

고효율 태양전지를 위한 ICP-RIE기반 결정질 실리콘 표면 Texturing 공정연구

이명복¹, 이병찬¹, 박광목¹, 정지희², 윤경식²

¹(재)대구테크노파크나노부품실용화센터, ²미리넷솔라(주)

결정질 실리콘을 포함하는 태양전지의 광전효율은 표면에 입사되는 태양광의 반사를 제외하면 흡수된 광자에 의해 생성되는 전자-정공쌍의 상대적인 비율인 내부양자효율에 의존하게 된다. 실제 생성된 전자-정공쌍은 기판재료의 결정상태와 전기광학적 물성 등에 의해 일부가 재결합되어 2차적인 광자의 생성이나 열로서 작용하고 최종적으로 전자와 정공이 완전히 분리되고 전극에 포집되어 실질적인 유효전류로 작용한다. 16% 이상의 고효율 결정질 실리콘 태양전지 양산이 요구되고 있는 현실에서 광전효율 개선 위해 가장 우선적으로 고려되어야 할 변수는 입력 태양광스펙트럼에 대한 결정질 실리콘 표면반사율을 최소화하여 광흡수를 극대화하는 것이라 할 수 있다. 이의 해결을 위하여 대기와 실리콘표면 사이의 굴절률차이가 크면 클수록 태양광스펙트럼에 대한 결정질 실리콘의 광반사는 증가하기 때문에 상대적으로 낮은 굴절률의 SiO_x나 SiN_x와 같은 반사방지막을 광입력 실리콘표면에 증착하여 광반사율 저감공정을 적용하고 있다. 이와 더불어 결정질 실리콘표면을 화학적으로 혹은 플라즈마이온으로 50-100nm 직경의 바늘형 피라미드형상으로 texturing 함으로 광자들의 다중반사 등에 기인하는 광흡수율의 증가를 기대할 수 있기 때문에 태양전지효율 개선에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 이해된다.

본 실험에서도 고효율 다결정 실리콘 태양전지 양산공정에 적용 가능한 ICP-RIE기반 결정질 실리콘표면에 대한 texturing 공정기술을 연구하였다. Double Langmuir 플라즈마 진단시스템(DLP2000)을 적용하여 사용한 SF₆와 O₂ 개스유량과 챔버압력, 플라즈마 파워에 따른 이온밀도, 전자온도, 포화이온전류밀도, 플라즈마포텐셜의 공간분포를 모니터링하였고 texturing이 완료된 시료에 대하여 A1.5G 표준태양광스펙트럼의 300-1100nm 파장대역에서 반사율을 측정하여 그 변화를 관찰하였다. 본 연구에서 얻어진 결과를 간략히 정리하면 Si texturing에 가장 적합한 플라즈마파워는 100W, SF₆/O₂ 혼합비는 18:22, 챔버압력은 30mtorr 등이고 이에 상응하는 플라즈마의 이온밀도는 $2\sim 3\times 10^8$ ions/cm³, 전자온도는 14~15eV, 포화전류밀도는 0.014~0.015mA/cm², 플라즈마포텐셜은 38~39V 범위 등이었다. 현재까지 얻어진 최소 평균반사율은 14.2% 였으며 최적의 texturing패턴 플라즈마공정 조건은 이온에 의한 Si표면원자들의 스퍼터링과 화학반응에 의한 증착이 교차하는 플라즈마 에너지 및 밀도 상태인 것으로 해석된다.