

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2015.15.6.231>

IIBC 2015-6-32

ITO기판을 이용한 불순물 증착에 관한 연구

A Study on Impurity Deposition using of ITO Substrate

박정철*, 추순남**

Jung-Cheul Park*, Soon-Nam Chu**

요약 본 연구는 RF 마그네트론 스퍼터링을 이용하여 ITO glass 위에 N-Type과 P-Type 박막을 증착하여 증착 조건에 따른 면저항 특성을 확인하였다. N-Type의 I-V특성은 RF Power가 150 W 일 때 전류의 값이 가장 높은 것으로 나타났고, 15분을 증착하였을 때 기울기가 일정하게 나타나면서 Ohmic contact이 잘 이루어지는 것을 확인 할 수 있었다. 기판온도와 RF Power 및 증착시간이 증가함에 따라 면저항이 증가하는 것으로 나타났고, 면저항이 작은 값일수록 I-V 특성이 잘 나타났다. P-Type 에서도 N-Type과 비슷한 양상을 보이는데, RF Power가 150 W일때 전류가 가장 높은 것으로 나타났고, 20분을 증착하였을 때 Ohmic contact이 잘 이루어지는 것을 확인 할 수 있었다. 면저항 또한 N-Type과 비슷하게 RF Power와 증착시간이 증가함에 따라 면저항이 증가하는 것을 확인 할 수 있었다.

Abstract In this paper, we have studied a sheet resistance property of N- and P-type thin films deposited on ITO glass by use of RF magnetron sputtering. The N-type samples which has the deposition condition of 150W RF power, shows the highest current value, and the samples deposited for 15 minutes shows a better Ohmic contact property. As the substrate temperature, RF power and deposition time are increased, the sheet resistance of the samples is increased, and the low sheet resistance sample shows a better I-V property. The P-type samples shows the highest current value by 150W RF power condition as similar as N-type samples. and the samples deposited for 20 minutes shows a better ohmic contact property. The sheet resistance of the both types samples is increased as increasing RF power and deposition time.

Key Words : ITO glass, RF power, RF magnetron sputtering, substrate temperature, ohmic contact

1. 서론

현재 우리는 일상생활에서 많은 에너지를 소비하고 있고, 그 에너지의 대부분은 화력이나 원자력 발전소에서 만들어지는 전기에너지를 사용하고 있다. 하지만 그 자원은 지극히 제한적이며, 얼마 지나지 않아서 고갈될 것으로 예상하고 있다. 갈수록 심해지는 대기오염과 지구 온난화 현상으로 인해 CO2 배출을 줄일 수 있는 대체 에너지 개발은 이제 선택이 아니라 필수가 되고 있다. 그 중에서도 태양에너지는 지구에서 얻을 수 있는

가장 풍부하고 고갈될 염려가 없는 에너지원으로 가장 활발하게 연구되고 있다. 태양광 발전은 햇빛을 받으면 광전효과에 의해 빛 에너지를 전기에너지 변환하는 기술이다^[1,2]. 변환하는 과정에서 기계적, 화학적 작용이 없으므로 구조가 단순하며 안전하다. 발전 규모가 소규모에서 대규모 까지 가능하며 기계적인 가동부분이 거의 없기에 소음과 진동 등이 없으며 가전용품, 건축자재 등 다양한 분야에서 적용이 가능하다. 현재 태양전지는 많은 발전을 하고 있으나 지금까지의 태양전지의 구조와

*정희원, 가천대학교 전자공학과

**정희원, 가천대학교 전기공학과(교신저자)

접수일자: 2015년 11월 17일, 수정완료: 2015년 12월 10일

게재확정일자: 2015년 12월 11일

Received: 17 November, 2015 / Revised: 10 December, 2015 /

Accepted: 11 December, 2015

**Corresponding Author: snchu@gachon.ac.kr

Dept. of Electrical Engineering, Gachon University, Korea

공정으로는 기술적인 한계를 극복하기가 쉽지가 않아서 더 높은 효율을 기대하기에 어려움을 얻고 있다^[3,4]. 최근의 태양전지 기술 개발 중 웨이퍼 표면을 거칠게 만들어 광포획에 유리한 형태로 만들어 태양광이 입사하면 굴절된 빛이 반사되는 것을 방지하기 위해 빛의 2차 3차 흡수를 도와주는 기능을 갖지는 분야로 연구하고 있다^[5,6,7]. 또한 저렴한 재료를 이용하고 공정을 줄여서 태양전지의 가격을 낮추면서, 우수한 성능을 얻을 수 있는 방향으로 진행되고 있다. ITO(Indium Tin Oxide)는 낮은 전기비저항($2 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$), 넓은 밴드갭(3.5~4.3 eV), 높은 광투과율로 인해 태양전지에 적용하기 적합한 것으로 많은 연구개발이 시작되었다^[8]. 본 논문에서는 RF 마그네트론 스퍼터링 장비를 이용하여 실리콘 웨이퍼를 대체 할 수 있는 ITO 기판을 사용하여 p,n형의 불순물을 증착하여 I-V 특성을 및 면저항을 측정하였으며 단결정 실리콘 태양전지의 기판으로 사용가능한지에 대해서 연구하였다.

2. 실험방법

ITO기판(1.5×1.5cm)을 세척 한 후 지지대에 ITO기판을 넣고, 1×10^{-2} Torr정도 까지 진공 상태를 유지한 후, Fore-line valve를 열고 Turbo를 켜서 27,000 rpm이 되면, 고진공 상태로 유지하였다. 고진공 상태에서 열처리 를 을 시작하여 기판온도를 250~350℃까지 유지시켰다. 고진공이 되면 공정압력을 zero로 조정하고, MFC로 Ar 가스를 30 sccm으로 분위기로 흘려준 후, 공정압력을 10 mTorr로 맞춰 준다. RF Power를 150,200,250W로 각각 주어 스퍼터링은 시작하여 p형, n형 박막을 증착하였다. 본 연구는 RF Power변화에 따른 I-V 특성을 측정하였고, 4point probe 방식을 이용하여 면저항을 측정하였다. 그림 1은 본 실험에 사용된 RF 마그네트론 스퍼터링 장비를 나타냈다.

3. 결과 및 고찰

N-Type 박막 증착 조건을 표 1에 나타냈다.

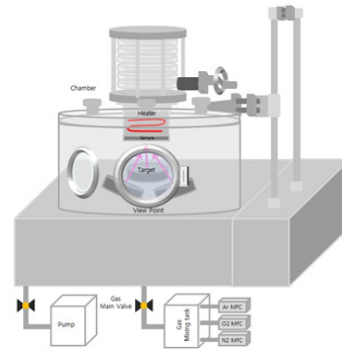


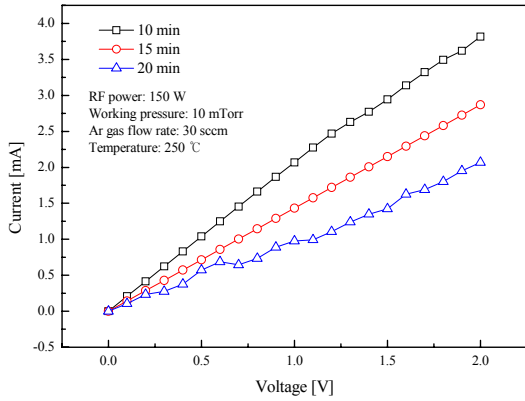
그림 1. RF 마그네트론 스퍼터링
Fig. 1. RF magnetron sputtering

표 1. N-type 박막 증착 조건
Table 1. Condition of N-type Thin Film deposition

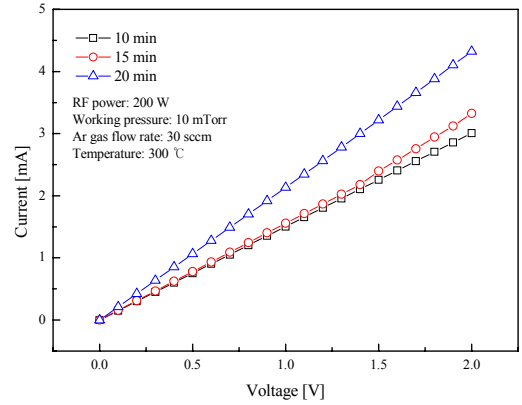
Sputtering parameter	Value
RF power	150 /200W
Ar gas flow rate	30 sccm
Working pressure	10 mTorr
Time	10/ 15/ 20min
Temperature	250/ 300/ 350℃

ITO glass에 N-Type 실리콘을 증착하였을 때, Ohmic contact이 잘 이뤄지는지 알아보기 위하여 I-V Curve를 측정하였다. 그림 2부터 4까지에서 보이는 것처럼 측정 결과 모든 실험 과정에서 Ohmic contact이 일어나는 것을 확인 할 수 있었다. RF Power 변화에 따라 증착했을 때에는 150 W에서 전류의 값이 가장 높은 것으로 나타났고, 시간의 변화에 따라 증착했을 때에는 15분에서 기울기가 일정하게 나타나면서 Ohmic contact이 잘 이루어지는 것을 알 수 있었다. 온도의 변화에 따라 증착했을 때에는 150 W 기준으로 기판온도가 300℃ 일 때, 가장 높은 전류 값이 나타났다.

그림 5는 면저항을 측정된 결과를 나타낸 것이다. 기판온도가 300℃ 일 때는 일관성 있게 나타나지 않았지만 250℃와 350℃ 일 때는 대체적으로 RF Power가 커질수록 면저항이 커지는 현상을 나타내었다. 이는 시간이 증가함에 따라 박막이 두꺼워 지기 때문에 이런 결과가 나타나는 것으로 보인다.

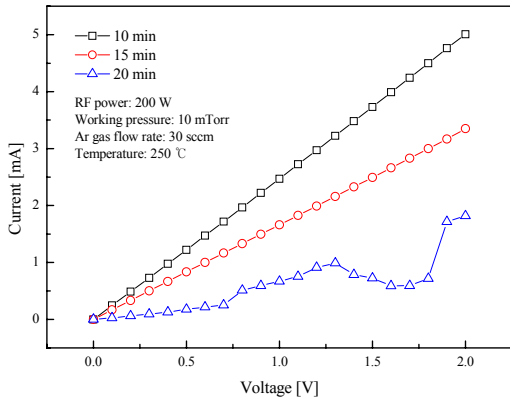


(a)



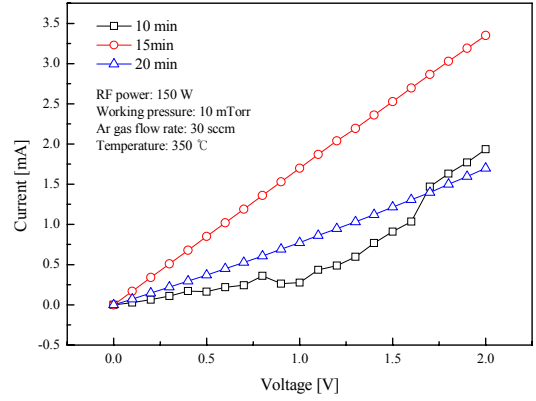
(b)

그림 3. 300°C에서 전류-전압 (a) 150 W (b) 200 W
 Fig. 3. I-V at 300°C (a) 150 W (b) 200 W

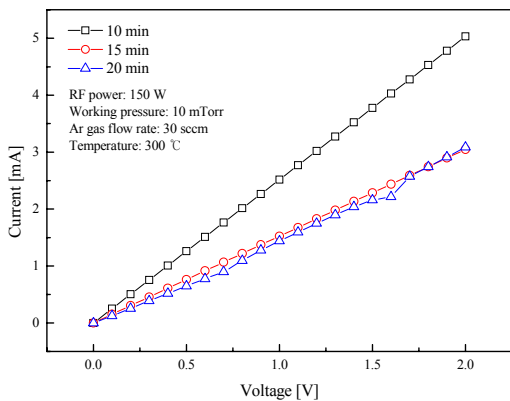


(b)

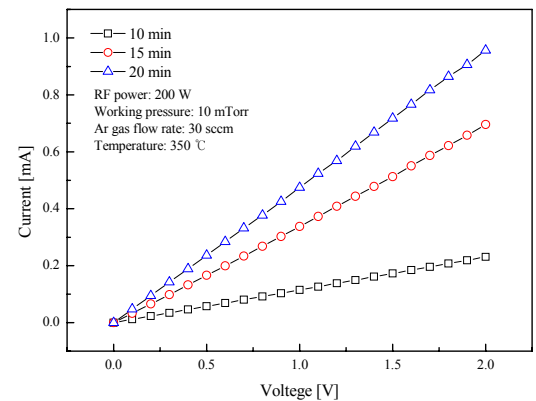
그림 2. 250°C에서 전류-전압 (a) 150 W (b) 200 W
 Fig. 2. I-V at 250°C (a) 150 W (b) 200 W



(a)



(a)



(b)

그림 4. 350°C에서 (a) 150 W (b) 200 W
 Fig. 4. I-V at 350°C (a) 150 W (b) 200 W

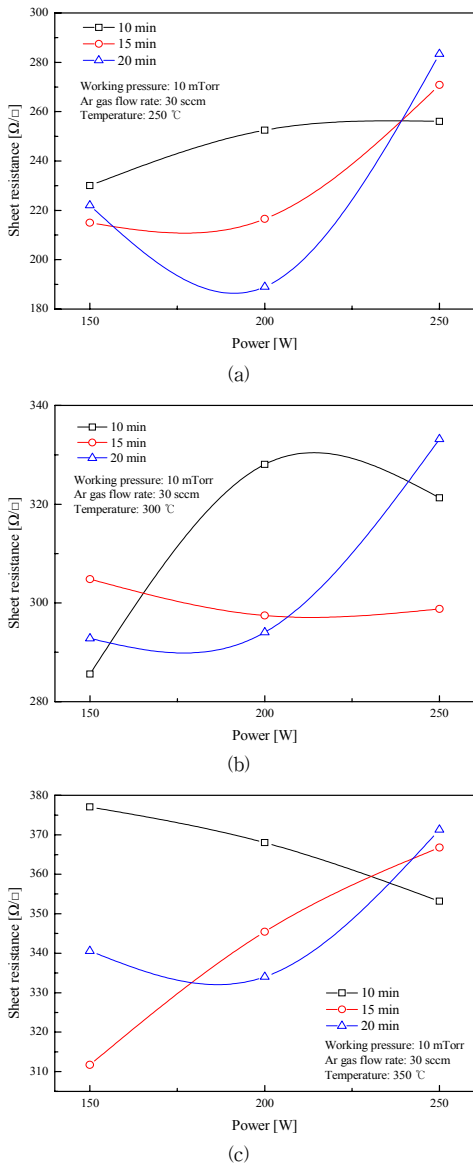


그림 5. N-type의 면저항 (a) 250°C (b) 300°C (c) 350°C

Fig. 5. sheet resistance of N-type (a) 250°C (b) 300°C (c) 350°C

그림 6에서는 N-Type을 기판온도가 300°C 일 때 RF Power 변화와 시간의 변화에 따른 투과율을 측정하였다. 그림 (a) 와 (b)는 RF Power가 150 W 와 200 W 일 때의 변화를 측정한 것이다. 150 W에서 10분을 증착했을 때에는 장파장으로 갈수록 투과율이 높아지면서 최대 51.6%로 나타났고, 15분과 20분을 증착했을 때에는 각각 파장이 620 nm에서 47.7%, 680 nm에서 63.8%로 가장 높은

투과율을 보였다. 200 W에서는 150 W 일 때와는 다르게 20분을 증착하였을 때 장파장으로 갈수록 투과율이 높아지면서 최대 74.82%로 나타났고, 10분과 15분을 증착했을 때에는 각각 파장이 660 nm에서 49.48%, 820 nm에서 70%로 가장 높은 투과율을 보였다. 표 2는 P-Type 박막의 증착 조건을 나타낸 것이다. N-Type과 동일하게 ITO glass에 P-Type 실리콘을 증착하였을 때, Ohmic contact이 잘 이뤄지는지 알아보기 위하여 I-V Curve를 측정하였다. 그림 7~9에서 측정 결과 모든 실험 과정에서 Ohmic contact이 일어나는 것을 확인 할 수 있었다. RF Power 변화에 따라 증착했을 때에는 150 W에서 전류의 값이 가장 높은 것으로 나타났고, 시간의 변화에 따라 증착했을 때에는 10분에서 기울기가 일정하게 나타나면서 Ohmic contact이 잘 이루어지는 것을 알 수 있었다. 온도의 변화에 따라 증착했을 때에는 150 W 기준으로 250°C 일 때, 가장 높은 전류 값이 나타났다.

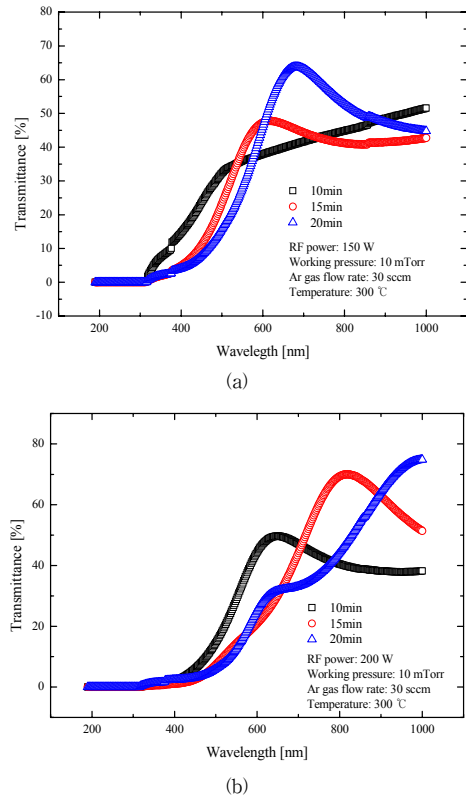


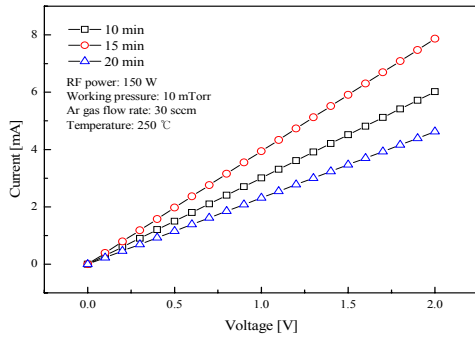
그림 6. RF power 변화에 따른 흡수율(N-type) (a)150 W (b)200 W

Fig. 6. Transmittance of RF Power difference (N-type) (a)150 W (b)200 W

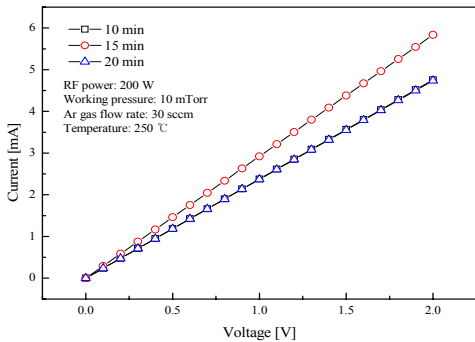
표 2. P-type 박막 증착 조건

Table 2. condition of P-type Thin Film deposition

Sputtering parameter	Value
RF power	150 /200W
Ar gas flow rate	30 sccm
Working pressure	10 mTorr
Time	10/ 15/ 20min
Temperature	250/ 300/ 350℃

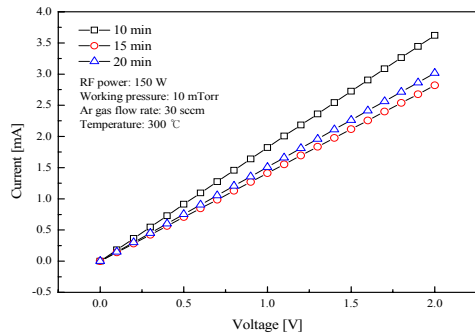


(a)

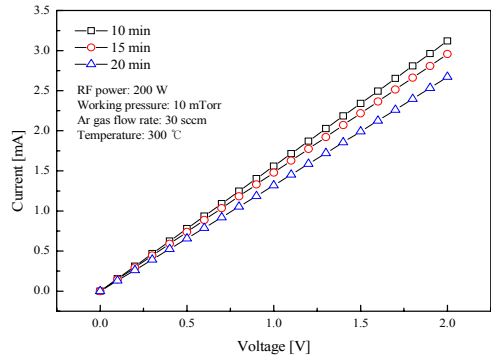


(b)

그림 7. 250℃에서 전류-전압 (a) 150 W (b) 200 W
 Fig. 7. I-V at 250℃ (a) 150 W (b) 200 W

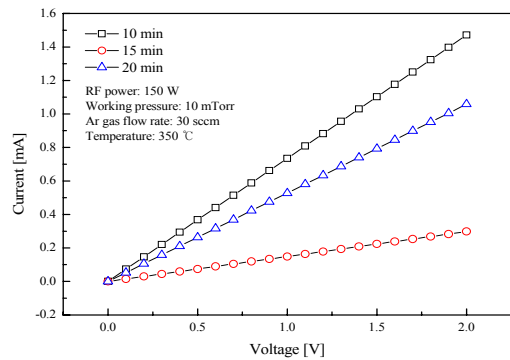


(a)

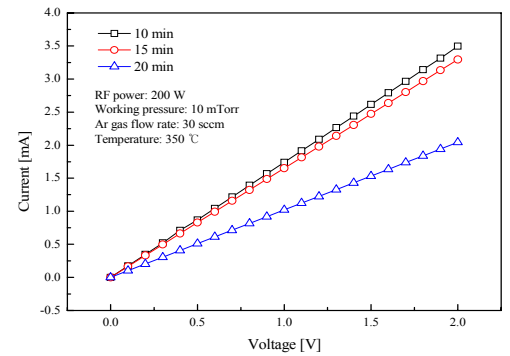


(b)

그림 8. 300℃ (a) 150 W (b) 200 W
 Fig. 8. I-V at 300℃ (a) 150 W (b) 200 W



(a)



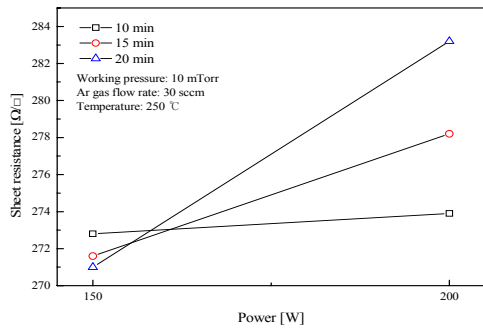
(b)

그림 9. 350℃에서 전류-전압 (a) 150 W (b) 200 W
 Fig. 9. I-V at 350℃ (a) 150 W (b) 200 W

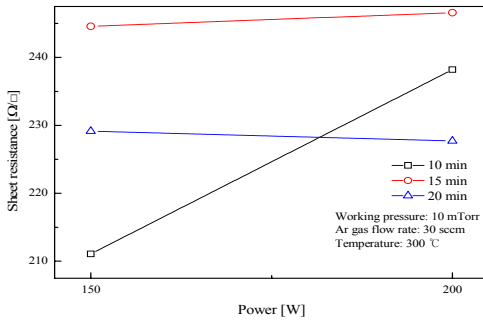
그림 10에서 관찰한 결과 대체적으로 모든 기판온도에서 RF Power가 커질수록 면저항도 같이 커지는 현상을 나타내었다. 이것은 RF Power가 커질수록 두께가 증가하기 때문에 이런 결과를 얻을 수 있었다.

그림 11에서는 P-Type을 기판온도가 250℃ 일 때 RF

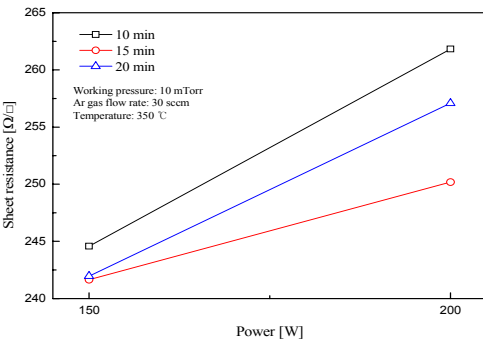
Power변화와 시간의 변화에 따른 투과율을 측정하였고, 대부분의 측정결과가 N-Type의 결과와 비슷하였다. 그림 (a) 와 (b)는 RF Power가 150 W 와 200 W 일 때의 변화를 측정한 것이다. 150 W에서 10분을 증착했을 때에는 장파장으로 갈수록 투과율이 높아지면서 최대 60.7%로 나타났고, 15분과 20분을 증착했을 때에는 각각 파장이 630 nm에서 62%, 720 nm에서 71.68%로 가장 높은 투과율을 보였다.



(a)



(b)

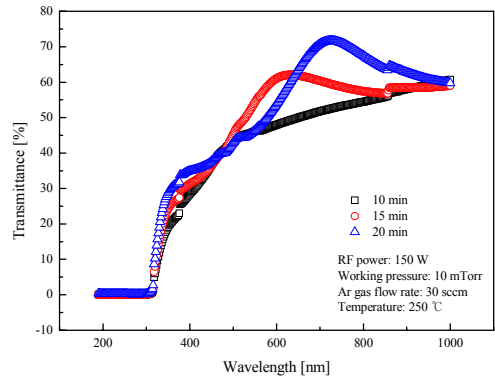


(c)

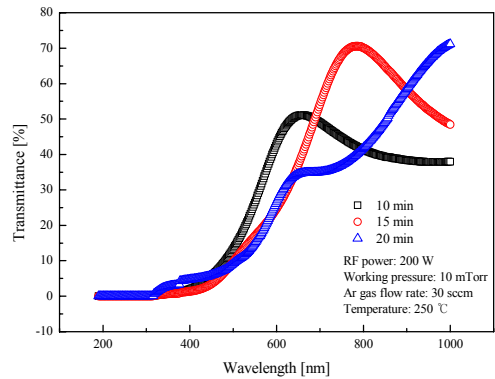
그림 10. P-type의 면저항 (a) 250°C (b)300°C (c) 350°C

Fig. 10. sheet resistance of P-type (a) 250°C (b)300°C (c) 350°C

200 W에서는 N-Type처럼 150 W 일 때에는 다르게 20분을 증착하였을 때 장파장으로 갈수록 투과율이 높아지면서 최대 71.21%로 나타났고, 10분과 15분을 증착했을 때에는 각각 파장이 660 nm에서 51%, 790 nm에서 70.53%로 가장 높은 투과율을 보였다.



(a)



(b)

그림 11. RF Power 변화에 따른 흡수율(P-type) (a) 150 W (b) 200 W

Fig. 11. Transmittance of RF Power difference (P-type) (a)150 W (b)200 W

4. 결론

본 연구에서는 RF 마크네트론 스퍼터링 방법에 의하여 ITO glass에 PN junction 과 NP junction 태양전지를 제작하기 위한 기초 실험으로 I-V특성, 면저항에 대해 분석하였다.

N-Type의 I-V 특성은 RF Power 변화에 따라 증착했을 때, 150 W에서 전류의 값이 가장 높은 것으로 나타났

다. 시간의 변화에 따라 증착했을 때에는 15분에서 기울기가 일정하게 나타나면서 옴 접촉이 잘 이루어지는 것을 알 수 있었다. 면저항은 기판온도가 300℃ 일 때는 일관성 있게 나타나지 않았지만 250℃와 350℃ 일 때는 대체적으로 RF Power가 커질수록 면저항이 커지는 현상을 나타내었다. 면저항이 작은 값일수록 I-V특성이 잘 나타났고, 증착시간이 증가할수록 면저항이 커지는 결과가 나타났다. N-Type에서의 투과율은 RF Power가 150 W에서 10분, 200 W에서 20분을 증착하였을 때, 장파장으로 갈수록 투과율이 높아졌으며 시간의 변화에 따라 각각 600 nm 이상의 파장에서 가장 좋은 투과율을 보였다.

P-Type의 I-V 특성은 RF Power 변화에 따라 증착했을 때에는 150 W에서 전류의 값이 가장 높은 것으로 나타났다. 시간의 변화에 따라 증착했을 때에는 20분에서 기울기가 일정하게 나타나면서 옴 접촉이 잘 이루어지는 것을 알 수 있었다. 면저항은 N-Type과 비슷하게 모든 기판온도에서 RF Power가 커질수록 면저항도 같이 커지는 현상을 나타내었다. P-Type에서의 투과율은 대체적으로 N-Type의 투과율을 측정했을 때와 비슷한 양상을 보였다. RF Power가 150 W에서 10분, 200 W에서 20분을 증착하였을 때, 장파장으로 갈수록 투과율이 높아지면서 최대치를 나타내었고, N-Type과 동일하게 시간의 변함에 따라 각각의 파장이 600 nm 이상에서 가장 좋은 투과율을 보였다. 투과율의 최대치를 분석하였을 때 N-Type보다 P-Type의 투과율이 높게 측정되는 것으로 나타났다.

위 결과를 토대로 ITO기판을 이용하여 단결정 실리콘 태양전지 제작에 기초가 될 것으로 기대된다.

References

- [1] Chang-Bong Kim, "The Study on the Reflectin Coating Design Scheme in the Thin-Film Silicon Solar Cell", Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol.12, No.11 pp.5172~5177, 2011
- [2] Tae-Wook Kim, Hyung-Yun Kong, "Spectrum Sensing Method of Cognitive Network applying Energy Harvesting" The Journal of The Institute

of Internet, Broadcasting and Communication (JIIBC), Vol.15. NO.3, pp.73~76, June 2015

- [3] M.S.Jeon, S.Yoshiba and Koichi Kamisako, "Intrinsic amorphous silicon(a-Si:H) thin film prepared by using remote plasma chemical vapor deposition method and used as a passivation layer for a heterojunction solar cell", J.Korean Phys,Soc, 54, pp. 194-199, 2009
- [4] C. Li, G. Fang, Y. Ren, Q.Fu and X. Zhah, "Silver nanoisland induced synthesis of ZnO nanostructures by vapor phase transport", J.Nanoscience and Nanotechnology, Vol. 6, PP.1467-1473, 2006
- [5] A. Bolonkin, "New concept of high speed AB solar cell", IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol.44, pp.1538-1542, 2008
- [6] W. Shockley, H. J. Queisser, "Detailed Balance Limit of Efficiency of p-n Junction solar celles", J. Appl. Phys. 32, pp.510-519, 1961.
- [7] M. Lu , "Silicon Heterojunction Solar Cell and Crystallization of Amorphous Silicon", ProQuest, pp. 61-70, 2008.
- [8] A. McEvoy, L. Castaner, T. Markvart, "Solar cells(Materials, Manufacture and Operation)", Academic Press, pp. 5-18, 2012.

저자 소개

박 정 철(정회원)



- 1983년 : 명지대학교 전자공학과(공학 학사)
 - 1892년 : 명지대학교 전자공학과(공학 석사)
 - 2000년 : 명지대학교 전자공학과(공학박사)
 - 1993 ~ 2006년 : 경원전문대학 전자공학과 교수
 - 2007년 ~ 현재 : 가천대학교 전자공학과 교수
- <관심분야 : 디스플레이, 반도체소자>

추 순 남(정회원)



- 1980년 : 명지대학교 전자공학과(공학 학사)
 - 1984년 : 명지대학교 전자공학과(공학 석사)
 - 2000년 : 경원대학교 전기전자공학부 (공학박사)
 - 1993 ~ 2006년 : 경원전문대학 전기 공학과 교수
 - 2007년 ~ 현재 : 가천대학교 전기공학과 교수
- <관심분야 : 디스플레이,반도체소자>