

표면 oxide/nitride passivation 적용된 Screen printed 결정질 태양전지 특성 평가

이지훈, 조경연, 이수홍, 이규상*
세종대학교 전략에너지개발사업단, 세종대학교 전자공학과*

Investigation of the surface oxide/nitride passivation formation screen printed crystalline silicon solar cells.

Ji-hun Lee, Kyeng-yeon Cho, Soo-hong Lee, Kyu-sang Lee*
Strategic Energy Research Institute Sejong Univ., department of electronic engineering Sejong Univ.*

Abstract : Important element are low cost, high-efficiency crystalline silicon solar cells. in this paper, Will be able to contribute in low cost, high-efficiency silicon solar cells, Applies oxide/nitride passivation, produced screen-printed solar cells. and the Measures efficiency, and evaluated a justice quality oxide/nitride passivation screen-printed solar cells.

Key Words : solar cell, screen printed, oxide/nitride, passivation, metal contact.

1. 서 론

screen-printed 결정질 실리콘 태양전지 제작에 가장 중요한 요소는 고효율, 저가화 기술이다. screen printed 태양전지의 고효율과 저가화를 결정짓는 중요한 요소로서 표면 passivation과 금속 전극의 형성 기술이라고 할 수 있다. 기존 20%가 넘는 고효율 태양전지의 표면 passivation방법은 CTO (classical thermal oxidation) oxide(SiO₂)막 을 사용한다.[1] 하지만 CTO(classical thermal oxidation)은 고온에서 열처리 공정을 거쳐야 하고, 또한 장시간 열처리 공정이 추가되기 때문에 screen-printed 태양전지 제작 공정에 적합하지 않다. 또한 다결정 실리콘 wafer를 사용할 경우 오염 물질로 인해 defect 이 생기기 때문에 전자,정공쌍(EHP)의 recombination center로 작용하여 태양전지 효율에 영향을 미치게 되며 life time 역시 감소시키는 원인이 된다.[2] 이런 단점을 보완하는 passivation 방법으로 RTP (rapid thermal processing)을 이용한 oxide(SiO₂)와 PECVD(plasma enhanced chemical vapor deposition)를 이용한 nitride(SiN_x)의 형성 이다. RTP(Rapid Thermal Processing)는 halogen ramp를 사용하여 급속도의 공정 온도를 제어할 수 있고, 또한 공정이 초 단위로 이루어져 공정 시간을 단축시킬 수 있다.[3] PECVD는 공정 온도가 낮은 편이고 공정 시간 역시 짧은 편으로 screen-printed 태양전지 양산 라인에 쉽게 적용 될 수 있다.[4] 또한 oxide(SiO₂)와 nitride(SiN_x)을 Double passivation으로 함께 사용할 경우 life time 증가와 낮은 반사율, 효율 향상에 기여 할 수 있다.[5] 현재 양산화된 태양 전지에 적용 되고 있는 screen-printed를 이용한 금속 전극 형성은 비교적 공정이 간단하며 저비용의 장점이 있어, 양산용 태양전지에 일반적으로 많이

사용 되고 있다.[6] 또한 전극 재료인 pastes속에 glass frit이 함유되어 있어 녹는점이 낮고 열처리 반응이 빠르며 실리콘 wafer를 etching 할 수 있다. 전면 pastes는 주로 Ag 가 사용되는데 Ag는 실리콘과 Ohmic contact 을 형성 하지 못하기 때문에 Al을 후면에 사용 하게 된다.[6] Al은 BSF(back surface field)를 형성하여 contact resistance를 줄이고 Voc(open circuit voltage)향상에 기여 한다. 이런 특성을 가진 screen-printed 금속 전극 형성 중 가장 고려 할 점은 co-firing에 대한 시간과 온도 조건을 최적화 라 할 수 있다. 본 논문에서는 태양전지 특성 평가 방법으로 nitride passivation과 oxide/nitride passivation을 비교해보았고 passivation이 우수한 oxide/nitride passivation으로 전극을 형성하여 그의 따른 효율과 전기적인 특성을 측정 하였다.

2. 실험

본 실험은 단결정 크기가 2.5×2.5cm인 Cz p-type (100 resistivity 04~0.9Ωcm의 실리콘 wafer에 탄산나트륨 수용액을 기본으로 random pyramid 구조를 형성 하고 P₂O₅을 phosphorus source 이용 하여 40Ω/sq(avg.)의 n+/p emitter를 형성 하고 RTP를 이용하여 약 1200 A RTO(rapid thermal oxide)을 형성 시켰다. PECVD를 이용하여 nitride(SiN_x) 73nm로 증착 시키고 ellipsometry를 이용 굴절률을 측정하였다. 후 annealing furnace를 이용 400℃에서 forming gas(N₂ 9%+H₂ 5%) 열처리를 30분간 진행 하였다. 후 400~1000nm의 파장 범위에서 passivation의 반사율 측정(reflectance 77400, new port) 하였었고, life time tester(WCT-120,sinton consulting)를 이용 effective life time을 측정 하였다. 전면 전극 pattern 설계는 본 연구실의 선행 연구를 토대로 shading loss 가 2.96%를 갖는 전극을 설계 하였다. screen-printed 공정은 표1. 과

같은 최적화된 공정으로 진행 하였다. 후 dry공정은 hot plate에서 275℃에서 약 1분간 진행 하였으며 co-firing process는 conventional annealing furnace를 이용 850℃에서 1분간 co-firing하였다.

	Ag front contact	Al back contact
pastes model	ferro ns 33-501	ferro al 53-120
squeeze shore	60(yellow)	
mask to squeeze	16.0mm	
mask to substrate	2.0mm	
paste viscosity	165-190 (Pa.s) ¹	20-45 (Pa.s) ¹
printer speed	50mm/sec	
mask mesh	400mesh	200mesh
printed thickness	60μm	77μm
mesh type	2 dimensional mesh	

표 1. screen-printed process 조건

전극 형성이 끝난 후, solar tester(sun simulator 3.0it, pa san)를 이용 효율을 측정 하였으며 SEM(scanning electron microscope)을 이용 하여 전면 전극의 형성 여부를 관찰 하였다.

3. 결과 및 검토

그림1.은 nitride passivation과 oxide/nitride passivation의 effective life time을 비교하여 측정한 것으로 표2.와같이 oxide/nitride passivation박막이 effective life time(μs)이 더 높은 것으로 나타났다.

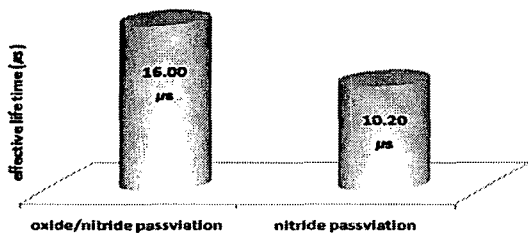


그림 1. passivation박막의 effective life time (μs) 비교

그림 2.은 random pyramid 구조로 texturing 된 실리콘 wafer 에 nitride passivation박막과 oxide/nitride passivation박막의 반사율 측정 결과를 나타낸 것으로 oxide/nitride passivation박막이 반사율이 낮다는 것을 확인할 수 있다.

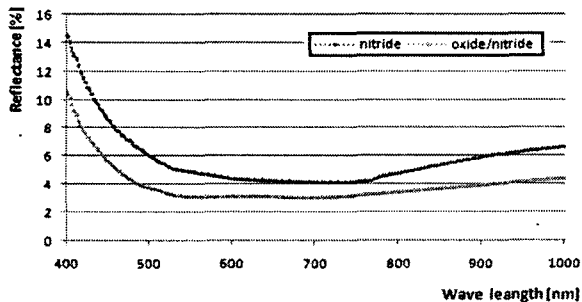
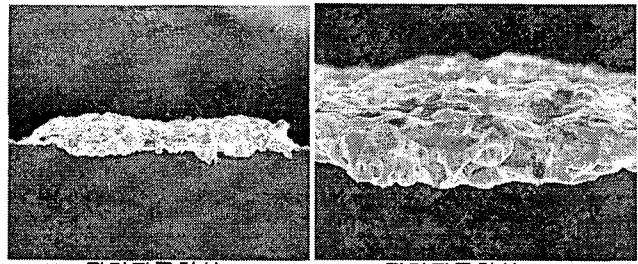


그림 2. passivation박막의 반사율(%) 비교

그림 3.은 co-firing 된 전면 Ag 전극 형성 부

SEM(scanning electron microscope)사진으로 관찰 했다.

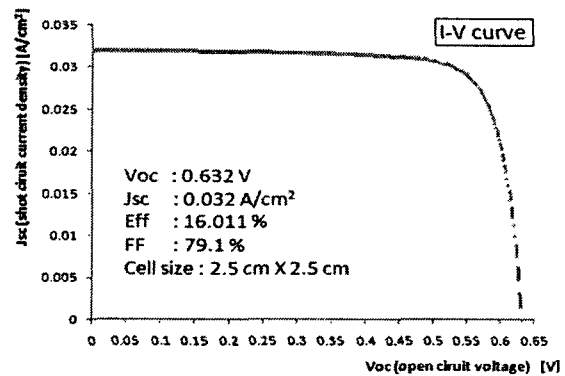


(A) 전면전극형성 (×1000) (B) 전면전극형성 (×6000)

그림 3.co-firing후 실리콘 wafer와 Ag 전극형성 SEM 사진

4. 결론

제작한 screen printed태양전지는 AM 1.5에서 25℃의 조건에서 solar tester에서 효율을 측정 하였고 그 결과는 그림 4.와 같다.



결정질 태양전지는 고효율, 저가화가 가장 중요한 요소이다. 본 논문에서는 고효율, 저가화의 기여 할 수 있는 oxide/nitride passivation을 적용하였고 screen printed기법을 이용 하여 태양전지를 제작하였다. 또 효율을 측정 하여 oxide/nitride passivation적용된 screen printed 태양전지의 특성을 평가 하였다.

참고 문헌

- [1] M. A. Green, A. W. Blaker, S.R. Wenham, S. Narayanan, M. R. Willson, et. al., 18th IEEE PVSEC, p61, 1985
- [2] Jeong Kim., J of KIEEME(in Korean), vol. 18, No7 7, p.662, 2005
- [3] Lee. Ji Youn, Lee. Soo Hong The Korean Solar Energy Society, 2005
- [4] L. Cai, A. Rohatgi, s. Han, G. May, and M. Zou, J. Appl. Phys., Vol. 83, No. 11, p. 5885, 1998.
- [5] S. W. Hwang, I. S. Moon, D. S. Kim, S. H. Lee, he Korean Solar Energy Society, 2005
- [6] P. Doshi, J. Mejia, K. Tate, and A. Rohatgi, IEEE Transations on Electron Devices, Vol. 44, No. 9, P.1417-1424, 1997.
- [7] C. Ballif et al., Applied. Physics Letters, Vol.82, No.12, P. 1878-1880, 2003