

## Selective emitter를 이용한 태양전지 효율 향상

홍근기\*, 조경연\*, 서재근\*, 오동준\*, 심지명\*, 이현우\*, 김지선\*, 신정은\*, 김지수\*,  
이은주\*, 이수홍\*\*, 이해석\*

\*신성솔라에너지 기술연구소(kkhong@shinsung.co.kr),  
\*\*세종대학교 전자공학과

## Improvement of solar cell efficiency using selective emitter

Hong, Kuen-Kee\*, Cho, Kyeong-yeon\*, Seo, Jae-Keun\*, Oh, Dong-Joon\*, Shim, Ji-Myung,  
Lee, Hyun-Woo\*, Kim, Ji-Sun\*, Shin, Jeong-Eun\*, Lee, Eun-Joo\*, Lee, Soo-Hong\*\* and Lee,  
Hae-Seok\*

\*R&D Center, Shinsung Solar Energy Co., Ltd. (kkhong@shinsung.co.kr),  
\*\*Dept. of Electronic Engineering, Sejong University

### Abstract

---

The process conditions for high efficiency industrial crystalline Si solar cells with selective emitter were optimized. In the screen printed solar cells, the sheet resistance must be 50-60  $\Omega/\text{sq}$ . because of metal contact resistance. But the low sheet resistance causes the increase of the recombination and blue response at the short wavelength. Therefore, the screen printed solar cells with homogeneous emitter have limitations of efficiency, and this means that the selective emitter must be used to improve cell efficiency. This work demonstrates the feasibility of a commercially available selective emitter process, based on screen printing and conventional diffusion process. Now, we improved cell efficiency from 18.29% to 18.45% by transition of heavy emitter pattern and shallow emitter doping condition.

Keywords : Si solar cell, high efficiency, selective emitter

---

### 1. 서 론

2011년 현재전체 에너지 중 신재생에너지 비중은 15% 수준에 불과하지만 환경위기에 대한 세계적인 공감대 형성과 정부차원의 적극적 지원 등에 힘입어 2020년에는 전체 에

너지의 35%까지 증가 할 것으로 추정되고 있다. 신재생에너지 중에 태양 에너지는 무한하고 에너지원의 크기가 가장 크며, 위험요소도 없어서 가장 이상적인 대체 에너지로 여겨지기 때문에 태양전지는 산업화 가능성이 가장 높은 대체에너지원으로 부각 되고 있다.

태양전지는 광기전력 효과를 이용하여 전기에너지를 생산하는 에너지 변환장치로서 태양광 발전의 중심기술이다. 현재 태양전지는 인공위성, 자동차, 휴대전화, 건물 등 다양한 현장에서 에너지원으로 이용되고 있으며 재료에 따라 실리콘 태양전지, 화합물 반도체 태양전지, 유기태양전지로 분류된다. 이러한 태양전지의 효율을 최대화하기 위해서는 전기적·광학적 손실을 최소화 시켜야 한다. 이를 위해서는 태양전지의 발전 원리인 빛 흡수, carrier 생성, carrier 분리, carrier 수집이 원활히 이루어져야 한다. 이 중 carrier를 효과적으로 수집하는 방법으로는 직렬저항에 의한 에너지 손실과 누설전류를 줄이는 방법이 있다. 직렬저항에는 기판과 전극 물질 사이의 저항, emitter의 면 저항, 기판의 저항, 상부 전극의 저항, grid의 저항 등 여러 가지 성분으로 구성되어 있다. 현재 상업용 태양전지의 대부분은 전극 형성 방법이 용이하고 대량생산에 적합한 이유로 screen printing 태양전지를 사용하고 있다.

본 논문에서는 태양전지의 효율을 높이기 위해 직렬저항을 낮추기 위한 기술로 selective emitter와 스크린 프린트 전극에 관한 연구를 진행하였다.

## 2. 실험 방법

### 2.1 Cell 제작 및 emitter 패턴 형성

Cell 제작 실험은 B(Boron)이 doping된 p-type의 태양전지용 단결정 Si wafer로 비저항  $0.5\sim 3\Omega\cdot\text{cm}$ 의  $156\text{ mm} \times 156\text{ mm}$  (pseudo square) 기판을 사용하였다.

texturing 진행 후, P(Phosphorus)의 고농도 도핑 마스크를 위해 thermal oxide를 이용하여 masking layer로 사용하였다. Selective emitter 구조 형성을 위해 P 고농도 도핑을 위한 패턴을 형성하였다. 패턴은 스크린 프린팅 방법을 이용하였다.  $\text{POCl}_3$  도핑은 표면에 고농도로 도핑( $20\sim 30\Omega/\text{sq}$ )하였으며, 공

정 진행 후 masking layer로 사용된  $\text{SiO}_2$ 는 모두 제거 하였다. 전면 emitter의  $\text{POCl}_3$  도핑은  $80\sim 100\Omega/\text{sq}$ 로 진행하였다. 표면의 면저항은 4-point probe로 측정 하였다.  $\text{POCl}_3$  도핑 공정 진행 후 PSG(Phosphorus Silicate glass)는 모두 제거 하였다.  $\text{SiN}_x$  패시베이션은 PECVD (plasma enhanced chemical vapor deposition)을 이용하여 앞면에 증착하였다. 금속 전극 (Ag-전면 전극, Al-후면 전극)은 스크린 프린팅 방법으로 진행 한 후, co-firing 공정을 진행하였다.

그림 1은 본 논문에서 진행하였던 cell 및 emitter 패턴 형성의 제작 과정을 보여주고 있다.

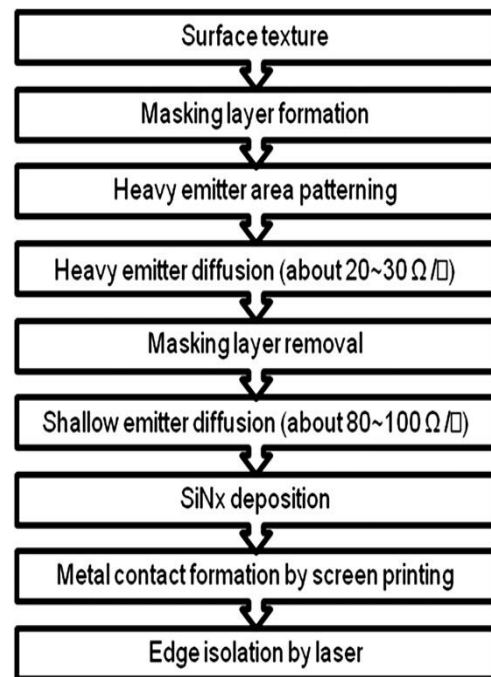


그림 1. Cell 제작 순서도

패턴 형성된 고농도 emitter 영역의 비는 스크린 프린팅 기법에 의하여 증착된 금속전극의 폭 대비 1.3배, 1.8배, 2.2배의 비로 형성 하였다.

그림 2는 금속 전극의 폭과 패턴이 형성된 고농도 도핑 emitter의 넓이를 비교하여 보고 주고 있다.

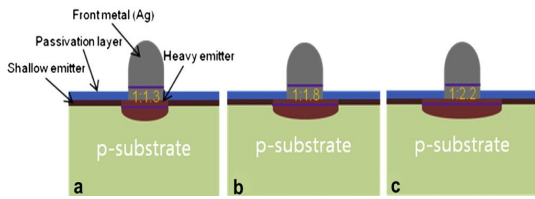


그림 2. 금속 전극과 형성된 emitter 폭의 비

## 2. 결과 및 고찰

본 연구에서 패턴을 형성한 고농도 도핑 emitter와 전면 emitter의 면 저항의 특성을 최적화 하였다. Si wafer 표면에서 고농도 도핑된 emitter가 차지하는 영역은 전체 면적대비 각각 (a) 11.7%, (b) 15.2%, (c) 17.5%로 하였다. 기판의 전체 면적에서 금속 전극이 차지하는 면적은 전체 대비 9.4%로 하였다. 기판 표면에 고농도 도핑된 emitter의 오픈된 영역은 전체 면적대비 각각 (a) 2.3%, (b) 5.8%, (c) 8.1%의 비이다. 고농도 도핑된 emitter 영역의 식각(etch)비에 따라 재결합의 증가로  $V_{OC}$ 의 변화가 있었다. 고농도 도핑된 emitter의 정확한  $V_{OC}$  데이터를 얻기 위해 Sun- $V_{OC}$  측정 장비를 이용하였다. 그림 3은 고농도 도핑된 emitter의 영역에 따른 Sun- $V_{OC}$  결과를 보여 주고 있다. 여기에서  $V_{OC}$ 는 11.7% emitter영역에서 635mV를 보여 주었으며, 이것은 reference cell (homogeneous emitter cell:  $R_{sheet} \sim 50\Omega/sq.$ ) 보다  $V_{OC}$ 가 9mV 향상된 것을 의미한다. 고농도 도핑된 emitter에서 5mV 정도 변화를 보였으며, 17.5%에서 11.7%로 고농도 도핑된 emitter의 면적이 감소하였을 때,  $V_{OC}$ 는 선형적으로 증가하였다.

본 논문에서 11.7% 고농도 도핑 영역을 갖는 selective emitter 구조를 적용하여 개발한 태양전지에서  $V_{OC}$  635.78mV,  $J_{SC}$  37.03mA/cm<sup>2</sup>, FF 78.35%와 18.45%의 효율을 얻었다. 표 1에서 Reference cell과 고농도로 도핑한 selective emitter 구조를 적용한 태양전지의 효율과 각각의 파라미터들을 보여주고 있다. 측정

환경은 AM 1.5G, 100mW/cm<sup>2</sup>와 25°C에서 이루어 졌다. 표 1에서 보여 진 것과 같이 11.7%의 고농도 도핑영역을 갖으며 Selective emitter 구조를 적용한 cell과 reference cell을 비교하였을 때,  $V_{OC}$  8mV,  $J_{SC}$  0.57 mA/cm<sup>2</sup>와 Eff. 0.5% 가 향상된 결과를 얻었다.

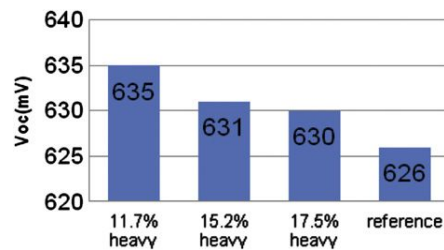


그림 3. 고농도 도핑된 emitter영역에 따른 Sun- $V_{OC}$  데이터

표 1. Selective emitter 구조를 적용한 스크린 프린팅 전극 태양전지의 I-V 특성

Cell type	$V_{OC}$ (mV)	$J_{SC}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	FF(%)	Eff.(%)
(a)11.7 % heavy	635.78	37.03	78.35	18.45
(b)15.2 % heavy	633.22	37.02	78.28	18.35
(a)17.5 % heavy	632.07	36.92	78.38	18.29
Reference	627.77	36.46	78.39	17.94

## 5. 결 론

고효율 태양전지를 얻기 위해서는 실리콘 기판과의 접촉저항이 적어야 직렬저항의 감소로 인한 곡선인자 상승으로 변환효율을 높여야 한다. 또한 가격이 저렴하고 양산에 적합하다고 생각되는 공정을 적용하여 변환효율 증가에 적용 할 수 있다. 본 논문에서는 태양전지의 고효율화를 위하여 selective emitter 구조를 적용하여 연구하였으며, selective emitter를 구현하기 위하여 POCl<sub>3</sub> 공정을 적용하였다. 위의 내용을 적용하여 selective emitter 구조를 갖는 6 inch c-Si solar cell을 제작 하였다. 태양전지는 고농도 도핑된 영역과 금속 전극의 open 영역의 비에 따라 파라미터의

변화로 인한 효율변화를 평가하였다.

## 후 기

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

(No. 20113010010010-11-1-000)

## 참 고 문 헌

1. Harald Kerp, Jalal Salami, Gorka Bueno, Knuth Albertsen, Juan Carlos Jimeno, Aziz Shaikh, et al. 15th International Photovoltaic Solar Energy Conference, 2005.
2. Misiakos K, Lindholm FA. Solar Cells 1986, 17:29.
3. Bahr M, Dauwe S, Mittelstat L, Schmidt J, Gobsch G. 19th EU-PVSEC; 2004.
4. Munzer KA, Holdermann KT, Schlosser RE, Sterk S. Proceedings of 16th EPVSEC, Glasgow, 2000. pp. 1185- 1188.
5. Eunjoo Lee, Hyunwoo Lee, Ilhwan Kim, Junyoung Choi, Dongjun Oh, Jimyung Shim, et al. 19th PVSEC; 2009.
6. Kyeong-Yeon Cho, Il-Hwan Kim, Dong-Joon Oh, Ji-Myung Shim, Eun-Joo Lee, Hyun-Woo Lee, et al. 35th IEEE PVSC; 2010.
7. Andres Cuevas, Jason Tan. Solar Energy Materials & Solar Cells 2009;93:958-60