪼개짐이 많으면 표면에서 결합의 상호작용이 활발하지 않다는 것을 의미하며 이러한 표면에서 반사가 잘 일어나지 않으면서 효율이 증가하는 것을 확인하였다.

Abstract It was researched the correlation between the Solar cell and the effect of texturing. The samples were textured by using the IPA mixed solution with HNO₃, KOH and NaOH. The samples were analyzed by the X-ray Diffraction pattern and Fourier Transform Infrared spectroscopy. The FTIR spectra in the range of 950~1350 cm⁻¹ was related to the peak's formation as the bonding structure. The split of peaks means that the inter reaction between the molecular did not activate and then increased the efficiency because of low reflectance as shown the cell treated in NaOH mixed solution.

Key Words : Photo volatic, pn junction, Solar cell,. Efficiency, POCl₃

1. 서론

신재생에너지는 기존의 에너지 자원과 비교하여 환경적인 면에서 오염원이 적은 크린 (clean) 혹은 그린 (green) 에너지로 불려진다. 풍력, 태양력, 연료전지 등의 그린 에너지 중에서도 무공해·무진장의 에너지원인 태양광발전에 대한 연구개발이 최근 활발하게 진행되고 있다 [1-4]. 빛에너지를 갖는 광자가 전자를 여기상태로 만든 뒤, 여기된 전자는 물질은 통하여 이동해 가고 전기적인 전류를 생산해낸다. 태양전지에는 크게 실리콘 태양전지, 박막형 태양전지, 염료형 태양전지, 화합물 박막전지, 유기물 박막전지가 있다[5~8]. 태양전지의 45%가 실리콘 태양전지이며, 반도체에 빛이 쬐여지면 여기되어 이동하

는 자유전자나 정공이 생기면서 광전효과가 발생한다. 전자와 정공이 분리되면서 하전캐리어의 분극이 일어나기 때문에, 반도체의 양측에는 전위차가 생기고, 이 현상을 광기전력효과라 한다[9~10]. 태양전지에 필요한 4가지 동작으로 광학적 정합, 캐리어생성, 생성캐리어 분극, 캐리어수집이 있는데, 이 과정에서 반사손실, 재결합 손실, 열 발생에 의한 손실이 발생하기 마련인데 이러한 실리콘의 손실성분에 의해서 대부분의 효율이 떨어지게 된다 [11-12]. 그래서 실리콘 태양전지와 관련되어 이루어지는 연구의 대부분은 효율을 향상시키기 위해서 손실성분을 줄이는 기술과 새로운 물질 개발로 이루어져 있다. 반사 손실을 줄이기 위한 방법으로는 여러 가지방법이 있는데 일반적으로 KOH, NaOH, HNO₃의 산화물과 IPA의 혼합

인 논문은 2010학년도 청주대학교 산업과학연구소가 지원한 학술연구조성비(특별연구과제)에 의해 연구되었음 그리고 지식경제부의 지역산업기술개발사업(70004565)비에 의해서 연구되었음.

*교신저자 : 오테레사(teresa@cju.ac.kr)

접수일 10년 04월 17일

수정일 10년 05월 26일

게재확정일 10년 07월 06일

물을 이용한 에칭 용액 내에서 표면을 식각 (texturing) 하는 방법을 사용한다 [13].

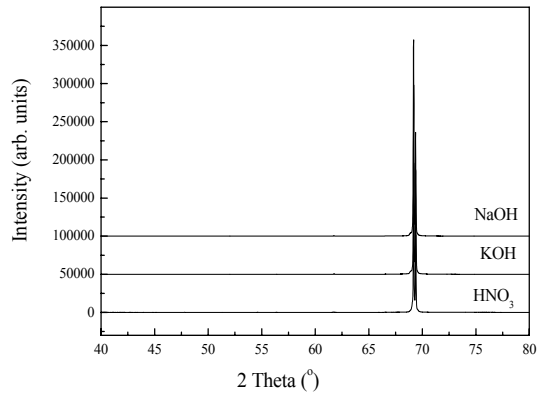
본 실험에서는 여러 가지 에칭 용액을 사용하여 표면을 식각하였을 때 표면의 특성변화와 효율사이의 상관관계를 조사하였다. 확산공정이나 금속공정은 같은 조건에서 이루어졌으며, texturing 이 끝난 뒤 표면의 화학적인 특성은 FTIR을 이용하였고 XRD를 이용하여 물리적인 특성을 분석하였다.

2. 실험방법

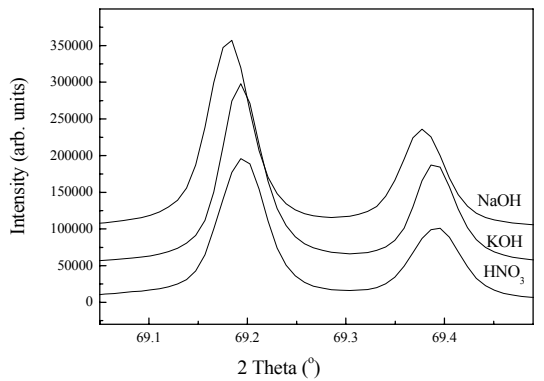
실리콘 태양전지 셀을 만들기 위해서, 태양전지의 p-n 접합은 POCl₃ 프리커서와 산화의 혼합기체를 사용한 전기로에서 이루어졌다. 기체 라인에서 응축을 방지하기 위해서 기체라인은 항상 25 °C를 유지하였으며, POCl₃ 프리커서는 N₂ 기체를 사용한 버블 시스템을 이용하였다. 0.5~1.7 Ω·cm의 저항을 갖는 p-type(100) Si 기판은 유기클리닝을 실시하였으며, 확산공정은 850 °C에서 12분간 증착이 이루어졌으며, 열처리 온도는 역시 각각 830 °C에서 15분동안 실시하였다. 광흡수를 높게 하기 위해서 표면을 거칠게 texturing하기 위해서 KOH, HNO₃, 혹은 NaOH 용액을 IPA와 DI water를 혼합한 용액에서 각각 30분간 표면을 에칭하였으며, 확산공정을 마치고 나서 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR, Galaxy, 7020A)분석기를 이용하여 표면의 화학적인 결합에 대하여 조사하였으며, X-ray Diffraction (XRD, Rigaku)를 이용하여 물리적인 결합특성에 대하여 조사하였다. 셀효율을 측정하기 위해서 앞면과 뒷면의 전극은 각각 Ag, Al을 각각 사용하였다. 셀의 효율은 솔라시뮬레이터 LAB50 (Photovoltaic power meter, Polaronix K201)를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

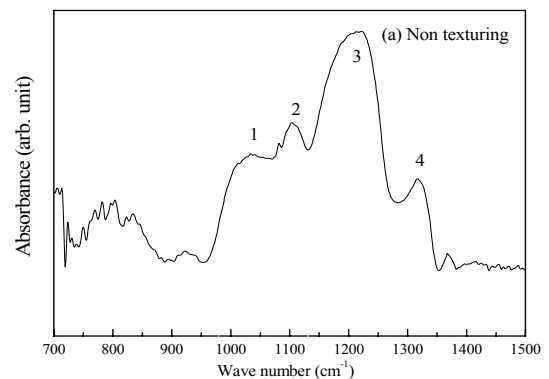
그림 1a은 여러 가지 에칭 용액을 이용하여 texturing을 한 뒤에 표면의 물리적인 특성을 살펴보기 위해서 XRD 데이터를 분석하였다. 69° 근처만 에서 피크 나타났다. 그림 1b은 69° 근처를 확대하여 피크의 분포를 살펴보았다. HNO₃ 혼합 에칭 용액에서 texturing을 실시한 셀에서 피크의 위치가 가장 높았으며, KOH 혼합용액이 중간정도이고, NaOH 혼합용액에서 texturing을 실시한 셀의 피크 위치가 가장 낮은 쪽으로 이동하고 있는 것이 확인되었다.



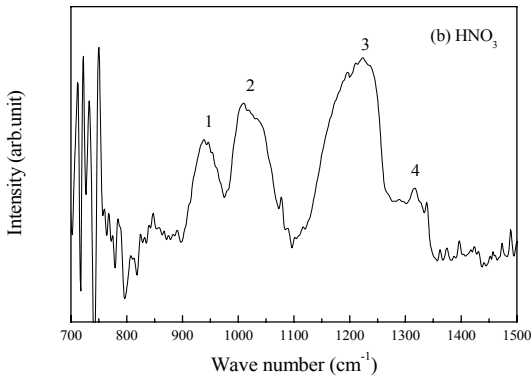
[그림 1a] 여러 가지 texturing방법에 의한 셀 표면의 40~80° 영역에서의 XRD 패턴.



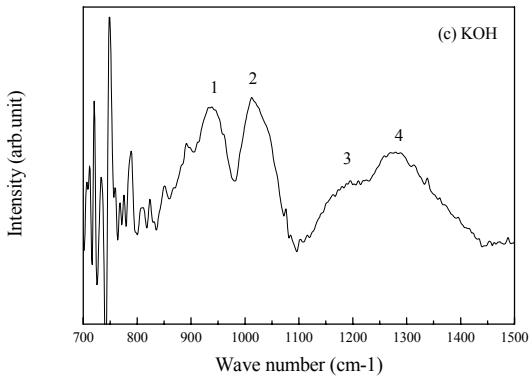
[그림 1b] 여러 가지 texturing방법에 의한 셀 표면의 69.1~69.5° 영역에서의 XRD 패턴.



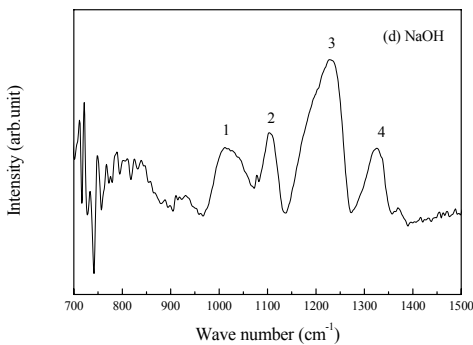
[그림 2a] Texturing을 하지 않은 셀의 FTIR 데이터.



[그림 2b] HNO₃ 혼합용액을 이용하여 texturing을 한 셀의 FTIR 데이터.



[그림 2c] KOH 혼합용액을 이용하여 texturing을 한 셀의 FTIR 데이터.



[그림 2d] NaOH 혼합용액을 이용하여 texturing을 한 셀의 FTIR 데이터.

그림 2는 여러 가지 에칭 용액을 이용한 texturing 된 셀의 표면의 화학적 특성을 분석하기 위해서 사용한 FTIR 스펙트라의 결과 데이터를 보여준다. 유기물을 이용한 에칭용액의 특성상 FTIR 스펙트라의 픽이

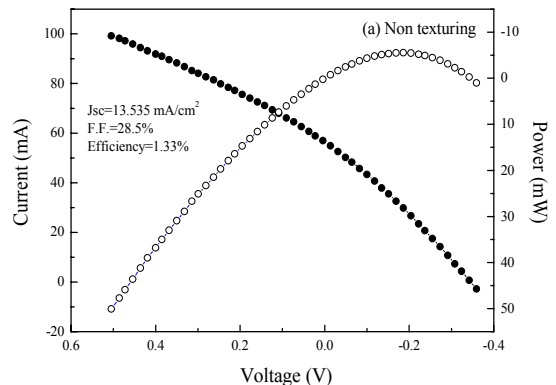
700~1500 cm⁻¹ 근처에서 집중적으로 나타나는 것을 알 수 있다. 그림 2a는 texturing이 되지 않은 셀이며, 그림 2b는 HNO₃ 혼합에칭용액으로 texturing된 셀이고, 그림 2c는 KOH 혼합에칭용액으로 texturing된 셀이며, 그림 2d는 NaOH 혼합에칭 용액으로 texturing된 셀이다.

texturing이 실시되지 않은 셀의 FTIR 데이터는 여러 가지 픽이 950~1350 cm⁻¹ 영역에서 픽들이 서로 상호 작용을 하기 때문에 넓게 퍼져서 혼합된 형태를 나타낸다.

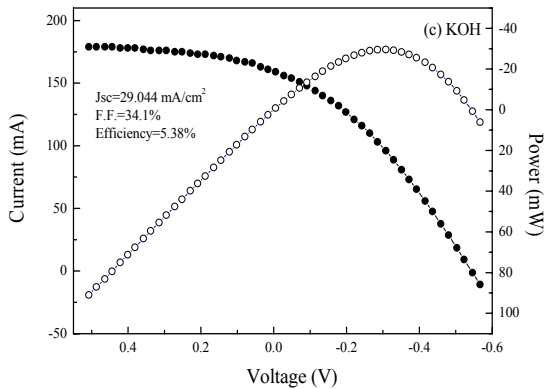
그림 2b와 그림 2c는 950~1350 cm⁻¹ 영역에서 픽들이 일부 분리되었지만 그림 2d에서처럼 각각 분리되지 않은 중간적인 특성을 나타내고 있다. 특히 1100~1400cm⁻¹ 근처에서의 3과 4의 픽들은 서로 혼합되어 있다. 그림 2d의 NaOH 혼합 에칭용액에 의해서 texturing 된 셀의 FTIR 데이터는 950~1350 cm⁻¹ 영역에서 픽들이 상호 작용이 없이 따로 분리되어 생성된 것을 알 수 있다.

FTIR 데이터에서의 픽들의 분리는 XRD 패턴 데이터에서의 결정도와 관련이 있으며, 반사가 잘 일어나는 표면 즉 texturing이 되지 않은 박막의 표면은 950~1350 cm⁻¹ 영역의 FTIR 데이터에서 픽이 혼합된 형태를 나타낸다고 볼 수 있다.

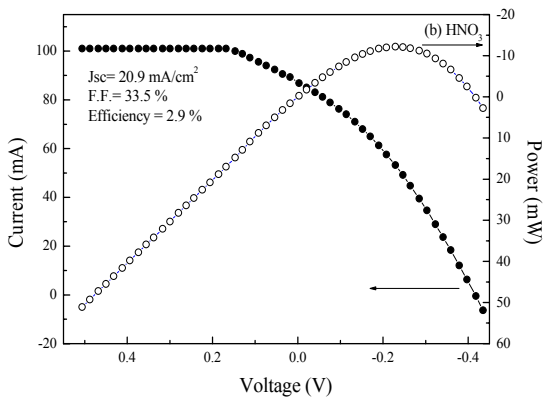
그림 3은 여러 가지 혼합에칭 용액으로 texturing 한 셀의 효율을 측정된 결과를 보여주고 있다. texturing 하지않은 셀보다는 texturing 한 셀에서 효율은 높았으며, 특히 NaOH 혼합용액에서 texturing한 셀의 효율이 가장 높았다. NaOH 혼합용액의 texturing 한 셀은 XRD 패턴에서도 가장 낮은 쪽의 픽의 위치인 69.17° 를 나타내었으며, FTIR 데이터의 950~1350 cm⁻¹ 영역에서 픽들이 쪼개짐이 가장 많았던 특징을 갖고 있었다.



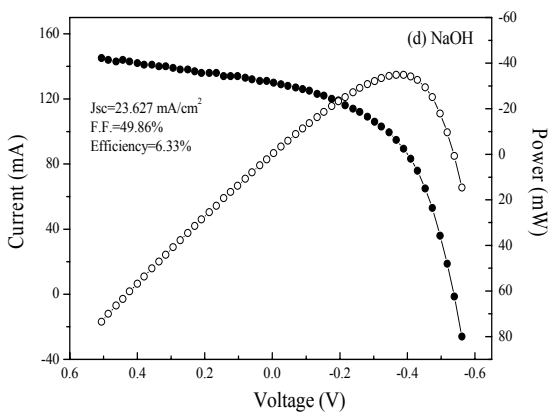
[그림 3a] Texturing을 하지 않은 셀의 효율.



[그림 3a] KOH 혼합용액을 이용하여 texturing을 한 셀의 효율.



[그림 3b] HNO₃ 혼합용액을 이용하여 texturing을 한 셀의 효율.



[그림 3d] NaOH 혼합용액을 이용하여 texturing을 한 셀의 효율.

FTIR 데이터의 950~1350 cm⁻¹ 영역에서 픽의 생김새와 셀 표면의 반사도 사이에는 상관성이 있으며, 픽의 조

개짐이 많으면 표면에서 반사가 잘 일어나지 않는 특성을 갖는다고 할 수 있다. 상대적으로 950~1350 cm⁻¹ 영역에서 픽의 함쳐짐이 많아진다는 것은 원자들 사이의 상호 결합작용이 많아지면서 결합의 결정성이 약해지게 되므로 셀 표면의 반사도가 높아진다고 볼 수 있다. 또한 반사도가 높아지게 되면 셀의 효율은 떨어지게 되는 것을 NaOH 혼합용액을 사용하여 texturing한 셀에서 확인하였다. 표 1은 그림 3에서 설명하고 있는 여러 가지 에칭용액을 이용한 texturing 방법에 따라서 제작된 셀의 효율에 대한 결과를 정리하였다.

[표 1] Texturing 방법에 따른 셀의 효율.

	Jsc(μ A/cm ²)	F.F(%)	Efficiency(%)
Non texturing	13.535	28.5	1.33
HNO ₃	20.9	33.5	2.9
KOH	29.044	34.1	5.38
NaOH	23.627	49.86	6.33

4. 결론

실리콘 태양전지 셀을 여러 가지 방법으로 texturing 하고 효율을 측정하였다. 에칭용액은 HNO₃, KOH 그리고 NaOH를 각각 IPA, DI와 HF 혼합용액에 일정비율로 혼합하여 에칭 용액을 만들어서 30분간 담가두었다가 꺼내서 texturing을 수행하였다. 확산공정을 거친 다음 표면의 특성을 FTIR과 XRD를 이용하여 분석하였다. NaOH 혼합용액에서 texturing 한 셀에서 효율이 가장 높게 나타났다. NaOH texturing 샘플의 특징으로부터, FTIR 데이터의 950~1350 cm⁻¹ 영역에서 픽의 생김새와 셀 표면의 반사도 사이에는 상관성이 있으며, 픽의 조개짐이 많으면 표면에서 결합의 상호작용이 일어나지 않고 있다는 것을 의미하며 표면에서 반사가 잘 일어나지 않게 된다. 그리고 효율은 증가하게 되는데 XRD 데이터에서 가장 낮은 방향으로 픽이 이동하는 것을 확인하였다.

참고문헌

- [1] M. S. Jeon, S. Yoshida and Koichi Kamisako : J. Korean Phys. Soc. 54, 194-199, 2009.
- [2] S. Strehlke, S. Bastide, J. Guillet and C. Levy-Clement : Mater. Sci. Eng. B69-70, 81, 2000.

- [3] Li Ding Yu, Sun Lei, Zhang Sheng Dong, Wang Yi, Liu Xiao Yan and Han Ru Qi : Chin. Phys. Soc. 16, 240-245, 2007.
- [4] C. Li, G. Fang, Y. Ren, Q. Fu and X. Zhao : J. Nanoscience and Nanotechnology, 6, 1467-1473, 2006.
- [5] B. Postels, A. Kasprzak, T. Buergerl, A. Bakin, E. Schlenker, H. H. Wehmann and A. Waag : J. Korean Phys. Soc. 53, 115-118, 2008.
- [6] 이정주, 성병훈, 이종덕, 박창영, 김건호 : 한국진공학회지, 18(6), 459-467, 2009.
- [7] A. Bolonkin : IEEE. Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 44, 1538-1542, 2008.
- [8] H. Jin, S. K. Oh, H. J. Kang and J. C. Lee : J. Korean Phys. Soc. 51, 1042-1045, 2007.
- [9] Jeong Kim : J. Korean Phys. Soc. 50, 1168-1171, 2007.
- [10] C. Ornaghi, M. Stoger, G. Beaucarne, J. Poortmans and P. Schattschneider : IEE Proc-Circuits Devices Syst., 150, 287-291, 2003.
- [11] Michael Y. Levy and Christiana Hongserg : IEEE, transactions on Electron Devices, 55(3), 706-711, 2008.
- [12] 안민형, 조의식, 권상직 : 한국진공학회지, 18(6), 440-446, 2009.
- [13] H. Y. Park, J. S. Lee, H. J. Lim and D. H. Kim : J. Korean Phys. Soc. 55, 1767-1771, 2009.

현 일 섭(II Seoup Hyun)

[준회원]



- 2009년 3월 ~ 현재 : 청주대학교 일반대학원 전자공학과 석사과정

<관심분야>

플라즈마, 박막분석, 반도체소자, 태양전지

오데레사(Teresa Oh)

[정회원]



- 2000년 2월 : 제주대학교 (박사)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 청주대학교 반도체설계공학과 교수

<관심분야>

물질재료, 반도체소자, 태양전지