탄산나트륨용액을 이용한 실리콘 태양전지의 이방성 텍스쳐링에 관한 연구

이은주, 김도완, 이현우, 이수홍
세종대학교

Investigation of anisotropic texturing for silicon solar cells with sodium carbonate solutions

Eun-Joo Lee, Do-Wan Kim, Hyun-Woo Lee and Soo-Hong Lee
Sejong University

Abstract : We investigate anisotropic texturing method for crystalline silicon solar cells with sodium carbonate solutions. Texturing temperature have a large effect on the density of pyramid. The dependence of the surface reflectance on solution temperature and the etching time was investigated. The surface morphology was observed by scanning electron microscope and the surface reflectance was evaluated. The reflection from the silicon surface in the wavelength range 400 to 1000nm is reduced to about 12%.

Key Words : Solar cell, Silicon, Texturing, Pyramid, Reflectance

1. 서 론

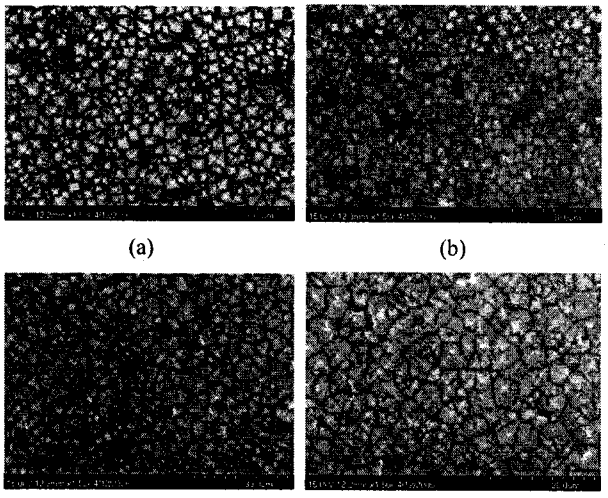
단결정 실리콘의 anisotropic(이방성) texturing은 태양전지에서 광반사를 효과적으로 줄이기 위한 방법으로 잘 알려져 있다. 일반적으로 NaOH 또는 KOH에 IPA(isopropyl alcohol)을 첨가한 용액을 사용한다[1-3]. 이들 용액은 (100)과 (111) 방향에 따른 식각 속도가 다르고, 그 결과 (100) 방향에 random한 upright pyramid를 형성하며, texturing 후에 400~1100nm 파장 영역에서 silicon 표면의 평균 반사율은 약 36%에서 12%까지 감소된다. 산업적인 면에서 IPA를 사용한 random pyramid texturing의 단점은 재현성 있는 결과를 얻기가 어렵다는 점이다. 이와 같은 용액은 IPA의 끓는점(~82℃)에 가까운 온도에서만 적당한 식각 속도를 유지할 수 있는데, texturing 공정 동안에 IPA는 증발하고, 용액의 조성이 계속 변하기 때문이다. 또한 IPA를 공정 중에 제어하거나 다시 채워 넣기가 어렵고, IPA를 사용하면 비용이 높고, 유해하다는 단점이 있다[4]. KOH/IPA를 대체하는 방법으로 K_2CO_3를 적용한 texturing 법에 대해 Chaoui et al.이 연구하였고[5], K_2CO_3 30wt% 용액에서 100℃, 30분 동안 texturing한 결과 평균 12% 정도의 반사율을 얻었다. 또한 K_2CO_3 보다 저렴하여 texturing 공정비용을 줄일 수 있을 것으로 기대되는 Na_2CO_3를 texturing에 적용하여 반사율 약 12%를 얻었다[6]. Na_2CO_3 용액의 경우 다른 alkaline solution을 이용한 silicon etching에 비해 작고 조밀한 random pyramid 형성이 가능한 것으로 알려져 있어, 태양전지 제작을 위한 후속 공정에도 좋은 영향을 미치는 것으로 생각된다. 따라서, 본 실험에서는 Na_2CO_3에 $NaHCO_3$를 첨가한 용액에서 silicon wafer의 표면을 texturing하고, 각 조건에 따른 반사율 및 표면 특성을 비교하였다. 또한 Na_2CO_3용액을 이용하여 제작된 작은 크기의 upright pyramid가 결정질 실리콘 태양전지의 반사율 저감에 미치는 영향에 대해 연구하였다.

2. 실 험

본 연구에서 이용한 기판은 Cz p-type, (100) silicon wafer 이며, 크기는 30㎜×30㎜의 정사각 형태로 가공한 것을 사용하였다. 기판은 etching을 진행하기 이전에 cleaning 하여 표면 오염을 제거하였고, 표면의 native oxide를 제거하기 위해 묽은 HF 수용액에 dipping 하였다. 준비된 기판을 Na_2CO_3 수용액에서 etching 하였다. 표면 texturing 위한 용액은 25wt% Na_2CO_3 수용액에 $NaHCO_3$를 첨가하여 제작되었다. 실험은 90~100℃ 온도에서 5~30분 동안 진행하였다. 각 온도와 시간에 따라 texturing한 silicon 표면 pyramid 구조를 SEM(Scanning Electron Microscope)을 이용하여 관찰하였고, 400~1000nm 파장 영역에서 반사율을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 etching 조건에 따른 silicon 표면의 pyramid 형성 상태를 나타내었다. SEM 관찰을 통해 확인한 texturing한 silicon 표면은 etching 조건에 따라 pyramid의 크기 및 분포가 변화하는 것을 알 수 있다. 약 100℃에 가까운 온도에서는 상대적으로 낮은 온도에 비해 표면에 pyramid가 형성되지 않고 비어있는 부분이 없이 전체적으로 균일하게 형성되었다. 또한 4~5㎛ 정도 크기로 pyramid가 형성되었다. Texturing한 기판 표면 반사율을 측정한 결과 공정 온도에 따라 그림 2와 같이 반사율에 큰 차이를 보였다. 이는 표면 구조 관찰 결과에서도 알 수 있듯이 온도가 낮은 경우 pyramid가 표면 전체에 형성 된 것이 아니라 부분적으로는 형성되지 않았기 때문에 높은 온도에서 공정을 한 경우에 비해 상대적으로 반사율이 높은 것을 확인할 수 있다.



(a) (b)

(c) (d)

그림 1. Texturing 조건에 따른 silicon 표면 SEM 관찰 (a) 95℃, 10min. (b) 95℃, 20min. (c) 100℃, 10min. (d) 100℃, 20min.

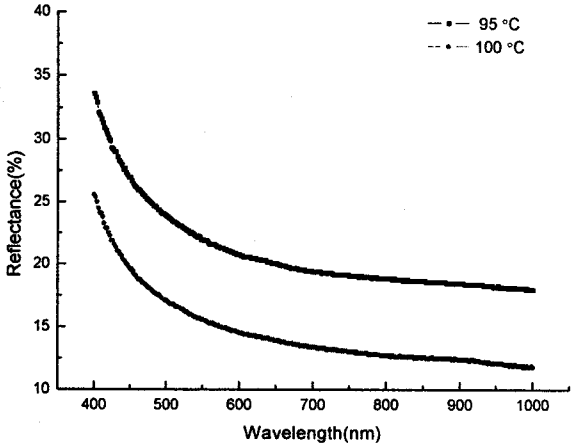


그림 2. Texturing 조건에 따른 표면 반사율 측정. Etching 온도에 따른 반사율 비교.

다음으로 100℃ 공정온도에서 시간에 따른 반사율 변화를 측정한 결과 큰 차이는 없었으나 20min. 동안 texturing을 한 경우가 10min. 한 경우에 비해 상대적으로 높은 반사율을 나타내었다. 이것은 표면 구조상 큰 차이는 보이지 않았지만, 공정 시간이 길어질수록 pyramid가 조대화 되어 빛을 반사하는 면이 넓어지기 때문으로 생각된다. 이상의 실험 결과 Na_2CO_3 용액을 이용한 texturing 공정을 태양전지에 적용할 수 있도록 최적화 하였으며, 이를 통해 기존의 KOH/IPA texturing 방법에서와 유사한 반사율 특성(반사율 약 12%)을 얻을 수 있었다. 또한, 상대적으로 작고 조밀한 pyramid 형성으로 이후의 공정에도 좋은 영향을 줄 수 있었다. 다만 100℃에 가까운 온도로 공정을 진행할 경우 구조적 및 광학적 특성이 우수하지만, 공정 중에 용액이 일정한 조성을 유지할 수 있도록 관리가 필요하다.

4. 결 론

본 연구에서는 일반적인 태양전지 texturing 방법을 대신하여 상대적으로 저렴하고 공정 제어가 용이한 방법으로 작은 크기의 random pyramid를 제작하고 그 특성을 관찰하였다. 표면 구조 관찰과 반사율 측정 결과 95℃ 이상의 고온에서 texturing하는 경우 약 3~5㎛ 크기의 작은 pyramid가 기판 표면 전체에 조밀하게 형성되기 때문에 약 12%의 낮은 반사율을 얻을 수 있었다. 따라서 태양전지의 표면 반사 구조로 적용하기에 적합한 것으로 생각되며, 이후 metallization 또는 anti-reflection coating 등 태양전지 표면에 적용되는 공정을 진행할 경우에도 pyramid의 top 부분의 손상을 줄일 수 있을 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 서울시 산학연 협력사업의 지원에 의하여 수행되었습니다.

참고 문헌

[1] A high volume cost efficient production macrostructuring process, Chitre SR., Proceedings of the 13th IEEE International Photovoltaic Specialist Conference, Washington, DC. 1978, 152-154

[2] Experimental optimization of an anisotropic etching process for random texturization of silicon solar cells, King DL, Buck ME., Proceedings of the 22nd IEEE International Photovoltaic Specialist Conference, Las Vegas, 1991, 303-308

[3] Improved anisotropic etching process for industrial texturing of silicon solar cells, Vazsonyi E, De Clercq K, Einhaus R, Van Kerschaver E, Said K, Poortmans J, et al., Solar Energy Materials & Solar Cells 1999, 57, 179-88

[4] NA2CO3 as an alternative to NaOH/IPA for texturisation of monocrystalline silicon, I.Melnyk et al., 19th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, 7-11 June 2004 Paris

[5] Texturisation of monocrystalline silicon with potassium carbonate solutions, R.Chaoui, M.Lachab, F.Chiheub and N.Seddiki, 14th European Photovoltaic Solar Energy Conference(Barcelona 1997) 812-814

[6] Investigation of texturization for crystalline silicon solar cells with sodium carbonate solutions, Y.Nishimoto, K.Namba, Solar Energy Materials & Solar Cells 61 (2000) 393-402