

# 고효율, 저가화 태양전지에 적합한 Ni/Cu 금속 전극 간격에 따른 특성 평가

김민정\*, 이지훈\*\*, 조경연\*\*\*, 이수홍\*\*\*\*

\*세종대학교 전략에너지연구소(mjk@sju.ac.kr), \*\*세종대학교 전략에너지연구소(jhl@sju.ac.kr),  
\*\*\*세종대학교 전략에너지연구소(kycho@sju.ac.kr), \*\*\*\*세종대학교 전략에너지연구소(shl@sejong.ac.kr)

## Investigation of the Ni/Cu metal grid space for high-efficiency, low cost crystalline silicon solar cells

Kim, Min-Jeong\*, Lee, Ji-Hun\*\*, Cho, Kyeng-Yeon\*\*\*, Lee, Soo-Hong\*\*\*\*

\*Strategic Energy Research Institute, Sejong University(mjk@sju.ac.kr),  
\*\*Strategic Energy Research Institute, Sejong University(jhl@sju.ac.kr),,  
\*\*\*Strategic Energy Research Institute, Sejong University(kycho@sju.ac.kr)  
\*\*\*\*Strategic Energy Research Institute, Sejong University(shl@sejong.ac.kr)

### Abstract

---

The front metal contact is one of the most important element influences in efficiency in the silicon solar cell. First of all selective of the material and formation method is important in metal contacts.

Commercial solar cells with screen-printed contacts formed by using Ag paste process is simple relatively and mass production is easy. But it suffer from a low fill factor and a high shading loss because of high contact resistance. Besides Ag paste too expensive. because of depends income.

This paper applied for Ni/Cu metallization replace for paste of screen printing front metal contact. Low cost Ni and Cu metal contacts have been formed by using electroless plating and electroplating techniques to replace the screen-printed Ag contacts. Ni has been proposed as a suitable silicide for the salicidation process and is expected to replace conventional silicides. Copper is a promising material for the electrical contacts in solar cells in terms of conductivity and cost.

In experiments Ni/Cu metal contact applied same grid formation of screen-printed solar cell. And it has variation of different grid spacing. It was verified that the wide spacing of grid finger could increase the series resistance also the narrow spacing of grid finger also implies a grid with a higher density of grid fingers. Through different grid spacing found alteration of efficiency.

Keywords : Silicon solar cell , Ni/Cu metallization , grid spacing

---

## 기 호 설 명

FF : Fill factor (%)

### 1. 서 론

실리콘 결정질 태양전지에서 금속 전면 전극은 Cell의 효율과 비용을 결정하는데 있어서 영향을 끼치는 요소 중에 하나이다. 태양전지에서 효율을 감소 시키는 요소 중 가장 큰 부분을 차지하는 것 중에 하나로 저항성분을 들 수 있는데 이 저항성분에 의한 감소에는 emitter에서 금속전극 방향으로 흐르는 carrier에 인한 저항과 기판과 금속전극 및 접촉저항에 관련된 series 저항이 포함된다. 따라서 효율적인 전면전극 형성은 저비용으로 최대의 효율을 낼 수 있는 방법 중 하나이다.[3]

현재 상업적으로 널리 쓰이고 있는 Screen-printed 기법은 제조 공정이 단순하고 비교적 저가의 공정장비를 사용한다. 또 Ag, Al Paste 등의 적합한 전극 재료를 선택적으로 적용할 수 있고 대면적의 cell을 대량생산이 가능하다는 큰 장점을 가지고 있다. 하지만 고효율을 내기 위한 태양전지의 전극형성법에 비해 Screen-printed 에 사용되는 전극물질인 Ag Paste는 재료자체가 glass frit 성분을 포함하고 있어 비저항이 매우 크고 재료의 특성상 열처리 과정에 있어서 온도와 시간, 가스 등에 매우 민감하여 어려움이 많다. Paste는 수입에 의존하기 때문에 가격이 매우 비싸다.

따라서 전극재료 및 형성기법에 대한 대체적인 기술이 필요하다. 이에 고효율 태양전지 제작에 널리 쓰이고 있는 방법 중 금속전극을 증착하는 Ni/Cu를 Plating 하는 방법은 . Cu의 전도성이 높고 가격이 저렴하다. Ni은 기존에 Silicide를 형성 했던  $TiSi_2$  나  $CoSi_2$  물질보다 저항이 낮고 형성온도도 낮으며 막의 스트레스도 적다. 또한 Cu의 diffusion

barrier 역할에도 적합하다.[2][4]

따라서 Ag, Paste를 대신하여 Ni/Cu 금속전극을 이용한 Plating 기법을 사용한다면 저비용으로 고효율의 cell 제작이 용이할 것이다.

본 연구는 Screen-printed 기법에서 높은 효율이 나왔을 때의 면저항을 Ni/Cu plating에 적용하여 그에 따른 grid 간격 조건을 Screen-printed 과 비교하여 최적의 grid간격을 찾는 연구를 수행하였다.

### 2. 금속전극 특성 평가를 위한 고찰

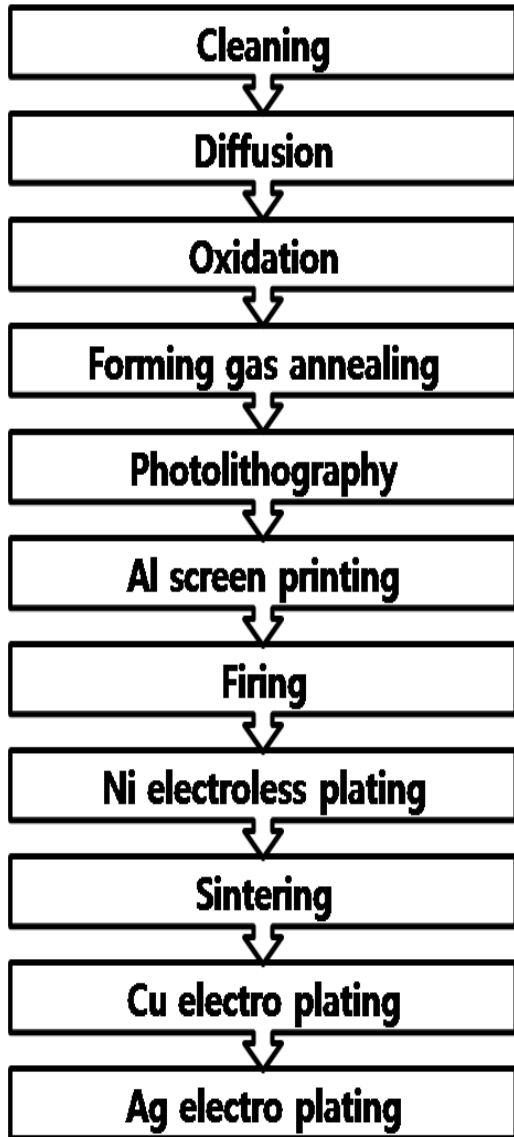
금속전극의 특성평가에 영향을 미치는 요소들의 내용.

#### 2.1 Doping 농도와 grid 간격의 관계

태양전지의 효율에 영향을 주는 요소로 전면전극에 의해 빛의 입사면적의 손실인 광손실과 전면전극과 에미터에 흐르는 캐리어에 의한 저항 손실이다. 전극의 grid 간격이 증가하면 광손실은 줄어들지만 저항 손실은 증가하게 된다. 저항에 따른 전력손실에는 에미터 저항에 의한 전력손실이 포함되어 면저항에 따라 각각의 저항손실이 달라 지게 된다. 면저항이 증가하면서 grid 간격이 작아질 때 최소의 효율을 보인다. 면저항이 커지면 저항 손실이 커지기 때문에 손실을 줄이기 위하여 grid의 간격은 줄게 된다. 이때 grid 의 간격이 줄어들기만 하면 광손실이 커지기 때문에 이들을 고려하여 면저항 및 grid 간격을 결정해야 한다. 이러한 저항손실을 줄이기 위해 Screen-printed cell 제작시 보통 에미터의 면저항은 40~50Ω/sq 정도로 사용한다. [1][3]

### 3. 실험

Ni/Cu 전극 형성 Cell 의 순차적인 제작과정이다.



<그림1. 제작과정>

이 실험을 위해서 CZ 단결정 p-type <100>, 비저항 0.2~0.6Ωcm, 두께 500μm의 실리콘 웨이퍼를 사용 하였다.

웨이퍼를 RCA I, II cleaning 한 후 자연산화막 제거를 위해 15초 동안 HF에 dipping 한다. n+ emitter 형성을 위해 conventional furnace에서 phosphorous 고체 source를 이

용하여 N<sub>2</sub> 분위기에서 diffusion 공정하여 50Ω/sq emitter를 형성하였다.

Passivation을 위한 막으로는 Oxide막을 950℃에서 5시간 정도 공정하여 1100Å 정도 증착한다. Passivation막의 효과를 높이기 위해 annealing furnace를 이용하여 400℃에서 30분간 Forming gas annealing 을 하였다.

후면 전극 형성을 위하여 전면에 PR을 코팅하고 BOE를 이용하여 후면에 쌓인 Oxide막을 제거한다. Screen printer를 이용하여 후면에 Al paste를 도포하고 275℃에서 1분간 baking 하여 후면 전극을 형성하고 Annealing furnace를 이용하여 850℃에서 열처리 하였다.

전면 전극의 Pattern 형성을 위해 Mask aligner를 이용하여 Photolithography 공정으로 PR Coating 후 120℃에서 1분간 baking 한 후 노광 시킨 뒤 develop 하여 pattern을 형성하였다. 80μm의 일정한 선폭에서 간격에 따른 특성평가 비교를 위해 각각 1800μm, 2000μm, 2200μm, 2400μm의 Film mask를 이용하여 각각 grid 간격 변화를 주어 parttern을 형성하였다.

Pattern 형성 후 전극 형성을 위해 Ni solution을 제작하여 electroless plating으로 1~2μm 형성하고 Ni sintering을 위해 RTP를 이용하여 열처리하였다. 열처리 후 electroplating 으로 Cu전극을 증착하고 같은 방법으로 Ag 전극도 증착하여 Cell을 제작한다.

#### 4. 결과 및 고찰

20x20 mm<sup>2</sup>의 전체 면적에 Grid의 선폭은 80μm로 일정하게 유지하면서 선폭의 간격을 1800μm, 2000μm, 2200μm, 2400μm 로 각각 다르게 설정 하였다. 4개의 각각의 선폭의 변화에 따라 각각의 특성변화를 알아보았다.

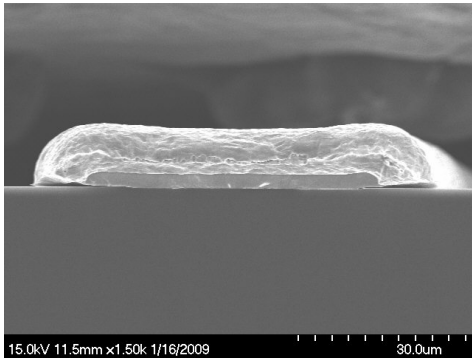


그림2. <Ni/Cu 전극 형성>

표1. <Grid pattern 특성>

	1800 $\mu\text{m}$	2000 $\mu\text{m}$	2200 $\mu\text{m}$	2400 $\mu\text{m}$
Grid개수	12	11	10	9
Area(mm <sup>2</sup> )	21.99	21.24	20.06	18.51
Shading loss (%)	3.52	3.4	3.21	2.96

일정한 전체 면적에서 grid가 차지하는 면적에 따른 shading loss를 구하여 비교해 보았다. Grid의 간격이 넓어질수록 Shading loss는 줄어드는 것을 알 수 있다.

대부분의 Screen printing cell에서 전극의 grid 간격은 간격이 넓어질수록 series 저항이 커지게 되고 광전효과에 의해 생성된 전자와 정공의 life time이 감소하여 carrier 수집에 장애요소가 된다. 이는 결국 Isc 및 FF의 감소로 이어져 광 변환효율의 손실을 초래하게 된다.

이에 대체적으로 선행 연구에서는 Screen-printed cell에서 선폭을 80 $\mu\text{m}$ 로 설정했을 때 2000 $\mu\text{m}$ 정도의 grid 간격을 사용하고 있다.[1] 이때의 간격에서 Isc 및 FF와 효율이 높게 나오기 때문이다. Ni/Cu 전극을 contact했을 때 역시 비슷한 결과를 얻을 수 있었다.

Ni/Cu 전극 contact 역시 80 $\mu\text{m}$ 선폭에 grid

간격을 2000 $\mu\text{m}$  변화를 주었을 때 Isc, FF, 효율이 높게 나오는 것을 알 수 있었다.

표2. <grid 간격에 따른 광 변환 특성>

	1800 $\mu\text{m}$	2000 $\mu\text{m}$	2200 $\mu\text{m}$	2400 $\mu\text{m}$
Isc(A)	30.18	32.22	30.04	28.15
FF(%)	69.2	71.9	67.4	65.2
Eff.(%)	12.071	13.307	11.604	10.682

## 5. 결론

80 $\mu\text{m}$ 의 일정한 선폭에 각각 다른 Grid 간격에 따라 변화를 주어 Ni/Cu 전극을 contact했다. 이미 널리 사용되고 있는 Screen-printed cell에서 가장 효율이 높게 나오는 grid 간격 조건 일때와 마찬가지로 Ni/Cu contact를 적용했을 때도 같은 조건에서 가장 높은 효율이 나온 것을 알 수 있었다.

이는 전극을 Ni/Cu로 contact했을 때 Screen-printed cell에서 사용하고 있는 Ag paste를 대신하는 전극 물질로 대체해도 전혀 손색이 없는 것을 알 수 있다.

Paste보다 가격적인 면에서 훨씬 앞서나가는 Ni/Cu물질로 전극을 형성함으로써 저가로 고효율 전지를 제작할 수 있는 방법이 될 수 있을 것이다.

## 후 기

본 과제(결과물)는 지식경제부의 지원으로 수행한 에너지자원인력양성사업의 연구결과입니다.

## 참 고 문 헌

1. Mohamed M.Hilali "Understanding and development of manufacturable screen-printed contacts on high sheet-resistance emitters for low-cost silicon solar cell"
2. D.S Kim, E.J.Lee, J.Kim and S.H.Lee "Low-cost Contact Formation of High-Efficiency Crystalline Silicon Solar Cells by Plating" Journal of the Korean Physical, Vol.46, No.5, May 2005, pp.1208~1212
3. 이준신, 김경해 "태양전지공학" 그린 2007
4. S.H.LEE "Cost Effective Process for high-efficiency solar cells" NPP14
5. S.W.Glunz, M.Aleman, J. Bartsch, N.Bay, K.Bayer, R.Bergander, A.Filipovic, S.Greil, A.Grohe, M.Horteis, A.Knorz, M.Menko, A.Mette, D.Pysch, V.Radtke, P.Richter, D.Rudolph, T.Rublack, C.Schetter, D.Schmidt, O.Schultz, R.Woehl "Progress in advanced metallization technology at fraunhofer ise" Presented at the 33rd IEEE Photovoltaic Specialists Conference, San Diego, May 11-16, 20
6. M.F. Stuckings\*, A.W. Blakers "A study of shading and resistive loss from the fingers of encapsulated solar cells" Solar Energy Materials & Solar Cells 59 (1999) 233-242