

결정질 실리콘 태양전지의 반사방지막 비교 분석

조경연, 이지훈, 이수홍, 이규상*
 세종대학교 전략에너지 개발사업단, 세종대학교 전자공학과*

Comparison & Analysis of Anti-Reflection Coatings for Crystalline Si Solar cells.

Kyeong-yeon Cho, Ji-hun Lee, Soo-hong Lee, Kyu-sang Lee*
 Strategic Energy Research Institute, Sejong Univ, Dept. of Electronic Engineering, Sejong Univ.*

Abstract : In Crystalline Si solar cells, Anti-Reflection Coating is contribute to improvement in energy conversion efficiency due to decrease of optical loss and recombination owing to surface passivation. Porous Si is formed electrochemical etching that uses chemical solution and anodization etching. So It gives that advantage in rapid process time and without high cost equipment. In this paper, We compare Porous Si with SiO₂/SiN_x ARC and analyze that by anti-reflection coating.

Key Words : Solar cells, Anti-Reflection Coatings, Silicon Nitride, Porous Silicon

1. 서 론

결정질 실리콘 태양전지의 제작에 있어 에너지 변환 효율을 향상시키기 위해 가장 우선적으로 개선해야 할 요인은 표면에서의 광학적 손실을 줄이고 표면 Passivation을 하는 것이라 할 수 있다. 광학적 손실을 줄이기 위한 방법으로는 Texturing[1]과 ARC(Anti-Reflection Coating)[2]형성이 있는데 Texturing과 ARC형성을 같이 형성하면, 단파장 영역에서 54%, 장파장 영역에서 34%인 광학적 손실[3]을 3~5%까지 줄일 수 있다. 또한 ARC는 반사방지막의 역할로써 빛의 반사율을 줄이는 외에도 표면 Passivation을 하여 표면에서의 Recombination을 줄여 효율을 향상 시키는데 큰 역할을 한다[4,5].

단결정 실리콘 웨이퍼에 ARC를 형성하는 방법으로 여러 방법이 연구되어 상용화 되고 있으나 본 논문에서는 비교적 간단한 공정으로 짧은 시간에 형성이 가능하며 기판의 반사율 저감 및 효율을 극대화 할 수 있는 방법으로 Porous Si(PSi)과 SiO₂/SiN_x ARC에 대해서 비교 분석 하였다.

PSi은 Electrochemical Etching법으로 HF, C₂H₅OH, H₂O로 이루어진 혼합용액에 실리콘 기판을 담가 일정한 전류를 흘려줌으로써 기판 표면에 Hole을 주입하는 Anodization Etching[6]을 통해 형성하였다. PSi는 전면 전극 부에 Selective Emitter[7]를 형성할 수 있어 전극부에서의 저항 손실을 최소화 할 수 있다.

SiO₂/SiN_x ARC은 단결정 실리콘 태양전지의 고 효율화를 위한 반사 방지막으로써, SiO₂는 고효율의 태양전지에 많이 사용되는 표면 Passivation 방법이며, 수소를 포함한 SiN_x는 뛰어난 Passivation의 효과로 ARC으로 대량 생산에 주로 사용하고 있다. 본 실험에서는 짧은 공정시간과 고효율의 태양전지를 제작하기 위하여 AR-coating을 초단위로 공정이 가능한 RTP를 이용한 산화막과 공정 온도가 낮고 공정 시간이 비교적 짧은 PECVD를 이용한 질화막

을 이중구조로 형성하였다.

2. 실험

2.1. Preparation

본 실험에 사용된 기판은 붕소(Boron)가 도핑된 비저항이 0.1~0.9 Ωcm인 단결정 CZ p-type <100> 웨이퍼이다. 우선 표면의 반사율을 낮추기 위해서 100℃ 온도에서 Di : Na₂CO₃ : NaHCO₃ = 80 : 20 : 1의 용액에서 10분간 처리 하여 Random Pyramid를 형성하였다. 잔류 Solution 및 불순물을 제거하기 위해 RCA I·II Cleaning을 하고, Di : HF = 10 : 1의 Diluted HF용액에서 산화막을 제거하였다. Phosphorous 도핑은 Conventional Tube Furnace에서 SiP₂O₇을 Active Component로 하는 Solid Source로 각 조건에 맞게 Diffusion하였다.

2.2. Porous Silicon

기판은 Phosphorous가 면저항이 20 Ω/sq로 도핑된 3.3 X 3.3 cm의 크기의 웨이퍼에서 진행하였다. 전류 공급은 WMPG 1000(WonATech)의 Potentiostatic cycle mode로 하였고, 수용액 Bath는 전기화학적으로 안정한 테프론 재질의 Bath를 자체 제작하여 사용하였다. 실험은 Di : HF : C₂H₅OH = 1 : 1 : 2의 혼합 용액에 기판을 담가 전류를 흘려주었다. 실험은 두 방향으로 나누어 진행하였는데, 반사율 측정 및 SEM 분석을 위해 Phosphorous만 도핑된 기판에 Porous Si를 형성한 것과, Selective Emitter의 특성을 나타내기 위해 Screen Printing으로 전극을 형성한 후, Ag Plating으로 HF에 대한 전극 손상을 최소화한 뒤, PSi 형성을 진행하였다. Edge 부분을 Cutting하여 2.5 X 2.5 cm의 태양전지를 제작하였다.

2.3. SiO₂/SiN_x AR-coating

기판은 면저항이 40 Ω/sq로 도핑된 2.5 X 2.5 cm의 크기

의 웨이퍼에서 진행하였다. RTP를 이용하여 약 1200Å의 실리콘 SiO₂을 형성 시킨 후 PECVD를 이용하여 73nm의 SiN_x를 증착 시켰다. Conventional Annealing Furnace를 이용하여 400℃의 온도에서 Forming Gas (N₂ 9%, H₂ 5%) 분위기에서 30min간 Annealing하였다.

3. 결과 및 검토

그림 1은 PSi와 SiO₂/SiN_x ARC를 SEM(Scanning Electron Microscope)으로 촬영한 표면과 단면의 모습이다. PSi는 아래 그림에서 보이는 바와 같이 Texturing이 된 기판에 아주 미세한 Pore가 형성되었음을 알 수 있다. Pore의 크기는 약 5~10nm로 예측할 수 있다. SiO₂/SiN_x ARC는 SEM으로는 박막의 Adhesion이나 균일도를 알아 볼 수 없었다.

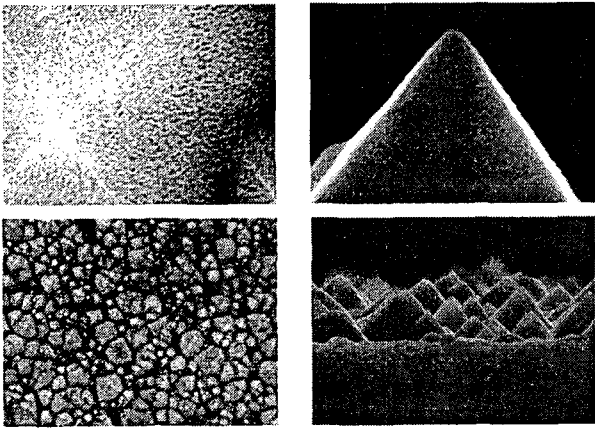


그림 1. PSi (위) 와 SiO₂/SiN_x ARC(아래)의 SEM 이미지

그림 2는 Texture, Texture + PSi, Texture + SiO₂/SiN_x ARC의 반사율을 측정 한 결과이다. Texturing이 된 기판 위에 PSi를 형성했을 경우 반사율은 약 9~3%의 반사율로 평균 반사율이 4.97%를 나타내었다. 또한 SiO₂/SiN_x ARC를 형성 했을 경우 반사율은 약 10.5~3%의 반사율로 평균 반사율이 3.95%를 나타내었다. PSi가 SiO₂/SiN_x ARC 보다 약간 더 낮은 반사율의 범위를 가지고 있으나 장파장으로 갈수록 반사율의 증가 폭이 SiO₂/SiN_x ARC보다 커져 SiO₂/SiN_x ARC의 평균 반사율이 더욱 낮은 값을 나타내게 되었다. 약 4~5%의 반사율을 갖는 두 ARC는 표면에서의 광학적 손실을 현저히 감소시켰음을 알 수 있다.

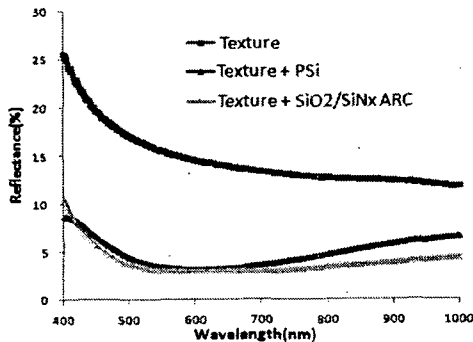


그림 2. Texture, Texture + PSi, Texture + SiO₂/SiN_x ARC의 반사율 측정 결과

그림 3은 PSi와 SiO₂/SiN_x ARC를 적용하여 Screen Printing으로 전극을 형성한 태양전지의 에너지 변환효율 비교한 그림이다. PSi는 η :14.43%, Voc:0.616V, Jsc:0.032A/cm², FF:72.5%를 SiO₂/SiN_x ARC는 η :16.01%, Voc:0.632V, Jsc:0.032A/cm², FF:79.1%를 나타내었다.

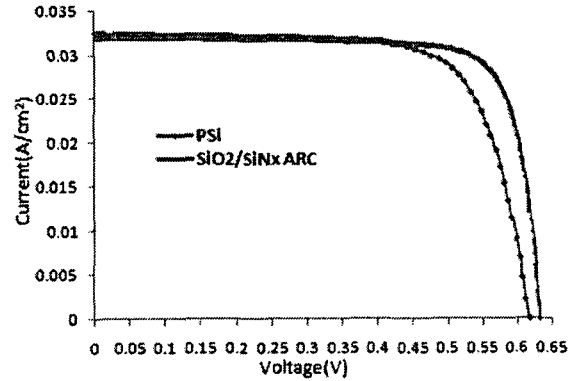


그림 3. PSi와 SiO₂/SiN_x ARC를 적용한 태양전지의 에너지 변환효율 비교

4. 결론

본 연구에서는 결정질 실리콘 태양전지의 반사방지막으로써 PSi와 SiO₂/SiN_x ARC를 형성하여 SEM 이미지, Reflectance를 이용한 반사율, 에너지 변환 효율에 대하여 비교해 보았다. 반사율의 측면에서 PSi는 SiO₂/SiN_x ARC와 비교해 보았을 때 큰 차이 없이 둘 다 낮은 반사율을 나타내었다. 효율은 PSi가 다소 떨어지는 면이 있으나 공정이 초 단위 공정으로 SiO₂/SiN_x ARC보다 공정시간을 현저히 단축시킬 수 있다는 장점에서, 더욱 연구하여 효율 향상과 수용액의 조성비를 일정하게 유지할 수 있다면 태양전지의 고 효율화와 저가화에 충분히 기여할 수 있을 것으로 보인다.

참고 문헌

- [1] P. Campbell, M. A. Green, J. Appl. Phys. 243-246, 62, 1987.
- [2] H. Saha, S. K. Datta, K. Mukhopadhyay, S. Banerjee, M. K. Mukherjee, Electron Devices, IEEE Transactions on 39, 1100, 1992.
- [3] H.J Hovel, Semiconductors and Semimetals Academic Press, New York, 1975, p.203
- [4] C.M. Chong, S.R. Wehnam and M.A. Green, Appl. Phys. Lett. 52, 1988, p407
- [5] S.R. Wehnam, Progress in Photovoltaics : Research and Applications 1, 1993.
- [6] S. Strehlke, D. Starti, A. Krotkus, K. Grigoras, C. Lévy-Clément, Thin Solid Films 297, 291, 1997.
- [7] R.R. Bilyalov, H. Lautenschetter, F. Schomann, U. Schubert, R. Schindler, Proceedings of the 14th EPSEC Conference, Barcelona, Spain, H.s. Stephens and Associate Publishers, Bedford, UK, 788, 1997.