## Si solar cell 제작을 위한 공정 개발과 도핑 특성 분석

홍근기\*, 홍순관\*\*, 김회만\*\*\*, 은종부\*\*\*, 박홍기\*\*\*
\*서울대학교 반도체공동연구소
\*\*혜전대학 디지털전자과
\*\*\*서울시립대학교 반도체 재료 및 소자 연구실
e-mail: kkhong@snu.ac.kr

# The Process development for Si Solar Cell fabricate and Its Analysis of doping properties

<u>Kuen-Kee Hong</u>\*, Soon-Kwan Hong\*\*, Hoi-Man Kim\*\*\*, Jong-Boo Eun\*\*\*
and Hong-Ki Park\*\*\*

\*Inter-University Semiconductor Research Center, Seoul National University

\*\*Dept. of Digital Electronics, Hyejeon College

\*\*\*Semiconductor Materials and Devices Lab., University of Seoul

#### 요 약

화석연료 사용으로 발생한 환경 문제와 에너지원 고갈로 생성된 새로운 청정에너지에 대한 중요성은 시간이 지나면서 더욱더 증가해 가고 있다. 청정에너지로 알려져 있는 많은 에너지원 중에 태양의 빛에너지를 전기적 에너지로 변환하여 활용하기 위한 연구는 상당히 많이 이루어지고 있다. 태양전지는 공해가 적고, 자원이 무한적이며 반영구적인 수명을 가지고 있어 일부 에너지 문제에 도움을 줄 수 있는 에너지원으로 평가받고 있다. 태양전지 기술 개발 방향은 전지의 변환효율을 높이는 방향과 공정 개발 원가를 줄이는방향의 연구들로 진행되어 오고 있다. 태양전지의 변환 효율은 새로운 물질의 개발과 공정 개발을 통하여 연구가 진행되고 있으며, 발전해온 많은 반도체 기술을 통하여 많은 부분 향상되어 오고 있다. 하지만, 반도체 기술 중에 도핑 기술은 많은 부분을 연구되어 왔지만, 아직도 쉽지만은 않은 기술이다. 이러한 기술이 안정화되지 않고서는 높은 효율의 태양전지의 개발은 어려운 일이다. 본 연구에서는 태양전지 제작하는 공정을 단순화하고 그 공정 중에 어려운 공정으로 알려진 도핑공정에 대한 연구를 진행하였다. 대양한 공정 조건으로 연구가 이루어 졌으며, 그 변화에 따른 온도변화와 소스의 농도 변화에 따른 면저항 값을 분석하였다.

#### 1. 서 론

최근 심각한 환경오염 문제와 화석 에너지 고갈로 차세대 청정에너지 개발에 대한 중요성이 증대되고 있다. 그 중에서 태양전지는 공해가 적고, 자원이 무한적이며 반영구적인 수명을 가지고 있어 미래 에너지 문제를 해결할 수 있는 에너지원으로 기대되고 있다. 1956년에 고 순도 단결정 실리콘 제조 방법이 개발되어 Bell 연구소에서 최초로 4% 효율의 단결 정실리콘 태양전지를 만들었고 1960년대 미국과 소련이 우주개발 경쟁을 하면서 실리콘 태양전지는 인공위성의 전원 장치의 중요 핵심 소자로써 많은 연구가 이루어졌다. 그 후 다소 둔화되다가 1970년 에너지 위기에 직면하면서 미국 정부와 산업계에서 지

상용 전력으로 본격적으로 도입이 시도되었으며, 1980년대에는 단결정 실리콘 태양전지 제조 기술의 급격한 발전으로 광 변환 효율이 20%에 이르렀다. 그 후 태양전지는 효율 향상과 대면적화, 대량생산화 되면서 생산 단가가 계속 낮아져 산업화에 성공하였다. 현재 태양전지 산업의 90%를 실리콘 태양전지가 차지하고 있다. 하지만, 태양전지의 제조 단가 절감을 위한 공정 단순화와 변환 효율 향상 문제는 해결해할 문제로 남겨졌다.

본 연구에서는 이러한 태양전지의 공정을 단순화 시키며, 태양전지 제작공정 중에 어려운 공정으로 알려진 도핑공정에 대하여 연구를 진행하였다.

#### 2. 소자 제작 공정

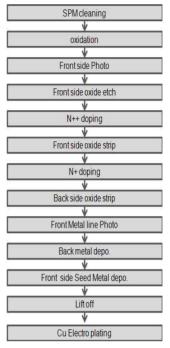
Si solar cell은 변환효율에 비하여 제작공정의 비용이 높다. 이러한 제작공정에서 발생되는 고비용의 문제점은 PV cell 상용화에 큰 걸림돌이 되고 있다. Si solar cell의 제작 공정을 단순화 시키고 공정비용을 절감하기 위하여 공정의 순서와 공정 방법의 변화를 주어 제작하였다. [그림 1]은 본 연구에서 제작한 Si solar cell의 제작 공정을 보여 주고 있다.

P-type (1 0 0) Si 기판을 사용하였으며, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>와 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 4:1비율로 하여 360초 동안 클리닝 공정을 진행하였다. 먼저 wet oxidation을 통하여 1000Å의 SiO2막을 형성 하였으며, Photo 공정을 통하여 앞면의 패턴을 형성하였다. POCl3 furnace를 통하여 P도핑 공정을 진행하였으며, POCl3공정 온도는 후공정의 영향을 받지 않도록 drive-in 850℃에서 이루어 졌다. SiO2를 모두 제거하고, 웨이퍼의 앞면과 뒷면에 포토 공정을 하여 패터닝을 한 후 Cuelectro plating을 진행하여 전극을 형성하였다. 형성된 전극이외의 부분을 제거하기 위하여 lift off 공정을 진행하여 패터닝 된 부분의 전극만이 남도록 하였다.

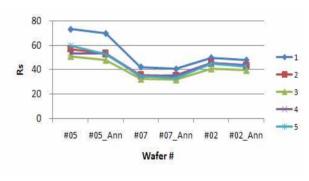
#### 3. 도핑 공정 개발

Si solar cell을 효율을 증가 하기 위한 공정 중에 가장 어려운 도핑공정의 다양한 변화에 대한 연구를 하였다. 우선 도핑 공정을 진행하여도 furnace와 같 은 고온공정 장비를 활용 하여야 한다. 이러한 장비 는 공정온도와 소스의 흐름에 따라 여러 변화의 결 과를 만들어 낸다. 본 연구에서는 공정을 쉽게 제어 할 수 있도록 몇 가지의 제어 파라미터들을 추출하 여 진행 하였다. 또한 후속의 공정에서 온도의 영향 을 받지 않도록 하기 위해서 후속 공정에서 활용되 지 않는 온도 범위에서 drive-in 공정을 하여 안정 화 시킴으로써, 공정 진행 후 소자의 변화가 이루 어지지 않도록 하였다. [그림 2]는 P 도핑을 동한 N 영영을 형성 하였을 때. 웨이퍼의 uniformity를 보여 주고 있다. P 도핑을 하였을 때, 온도 변화와 생성 되는 PSG에 따라 많은 영향을 받았다. 또한, 공급되 는 소스의 유입량에 따라 영향을 받는가 하면 일정 한 온도를 지나면서 그 영향은 급속히 감소하고 온 도와 시간의 영향이 많은 것으로 확인 하였다. [그 림 3]은 패터닝 된 웨이퍼에 POCL3 도핑 된 후의

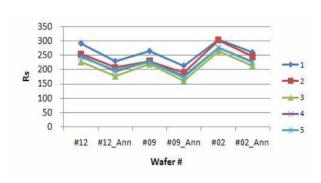
SEM 이지지 이다. N++영역에 SiO2가 오픈된 것을 볼 수 있다. [그림 4]는 solar cell의 윗면에 finger metal line이 도금 모습을 보여주고 있다.



[그림 1] 제작 공정 흐름도

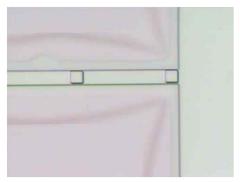


(a) N++ Rs with position

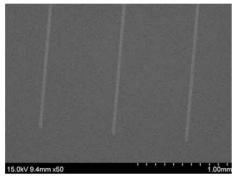


(b) N+ Rs with position

[그림 2] P 도핑을 통한 웨이퍼의 Rs측정 결과



[그림 3] P 도핑 후의 웨이퍼 이미지



[그림 4] Metal line SEM 이미지

#### 4. 결 론

청정에너지에 대한 필요성과 이목이 집중되고 있어 solar cell의 수요가 급속하게 증가하고 있다. 실리콘 태양전지 생산에 있어 많은 문제점으로 야기되는 공정에 대한 이슈는 반도체의 기술이 적용된 현재에도 어려움으로 남아 있다. 그중에서 중요한 문제점인 도핑 농도에 대한 문제점을 해결하기 위하여연구를 하였으며, 도핑농도에 영향을 주는 파라미터들에 따른 특성을 변화를 알 수 있었다. 웨이퍼의도핑농도는 공급되는 소스의 양에 따라 그 변화율이많이 나타났으나 어느 정도의 변화가 후에는 온도와열처리 시간에 따른 변화가 많은 영향을 주었다. POCI3 도핑은 이온주입법과 다르게 재현성과 좋은 uniformity에는 어려움이 있으나 batch 공정으로 저가의 solar cell을 생산하기에 좋은 장점이 있다.

### 참고문헌

[1] Poruba A, Fejfar A, Remes Z, Springer J, Vanecek M, Kocka J, Meier J, Torres P and Shah A. "Optical absorption and light scattering in microcrystalline silicon thin

- films and solar cells", Journal of Applied Physics 88: 148–160, 2000.
- [2] A. Goetzberger, C. Hebling, "Photovoltaic materials, past, present, future", Solar Energy Matererials Solar Cells 62 1–19, 2000.
- [3] E. Maruyama et al., "Sanyo's Challenges to the Development of High-efficiency HIT Solar Cells and the Expansion of HIT Business", WCPEC-4 (Hawaii, 2006) pp. 1455-1460.
- [4] Masafumi Yamaguch, Tatsuya Takamoto, and Kenji Araki, "Super High-efficiency Multijunction and Concentrator Solar Cells", Solar Energy Materials & Solar Cells, Vol.90, pp. 3068–3077, 2006.
- [5] S.W. Glunz, A. Mette, M. Aleman, P. L. Richter, A. Filipovic, and G.Willeke, "New concepts for the front side metallization of silicon solar cells," in Proceedings of the 21st European Photovoltaic Solar Energy Conference (EU PVSEC '06) pp.746,2006.