

# PN 접합을 만들기 위한 확산공정

오테레사

청주대학교 전자정보공학부 반도체설계공학과  
e-mail:teresa@cju.ac.kr

## Diffusion Process for PN Junction in Solar Cell

Teresa Oh

<sup>1</sup>Division of Semiconductor, School of Electronic Information, Cheongju University

### 요 약

실리콘 태양전지의 pn 접합 계면특성을 조사하기 위해서 p형 실리콘 기판 위에 전기로를 이용한 POCl<sub>3</sub> 공정을 통하여 n형의 불순물을 주입하여 pn접합을 만들었다. n형 불순물의 확산되어 들어가는 공정시간이 길고 공정온도가 높을수록 면저항은 줄어들었다. n형 불순물의 주입이 많아질수록 pn 접합 계면에서의 전자친화도가 줄어들면서 면저항은 감소되었다고 할 수 있다. n형 반도체의 페르미레벨이 높아지면서 공핍층도 생기지만 n형 불순물이 많아지면서 공핍층의 폭은 점점 좁아지고 쇼키 장벽의 높이도 낮아지면서 자유전자와 홀 쌍의 이동이 쉽게 이루어지게 되었다. n형의 불순물 확산공정시간이 긴 태양전지 셀에서 F.F. 계수가 높게 나타났으며, 효율도 높게 나타났다.

### 1. 서론

태양전지에는 크게 실리콘 태양전지, 박막형 태양전지, 염료형 태양전지, 화합물 박막전지, 유기물 박막전지가 있으며, 현재 결정질 실리콘 태양전지의 사용이 가장 많이 이용되고 있다. 태양전지에 사용되는 반도체 박막은 열적 성장이나 물리적 증착, 혹은 화학반응에 의해 증착되는 금속, 반도체, 절연체의 박막으로써, 가장 기본이 되는 것은 pn 접으로 형성된 서로 다른 특성의 반도체 층을 어떻게 만드느냐 하는데서 시작된다. 전자와 정공이 분리되면서 하전캐리어의 분극이 일어나기 때문에, 반도체의 양측에는 전위차가 생기고, 이 현상을 광기전력효과(photo-voltaic effect)라 부른다. 태양전지에 필요한 4가지 동작으로 광학적 정합, 캐리어생성, 생성캐리어 분극, 캐리어수집이 있는데, 이 과정에서 반사손실, 재결합 손실, 열발생에 의한 소실이 발생하기 마련인데 이러한 실리콘의 손실 성분에 의해서 효율이 56% 정도 떨어지게 된다[11-12]. 그래서 실리콘 태양전지와 관련하여 이루어지는 연구의 대부분은 효율을 향상시키기 위해서 손실성분을 줄이는 기술과 새로운 물질 개발로 이루어져 있다. 태양전지내의 캐리어와 전자파와의 에너지 상호작용이 일어나서 전기에너지로 활용되는 태양 복사에너지는 가시광선과 적외선 영역이며, 반도체에 빛이 쬐여지면 여기되어 이동하는 자유전자나 정공이 생기면서 광전효과가 발생한다. 손실성분에 대한 조사는 각 공정에서 일어

나는 박막의 계면특성에 대한 조사로부터 이루어지며, pn접합에서 일어나는 접합면의 동작원리를 이해하는 것은 손실을 줄이는 중요한 과정이라 할 수 있다.

본 실험에서는 pn접합공정과 셀 효율의 상관관계를 조사하기 위해서 여러 가지 조건에서의 pn접합공정을 실시하여 면저항을 측정하고 태양전지 셀을 만들어 효율을 측정하였다.

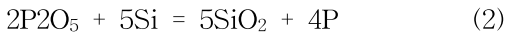
### II. 이론 및 실험방법

태양전지의 p-n 접합은 POCl<sub>3</sub> 프리커서와 산소의 혼합기체를 사용한 전기로에서 이루어졌다. 기체 라인에서 응축을 방지하기 위해서 기체라인은 항상 25 °C를 유지하였으며, POCl<sub>3</sub> 프리커서는 N<sub>2</sub> 기체를 사용한 버블 시스템을 이용하였다. 0.5~1.7Ω·cm의 저항을 갖는 p-type(100) Si 기판은 유기클리닝을 실시하였으며, 확산공정은 830°C와 850°C에서 12분간 증착이 이루어졌으며, 열처리 온도는 역시 각각 830°C와 850°C에서 실시하였다. 셀공정은 850°C에서 증착과 확산공정이 이루어진 박막에 대하여 실시하였다. 광흡수를 높게 하기 위해서 표면을 거칠게 texturing하기 위해서 KOH,IPA,DI water를 혼합한 용액에서 30분간 표면을 에칭하였으며, 앞면과 뒷면의 전극은 각각 Ag, Al을 각각 사용하였다. 확산공정 후 셀의 표면저항은 4-point 프로브를 이용하여 측정하였으며, 셀의 효율은 솔라시뮬레이터 LAB50

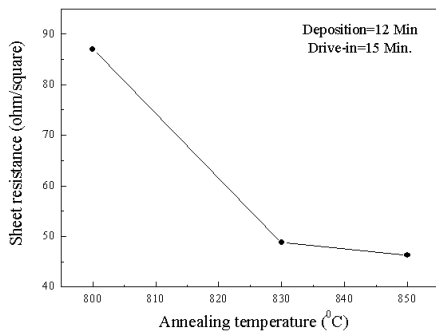
(Photovoltaic power meter, Polaronix K201)를 이용하였다. 확산공정 후의 표면저항과 셀 효율의 관계를 조사하였다.

### III. 결과 및 고찰

그림 1은 열처리시간에 따른 면저항을 850°C와 830°C에서 실시한 결과를 보여준다. p형의 실리콘 기판위에 n형의 불순물을 주입하기 위한 POCl<sub>3</sub> 기체의 증착공정은 12분 동안 이루어졌으며, n형의 불순물이 p형 실리콘 안으로 주입되어 들어가는 시간은 각각 다르게 하였다.

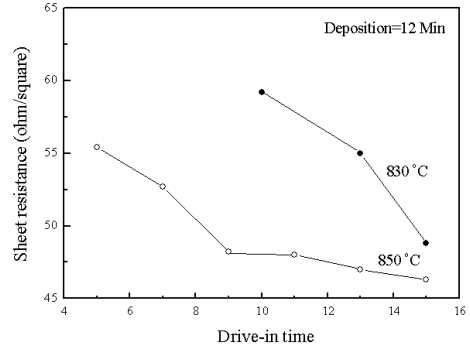


POCl<sub>3</sub>용액의 운반은 N<sub>2</sub>를 이용하고 소량의 O<sub>2</sub>를 주입하여 Si표면에 산화막을 형성한 다음, 산화막 내에 분포하는 불순물을 열처리 공정을 이용하여 확산시켰다. POCl<sub>3</sub>용액중의 P원자가 확산해 들어가는 과정은 식 (1)과 (2)에서 보여준다. POCl<sub>3</sub>용액이 산소와 결합하고 Cl 원자가 떨어져 나간다. 2P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 결합은 다시 실리콘기판과 반응하여 산화막과 P를 생성하고 생성된 P는 열처리 공정에 의해서 반도체 기판안으로 확산해 들어가게 되면 pn 접합이 완성된다.



[Fig. 1] Sheet resistance at pn junction in accordance with the increasing of the diffusion times.

그림 1은 POCl<sub>3</sub>증착 후 열처리 온도에 따른 면저항을 나타낸다. 온도가 높을수록 면저항의 값은 낮아졌다. 그림 2는 Drive-in 시간에 따른 면저항으로 Drive in 시간이 길수록 면저항은 낮아졌다. Drive in 시간이 길어지게 되면 캐리어들의 확산되는 깊이가 깊어짐에 따라 확산영역이 넓어지기 때문에 면저항이 낮아지는 것이다.



[Fig. 2] Sheet resistance at pn junction in accordance with the increasing of the annealing temperatures.

### IV. 결론

실리콘 태양전지의 pn 접합 특성을 연구하기 위해서 POCl<sub>3</sub>와 산소를 혼합한 개스를 사용하여 퍼니스를 이용하여 확산공정을 실시하였다. p형의 실리콘 기판위에 n형의 불순물을 주입하는 열처리 온도가 높고 확산공정시간이 길수록 면저항은 낮아졌으며, 확산공정시간이 길수록 태양전지 셀의 효율은 증가하였다. n형의 불순물이 많을수록 p형 실리콘 기판과의 접합면에서 전자친화도가 줄어들면서 쇼키장벽의 높이가 낮아지고 EHP쌍이 많이 생김에 따라서 효율이 증가되었다. 태양전지의 셀 효율을 개선시키기 위해서는 접촉전위와 재결합에 의한 손실성분에 대한 연구가 더 필요할 것이다.

### 참고 문헌

- [1] Michael Y. Levy and Christiana Hongserg : IEEE, transactions on Electron Devices, 55(3), 706-711 (2008).
- [2] 안민형, 조의식, 권상직 : 한국진공학회지, 18(6), 440-446 (2009).
- [3] Li Ding Yu, Sun Lei, Zhang Sheng Dong, Wang Yi, Liu Xiao Yan and Han Ru Qi : Chin. Phys. Soc. 16, 240-245 (2007).