

박형 결정질 실리콘 태양전지 제작을 위한 웨이퍼 두께에 따른 특성 연구

정경택*, 이희준**, 송희은***, 유권중***, 양오봉*

*전북대학교 화학공학부(jeongkt@kier.re.kr, obyang@jbnu.ac.kr),

**연세대학교 신소재공학과(sena-86@daum.net)

***한국에너지기술연구원(hsong@kier.re.kr, y-gj@kier.re.kr),

Characteristics of doping process with various wafer thicknesses for thin crystalline silicon solar cell application

Jeong, Kyeong-Taek*, Lee, Hee-Jun**, Song, Hee-Eun***, Yoo, Kwon-Jong***,
Yang, O-Bong*

*School of Chemical Engineering, Chonbuk National University,

**Dept. of Material Science and Engineering, Yonsei University,

***Photovoltaic Research Center, Korea Institute of Energy Research

Abstract

Many studies in crystalline silicon solar cell fabrication have been focused on high efficiency and low cost. In this paper, we carried out the doping procedure by varying the silicon wafer thicknesses and sheet resistance. The silicon wafers with various thicknesses were obtained by shiny etching and texturing. The thicknesses of wafers were 100, 120, 150, and 180 μm . The emitter layer formed by POCl_3 doping process had sheet resistance with 40 and 80 Ω/sq for selective emitter application. This experiment indicated wafer thickness did not influence sheet resistance but lifetime was strongly effected.

Keywords : 박형 결정질 실리콘 웨이퍼(thin crystalline silicon wafer), 반송자수명(lifetime), 선택적 에미터(selective emitter)

기 호 설 명

Rsh : 면저항 (Ω/sq)
 stdev. : 표준편차 (%)

1. 서 론

태양광 산업이 주목받기 시작한 이후로 conventional 공정을 이용한 태양전지 제작 기술은 한계에 도달했다. 현재 대면적 고효율을 위한 태양전지 구조개발과 동시에 그리드 패리티(grid parity)¹⁾를 달성하기 위해 원가절감에 관한 연구가 끊임없이 진행되고 있다. 특히 결정질 실리콘 태양전지의 경우 웨이퍼가 제작비용의 65%를 차지하고 있어 가격 경쟁력 있는 태양전지 제작을 위해서는 현재 상용화되고 있는 200 μm 보다 더 얇은 웨이퍼를 사용한 태양전지를 제작하여야 하며 실제로 기관의 두께는 점차 얇아지고 있는 추세이다. 태양전지에 사용되는 웨이퍼가 얇아지게 되면 kerf-loss가 감소하기 때문에 웨이퍼의 원가절감 효과를 볼 수 있다. 그러나 웨이퍼가 얇아지면서 원가를 낮출 수는 있겠지만 태양전지 제작 시 handling의 문제, 효율이 하락하는 등 다양한 문제점을 야기할 수 있다.

또한 효율 향상을 위한 태양전지 구조에 대한 연구로써 기존 단일(homogeneous) 에미터가 아닌 선택적(selective) 에미터에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. 선택적 에미터는 heavy-doped와 light-doped 영역으로 나뉘게 되고, 레이저, 잉크젯, RIE 등 다양한 방법을 이용한 형성 기술이 개발 중에 있다.

본 논문에서는 100 - 180 μm 두께의 박형 웨이퍼에 선택적 에미터를 적용시키기 위한 선행 연구로서 웨이퍼의 두께에 따른 면저항(Rsh)과 반송자수명(lifetime)을 측정하여 관찰하였다.

2. 실 험

실험에서 사용된 웨이퍼는 초크랄스키법으로 만들어진 두께 $200\pm 10\mu\text{m}$, 비저항 $0.5\sim 3\ \Omega\cdot\text{cm}$, 크기 $156\times 156\ \text{mm}^2$ 의 p-type 단결정 실리콘 웨이퍼를 사용하였다. 웨이퍼의 두께를 100, 120, 150, 180 μm 로 가변하였으며 각 두께마다 40과 80 Ω/sq 로 면저항을 형성하였다.

2.1 웨이퍼 두께 가변

현재 웨이퍼는 주로 잉곳 제작 후 wire sawing 방법에 의해 제작되어진다. Wire sawing 방법을 사용했을 때 wire의 두께가 슬라이싱 가능한 웨이퍼 두께에 결정적인 영향을 미친다. 본 연구에서는 다양한 웨이퍼 두께를 얻기 위해 염기성 용액을 이용한 Shiny 단계에서 두께를 조절한 후 표면조직화 공정을 진행하였다. 웨이퍼 두께를 감소시키기 위한 Shiny 공정은 90°C , 18~20%의 수산화나트륨(NaOH) 용액을 사용하여 시간을 가변하여 원하는 두께의 웨이퍼를 제작하였다. Shiny 공정 후 웨이퍼의 무게 측정하여 두께를 계산하였다

표면조직화 공정은 Shiny 공정에서 얻어진 웨이퍼를 85°C , 1.4%의 수산화칼륨(KOH) 용액과 isopropyl alcohol(IPA)의 혼합용액에서 약 25분간 식각함으로써 다양한 두께의 웨이퍼에 대해 동일한 조건을 적용하여 제작하였다. 이런 공정 과정을 거쳐 제작된 웨이퍼는 100, 120, 150, 180 μm 두께를 가졌다.

2.2 에미터 형성

에미터 형성을 위한 도핑 공정은 석영로(quartz furnace)에서 POCl_3 소스를 이용하

표 1. 태양전지 공정에서 에미터 형성 조건

	pre-deposition		drive-in	
	temp. ($^\circ\text{C}$)	time (min)	temp. ($^\circ\text{C}$)	time (min)
실험1	800	7	865	10
실험2	790	7	825	10

1) 화석연료 발전단가와 신재생에너지 발전단가가 같아지는 시기

여 온도조건을 가변하여 에미터를 형성하였으며 공정 조건은 표 1에 나타내었다[1].

3. 결과 및 분석

다양한 두께의 웨이퍼를 이용하여 선택적 에미터 구조의 태양전지 제작 시 필요한 두 가지의 면저항을 얻고자 실험을 수행하였다.

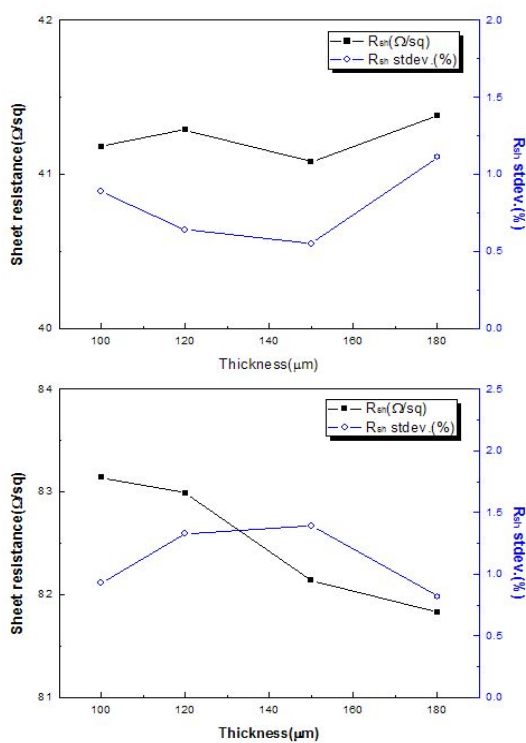


그림 1. 다양한 두께의 웨이퍼를 사용한 도핑 공정 결과 형성된 에미터층의 면저항 측정 (A) 40Ω/sq (표1의 실험 1), (B) 80Ω/sq (표1의 실험 2)

표 1에서 볼 수 있듯이 pre-deposition과 drive-in 온도 조건을 변화시킴으로써 40 Ω/sq(실험1) 과 80 Ω/sq (실험2)의 면저항을 얻고자 하였다. 도핑 공정 후 면저항은 4분 탐침법(4-point probe method)을 이용하여 측정하였다. 웨이퍼마다 9개의 다른 구역을 측정하였고 그 값들의 면저항 평균 및 표준

편차(stdev.)를 계산하였다. 또한 WCT-120을 사용하여 반송자수명(lifetime)을 측정하여 웨이퍼의 특성을 관찰하였다. 그림 1은 다양한 두께의 웨이퍼에 대해서 도핑공정을 가변하여 실험 후 측정된 면저항과 표준편차를 나타낸 그래프이다.

측정된 값을 분석해보면 두께가 다른 웨이퍼에서 측정된 면저항 값은 오차범위(±5%) 이내의 값을 나타내었고, 하나의 웨이퍼에서 각 구역마다의 표준편차 또한 1.5% 이내로 측정되었다. 이것은 균일한 도핑이 이루어졌음을 나타내고, 에미터의 형성은 웨이퍼 두께에 크게 의존하지 않음을 확인 할 수 있었다.

그림 2는 웨이퍼 두께가 얇아지면서 나타날 수 있는 효율 감소 원인을 규명하기 위해서 각 샘플의 반송자수명을 측정한 그래프이다.

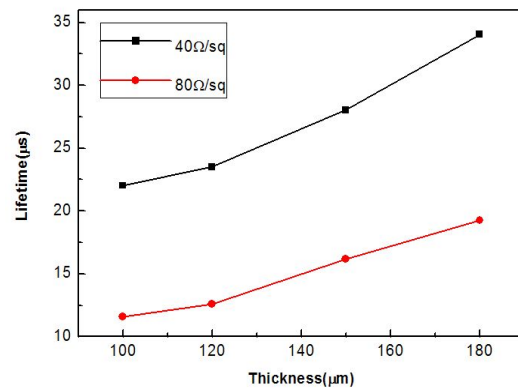


그림 2. 다양한 두께의 결정질 실리콘 웨이퍼의 반송자수명 측정

면저항이 증가하고 두께가 얇아질수록 반송자수명이 줄어드는 것을 확인 할 수 있다. 이는 도핑되는 불순물의 양이 적어질수록 생성되는 반송자(carrier)가 줄고 웨이퍼 두께의 감소로 인한 buffer층의 감소와 이로 인한 광흡수량의 감소로 생성되는 반송자가 줄어

들었기 때문으로 볼 수 있다.

반송자 수명의 감소는 태양전지 제작시 효율 감소로 이어질 수 있기 때문에 이런 문제점을 해결하기 위해서 박형 태양전지 공정에서는 패시베이션 공정이 매우 중요할 것으로 예측된다.

4. 결 론

본 실험은 결정질 박막 태양전지 제조를 위한 선행 실험으로써 진행되었다.

선택적 에미터를 위해 heavy-doped 영역이 $40\Omega/\text{sq}$ 일 때와 light-doped 영역이 $80\Omega/\text{sq}$ 일 때를 가정하여 각각의 에미터층을 형성한 후 웨이퍼 두께에 따라 반송자수명을 측정하여 특성을 관찰하였다[2].

웨이퍼 두께가 얇아질수록 재결합 속도가 증가하고 투과되는 장파장 영역의 빛이 많아져 생성되는 전하정공쌍(EHP)이 줄어들기 때문에 반송자의 수명이 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

앞으로 선택적 에미터를 적용한 박형 실리콘 결정질 태양전지를 제작할 때 이러한 특성이 효율에 어떠한 영향을 끼치는지에 대한 추가 연구를 진행하도록 하겠다.

5. 후 기

본 연구는 지식경제부의 신재생에너지기술 개발사업에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 최성진, 송희은, 유권중, 유진수, 한규민, 권준영, 이희덕, “결정질 실리콘 태양전지의 도핑 최적화를 위한 선증착 온도에 대한 연구”, 한국태양에너지학회, 추계학술대회 논문집, 2010, pp. 337-342
2. C.H. Du. et al, "Selective Emitter Solar Cell Using Two Temperature Steps

Furnace Process", 34th PVSC, June 7-12, 2009. pp. 646-649

3. 이준신, 김정해, 「태양전지공학」, 도서출판 그린, pp.300-334