

## 태양전지용 경면 제조 공정에 대한 연구

이종권\* · 박지환\* · 송태환\* · 류근걸\* · 이윤배\*

### A Study on Mirror Surface Manufacturing Process for Solar Cell

Jongkwon Lee\*, Jihwan Park\*, Taehwan Song\*, Kunkul Ryoo\* and Yoon Bae Lee\*

**요 약** 태양전지에 소모되는 비용중의 30% 이상이 silicon 기판의 가공 및 silicon 자체의 비용이다. 본 연구에서는 이러한 비용을 절감하기 위해 silicon 기판대신 STS 304를 사용하고자 한다. STS 304를 태양전지용 기판으로 사용하기 위해서는 고도로 연마된 표면을 필수조건으로 하기 때문에 STS 304에 전해연마를 실시하여 AFM으로 표면의 거칠기를 살펴보았다. 또한, 표면 조도의 향상을 위해 최적의 연마조건에서 leveller를 첨가하였다. 인산( $H_3PO_4$ )을 기본으로 한 전해연마액에 2A의 전류와 극간거리 0.7 cm의 조건하에서 STS 304의 최적 전해연마조건을 찾기 위해 전해액의 온도는  $80^{\circ}C \sim 120^{\circ}C$ , 연마시간은 3~20분간 전해연마를 실시하였다. 그 결과  $2A/cm^2$ ,  $80^{\circ}C$ , 10분에서 27.9 nm의 표면조도를 보였으며, leveller로 사용된 glycerine, ethylene glycol, propylene glycol의 영향을 연구하였다. Leveller 중에서는 ethylene glycol을 0.4 g/l 첨가하였을 때 표면조도가 약 15 nm로서 그 효과가 가장 좋았다.

**Abstract** The cost of material and slicing of silicon wafer occupied more than 30% of solar cell manufacturing cost. The substitution of silicon wafer into STS 304 stainless steel could be the promising solution to decrease the material cost. Moreover the stainless steel solar cell could have the advantage of low weight and durability. However, the highly polished surface is required to meet the characteristic of solar cell. The electropolishing process in phosphoric acid based solution was used to get the surface quality. The obtained result was 28 nm obtained in current density of 2 Amp/cm<sup>2</sup> at  $80^{\circ}C$ . The leveller effect of glycerine, ethylene glycol and propylene glycol was studied. When the 0.4 g/l of ethylene glycol was added to the electrolyte, the surface roughness was best, 15 nm.

**Key Words** : electropolishing, Rms, leveller, solar cell

### 1. 서 론

인간이 환경에 대한 관심이 높아지면서 천연 에너지 사용으로 인한 환경 파괴 문제와 석유, 석탄 등 천연 에너지 자원의 고갈 문제가 심각한 사회문제로 대두되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 무공해 대체 에너지를 생각하게 되었고, 그 대표적인 예로 태양 에너지를 이용하여 천연 에너지를 대체하는 방법을 생각해 되었다. 이러한 태양전지에는 그동안 silicon을 기판으로 주로 사용하여 왔다. 그러나 이러한 세라믹 재료 보다는 금속 재료인 stainless steel 등을 사용하여 기판 제조시 생산단가 절감과 내구성 향상 및 무게를 절감할 수 있기 때문에 이에 대한 연구가 진행되고 있다[1].

금속 재료중 stainless steel은 우수한 부식성, 기계적 성질, 가공의 용이성 등의 장점이 있으며, 기계적 연마

와 화학적 연마 및 전기 화학적 연마에 가공 경화되어 생긴 잔류 응력으로 피로강도가 증가될 수 있지만, 표면 상태의 경면화가 한계가 있으며 기계적 연마시 간접 표면 오염이 유발되어 연마도구나 연마매체로부터 생성된 금속 입자들이 표면에 박혀있거나 붙어있어 국소 갈바닉 부식이 잠재적인 site로 작용하기 때문에 기계적 연마보다는 전기 화학적 연마를 통해 표면의 조도 및 청정도를 개선하여 사용하는 것이 좋은 방법임을 알 수 있다[2]. 이러한 전기 화학적 연마법에 가장 적절한 방법이 전해 연마이다. 전해연마는 1912년 독일 정부가 시안화 용액으로 은을 마무리하는 가공 방법으로부터 시작되어 1935년 Pierre Jesquet가 동의 전해연마를 성공한 이후 체계적인 실험이 계속 되었으며 그 후 꾸준히 새로운 제법과 결과가 발표되었다[3]. 전해 연마는 반도체 제조장비, 식품위생 기기, 의료 기기, 초순수 제조기, 고순도 가스 용기, 정밀 금형 및 원자력 기기, 태양전지 등의 표면의 청정도 조절하는데 이용되고 있다[4]. 전해연마는 전기-화학적 반응을 이용한 연마법으로

\*Dept. of Materials Engineering, Soonchunhyang University, 53-1 Eupnae-ri, Shinchang-myun, Asan-si, Chungnam 336-745, Korea

공작물의 양극, 전극을 음극으로 하여 양극 표면에서의 금속 용출을 이용해 표면 평활도, 광택도, 내식성 등을 향상시키는 대표적인 방법이라 할 수 있다[2]. 이러한 전해 연마를 통하여 재료의 표면을 나노(nm) 단위로 조절하여 모든 제품의 효율을 높이는 것이 계속해서 연구 중이다.

따라서 본 연구에서는 Stainless Steel 304을 이용하여 인산과 황산의 혼합액을 기본으로 한 전해연마 액으로 전해연마를 실시하여 표면의 조도를 나노 단위로 제어하고자 하였다. 그리고 보다 나은 효과를 얻기 위해 glycerin, ethylene glycol, propylene glycol 등의 leveller를 첨가하여 전해연마의 효과를 조사하였다

### 2. 실험 방법

시편은 양극과 음극 모두 STS 304를 사용하였으며, 전해 연마에 사용되는 전해질 용액(electrolyte)은 인산(H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)을 기본으로 하여 황산(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)과 H<sub>2</sub>O를 기본으로 하여 8:1:1 비율로, 전해액 온도는 80°C로 유지하였다. 사용된 STS 304 시편의 조성은 Table 1과 같다.

극간 간격은 0.7 cm로 유지하였고 음극과 양극 모두 STS 304를 사용하였다. 양극시편의 크기는 가로, 세로 1 cm의 크기로 사용하였고 음극 시편은 가로 10 cm, 세로 5 cm의 판을 사용하였다.

시편은 emery paper #1000 으로 연마한 후, 아세톤에서 3분간 초음파 세척을 하였다. STS 304의 최적 연마조건을 찾기 위해 전해액의 온도는 80°C~120°C까지 10°C 간격으로 시험하였으며, 연마시간은 3, 5, 10, 20 분간 전해연마를 실시하였다. Leveller에 따른 거칠기를 알아보기 위해 비 이온계 계면활성제인 ethylene glycol, propylene glycol, glycerine을 각각 0.2~0.8 g/l까지 0.2g 간격으로 첨가하여 사용하였다. 또한, 연마한 시편의 표면 거칠기를 살펴보기 위해 AFM을 통하여 연마 시간과 첨가제에 따른 평활도를 살펴보았다. 표면조도 측정에 사용된 AFM은 PSI사의 XE-100을 사용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

Table 2에서는 각 온도별로 전해연마한 시편을 AFM으로 표면조도를 측정된 결과이다. 온도가 증가할수록 표면조도는 증가하는 경향을 보였고 연마시간이 20분

Table 1. Chemical compositions of STS 304 (wt%)

Fe	C	Si	Mn	P	S	N	Cr	M	O
bal	0.087	0.68	1.07	0.025	0.015	8.10	17.79	0.21	0.036

Table 2. Results of roughness test data (nm)

온도(°C) 시간(min)	80	90	100	110	120
3	30.2	29.5	32.1	33.3	48.6
5	28.4	31.9	34	44.6	34
10	27.9	46.8	34.8	33.2	38.5
20	29.6	31.5	98.3	29.3	41.2

인 장시간의 연마를 한 시편은 표면조도의 향상은 있으나 그 폭이 크지 않거나 오히려 표면조도가 증가하는 경우도 보였다. 이는 공작물의 표면곡률이 클 경우 표면의 평활화를 달성하는데는 한계가 있으며, 표면에 크롬피막이 생성되기 때문이다. 또한, 전해연마가 진전되면 표면이 완만해지며, 국부적으로 돌출된 부위들이 점점 사라지기 시작하므로 전류의 선택적인 집중이 발생하지 않아 전해연마 시간을 증가시켜도 표면조도의 향상은 크지 않다. Table 2에는 첨가제에 따른 AFM의 표면조도 test의 결과를 나타내었다. 이 data를 기초로 전해연마의 최적조건을 80°C, 10분으로 하여 leveller 첨가에 따른 표면조도를 살펴보았다. Figure 1의 기본시편인 경우에는 표면 조도가 113 nm로 관찰되었다. Figure 2의 기본 전해액에서 전해연마한 시편의 표면을 AFM으로 관찰한 모습이다. 기본 전해액으로 전해 연마한 시편보다 leveller를 첨가한 것의 Rms값이 14.8 nm

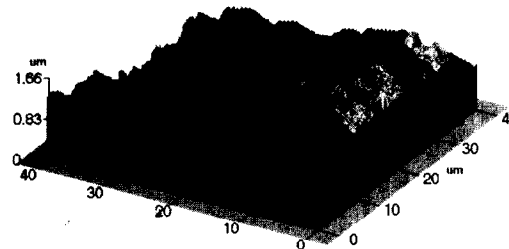


Figure 1. AFM 3-D topography before electropolishing (Rms: 113 nm).

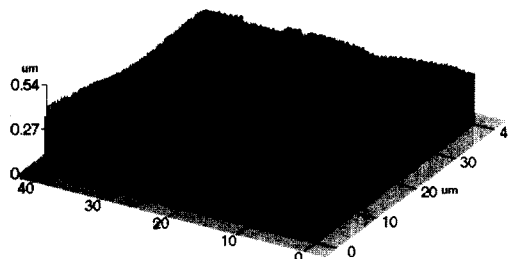


Figure 2. AFM 3-D topography after electropolishing (Rms: 27.9 nm).

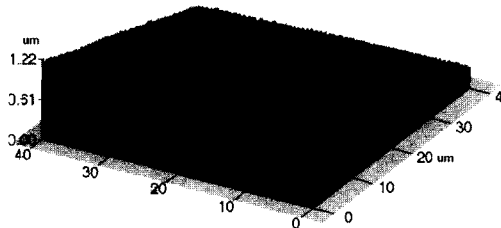


Figure 3. AFM 3-D topography after electropolishing added with leveller (ethylene glycol, Rms: 14.8 nm).

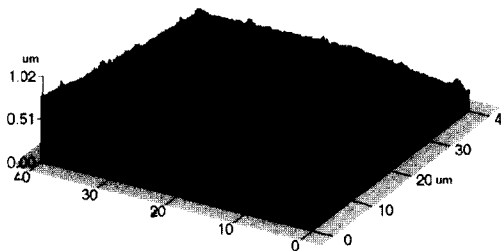


Figure 4. AFM 3-D topography after electropolishing added with leveller (propylene glycol, Rms: 22.2 nm).

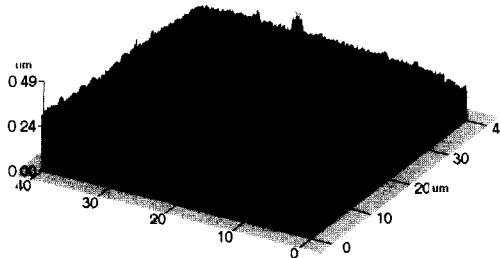


Figure 5. AFM 3-D topography after electropolishing with leveller (glycerine, Rms: 36.7).

Table 3. Results of roughness test after added with leveller (nm)

첨가제 \ 첨가량(g/l)	0.2	0.4	0.6	0.8
Glycerine	36.7	33.9	42	42.4
Propylene	22.2	32.4	30.7	44
Ethylene glycol	25.4	14.8	23.9	31.3

로 표면조도가 향상되었다. 이는 태양전지의 기판으로 사용되기에 적합한 10 nm대의 표면조도로 평가된다[1].

Figure 2와 Figure 3을 비교하였을 때 부분적으로 표면의 뾰족한 모서리 형상의 돌기부분이 다수 남아있는 것을 볼 수 있다. Figure 3은 이러한 돌기들이 대부분 사라져 돌출부위의 선택적 용해가 없었다. 이는 leveller 인 ethylene glycol이 전해액의 삼투력을 증가시켜 산화막과 계면 사이의 금속 농도의 차이로 인해서 더 깊은 삼투현상이 일어나 표면의 돌기부분의 깊이를 더 크게 만들고, 이것은 표면의  $Cr_2O_3$  층의 두께를 줄여서 표면조도를 증가시킨 것이라 생각된다.

#### 4. 결 론

1. 최적연마조건은 인산 : 황산 :  $H_2O$ 이 8 : 1 : 1의 비율에서 80°C, 3분, 2A로 처리하였을 때 표면조도는 약 30 nm 였었다. 연마시간은 3분 이상 처리할 경우 표면 조도에 큰 영향을 주지 않았다.

2. Leveller로서 사용된 것 중 ethylene glycol을 0.4 g/l 첨가하였을 때 가장 좋은 표면을 얻을 수 있었으며 그 값은 약 15 nm이었다.

#### 후 기

본 연구는 2002년도 순천향대학교 학술연구조성비의 지원에 의하여 수행되었으며 실험과 자료정리에 도움을 준 이현기, 최우재, 유수일군에게 감사드립니다.

#### 참고문헌

- [1] Private communication with B. Mishra, Colorado School of mines.
- [2] 염희택, 금속표면처리, 동명사, p. 116-119 (1994).
- [3] Robert L. Davis, 1995, "An Electropolishing Primer", Products Finishing, pp. 68-71.
- [4] 박정우, 스테인레스 강의 전해연마 가공특성에 관한 연구, 부산대학교 (1999).
- [5] 이학열, 금속부식공학, 연경문화사, p. 76-86 (1991).
- [6] 양철남, AISI 316 스테인레스강의 전해연마에 미치는 액 조성 과 온도의 영향, 한양대학교 (1995).
- [7] 남형곤, Stamped leadframe의 표면 품질에 미치는 전해연마 효과, 한양대학교 (2000).