

결정질 태양전지에서 니켈 전극 사용을 위한 열처리 방안

정우원¹, 김성철¹, 경도현¹, 권태영¹, 이영석¹, 허윤성², 박승일², 이준신³
¹성균관대학교 태양광발전시스템협동과정, ²DMS, ³성균관대학교 정보통신공학부

The annealing method of nickel electrode for C-silicon solar cell

W.W. Jung¹, S.C. Kim¹, D.H. Kyung¹, T.Y. Kwon¹, Y.S. Lee¹, Y.S. Heo², S.I. Park², J.S. Yi³

¹SKKU Interdisciplinary Program in Photovoltaic System Engineering, ²DMS, ³SKKU Information&Communication

Abstract - 고효율 태양전지를 위한 결정질 태양전지의 구조 중 UNSW에서 개발한 BCSC(buried contact solar cell)가 있는데, 이는 전면 전극을 laser 처리 후 무전해 니켈 도금으로 형성한 것이다. 이같은 전면 전극을 형성하기 위해서는 무전해 nickel 도금 후 열처리가 필수적이다. 우리는 이 공정을 확립하기 위해 결정질 wafer에 후면을 PECVD로 SiNx막을 형성하여 30Ω/□로 도핑한 후 후면을 불산으로 제거한 상태에서 양면을 니켈 무전해 도금으로 전극을 형성하여 300℃, 350℃, 400℃에서 각각 3,6,9분간 진행하였다. 그 결과 400℃에서 3분간 열처리된 sample이 상대적으로 가장 명확한 IV curve를 형성하였다. 이 실험의 결과는 PN 접합 구조에서 전극을 nickel로 사용할 때 유용하게 사용될 수 있다.

1. 서 론

최근 신재생 에너지의 관심으로 인하여 결정질 태양전지의 산업화 규모가 점차 증가하고 있다. 이러한 관심으로 인하여 태양전지의 연구동향은 고효율화를 달성하는데 맞추어져 있다. 태양전지의 고효율화를 달성하기 위한 구조 중 태양전지의 전면에 역피라미드 구조로 텍스처링을 실시하고, selective emitter를 형성한 후 후면에는 passivation층과 국부적인 P층을 형성하여 Isc, Voc를 향상시키는 궁극적으로 변환효율을 향상시키는 방법이 있는데, 이 구조가 UNSW의 PERL(Passivation Emitter Rear Locally diffused) 구조이고, 변환효율 24.7%를 기록하고 있다.[1] 또한 전극을 후면에 형성하여 전면에는 shadow loss가 전혀 없도록 만드는 IBC(Integrated Back Contact) 구조도 있는데, 이 구조는 스탠포드 대학에서 개발되어 미국의 Sunpower사가 상업화에 성공하였고, 21%를 기록하였다.[2] 이 외에도 일본 Sanyo사에서 개발된 HIT구조는 P-I-N 구조를 사용하여 22.3%를 기록하였다.[3]

이러한 고효율화를 지향하기 위해 시도된 다양한 구조 중 하나로 UNSW에서 개발하고 BP solar에서 상용화한 BCSC(buried contact solar cell) 구조가 있다. 이 구조는 전면에 Ag paste를 사용하는 것 대신 nickel을 사용하여 전면의 선폭을 줄이고, 나아가 shadow loss를 줄여 고효율을 지향한다. 이러한 nickel 전극에 copper와 silver를 더하면 순수한 금속 물질의 전극이 형성되기 때문에 직렬저항이 감소하여 태양전지의 변환효율이 향상될 수 있다[4].

본 논문에서는 silicon wafer에서 니켈을 무전해 도금법으로 형성할 경우 nickel과 silicon 사이를 ohmic contact시키기 위해 열처리를 실시해야 한다. 그래서 우리는 태양전지 wafer에서 nickel 전극을 형성한 후 열처리의 과정으로 RTP(Rapid Thermal Process, SNTEK)로 온도와 시간을 가변하여 열처리 공정을 확립하기 위해 실험을 실시하였다. 우리는 이 실험의 결과를 측정하기 위해

IV tester를 사용하였고, 무전해 도금 용액은 1954년 Brenner가 제안한 방법을 결정질 태양전지용 wafer에 맞게 수정하여 실시하였다.[5]

2. 본 론

2.1 실험방법

우리는 실험을 위해 결정질 태양전지 wafer(도이치사, 두께 240μm, 비저항 1.37Ωm, 165diameter)을 사용하여 실험을 진행하였다. 우리의 실험 절차는 Figure 1과 같다. Figure 1에서 보듯이 우선 3~6μm의 피라미드 크기가 형성되도록 NaOH를 사용하여 텍스처링을 실시하였다. 여기에 PN 접합을 형성하기 위하여 후면에 PECVD(SNTEK)를 사용하여 SiNx막을 증착하였다. 이는 SiNx막을 도핑을 방지하는 blocking layer로 사용하기 위함이다. SiNx막의 증착시간은 130초로 두께는 엘립소메트리로 측정해 본 결과 약 30nm였다. 도핑 방지막으로 SiO2를 사용하는 것도 무방하나 여기서는 SiNx를 사용하여 실험을 실시하였다.

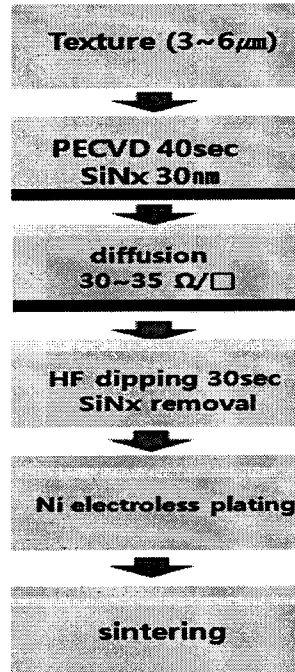


Figure 1 : Cell process description

여기에 furnace를 사용하여 diffusion을 실시하였다. diffusion은 POCl_3 을 사용하여 $30\sim 35\Omega/\square$ 를 형성하였다. 일반적으로 사용하는 $40\Omega/\square$ 보다 약간 더 고농도의 diffusion을 실시하였는데, 이는 측정단계에서 PN 접합의 특성을 관찰하기 용이하도록 하기 위함이었다. 이후 도핑 방지막의 존재로 인하여 단일면만 도핑된 wafer를 니켈 도금을 형성하기 위하여 HF 10%에 30초간 침액시켜 SiN_x 막을 제거하였다. 여기에 전극을 형성하기 위하여 니켈 무전해 도금을 실시하였다. 니켈 도금은 80°C 에서 5분간 진행하였다. 이후 한 장의 wafer를 $1\mu \times 5\mu$ 로 절단하여 열처리를 실시하였다. 열처리는 RTP공정으로 진행하였고, figure 2에서 보는 것과 같이 온도는 초기 20초동안 급속도로 증가시킨 후 일정하게 유지시켰고, 300°C , 350°C , 400°C 에서 각각 진행하였다. 각각의 온도에서 시간을 3분, 6분, 9분으로 가변하여 총 9번의 실험을 진행하였다.

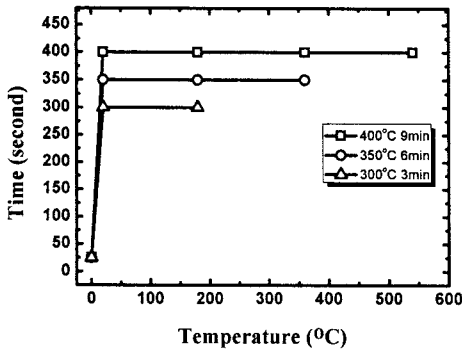


Figure 2 : RTP temperature profile

2.2 실험결과

니켈 전극을 형성하기 위해 무전해 도금을 실시하고 열처리 미실시 상태에서의 IV curve의 그래프는 figure 3과 같다. 전압 인가는 -1V 에서 1V 까지 수행하였고, figure 3에서와 같이 모든 sample은 PN 접합 다이오드가 작동하지 않는 것으로 나타났다. 이는 nickel이 전극으로서의 역할을 충분히 수행하지 못한 결과라고 생각한다. 다만, 이는 면저항이 $30\sim 35\Omega/\square$ 에서의 결과이며, 면저항이 충분히 낮다면, 니켈의 열처리 전에도 전극으로서의 역할을 수행할 수 있을 것으로 생각된다.

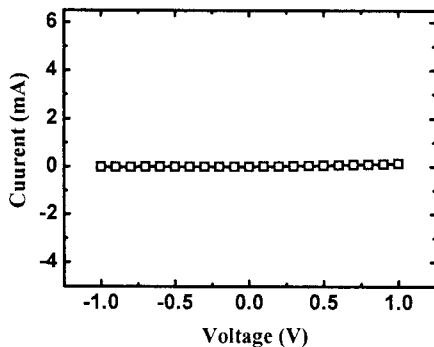


Figure 3 : I-V curve before sintering

Figure 4는 미작동하는 PN 접합 다이오드를 300°C 에서 3분, 6분, 9분간 RTP에서 H_2 3L/min를 넣고 열처리된 그래프이다. 열처리시 H_2 를 첨가하여 주는 이유는 실리콘과 니켈 사이에 산화를 방지하고, passivation 효과를 추

가하기 위함이었다. 300°C 에서 3분간 열처리된 sample에서는 열처리 전후가 변화가 없었다. 6분간 열처리된 sample에서부터는 열처리의 효과가 보이기 시작하였고, 9분간 열처리된 sample에서는 PN 접합 diode의 형태가 보이기 시작하였다.

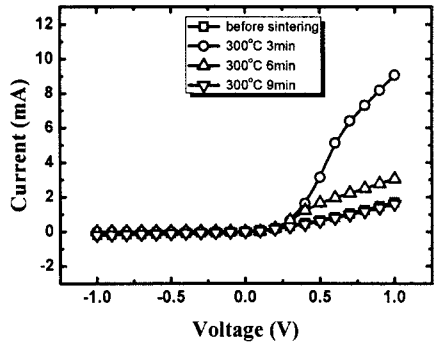


Figure 4 : I-V curves of before and after 300°C sintering for 3min, 6min, 9min

Figure 5에는 H_2 3L/min에서 350°C 로 3분, 6분, 9분간 열처리를 수행한 것을 나타내었다. Figure 4와 마찬가지로 시간을 늘릴수록 I-V curve가 명확히 드러났으며, 그 효과는 300°C 에서보다도 더욱 명확해졌다.

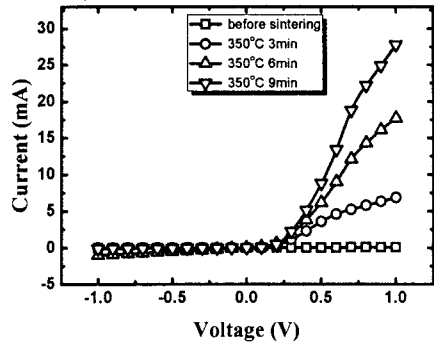


Figure 5 : I-V curves of before and after 350°C sintering for 3min, 6min, 9min

Figure 6은 H_2 3L/min에서 400°C 에서 열처리된 그래프이다. Figure 6에서는 fig. 4, fig.5 보다 더욱 분명한 열처리 효과를 나타나 있는데, 특이한 점은 400°C 에서는 최단 시간 열처리를 수행한 sample(3분간 열처리)에서 가장 높은 current 수치를 보여주고 있다. 이후 6분, 9분간 열처리한 sample에서는 점차적으로 current 수치가 감소하고 있음을 볼 수 있다. 이는 400°C 에서 장시간 열처리를 수행할 경우 nickel 급속히 오히려 N^+ 층을 손상시키는 결과에 의한 것으로 보인다.

3. 결론

우리는 결정질 태양전지의 전극을 nickel로 형성하기 위해서 nickel 무전해 도금 후 열처리 조건을 확립하려고 노력하였다. 열처리를 300°C , 350°C , 400°C 로 수행해 본 결과 400°C 에서 3분간 열처리된 sample이 가장 명확한 I-V curve를 형성하였다. 본 실험의 결과 온도와 시간의 조건이 모두 열처리의 변수가 될 수 있음을 밝혀내었다. 이는 결정질 태양전지의 nickel 전극을 형성할 때, nickel 도금 후 열처리 온도 및 시간에 대한 근거자료로 활용될 수 있을 것이다. 또한 nickel이 태양전지 wafer에서도 전

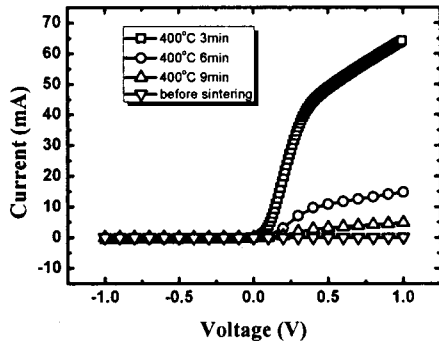


Figure 6 : I-V curve after 400°C sintering for 3min, 6min, 9min

극으로 활용될 수 있다는 점을 보여주었다.

우리의 실험 계획은 온도와 시간의 변수가 한정되어 있기 때문에 낮은 온도에서 장시간에 걸친 열처리의 효과와 높은 온도에서의 단시간에 걸친 열처리의 효과는 입증하지 못하였다. 이는 후속 실험을 통해 밝힐 예정이며, 이 실험 후 보다 명백한 온도 및 시간에 대한 조건을 확립할 수 있을 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이준신, 태양전지공학, 도서출판그린, 165, 2007
- [2] 이준신, 태양전지공학, 도서출판그린, 163, 2007
- [3] 이준신, 태양전지공학, 도서출판그린, 167, 2007
- [4] M. A. Green, 20% efficiency laser grooved, silicon buried contact solar cells, Photovoltaic Specialists Conference, 411-414, 1988
- [5] A. Brenner, Electroless plating comes of age, METAL FINISHING, 68-76, 1954