Plasma Etching에 의한 Silicon 태양전지 표면의 광반사도 감소

류승헌[1,*], Cheng Yang[1], 유원종[1]
김동호[2], 김택[2]
(1*) 성균관대학교, 성균나노과학기술원
(2) 삼성종합기술원, 반도체랩

초 록: 실리콘을 기판으로 하는 대부분의태양전지에서는 표면반사에 의한 광에너지손실을 최소화시키고자 습식에칭(wet etching)에 의한 텍스쳐링처리가 이루어진다. 그러나 습식 에칭은 공정 과정이 번거롭고 비용이 많이 든다. Inductively Coupled Plasma Etcher 장비를 이용한 플라즈마 에칭(plasma etching)을 실리콘 표면에 적용하여 공정을 간단하고 저렴하게 하며 반사도를 획기적으로 낮추는 기술이 개발되었다. 습식 에칭으로 형성된 표면의 피라미드 구조는1차 반사 후 빛의 일부가 외부로 흩어져 나가지만 플라즈마 에칭으로 형성된 나노구조는 내부전반사가 가능하여 대부분의 태양 에너지를 흡수한다. 나노구조는 필라(pillar)의 형태로 형성되며 이 필라의 길이에 따라 반사도가 다르게 나타난다. 이는 플라즈마 에칭 시 발생하는 이온폭격과 에칭 측벽 식각 보호막(SiOxFy : Silicon- Oxy- Fluoride)이 필라의 길이에 영향을 주기 때문이며, 필라가 길수록 반사도를 저하시킨다. 최저의 반사도를 얻기 위해서 나노필라 형성에 기여하는 플라즈마 에칭 시간, RF bias power, SF6/O2 gas ratio의 변화에 따른 실험이 진행되었다. 플라즈마 발생 초기에는 표면의 거칠기만 증가할 뿐 필라가 형성되지 않지만 특정조건에서 3um 이상의 필라를 얻는다. 이는 에칭 측벽 식각 억제막이 약한 부분으로 이온폭격이 집중되어 발생한다. 플라즈마 에칭을 적용하여 형성된 나노필라는 반사도가 가시광 영역에서 대략 1%에 불과하며, 마스크 없이 공정이 가능한 장점이 있다.

1.서론

태양전지 표면의 손실을 줄이기 위한 방법으로 반사 방지막(anti-reflection layer)의 새로운 물질을 발견하는 방법과 표면 처리 (surface treatment) 다양화를 개발하는 방법이 있다. 특히, 대부분의 태양전지 업계에서는 표면처리에 chemical solution을 사용하고 있다. 그러나 고비용과 복잡한 공정과정을 수반하며 태양전지의 반사도가 커서 효율에 한계가 있다. 반사도의 손실을 극복하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있으며 그중에서도 표면의 구조를 변형시켜 반사도의 손실을 줄이면서 기존의 공정은 유지가 가능한 기술이 각광받고 있다.

본 연구에서는 플라즈마 에칭을 이용하여 wet etching 공정의 단점인 표면의 피라미드 구조에서 높은 반사 손실을 나노필라 구조로 변경하여 반사도의 획기적인 저하를 보이고자 한다.

2.본론

Inductively Coupled Plasma Etching 장비의 SF6/O2 플라즈마를 이용하여 표면처리를 하였다. 실험 조건으로 에칭 시간과, RF bias power, SF6/O2 gas ratio를 변화시켰으며 그 결과는 SEM (scanning election micrograph)으로 관찰하였다. 객관적인 실험 결과의 비교를 위해서 여러 농도의 KOH와 IPA를 혼합한 solution으로 wet etching을 하였다. 표면처리를 전혀 하지 않은 샘플까지 모두 세 종류의 샘플들이 200~1400nm 영역에서 8° mode로 반사도가 측정되어서 결과가 비교되었다. 실험 결과에서 조건에 따라 변화하는 플라즈마 이온폭격, 에칭 측벽 식각 억제막이 나노필라 형성과정에 기여하는 정도와 반사도와의 관계를 조사하였다. 나노필라의 반사도 저하는 굴절률이 작은 물질(air)에서 큰 물질로 태양 에너지가 입사할 때 특정한 각도 이상에서 발생하는 내부전반사에 의한다. 즉, 실리콘 내부에서 $\theta c = \arcsin(n2/n1) = \arcsin(1/3.5) = 16.6°$ 이며 이보다 클 경우에는 내부전반사가 발생한다. 나노필라의 길이가 길어질수록 태양에너지는 더욱 수직적으로 입사하게 되고 내부전반사 효과는 극대화된다.

3.결론

본 연구에서는, 태양전지 기판인 silicon에 Inductively Coupled Plasma Etching 장비를 이용하여 플라즈마 에칭으로 표면처리를 하였다. 기존의 wet etching을 사용했을 때의 반사도는 가시광 영역에서 대략 15%이나 플라즈마 에칭을 적용하여 반사도를 1% 미만으로 낮추는 것이 가능하였다. 이는 태양전지 표면의 반사 손실을 크게 줄일 수 있고, 효율 증대에 기여할 것으로 기대한다. 특히, 이 공정은 chemical solution에 비하여 공정이 간단하고 DARC (double anti-reflection coating)를 도입한 이상의 효과가 있으며 마스크가 필요없다는 장점이 있음을 확인하였다.

참고문헌

[1] S. Koynov, M. S. Brandt and M. Stutzmann, Phys. Stat. sol. **1**,53(2007)
[2] B. M. Kayes, H. A.Atwater and N. S. Lewis, J. Appl. Phys. 97,114302(2005)
[3] H. Lu and C. Gang, Nano Lett. 11,3249(2007)