

## 알카리 식각과 반응성 이온 식각을 이용한 결정질 실리콘 2단계 표면 조직화 공정

여인환<sup>1</sup>, 박주억<sup>1</sup>, 김준희<sup>1</sup>, 조해성<sup>1</sup>, 임동건<sup>1,a</sup>

<sup>1</sup> 한국교통대학교 전자공학과

### Two Step Texturing Using RIE and Wet Etching for Crystalline Silicon Solar Cell

In Hwan Yeo<sup>1</sup>, Ju Eok Park<sup>1</sup>, Jun Hee Kim<sup>1</sup>, Hae Sung Cho<sup>1</sup>, and Donggun Lim<sup>1,a</sup>

<sup>1</sup> Department of Electronic Engineering, Korea National University of Transportation, Chungju 380-702, Korea

(Received October 26, 2012; Revised November 6, 2012; Accepted December 31, 2012)

**Abstract:** Lowering surface reflectance of silicon wafer by texturization is one of the most important processes to improve the efficiency of silicon solar cells. Generally, the texturing of crystalline silicon was carried out using alkaline solution. The average reflectance of this method was 11% at the wavelength between 400 and 1,000 nm. In this study, the wafers were first texturing by NaOH solution at 80°C for 35 min. Then the wafers were texturing by SF<sub>6</sub> and O<sub>2</sub> plasma in RIE (Reactive Ion Etching). The average reflectance of two step texturing was reduced to below 5% at the wavelength between 400 and 1,000 nm.

**Keywords:** Solar cell, Two-step texturing, Reactive ion etching

#### 1. 서론

일반적으로 실리콘 웨이퍼의 표면은 400~1,000 nm의 파장에서 평균 30% 이상의 빛을 반사시킨다. 고효율 태양전지를 제작하기 위해서는 표면에서의 빛 반사를 줄이는 표면 조직화 공정이 중요한 요소이다 [1]. 표면 조직화는 실리콘 기판 표면에서 광 흡수를 증가시키기 위해 표면에 균일한 구조물을 형성시키는 공정이다. 표면 조직화를 통해 입사되는 빛을 증가하

면 단락전류가 증가하고, 태양전지 내부에서 빛의 이동거리를 길게 해주어 효율 향상에 기여한다 [2,3]. 따라서 결정질 실리콘 태양전지에서 표면 조직화는 셀 효율 향상에 중요한 요소이다. 표면 조직화 방법 들로는 반응성 이온 식각, 사진 석판술에 의한 역 피라미드 식각, 습식 식각이 있다. 반응성 이온 식각은 SF<sub>6</sub>와 O<sub>2</sub> 가스를 이용하여 플라즈마에 의해 형성된 이온의 물리적 충돌과 화학적 반응을 동시에 진행시켜 식각하는 방법으로 400~1,000 nm의 파장에서 평균 7% 미만의 반사도를 가진다 [4]. 역 피라미드 식각은 사진 석판술과 이방성 식각을 이용하여 결정질 실리콘 웨이퍼 표면에 역 피라미드를 형성하는 표면 조직화 공정으로 400~1,000 nm의 파장에서 평균 8% 미만의 표면 반사도를 갖는다. 하지만 사진 석판술 공정은 시간과 비용적 측면에서 태양전지 산업에 적

a. Corresponding author; [dglim@ut.ac.kr](mailto:dglim@ut.ac.kr)

Copyright ©2013 KIEEME. All rights reserved.  
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

용하기에는 어려움이 있다. 그리고 산업에서 널리 쓰이는 습식 식각은 NaOH를 이용하여 단결정 실리콘의 결정 방향에 따른 비등방성 식각을 한다. 본 연구는 기존 습식 식각 공정 후 반응성 이온 식각 공정을 함으로써 실리콘의 표면 반사도를 5% 미만으로 개선할 수 있었다.

### 2. 실험 방법

본 연구에서 사용된 실리콘 웨이퍼는 초크랄스키 방법으로 성장시킨 p-type 웨이퍼로서 두께 200  $\mu\text{m}$ , 비저항 1.5  $\Omega\text{cm}$ 인 다이아몬드 와이어를 이용하여 절단한 단결정 실리콘 웨이퍼를 사용하였다. 먼저 실리콘 웨이퍼를 아세톤, 메탄올, 초순수의 순서로 초음파 세척을 하고 세척된 웨이퍼를 HCl과 HF용액을 이용하여 세정을 하여 유기물 및 금속 불순물과 산화막을 제거하였다. 세정된 웨이퍼를 NaOH 2%, IPA 7.5% 비율의 용액에서 80 $^{\circ}\text{C}$ 를 유지하면서 35분 간 표면 조직화를 한 후 반응성 이온 식각 공정을 진행하였다. 반응성 이온 식각 공정에 사용된 가스는 SF<sub>6</sub>와 O<sub>2</sub>이고, RF 주파수는 13.56 MHz이다. RF 파워를 25~200 W로 변화하면서 실험하였고, 가스 비율 1:1, 공정 압력 25 mTorr, 공정 시간 200s에서 실험하였다. 반사도는 400~1,000 nm의 파장에서의 UV-VIS/VIR spectrophotometer를 이용하여 측정하였고 표면 형상은 주사전자현미경 (SEM)으로 측정하였다. 그림 1에 실험 방법을 나타내었다.

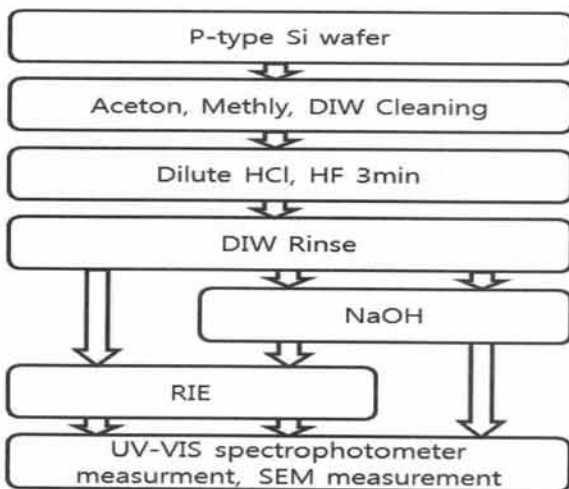


Fig. 1. Process flow chart of texturing.

### 3. 결과 및 고찰

그림 2는 ICP 장비를 이용하여 반응성 이온 식각 공정 후 웨이퍼 표면을 SEM으로 관측한 사진이다. 반응성 이온 식각은 플라즈마에 의해 형성된 불소 이온과 산소 이온의 물리적 충돌과 화학적 반응으로 식각이 진행된다.

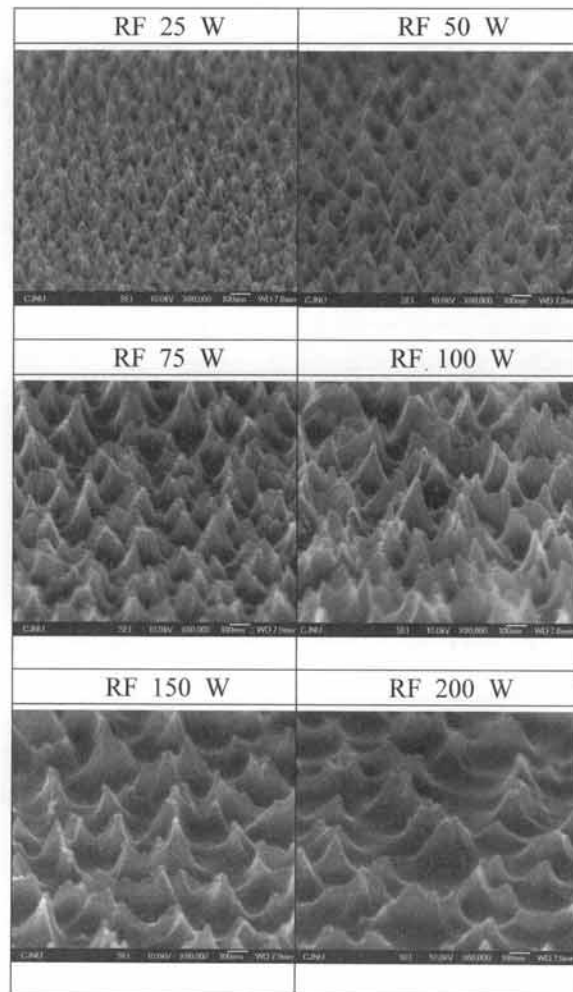


Fig. 2. SEM images of surface structures by RIE with different RF power.

불소 이온은 실리콘과 반응해 실제 식각을 하는 역할을 하고, 산소 이온은 실리콘 웨이퍼 표면에서 마스크 역할을 해주어 표면 전체가 식각되는 것을 방지해주는 역할을 한다 [6]. 그림 2를 관측한 결과 낮은 RF 파워 25~50 W에서는 물리적 충돌이 약하여 식

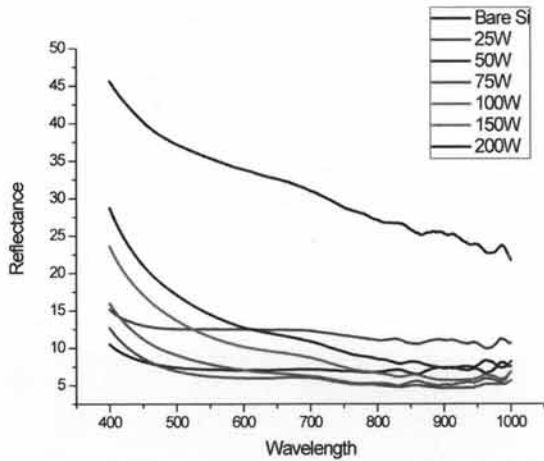


Fig. 3. Surface reflectance of the RIE structures formed with different RF power.

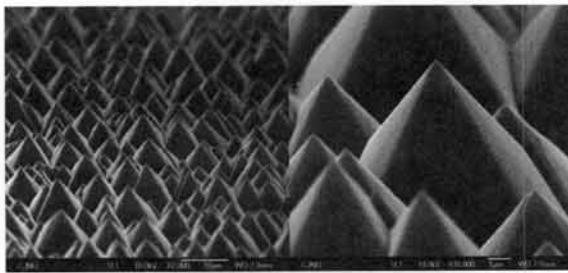


Fig. 4. SEM images of surface structures by wet texturing.

각이 조금 진행되어 구조물이 작게 형성되었고 높은 RF 파워 150 W 이상에서는 과식각으로 피라미드 구조물 사이의 공간이 많은 것을 볼 수 있다. 반면에 RF 파워 75~100 W에서는 완벽한 피라미드 구조물이 형성되었다.

그림 3은 UV-VIS/VIR spectrophotometer를 이용하여 400~1,000 nm 파장대에서 반응성 이온 식각 공정을 한 웨이퍼의 표면 반사도를 측정된 것이다. 그림 3을 보면 아무 처리도 하지 않은 실리콘 웨이퍼의 반사도는 400~1,000 nm의 파장에서 평균 31.12% 이고, RF 파워 75 W에서 가장 낮은 반사도인 6.09%가 나오는 것을 확인할 수 있다. 그림 2와 그림 3을 통해 RF 파워 75 W에서 가장 좋은 반사도 및 구조물을 구현할 수 있었다.

그림 4를 보면 습식 식각에 따른 웨이퍼 표면의 결정 방향에 따른 식각 속도의 차이로 인하여 피라미드

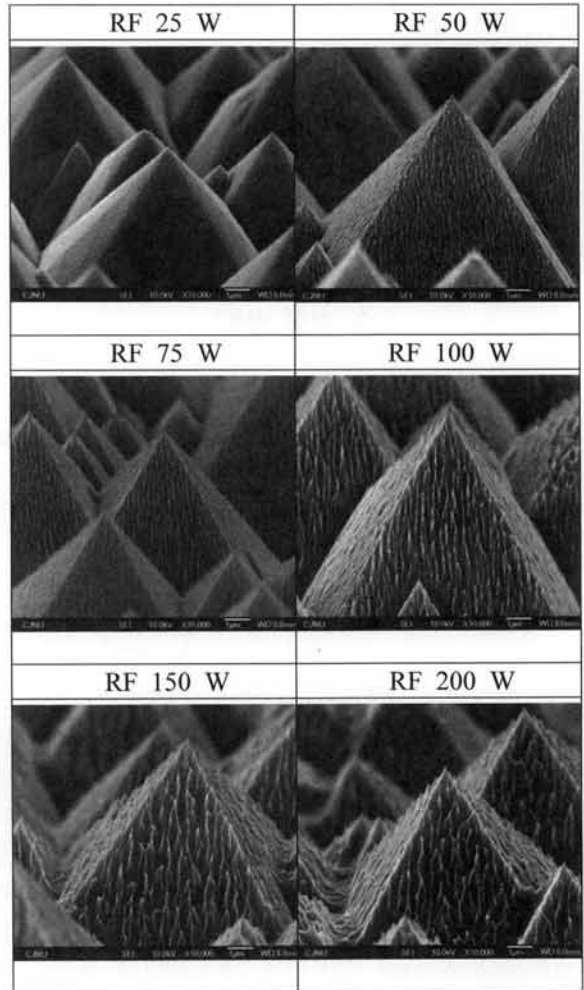


Fig. 5. SEM images of surface structures by 2 step texturing with different RF power.

가 형성된 것을 볼 수 있다. 사전 실험 결과 NaOH 2%, IPA 7.5%, 80°C, 35m에서 400~1,000 nm의 파장에서 가장 낮은 평균 반사도인 10.5%를 얻었다.

그림 5는 NaOH 2%, IPA 7.5% 비율의 용액에서 80°C를 유지하면서 35분 간 표면조직화를 한 후 반응성 이온 식각 공정을 진행한 후 SEM으로 관측한 결과이다. 습식 식각에 의해 형성된 마이크로 크기의 피라미드 위에 반응성 이온 식각으로 형성된 나노 크기의 피라미드들이 형성된 것을 볼 수 있다. RF 파워가 커질수록 물리적 충돌이 커져 나노 크기의 형상들이 커지는 것을 확인할 수 있다.

그림 6은 UV-VIS/VIR spectrophotometer를 이용하여 400~1,000 nm 파장대에서 습식 식각을 진행한

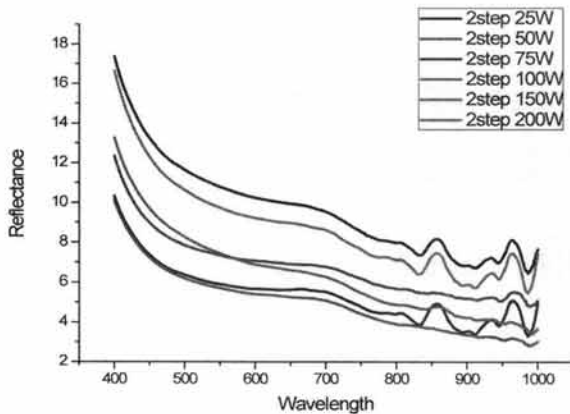


Fig. 6. Surface reflectance of the 2 step texturing structures formed with different RF power.

후 반응성 이온 식각 공정을 한 웨이퍼의 표면 반사도를 측정하는 것이다. 그림 6을 보면 RF 파워 100 W에서 가장 낮은 평균 반사도인 4.96%가 나오는 것을 확인할 수 있다. RF 파워 100 W 이하에서는 나노 크기의 구조물들이 너무 작게 생겨 반사도를 많이 낮추지 못하고 RF 파워 100 W 이상에서는 RF 파워가 강해 나노 크기의 구조물 사이의 공간이 많아져 반사도가 다시 증가한다.

2단계 표면조직화는 모든 조건에서 습식 식각 또는 반응성 이온 식각만 하였을 때의 반사도보다 낮게 나오는 것을 확인할 수 있다. 따라서 습식 식각 후에 반응성 이온 식각을 진행하는 2단계 표면조직화 공정은 기존 한 가지 공정만 하였을 때보다 더 낮은 반사도를 구현할 수 있었다. 이것은 향후 고효율 태양전지 제작에 있어서 좋은 방안이라고 판단된다.

#### 4. 결론

결정질 실리콘 태양전지의 고효율화를 위해서는 표면에서의 빛 반사를 줄이는 표면 조직화는 중요한 공정이다.

본 연구에서는 기존 습식 식각과 SF<sub>6</sub>와 O<sub>2</sub>를 이용한 건식 식각을 이용하여 2단계 표면조직화를 진행하였다. 건식 식각만 하였을 경우 RF 파워 75 W에서 가장 낮은 반사도인 6.09%를 가졌으나 2단계 표면조직화 공정을 진행한 결과 RF 파워 100 W에서 가장 낮은 반사도인 4.96%를 얻을 수 있었다. 2단계 표면조직화 공정을 결정질 실리콘 태양전지 제작에 적용하게 되면 단락전류가 증가되어 셀 효율이 향상될 것으로 기대된다.

#### 감사의 글

2012년도 한국교통대학교 교내학술연구비와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업의 지원을 받아 수행한 연구임.

#### REFERENCES

- [1] H. A. Aulich, F. W. Schulze, and O. Anspach, 25th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition/5th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (Valencia, Spain, 2010) p. 1066.
- [2] E. Vazsonyi, K. De Clercq, R. Einhaus, E. Van Kerschaver, K. Said, J. Poortmans, J. Szlufcik, and J. Nijs, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, 57, 179 (1999).
- [3] D. Iencinella, E. Centurioni, R. Rizzoli, and F. Zignani, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, 87, 725 (2005).
- [4] M. A Green, J. Zhao, A. Wang, and S. R Wenham, *IEEE Trans. Electron Dev.*, 46, 1940 (1999).
- [5] P. Campbell and M. A. Green, *J. Appl. Phys.*, 62, 243 (1987).
- [6] H. Jansen, M. de Boer, H. Wensink, B. Kloeck, and M. Elwenspoek, *J. Micro Electron.*, 32, 769 (2001).