

결정질 실리콘 태양전지에 적용하기 위한 Dopant Pastes의 n+ emitter 특성 분석

이지훈, 조경연, 최준영, 이수홍
세종대학교 전략에너지개발사업단

Analysis of n+ emitter properties using Dopant Pastes for Crystalline Silicon Solar Cells

Ji-hun Lee, Kyeong-yeon Cho, Jun-young Choi, Soo-hong Lee
Sejong Univ. Strategic Energy Research Institute

Abstract : The high efficiency and low cost solar cells in order to it applied a dopant pastes diffusion process. The dopant pastes diffusion process which it uses is easily applied in screen-printing solar cells output line. in this paper, it used the Ferro 99-038 phosphorus diffusion pastes source and it analyzed a sheet resistance and a uniformity degree. And it knew the quality of the sheet resistance which it follows in temperature and time condition. The temperature variable it let and it fixed the time in 7 minutes. It will be able to measure the sheet resistance of 40(Ω /sq), 30(Ω /sq), 20(Ω /sq). also average uniformity of the sheet resistance was below 5%.

Key Words : Dopant pastes, Doping, Emitter, Screen-printing, Solar cells.

1. 서론

결정질 실리콘 태양전지(crystalline solar cells)의 효과적인 활용을 위해서는 고효율, 저가화 태양전지 제작에 있다고 할 수 있다. 고효율, 저가화 태양전지 제작을 위해서는 새로운 공정 기술의 도입이 필수적이다. 고효율, 저가화 문제를 해결 할 수 있는 새로운 공정 기술 중 하나가 태양전지의 구조의 근간을 이루는 에미터(emitter) 형성 기술인 dopant pastes를 이용한 확산(diffusion) 공정 기술이다[1]. Dopant pastes 확산 공정 기술은 현재 양산형 태양전지인 스크린 프린팅 태양전지(screen printing solar cells) 생산 라인에 쉽게 적용 할 수 있으며 공정 시간 단축과 생산량이 우월하다는 장점이 있다. 효율 또한 고체 확산이나 다른 확산 공정 기술과 유사한 결과를 달성 할 수 있어 태양전지의 저가 양산화에 기여 할 수 있다. 또한 다른 확산 공정 기술과 dopant pastes 기술을 함께 사용 하여 selective emitter로 형성 고효율 태양전지 제작에도 적용 할 수 있다[2,3]. 본 논문에서는 태양전지의 고효율, 저가화 태양전지의 제작에 기여 할 수 있는 dopant pastes로 확산된 에미터의 온도와 시간에 따른 면 저항(sheet resistance)의 특성 분석 하였고 평균 균일도를 계산 하여 결정질 실리콘 태양전지에 적용 할 수 있도록 연구 하였다.

2. 실험

본 실험에서는 Ferro사의 99-038 phosphorus diffusion pastes source를 이용하여 면저항의 균일성과 온도, 시간에

따른 면저항의 변화에 대해서 실험하였다.

그림 1. 본 논문의 실험 순서도를 나타내고 있다.

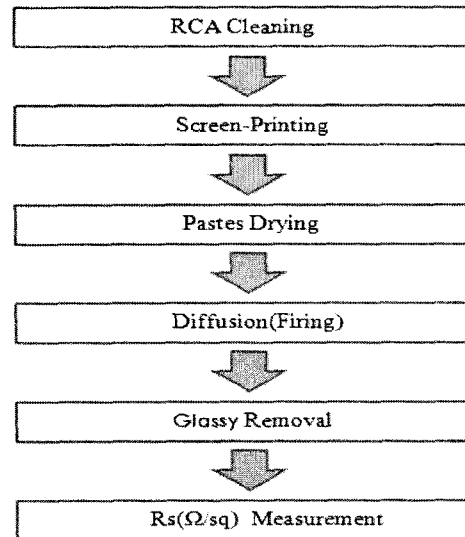


그림 1. 실험 순서도

실험은 우선 크기가 3.3cm × 3.3cm Polishing된 단결정 실리콘 웨이퍼(single-crystalline si wafer) 준비한 후 RCA I, II cleaning 공정을 끝낸 뒤 기판 표면에 자연적으로 생성 되는 자연 산화막을 DI와 HF(hydrofluric Acid)로 10:1의 비율로 혼합하여 약 15초 동안 제거 했다. 반자동 인쇄기

(screen-printer)로 스크린 인쇄의 전반사 원리를 이용 하여 dopant pastes를 전면에도포 하였다. 스크린 마스크(screen mask)는 250mesh 마스크를 이용 했으며 기판 면적당 paste 도포 무게는 0.0022 g/cm^2 내외로 하였다. 도포된 기판을 hot plate위에 275°C 1분간 건조 시킨 후 conventional annealing furnace (AJF-1000:SUNJJIN SEMITECH)에 N_2 6ℓ 가스를 넣어주어 940°C 에서 1000°C 온도를 변화 시키면서 phosphorous를 웨이퍼로 확산 시켰 으며 시간은 5분에서 10분까지의 조건을 주었다. 확산 공 정 후 생기는 glassy dopant를 HF 솔루션에 약 20에서 30 초 사이에서 제거 하였고 이 기판의 면 저항을 4분 탐침 법(4-point probe)를 이용하여 측정 하였다.

3. 결과 및 검토

그림 2. 단 결정 실리콘 웨이퍼에 phosphorous를 위와 같은 방법으로 열처리 했을 때의 시간과 온도에 따른 변화를 특성을 나타 내었다. 열처리 시간이 길어짐에 따라 면 저항의 doping 농도가 높아지고 열처리 온도가 높아짐에 따라 면 저항의 doping 농도가 높아지는 점을 발견 할 수 있다. 또한 각 온도 조건에서 7분 씩 열처리 공정을 진행 했을 때 각 $40(\Omega/\text{sq})$, $30(\Omega/\text{sq})$, $20(\Omega/\text{sq})$ 확산 된 조건을 찾을 수 있었다. 표 1. 각각의 온도 조건에 7min 으로 시간을 고정 했을 때 확산 되어지는 면 저항의 평균값을 나타낸 것 이다.

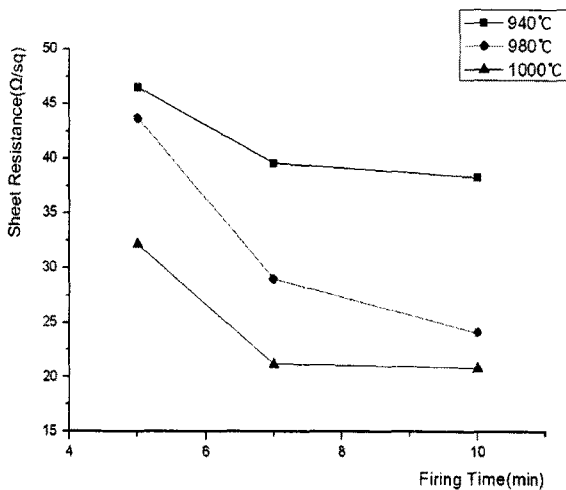


그림 2. 온도와 시간에 따른 면 저항(sheet resistance)의 특성 변화

표 1. 온도 조건에서 7min 으로 도핑 했을 때의 평균 면 저항(sheet resistance)

Temp.	Time (min)	Average(Ω/sq)
940 °C	7min	39.97(Ω/sq)
980 °C	7min	28.97(Ω/sq)
1000 °C	7min	21.19(Ω/sq)

표 2. 온도와 시간에 따른 표면 저항의 균일도(uniformity)

온도	시간	중간	오른쪽 위	오른쪽 아래	왼쪽 위	왼쪽 아래	균일도
940 °C	5분	45.24	48.28	43.63	46.58	43.09	3.62%
	7분	39.26	42.11	37.53	42.26	38.81	4.38%
	10분	36.22	44.40	34.17	41.30	35.56	9.43%
980 °C	5분	44.52	45.75	40.13	42.59	45.61	8.23%
	7분	28.52	31.52	29.31	29.11	26.43	3.63%
	10분	25.24	29.52	23.31	29.34	23.43	9.97%
1000 °C	5분	28.74	28.71	24.53	28.74	24.63	4.89%
	7분	20.97	22.09	20.10	22.02	20.78	3.25%
	10분	22.21	27.35	19.36	21.18	23.21	9.24%

표 2. 는 면 저항의 균일도 측정 하였을 때 결과를 나타 낸 것으로 온도 조건에서 7분으로 고정 한 경우 5%이하의 균일도의 오차를 측정 할 수 있었다.

4. 결론

본 논문에서는 고효율, 저가화 태양전지에 기여 할 수 있는 dopant Pastes 확산 공정을 이용해 n+ emitter를 형성 하였다. 그 결과 온도와 시간에 따른 면 저항의 특성을 분석 할 수 있었고 온도에 변수를 두고 시간을 7분으로 고정 했을 때 $40(\Omega/\text{sq})$, $30(\Omega/\text{sq})$, $20(\Omega/\text{sq})$ 유사한 면 저항의 얻을 수 있었다. 또한 면저항의 평균 균일도(average uniformity) 5% 이하의 값을 얻을 수 있다.

감사의 글

본 연구는 서울시 기술기반구축 사업의 지원에 의해 수행 되었습니다.

참고 문헌

- [1] Jalal Salami, Ben Cruz and Aziz Shaikh, "Diffusion Pastes Development for Printable IBC and Bifacial Silicon Solar Cells" World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, 2006
- [2] Mathew Edwards, Jonathan Bocking, E. Cotter and Neil Bennett, "Screen-Print Selective Diffusions for High-Efficiency Industrial Silicon Solar Cells", interscience, 2007
- [3] D. Biro, O. Schultz, R. Preu, C. Ballif, D. Zickermann And R. Ludemann, "Screen Printed Selective Emitters Prepared by Fast and Rapid Thermal Diffusion", EU PVSEC, 2001