

---

# 실리콘 웨이퍼의 표면조직화에 따른 광학적 특성분석

오테레사\*

Analysis of Optical Process Depending On Texturing Process of Si Wafer

Teresa Oh\*

---

이 논문은 One to One 산학협력연구실 지원사업, 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 한국연구재단에서 부여한 과제번호 : 20100003374)

---

## 요 약

태양전지를 제작하는데 실리콘기판 표면에서의 광 흡수를 증가시키기 위한 표면조직화를 위해서 염기 용액을 이용한 습식방법을 이용하여 샘플을 제작하였다. 이렇게 준비된 염기성 에칭용액을 이용한 실리콘 웨이퍼의 표면 상태를 관찰하여 광학적 특성과의 연관성을 조사하였다. 표면조직화가 표면 전체적으로 고르게 이루어진 샘플에서 반사도가 낮았으며, 광학적 특성이 좋게 나타났다. 에칭이 과도하게 일어난 샘플에서는 오히려 반사도가 증가하여 광학적 특성이 떨어지는 것을 확인 하였다.

## ABSTRACT

To obtain the effect of texturing process in Solar cells, the Si-wafers were textured by using the IPA+DI water mixed etching solution with KOH alkaline. All samples were analyzed by the scanning electron microscopy for the surface images, and it was researched the correlation between the efficiency of optical properties and the effect of texturing. From the results of the surface images obtained by SEM, mc-Si wafer shows a isotropic surface but sc-Si wafers displays the unisotropic surface. The reflectance was improved at the sc-Si wafer textured uniformly, and the reflectance of over etched-samples increased.

## 키워드

단결정실리콘, 다결정실리콘, 반사도, 표면조직화, 염기성-식각

## Key Word

sc-Si, mc-Si, Reflectance, Texturing, Alkaline-etching

---

\* 종신회원 : 청주대학교 (teresa@cju.ac.kr)

접수일자 : 2011. 06. 18

심사완료일자 : 2011. 07. 08

## I. 서 론

실리콘 태양전지는 태양복사 에너지 중에서 에너지 상호작용이 일어나는 실리콘 혹은 칼륨비소와 같은 반도체 상에서 전자 혹은 정공의 발생에 의하여 기인한다. 광자가 실리콘 표면에 입사 후 확산공정을 통한 pn 접합 계면에서 전자로 되면서 전기에너지를 얻어내기까지 효율을 증대시키기 위한 여러 가지 방법을 거치면서 비로소 실용성 있는 전기에너지를 얻을 수 있다[1-4]. 결정질 실리콘 태양전지에서 반사손실을 줄이기 위한 표면 조직화 과정은 반드시 필요한 부분에 속한다. 일반적으로 표면조직화라고 하면 웨이퍼 표면을 거칠게 만들어 광포획에 유리한 형태로 만들어 태양광이 입사하면 굴절된 빛이 반사되는 것을 방지하기 위해 빛의 2차, 3차 흡수를 도와주는 기능을 갖고 있다[5-7]. 표면조직화에 의한 광포획 기술은 표면에서의 반사율을 감소시켜서 태양전지의 단락전류를 증가시키게 된다. 실리콘 태양전지의 표면조직화 공정은 건식법과 습식법이 있으며, 플라즈마를 이용한 비등방성 식각방법인 RIE(reactive ion etching), laser texturing 등이 건식법에 속하며, 일반적으로 사용되는 alkaline etching과 acid etching이 습식법에 속한다. 습식법으로 웨이퍼 표면을 조직화할 때는 KOH, NaOH와 같은 염기성 용액 혹은 HNO<sub>3</sub>의 산성용액을 주로 한다[8]. 산:DI-water:HF 혹은 IPA 를 일정비율로 혼합하여 만들고 혼합비율에 따라서 에칭속도와 에칭된 표면의 모양이 달라지게 된다.

본 연구에서는 단결정 실리콘 웨이퍼와 다결정 실리콘 웨이퍼를 염기성용액에 의하여 표면조직화를 수행하였으며, 표면에서 일어나는 변화를 조사하였다. 확산 공정이나 금속공정은 같은 조건에서 이루어졌으며, texturing 이 끝난 뒤 표면의 거칠기는 SEM (scanning electron microscopy)으로 확인하였다.

## II. 실험

실리콘 태양전지 셀을 만드는 순서는, 광흡수를 높게 하기 위해서 Si-표면을 거칠게 texturing하기 위해서 KOH용액을 IPA와 DI water (KOH:IPA:DI=4ml:8ml:240ml)를 혼합한 용액을 핫플레이트 위에서 80도로 온도를 높여 온도를 유지하였으며, 각각 1분-40분간 표면

을 여러 시간대 별로 다르게 에칭하였다. 실리콘 태양전지 셀을 만들기 위해서, 태양전지의 p-n 접합은 POCl<sub>3</sub> 프리커서와 산호의 혼합기체를 사용한 전기로에서 이루어졌다. 기체 라인에서 응축을 방지하기위해서 기체라인은 항상 25 °C를 유지하였으며, POCl<sub>3</sub> 프리커서는 N<sub>2</sub> 기체를 사용한 버블 시스템을 이용하였다. 0.5~1.7Ω·cm의 저항을 갖는 p-type(100) Si 기판은 산업 표준 습식 세정인 RCA (SC-1, SC-2) Cleaning 방법을 실시하였으며, 확산공정은 890 °C에서 12분간 증착이 이루어졌으며, 열처리 온도는 역시 각각 890 °C에서 5분동안 Annealing 하여 N<sup>+</sup> 층을 형성하는 방법을 택하였다. 셀효율을 측정하기 위하여 Screen Printer를 사용하여 전면 전극은 Ag, 후면전극은 Al을 사용하여 금속공정을 수행하였다. Annealing은 3-Zone 전기로 방식의 Funace를 이용하였다. Scanning Electronic Microscopy (Scanning Electron Microscopy, S-4200, Hitachi Ltd.)를 이용하여 표면의 물리적인 특성을 조사하였으며, 샘플의 반사도는 Spectrophotometer(Likaku, )를 이용하였다.

## III. 결과 및 고찰

그림 1은 p형의 다결정 실리콘 웨이퍼를 염기성의 KOH 에칭용액을 이용하여 표면조직화를 수행한 결과, SEM 분석을 통하여 변환된 다결정 실리콘 웨이퍼의 표면을 보여주고 있다.

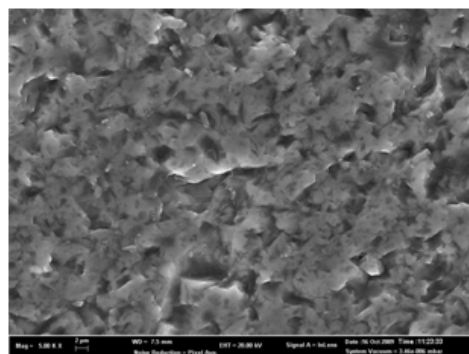


그림 1. KOH 염기성 에칭 용액에 의해 표면 조직화된 다결정 실리콘 웨이퍼의 SEM 이미지.  
Fig. 1 SEM image of mc-Si textured by using KOH etching solution.

염기성 용액에 의한 표면조직화는 수산기 이온이 실리콘과 반응하여 산화막을 형성하고 탈이온수는 산을 희석시켜 반응속도를 줄여주게 된다. 다결정 실리콘 웨이퍼의 경우 등방성 식각의 표면변화를 보여준다. 다결정 실리콘의 경우 염기성 용액으로 표면을 조직화할 경우 결정립마다 결정 방향이 다르므로 식각 속도의 차이로 인해 표면 형상이 불균일한 것을 확인할 수 있다.

이러한 표면은 효과적으로 표면 반사율을 감소시키기 어렵다. 다결정 실리콘 웨이퍼에서 보듯이 표면에 미세기공이 형성되면 최종적으로 만들어지는 태양전지 셀에서 직렬저항 성분이 커질 수 있다. 직렬저항은 셀을 구성하는 물질에 영향을 받는다고 알려져 있다. 단결정 실리콘 웨이퍼에서의 표면조직화의 변화를 살펴보기 위해서 KOH 에칭용액 속에 단결정 웨이퍼를 넣고 바닥면을 향한 면을 앞면으로 정하고 표면을 관찰하였다.

그림 2는 Si 실리콘 웨이퍼를 염기성의 KOH 에칭용액에 10분에서 45분까지 시간대 별로 처리를 한 뒤 SEM 분석을 통하여 살펴본 texturing 된 표면 앞면의 상태를 나타낸다. 위쪽은 1000배, 아래쪽은 50000배 확대해서 본 SEM 결과이다. 수산기 이온(OH-)과 실리콘의 화학반

응을 통하여 식각이 이루어지는데 결정방향에 따라 식각 속도가 다르게 된다.

그림 1에서 다결정 실리콘 웨이퍼는 표면이 등방성 조직화의 특성을 나타내는데 비하여 그림 2의 단결정 실리콘 웨이퍼의 표면 조직화된 모습은 피라미드 형의 이방성 모습을 나타낸다. 염기성의 수산기와 IPA 용액이 결정방향에 따라서 화학반응속도가 다르기 때문에 나타나는 현상이다. 피라미드가 형성된 모양을 분석해 보면 25분 에칭한 샘플에서 피라미드가 고르게 분포되어 있는 모습을 볼 수 있으며, 시간이 길어질수록 피라미드의 분포형태가 고르지 않고 끝이 뭉개진 모습을 볼 수 있다. 과도하게 에칭되고 있는 모습을 볼 수 있다.

그림 3은 Si 실리콘 웨이퍼를 염기성의 KOH 에칭용액에 10분에서 45분까지 시간대 별로 처리를 한 뒤 SEM 분석을 통하여 살펴본 texturing 된 표면 뒷면의 상태를 나타낸다. 위쪽은 1000배, 아래쪽은 50000배 확대해서 본 SEM 결과이다. 앞면에 비하여 뒷면의 경우 에칭된 모습이 고르지 못한 것을 알 수 있다.

그림 4는 단결정 웨이퍼의 표면조직화 공정 후 표면의 반사도를 측정된 결과를 나타내었다.

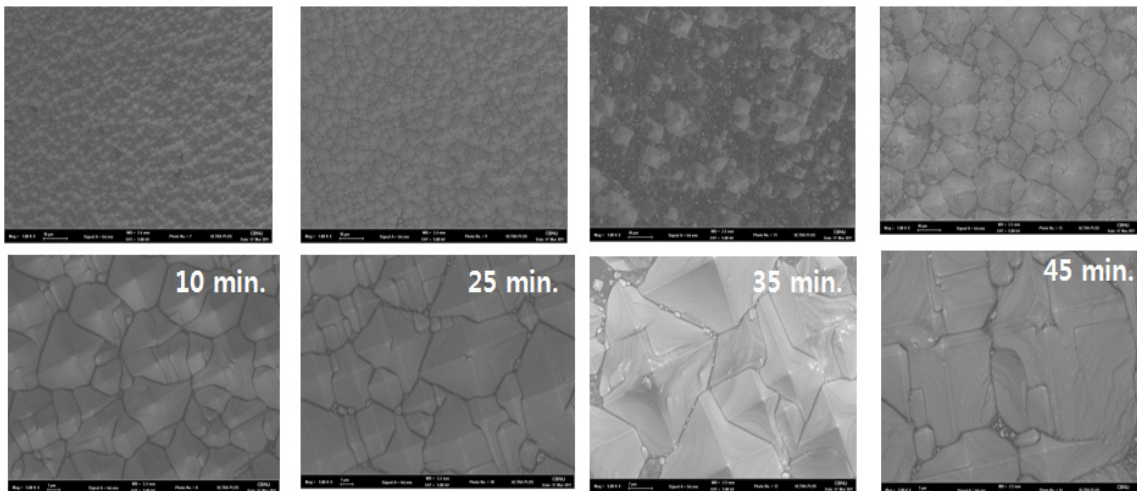


그림 2. KOH 염기성 에칭 용액에 의해 표면 조직화된 단결정 실리콘 웨이퍼의 앞면 SEM 이미지 (a) 10분, (b) 25분, (c) 35분, (d) 45분.

Fig. 2 SEM image of the front surface of ms-Si textured by using KOH etching solution (a) 10 minute, (b) 25 minute, (c) 35 minute, (d) 45 minute.

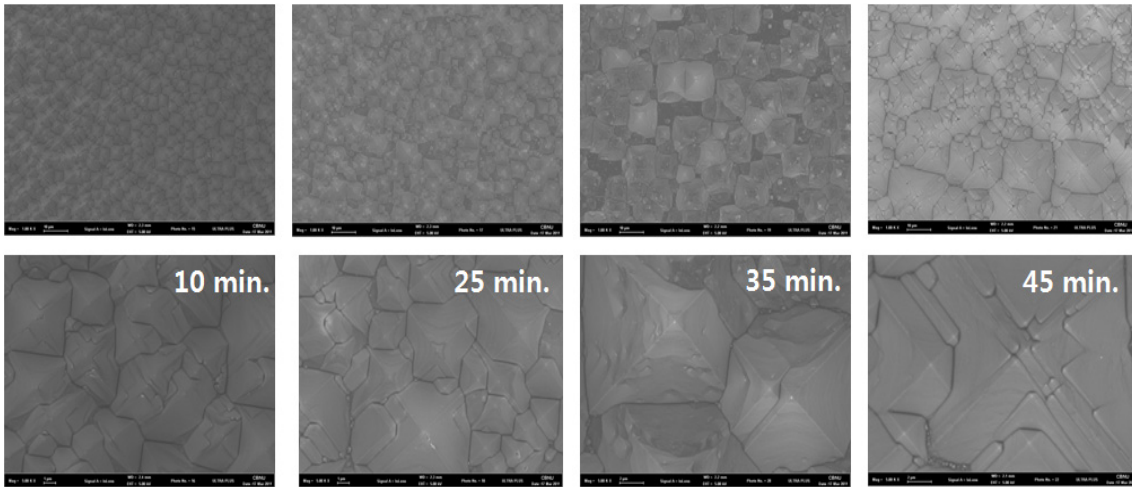


그림 3. KOH 염기성 에칭 용액에 의해 표면 조직화된 단결정 실리콘 웨이퍼의 뒷면 SEM 이미지 (a) 10분, (b) 25분, (c) 35분, (d) 45분.

Fig. 3 SEM image of the rear surface of ms-Si textured by using KOH etching solution (a) 10 minute, (b) 25 minute, (c) 35 minute, (d) 45 minute.

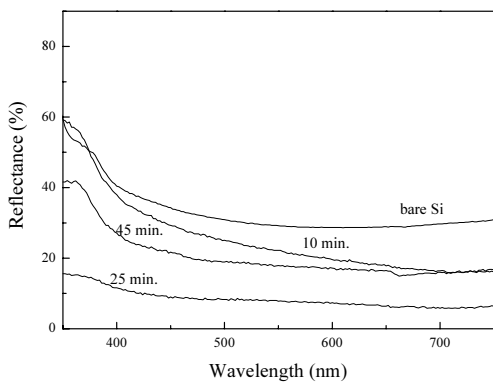


그림 4. KOH 염기성 에칭 용액에 의해 표면 조직화된 단결정 실리콘 웨이퍼의 반사도.

Fig. 4 Reflectance of sc-Si textured by using KOH etching solution.

실리콘 웨이퍼에 비하여 **KOH** 염기성 용액에 의하여 에칭을 하게 되면 반사도가 낮아지는 것을 알 수 있다. **KOH** 용액에서 25분 에칭한 용액에서 표면조직화가 이루어진 샘플에서 반사도가 가장 낮게 나타났다.

그림 5는 제작된 셀의 효율을 보여주고 있다. 에칭을 하지 않은 실리콘을 사용한 셀의 효율은 가장 낮았다. 솔

라시물레이터를 이용하여 측정된 I-V 특성 역시 표면에 에칭을 수행하여 반사도가 가장 낮은 셀에서 효율이 가장 높게 나타났다.

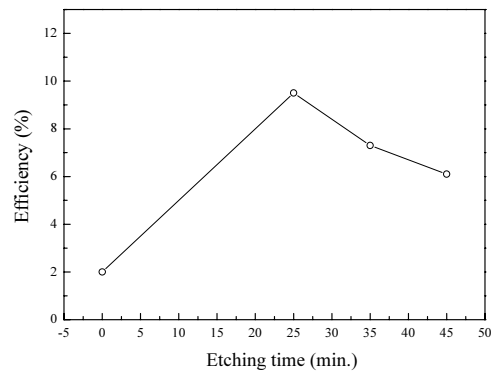


그림 5. KOH 염기성 에칭 용액에 의해 표면 조직화된 단결정 실리콘 웨이퍼의 효율.

Fig. 5 Efficiency of sc-Si textured by using KOH etching solution.

#### IV. 결론

실리콘 태양전지에서 효율을 높이기 위한 필수 과정으로 표면조직화 공정이 있다. 염기성 KOH 에칭용액을 사용하여 표면조직화를 수행한 결과 다결정실리콘 웨이퍼에서는 다수의 기공이 형성된 등방성의 표면특성을 관측할 수 있었고, 단결정실리콘 웨이퍼에서는 결정방향에 따라서 화학적 반응속도가 다르므로 인하여 피라미드 모양이 형성되는 이방성의 표면특성을 확인하였다. 단결정 실리콘 웨이퍼에서 에칭시간이 25분이었을 때 피라미드 형의 구조가 전체적으로 표면에 골고루 형성 되어있는 것을 확인하였다. 또한 표면 전체적으로 고르게 분포되어 있는 경우에 효율도 높게 나타났다.

#### 참고문헌

[1] H. Jin, S. K. Oh, H. J. Kang and J. C. Lee, "Chemical states and band gap energy for plasma nitrided ultrathin Si oxynitride film," J. Korean Phys. Soc. Vol. 51, pp. 1042-1045, 2007.

[2] C. Ormaghi, M. Stoger, G. Beaucarne, J. Poortmans and P. Schattschneider, "Thin film polycrystalline silicon solar cell on ceramics with a seeding layer formed via aluminium induced crystallisation of amorphous silicon," IEE Proc-Circuits Devices Syst., Vol. 150, pp. 287-291, (2003)

[3] Yeon Keon Moon, Dae Young Moon, Sih Lee and Jong Wan Park, "Effects of high dose proton Irradiation on ZnO thin film transistors," J. Korean Phys. Soc. Vol. 54, pp. 1059-1063, 2009.

[4] Peter Woditsch et al, "Solar Grade Silicon Feedstock Supply for PV Industry", Solar Energy Materials & Solar Cells, Vol. 72, pp. 1-26, 2002.

[5] M. S. Jeon, S. Yoshiba and Koichi Kamisako, "Intrinsic amorphous silicon (a-Si:H) thin film prepared by using remote plasma chemical vapor depositeion method and used as a passivation layer for a heterojunction solar cell," J. Korean Phys. Soc. 54, 194-199, (2009).

[6] C. Li, G. Fang, Y. Ren, Q. Fu and X. Zhao, "Silver nanoisland induced synthesis of ZnO nanostructures by vapor phase transport," J. Nanoscience and Nanotechnology, Vol. 6, pp. 1467-1473, 2006.

[7] A. Bolonkin, "New concept of high speed AB solar sail," IEEE. Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol. 44, pp. 1538-1542, (2008)

[8] Jeong Kim, "Formation of porous silicon anti reflection layer for silicon solar cell," J. Korean Phys. Soc. Vol. 50, pp. 1168-1171, 2007.

#### 저자소개



오 테레사 (Teresa Oh)

2005년 3월 ~ 현재 : 청주대학교  
반도체설계공학과  
교수

※ 관심분야: 반도체 재료, 반도체 소자, 태양전지