

Spin-On Dopants를 이용한 결정질 실리콘 태양전지의

n+ 에미터 형성에 관한 연구

조경연, 이지훈, 최준영, 이수홍

세종대학교 전략에너지 개발 사업단

Investigation of n+ Emitter Formation Using Spin-On Dopants for Crystalline Si Solar Cells

Kyeong-Yeon Cho, Ji-Hoon Lee, Jun-Young Choi, Soo-Hong Lee

Sejong Univ, Strategic Energy Research Institute

Abstract : To make cost-effective solar cells, We have to use low cost material or make short process time or high temperature process. In solar cells, Formation of emitter is basic and important technique according to build-up P-N junction. Diffusion process using spin-on dopants has all of this advantage. In this paper, We investigated n+ emitter formation spin-on dopants to apply crystalline silicon solar cells. We known variation of sheet resistance according to variation of temperature and single-crystalline and multi-crystalline silicon wafer using Honeywell P-8545 phosphorus spin-on dopants. We obtain uniformity of sheet resistance within 3~5% changing RPM of spin coater .

Key Words : Spin-On Dopants, SOG, phosphorus, sheet resistance, solar cells

1. 서 론

결정질 실리콘 태양전지의 제작에 있어 에너지 변환효율을 높여 더 많은 양의 에너지를 얻고자 하는 것도 중요하나 실제 양산용에 적합한 태양전지로 제작되기 위해서는 저가 이면서 단시간에 많은 양의 태양전지를 생산해 낼 수 있는 기법이 필요하다. 또한 태양전지에 있어 에미터층의 제조는 P-N junction을 형성함에 따라 태양전지의 제작에 있어 가장 기본적이면서 태양전지의 효율과 구조에 밀접한 관계가 있다.

Spin-On Dopants를 이용한 확산 공정기술은 태양전지의 제작에 있어 저가이면서 공정시간이 단축되고 고온공정을 줄여줌으로서 기존의 Solid Source를 비롯한 다른 확산원에 의한 확산 공정보다 태양전지 시장에 있어 큰 영향을 미치는 태양전지의 제조 가격을 낮출 수 있다. [1][2]

본 논문에서는 저가 양산형 실리콘 태양전지에 적용하기 위하여 Spin-On Dopants를 이용한 에미터의 온도에 따른 면저항 특성 분석 및 균일도 확립에 대하여 연구 및 기술하였다.

2. 실험

본 실험에서는 Honeywell사의 P-8545의 Spin-On Dopants를 이용하여 온도에 따른 면저항의 변화, 다결정과 단결정에 따른 면저항의 변화, 실리콘 웨이퍼 기판 내에서의 면저항의 균일성(Uniformity)확립에 대해 실험하였다. 실험

은 우선 RCA 1.11로 Cleaning 공정을 마친 뒤 DI와 HF(Hydrofluoric Acid)의 비율이 10:1인 Diluted HF용액으로 SiO₂ 막이 제거 된 3.3cm X 3.3cm 크기의 단결정 실리콘 웨이퍼 또는 4cm X 4cm 크기의 다결정 실리콘 웨이퍼를 Spin-Coater(Spin-1200 MIDAS) 정 중앙에 놓은 뒤 0.5ml의 Phosphorous Dopants를 스포이드로 도포시킨다. Spin-Coater로 200rpm에서 2sec, 3000rpm에서 20sec로 웨이퍼에 Spin을 가하여 원하는 두께로 Phosphorous Dopants를 골고루 도포시킨다. 도포된 웨이퍼를 150℃ Hot Plate위에 60sec동안 건조시켜 액체 상태를 이루게 했던 여러 Solvent들을 제거하여 다량의 Phosphorous와 SiO₂막을 함유한 Spin On Glass(SOG)막을 만든다. Conventional Annealing Furnace(SJF-1000 : SUNGJIN SEMITECH)에 N₂ 4l/min, O₂ 500ml/min의 가스를 넣어주고 표 1.의 조건으로 온도를 변화시키면서 SOG내의 Phosphorus를 웨이퍼로 확산시킨다. 10 : 1 BOE(Buffered Oxide Etch)용액에서 약 45sec동안 SiO₂막을 제거한다. 4분 탐침법(4 Point Probe)를 이용하여 면저항을 측정한다.

열처리 공정은 표 1.과 같이 850℃, 900℃, 1000℃의 온도 조건에서 이루어 졌으며 850℃에서 웨이퍼를 로 중앙에 놓은 뒤 온도를 상승시켰다 다시 850℃로 떨어뜨리는 방식으로 진행되었다. 850℃에서의 공정은 800℃에서 웨이퍼를 로 중앙에 놓고 850℃로 온도를 상승시킨 뒤 30분 후 800℃로 다시 온도를 낮추어 진행하였다.

표 1. Conventional Annealing Furnace에서의 열처리 조건

850℃	High Temp	High Temp	Low Temp	850℃
Push	Ramp 6℃	30-Min	Ramp 3℃	Pull
	Minute		Minute	
4 l/m N ₂	4 l/m N ₂	4 l/m N ₂	4 l/m N ₂	4 l/m N ₂
500cc O ₂	500cc O ₂	500cc O ₂	500cc O ₂	500cc O ₂

3. 결과 및 고찰

3.1 단결정 실리콘 웨이퍼

그림 1은 Conventional Annealing Furnace에서 단결정 웨이퍼의 온도 변화에 따른 면저항을 보여주고 있다. 온도가 높아짐에 따라 면저항이 낮아지며 온도에 따른 면저항의 그래프가 지수 함수 그래프적으로 형성되는 것을 볼 수 있다. 공정의 조건은 표 1과 같이 30분간 850℃에서 열처리 하였을 때 45.02Ω/sq, 900℃에서 21.34Ω/sq, 1000℃에서 10.185, 1050℃에서 6.914Ω/sq의 면저항을 얻을 수 있었다.

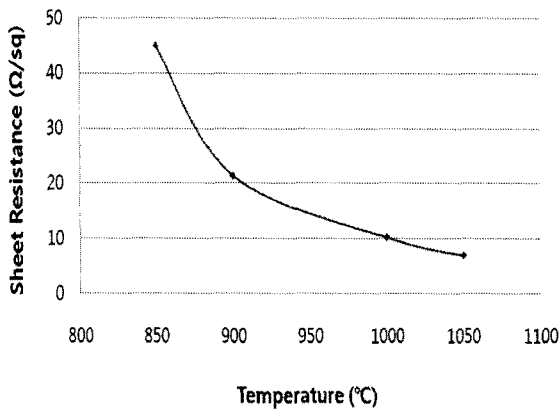


그림 1. 단결정 웨이퍼의 온도변화에 따른 면저항

표 2는 Spin-On Dopants에 의해 n⁺ 에미터가 형성된 단결정 실리콘 웨이퍼의 면저항의 균일도를 측정된 것으로 약 5%안에 들어가는 균일도를 얻었다.

표 2. 단결정 웨이퍼의 면저항 및 그에 따른 균일도

Avg.(Ω/sq)	Uniformity(%)	Top	Left	Center	Right	Bottom
45.02	2.64	42.88	44.89	45.10	43.40	45.41
21.34	5.27	24.26	20.50	20.92	20.28	20.44
20.52	3.08	21.11	19.68	20.96	19.65	19.75
19.22	3.24	19.05	18.00	19.03	19.62	19.66
10.185	3.13	11.00	10.12	9.602	9.810	10.11

3.2 다결정 실리콘 웨이퍼

표 3은 다결정 실리콘 웨이퍼의 Spin-On Dopants에 의한 에미터 형성 전 공정에 따른 면저항 및 균일도를 나타내고 있다. Texturing(Acid)과 SDR(Saw Damage Removal)이

진행되었던 웨이퍼의 면저항은 41.68Ω/sq, SDR만 진행되었던 웨이퍼는 37.51Ω/sq의 면저항을 얻을 수 있었다. SDR만 되어있는 웨이퍼 보다 Texturing이 함께 되어있는 웨이퍼의 면저항이 다소 높게 나타남을 알 수 있다. 또한 다결정 웨이퍼의 경우 결정면이 일정하지 않아 균일도가 7%정도로 단결정 웨이퍼에 비해 균일 하지 않았다. 때문에 Spin-Coater의 RPM을 3000rpm에서 3500rpm으로 변경하여 실험한 결과 2.99%의 균일도를 얻었으며 이때의 면저항은 59.11Ω/sq가 되었다. 면저항이 다소 올라간 이유는 Phosphorous를 함유한 SOG층이 RPM의 변화에 따라 얇아도포되었기 때문이라 생각된다.

표 3. 에미터 형성 전 공정에 따른 다결정 웨이퍼의 면저항 및 균일도

	Avg.(Ω/sq)	Uniformity(%)	Top	Left	Center	Right	Bottom
Texturing & SDR	41.68	7.12	50.32	39.45	37.57	42.95	41.23
SDR	37.51	7.65	38.46	39.61	35.76	39.46	32.11
SDR	59.11	2.99	61.12	59.06	55.85	61.83	58.70

4. 결론

본 실험에서는 Spin-On Dopants를 이용한 결정질 실리콘 태양전지의 n⁺ 에미터 형성에 대하여 알아보았다. 단결정 웨이퍼의 경우 Screen Printing 태양전지 제작을 위한 40 ~ 50 Ω/sq의 면저항을 얻기 위해서는 850℃의 온도가 최적의 온도임을 알 수 있고, Selective Emitter 형성을 위한 n⁺⁺ 에미터 형성의 온도는 900℃ ~ 1050℃에서 찾을 수 있었다. 온도에 따른 면저항의 그래프가 지수 함수적으로 감소함을 알 수 있었다. 면저항의 균일도는 5%이하의 값을 얻었고 다결정 웨이퍼의 균일도 또한 Spin-Coater의 RPM을 향상시켜 3%이하의 값을 얻을 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 서울시 기술 기반 구축사업의 지원에 의해 시행 되었습니다.

참고 문헌

- [1] U. GANGOPADHYAY, Kyunghae KIM, S. K. DHUNGEL and J.YI, "Effect of Novel Surface Treatment on Large-Area Low-Cost SOD Diffused Monocrystalline Silicon Solar Cells" Journal of the Korean Physical Society, Vol. 47, No. 6, p. 1035~1040, 2005.
- [2] M. KUISL "Doped Silicon Dioxide Films From Spin-On Solutions" Thin Solid Films, 177, 1989, p. 231~237