

# 실리콘 태양전지의 전면 grid 간격 변화에 따른 광 변환 특성 평가

최준영\*, 김도완, 이수홍  
 세종대학교, 전자 공학과

## Conversion Efficiency about Various Spacing of Front Metal Grid Lines for Silicon Solar Cells

Jun-young Choi\*, Do-wan Kim, Soo-Hong Lee  
 Department of Electronics Engineering, SeJong Univ.

**Abstract :** There are typically applied on both rear and front sides of electrical contacts to the solar cell. The front contact formation is particularly sensitive to many parameters. Accordingly patterning of front grid line is an important factor of solar cells. This paper describe the electrical conversion efficiency, inclusive of shading loss that gives various spacing between front metal grid lines. In experiments with variation of spacing, It was verified that the wide spacing of grid fingers could increase the series resistance, also the narrow spacing of grid fingers also implies a grid with a higher density of grid fingers. The sunlight of incidence was more of reflection by grid fingers. In result, the short circuit current, which contribute to conversion efficiency was decreased, because maximum power input was reduced and increase the series resistance.

**Key word :** solar cells, screen printing, grid patterning

### 1. 서 론

실리콘 태양전지의 금속전극은 cell 전체의 효율적인 측면과 비용적인 측면에서 매우 큰 영향을 끼치는 부분 중 하나이다. 태양전지의 효율을 감소시키는 요소로는 저항성분, 재결합 및 광학적 손실을 들 수 있는데 이 중 저항성분에 의한 감소는 doping된 emitter에서 금속전극 방향으로 carrier의 흐름에 인한 저항, 기판과 금속전극 및 접촉저항과 관련된 series저항에 의한 것으로 구분된다. 따라서 전극의 설계 및 형성 공정은 이러한 점을 고려하여 저비용으로 효율을 극대화할 수 있도록 기판의 접합구조에 따른 전극의 재료와 형성 기법의 적절한 선정이 매우 중요하다.

현재 상용화에 널리 쓰이고 있는 screen printing기법은 비교적 재료와 단위 공정 장비가 저가이며 다량의 제품을 대가 중에서 대면적으로 빠른 시간 내에 생산할 수 있고, 적합한 전극재료를 선택적으로 적용할 수 있다는 장점이 있다[1]. 그러나 고효율 태양전지에 쓰이는 전극 시스템에 비해 screen printing에 주로 사용되는 Ag나 Al paste conductor가 재료의 특성상 열처리 과정중 온도, 가스, 압력 등에 매우 민감하고 재료자체가 glass frit 성분을 포함하고 있어 비저항이 매우 크다. 또한 전면 전극의 면적이 작고 열처리 과정 중 전극하부에 있는 doping농도가 높은 emitter부분의 etching이 일어나기 때문에 Si과의 접촉 저항 또한 크다는 단점이 있다. 이러한 단점에도 불구하고 태양광 발전설비의 생산비용중 태양전지의 비중이 매우 높은 점을 감안할 때 cell 생산비용을 줄이기 위한 전극재료 및 형성기법에 대한 기술혁신이 매우 중요하다[2][3]. 본 논문에서는 저가화와 양산에 적합한 screen printing기법으

로 만들어진 실리콘 태양전지에 적용되는 전극의 구조적인 고려사항 중 하나인 전면 grid 간격이 cell의 여러 가지 광 변환 특성에 미치는 영향을 고찰해 보고자 한다.

### 2. 실험

본 실험을 위해 0.1~0.9Ωcm, <100>, p-type, 500μm의 CZ-단결정 실리콘 웨이퍼가 사용되었다.

우선 RCA cleaning으로 세정한 웨이퍼를 diffusion하여 20~21Ω/sq의 고농도 n+ emitter를 형성하고 이를 33 X 33mm<sup>2</sup>크기로 자른 기판에 그림1과 같은 반자동 screen printing장비로 Ag와 Al paste를 각각 전후면 전극재료로 사용하여 적사시켰다. 그 후 clean booth내에서 drying을 250℃, 1min간 실시하고 co-firing단계로 conventional furnace에서 750℃, 1min간 열처리하였다. 전면 pattern의 grid 간격(L)은 그림2와 같이 grid의 중심간 거리로 1800μm, 2000μm, 2200μm, 2300μm로 설계하였으며 각각의 경우에 대한 광 변환 특성을 평가 하였다. Grid line의 선포는 50μm로 일정하게 두고 측정 장비는 PASAN사에서 제작한 Sun Simulator III-Labo version 3.0IT를 사용하였으며, AM(air mass)1.5의 측정 조건에서 수광 특성을 측정하였다.

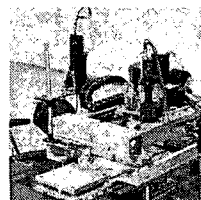


그림 1. screen printer

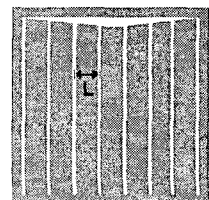


그림 2. grid pattern

### 3. 결과 및 고찰

Grid의 선폭을 50 $\mu\text{m}$ 로 일정하게 설계할 때 grid의 간격을 1800 $\mu\text{m}$ , 2000 $\mu\text{m}$ , 2200 $\mu\text{m}$ , 2300 $\mu\text{m}$ 로 각각 다르게 한 결과 cell의 일정한 전체 면적(33 X 33mm<sup>2</sup>)에 대비하여 전극이 차지하는 면적이 차이를 보였다. 아래의 표1은 이러한 grid간격 차이에 따라 달라진 전극의 면적을 수치적으로 보여준다.

표 1. grid간격에 따른 shading area 변화

	1800 $\mu\text{m}$	2000 $\mu\text{m}$	2200 $\mu\text{m}$	2300 $\mu\text{m}$
number of grid	12	11	10	9
grid area (mm <sup>2</sup> )	18.65	18.22	16.95	17.73
shading rate (%)	2.98	2.92	2.71	2.84

즉, 일정한 면적의 cell에서 grid의 간격이 넓어질수록 그만큼 grid수와 전극이 차지하는 면적이 줄어 shading area의 감소 효과가 나타났다. 2300 $\mu\text{m}$ 의 경우 grid를 8개에서 9개로 늘려 오히려 전극의 면적을 크게 한 이유는 pattern을 정 사각형으로 제작할 때 cell크기에 대한 전극의 면적이 16mm<sup>2</sup> 이하로 작아져 pattern크기 감소에 의한 carrier 수집 격차를 최소화하기 위함이다.

이 같은 전극의 면적변화에 대한 결과는 표2에 나타나는 바와 같이 광 변환 특성에도 영향을 미쳤다. 전극면적이 오히려 커진 2300 $\mu\text{m}$ 의 경우를 제외하고는 grid간격이 넓어질수록 series저항이 커지게 되고 광전효과에 의해 생성된 electron-hole pair의 life time이 감소하여 carrier수집에 장애요소가 된다. 이는 결국 Isc 및 FF(fill factor)의 감소로 이어져 광 변환효율의 손실을 초래하였다[4][5].

표 2. grid간격에 따른 광 변환 특성

	1800 $\mu\text{m}$	2000 $\mu\text{m}$	2200 $\mu\text{m}$	2300 $\mu\text{m}$
Series저항( $\Omega$ )	0.9	1.6	1.8	1.2
Isc (A)	0.18	0.17	0.16	0.16
FF(%)	39.9	32.7	31.4	35
Eff.(%)	9.8	6.6	6.2	7.9

### 4. 결론

본 연구에 의한 최고효율은 기판에 대한 표면처리 없이 제작한 태양전지의 전극 pattern중 1800 $\mu\text{m}$ 의 grid간격에서 나타났으며 9.8%로 측정되었다. Grid간격 차이에 의한 광 변환 효율 측정 결과 일정한 기판면적에서 간격이 커질수록 넓은 수광 면적을 가진 반면 series저항이 높아져 오히려 FF와 광 변환효율이 감소함을 확인하였다. 이를 바탕으로

로 향후 고효율의 태양전지를 위한 전면전극 설계는 grid 간격을 좁혀 series저항을 줄이면서 수광 면적을 최대화하는 방향으로 최적화되어야 함을 알 수 있었다.

### 감사의 글

본 연구는 서울시 산학연 협력단의 연구지원에 의해 수행되었습니다.

### 참고 문헌

- [1] D.S.Kim, "High Efficiency Crystalline silicon solar cells"solar energy, vol.17, no.1, 1997
- [2] H.S.Rauschenbach, "Solar cell array design handbook", Van Nostrand Reinhold, pp.52-63 (1980).
- [3] A. Rohatgi, "Fundamental Understanding and Development of Low-Cost, High-Efficiency Silicon Solar cells", Georgia Institute of Technology, Atlanta, Annual Progress Report: CellsSept, 1997- Aug.1998
- [4] M.F. Stuckings, "A study of shading and resistive loss from the fingers of encapsulated solar cells", Solar Energy Materials & Solar Cells 59 (1999) 233-242
- [5] Ajeet Rohatgi, "Understanding and development of manufacturable screen printed contacts on high-sheet resistance emitters for low-cost silicon solar cells", College of Engineering, Georgia Institute of Technology, August 2005