

고효율 실리콘 태양전지 구현을 위한 SOD(Spin on doping) 공정 개발

김병국, 이석진, 정태환, 김정연, 박재환, 임동건, 양계준*

충주대학교 전자공학과

SOD(Spin on doping) process for high efficiency silicon solar cell

Byeong-Guk Kim, Seok-Jin Lee, Tae-Hwan Jung, Jung-Yeon Kim, Dong-Gun Lim, Jae-Hwan Park, Kea-Joon Yang*

Department of Electronic Engineering, Chungju National University

Abstract : 저가격 고효율 실리콘 태양전지를 구현하기 위하여 핵심적으로 적용되는 공정인 SOD(Spin on Doping) 확산공정 최적화에 관하여 연구하였다. n-type 도핑 물질로는 인(P509)을 사용하였으며, Spinning 속도와 Spinning 시간을 각 3000 rpm, 30 초로 고정하고 급속 열처리로써 확산 온도와 확산 시간을 800 °C ~ 950 °C, 2 분에서 20 분까지 가변하며 확산공정을 실시하였다. 4-Point Probe 장비로 에미터 표면 저항을 측정하여 확산 온도 850 °C에서 5분간 열처리 하여 확산 공정을 하였을 때 저가의 고효율 실리콘 태양전지를 구현하는데 적용 하기위한 30 ~ 50 Ω-sq의 에미터 표면 저항을 만족 시키는 36 Ω-sq의 값을 얻을 수 있었다.

Key Words : Silicon, Solar cell, SOD, 확산공정

1. 서 론

빛을 전기에너지로 변환하는 발전소자인 태양전지의 이용은 대체에너지개발이라는 측면에서 매우 큰 의미가 있을 뿐만 아니라 지속적인 화석연료의 사용으로 인한 대기 오염, 산성비, 온실효과 등의 문제를 해결 할 수 있는 반영구적인 클린 에너지로써 그 중요성이 증대되고 있다.[1] 단결정 실리콘 태양전지는 기판의 가격이 다결정 기판에 비해 고가 이지만, (100)기판의 경우 피라미드 모양의 텍스처링 식각이 용이하여 반사율이 작고 기판의 품질이 좋기 때문에 고효율의 태양전지를 얻을 수 있다는 장점이 있다.[2] 현재 태양전지의 시장이 급격히 성장 하면서 결정질 실리콘 태양전지의 중요성이 부각되어 많은 연구 개발 및 양산화의 확대로 태양전지 제조를 위한 재료 측면에서도 많은 연구가 필요하다.[3]

이에 본 논문에서는 실리콘 기판의 태양전지 제조에 적용하기 위해 태양전지에서 효율에 큰 영향을 미치는 확산 공정에서 양산의 자동화로 인한 태양전지 저가화와 고효율화를 이루기 위해 SOD(Spin on Doping)방법을 이용하여 도핑을 최적화 하였다.[4] 확산공정의 최적화를 위해서 도핑에 주된 영향을 미치는 확산 온도와 시간을 가변하며 실험하였다.

2. 실험

다음의 표 1은 본 논문의 실험 절차를 나타내고 있다. 기판으로는 비저항이 1~20 Ω-cm, 두께가 500 μm 인 (100) mc-Si를 사용 하였다. 웨이퍼를 20x20 mm의 크기로 절단한 후 아세톤, 메틸알콜, 초 순수의 순서로 각 10분씩 초음파 세척기로 세정하고, DHF 용액(10 : 1 = D. I. Water :

HF)에 담겨 실리콘 웨이퍼 표면의 자연 산화막을 제거하였다. SOD 방법으로 Spinning 속도와 시간을 각 3000 rpm, 30 초로 고정하여 인(P509)을 도핑 하였으며, 그 시료를 Hotplate에서 150 °C로 10 분간 건조시켰다. 이후 급속 열처리 장비로 확산 온도를 800 °C ~ 950 °C, 시간을 2 분에서 20 분까지 가변하며 공정압력 2 mTorr의 N₂ 분위기에서 도핑의 최적조건을 연구하였다. 후에 확산 공정의 열처리 과정에서 생긴 PSG 층을 제거하기 위해 DHF 용액으로 3 분간 처리 하였고 이 시료를 4-Point Probe 장비로 표면 저항을 측정하였다.

표 1. 실험 절차 및 내용.

과정	내용
Cleaning	유기세정 및 자연 산화막 제거
SOD	P509 Wafer 표면 도핑
Dry	Hot plate 150 °C
Annealing	Diffusion
Remove PSG	DHF 용액으로 제거
Measure	표면 저항 측정

3. 결과 및 고찰

그림 1과 그림 2는 각각 단결정 실리콘 웨이퍼 위에 인을 도핑한 후 확산 시간을 5 분으로 고정하고 확산 온도를 800 °C ~ 950 °C까지 변화한 것과 확산온도를 850 °C로 고정하고 확산 시간을 2 분에서 20 분 까지 변화하여 열처리 한 에미터 표면 저항을 나타내고 있다. 에미터 층의 표면 저항으로 도핑 농도를 알 수 있으며, 도핑 농도는 도핑 깊이에 영향을 미치게 된다.[4] 본 실험에서는 SOD 방법의 Spinning 속도와 시간을 고정하여 도핑 농도

를 일정하게 유지 하였고 그림 1과 그림 2에서 보듯이 열처리에서의 확산 온도와 시간이 증가함에 따라 에미터 표면 저항이 감소하는 것을 볼 수 있다. 이는 확산 온도와 시간이 증가하면서 도핑 깊이가 증가하였기 때문에 면 저항이 감소한 것을 알 수 있다. 에미터 표면 저항은 전면 전극을 설계하는데 중요한 요소가 되므로 확산 공정을 최적화 하는 것이 중요하다. [5]

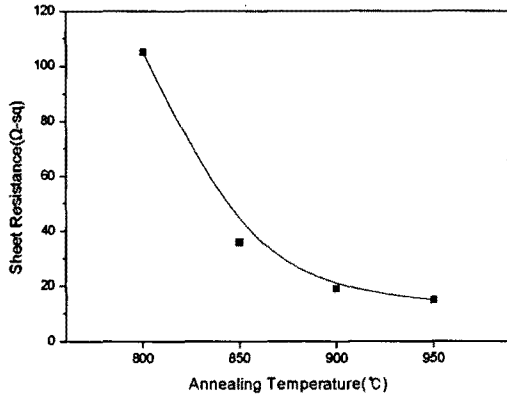


그림 1. 확산 온도 변화에 따른 면 저항

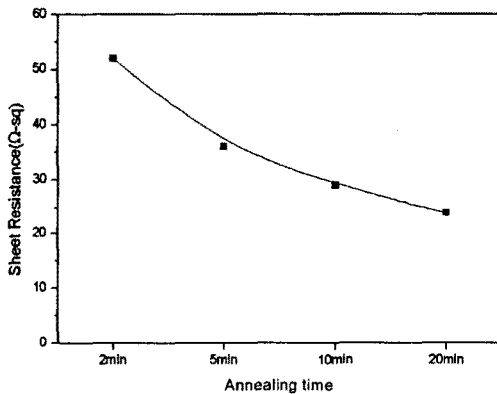


그림 2. 확산 시간 변화에 따른 면 저항

표 2에서는 확산 온도와 확산 시간의 변화에 따라 도핑된 각각의 샘플들을 4-Point Probe 장비를 사용하여 중앙, 상하좌우의 모든 에미터 표면 저항을 측정하여 평균값으로 도핑의 균일도를 나타낸 것이다. 표 2의 측정값으로부터 4% 이하의 균일도 오차를 확인할 수 있다.

표 2. 확산 온도 및 시간의 변화에 따른 면 저항 평균 값
(단위 : Ω-sq)

변수	Center	Up	Down	Right	Left	평균값
800℃	106	103	104	109	105	105
850℃	38	36	34	37	38	36
900℃	18	19	20	19	19	19
950℃	14	15	15	14	14	15
2min	55	53	49	55	53	52
5min	38	36	34	37	38	36
10min	28	28	30	29	30	29
20min	23	24	25	25	23	24

4. 결론

본 논문에서는 실리콘 기판을 이용한 저가의 고효율 실리콘 태양전지를 구현하는데 적용하기 위한 30 ~ 50 Ω-sq의 에미터 표면 저항을 얻고자 에미터 층의 제작에 있어서 SOD(Spin on Doping)방법을 사용하였다. 확산 공정을 최적화하기 위해 확산 온도와 시간에 따른 면 저항값을 고찰한 결과 850 ℃의 확산온도에서 5분 동안 열처리 하였을 때 36 Ω-sq의 에미터 표면 저항 값을 얻을 수 있었고 측정된 면 저항의 균일도는 4% 이하의 값을 가졌다.

참고 문헌

- [1] S. H. Choi, K. J. Jeong, K. W. Koo, T. Y. Cho, H.G. Chun "A Study on the Fabrication of the Solar Cells using the Recycled Silicon Wafers" 센서학회지 9권 1호 10, 2000
- [2] S. H. Lee " Polymer Science and Technology Vol.17 No.4 2006
- [3] K. C. Lee, I. S. Kim, H. J. Nam, C. Park "Fabrication of low cost, High Efficiency single crystal silicon Solar Cells" vol.31 1994
- [4] S. I. Moon, S. H. Park, K. H. Kim, C. S. Han, D. W. Kim, J. S. Yi "Fabrication of Mono-Crystalline Silicon Solar Cell using SOD(Spin on Doping)" 2005
- [5] S. I. Moon "A Study on Solar Cell for low cost and High Efficiency using SOD(Spin on Doping)" School of Electrical and Computer engineering Sungkyunkwan University 2003