

RF 마그네트론 스퍼터링을 이용한 ITO 기판에 불순물 증착에 관한 연구

A Study of Impurity Deposition on ITO Substrate using RF Magnetron Sputtering

박 정 철[†] · 추 순 남^{*}
(Jung-Cheul Park · Soon-Nam Chu)

Abstract - In this paper, we have studied the surface property and transmittance of n- and p-type thin film deposited on ITO substrate. In n-type samples, the average particle size was large and uniform as RF power was increased, and the best results were shown at the condition of the temperature of 300°C and 200 W of RF power. The transmittance of the sample deposited for 20 minutes was 74.82% and the light wave was increased to 800 nm. In p-type samples, the results were 71.21% and 789 nm at the deposition condition of the RF power of 250 W and the temperature of 250°C.

Key Words : ITO substrate, RF power, Transmittance, Temperature

1. 서 론

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 대체에너지 개발은 이제 선택이 아니라 필수가 되고 있다[1].

그 중에서도 태양에너지는 지구에서 얻을 수 있는 가장 풍부하고 고갈될 염려가 없는 에너지원으로 가장 활발하게 연구되고 있다[2]. 태양광 발전은 햇빛을 받으면 광전효과에 의해 빛 에너지를 전기에너지 변환하는 기술이다. 변환하는 과정에서 기계적, 화학적 작용이 없으므로 구조가 단순하며 안전하다. 소규모에서 대규모 까지 발전이 가능하며 기계적인 가동부분이 거의 없기에 소음과 진동 등이 없으며 가전용품, 건축자재 등 다양한 분야에서 적용이 가능하다[3, 4].

현재 태양전지는 많은 발전을 하고 있으나 지금까지의 태양전지의 구조와 공정으로는 기술적인 한계를 극복하기가 쉽지가 않아서 더 높은 효율을 기대하기에 어려움을 안고 있다. 최근의 태양전지 기술 개발의 방향은 저렴한 재료를 이용하고 공정을 줄여서 태양전지의 가격을 낮추면서, 우수한 성능을 얻을 수 있는 방향으로 진행되고 있다. ITO (Indium Tin Oxide)는 낮은 전기비저항($2\sim 4\times 10^{-4} \Omega\cdot\text{cm}$), 넓은 밴드갭(3.5~4.3 eV), 높은 광투과율로 인해 태양전지

에 적용하기 적합한 것으로 많은 연구개발이 시작되었다[5, 6]. 본 논문에서는 RF 마그네트론 스퍼터링 장비를 이용하여 ITO 기판 위에 p형과 n형 불순물을 증착한 뒤 표면관찰 및 투과율을 측정하여 단결정 실리콘 태양전지의 기판으로 사용 가능한지에 대해서 연구하였다.

2. 본 론

불순물을 증착하는 방법으로는 ITO 기판(1.5×1.5 cm)을 세척 한 후 지지대에 ITO 기판을 넣고, 1×10^{-2} Torr 까지 진공 상태를 유지한 후, Fore-line valve를 열고 Turbo 펌프를 켜서 27,000 rpm이 되면, 고진공 상태로 유지하였다. 고진공 상태에서 열처리를 시작하여 기판온도를 250~350°C 까지 유지시켰다. 고진공이 되면 공정압력을 zero로 조정하고, MFC로 Ar 가스를 30 sccm으로 분위기로 흘려준 후, 공정압력을 10 mTorr로 맞춰 준다. RF Power를 150, 200, 250 W로 각각 주어 스퍼터링을 시작하여 p형, n형 박막을 증

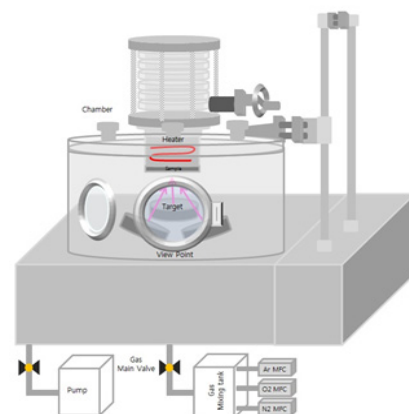


그림 1 RF 마그네트론 스퍼터링
Fig. 1 RF magnetron sputtering

[†] Corresponding Author : Dept. of Electronic Engineering
Gachon University, Korea

E-mail: jcpark@gachon.ac.kr

^{*} Dept. of Electrical Engineering, Gachon University, Korea

접수일자 : 2015년 10월 17일

수정일자 : 2015년 11월 24일

최종완료 : 2015년 11월 27일

착하였다. 본 연구에서는 RF Power 변화 및 기판온도 변화에 따른 표면을 관찰하였다. 그림 1은 본 실험에 사용된 RF 마그네트론 스퍼터링 장비를 나타냈다.

2.1 N-type

RF power를 각각 150, 200, 250 W로 변화를 주고 Ar 가스는 30 sccm 10 mTorr에서 기판온도를 300℃에서 15분 동작을 시켰을 때 표면사진 및 측면사진을 그림 2에 나타냈다. RF Power가 증가할수록 입자가 크고 균일하게 증착된 것으로 측정되었고, 두께 또한 100 nm에서 150 nm 정도로 증가 하는 것을 볼 수 있었다.

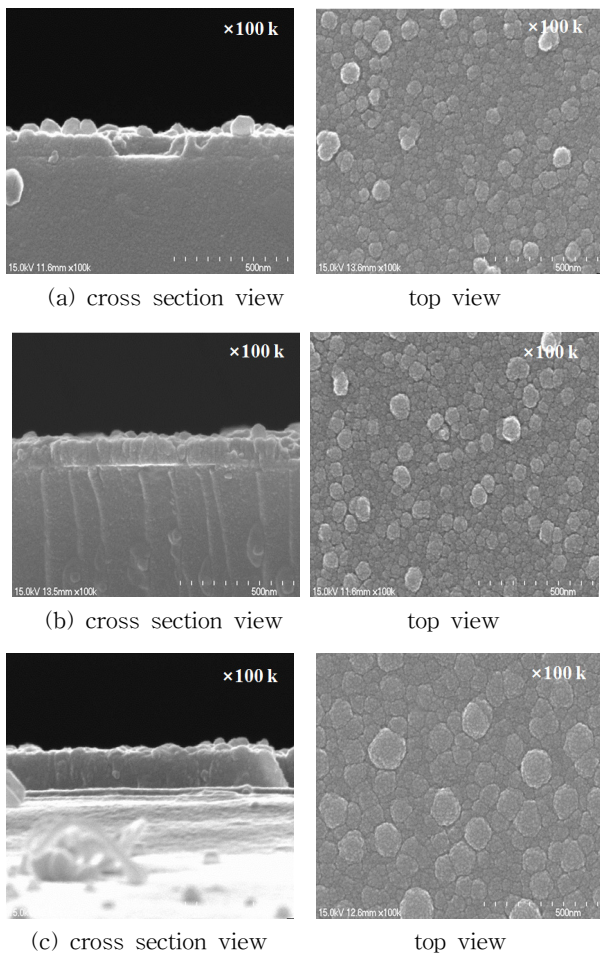


그림 2 N-type RF power 변화에 따른 SEM 사진, (a) 150 W, (b) 200 W, (c) 250 W
 Fig. 2 SEM photographs of different RF power with N-type, (a) 150 W, (b) 200 W, (c) 250 W

그림 3은 기판온도를 250, 300, 350℃으로 변화 시켰을 때의 표면 및 측면 사진으로 기판온도가 300℃에서 150 nm로 가장 두껍고 균일하게 증착된 것을 알 수 있었다.

그림 4에서는 기판온도를 300℃, RF Power를 200 W 일 때의 증착시간을 변화시켰을 때 투과율을 측정하였다. 20분을 증착하였을 때 장파장으로 갈수록 투과율이 높아지면서

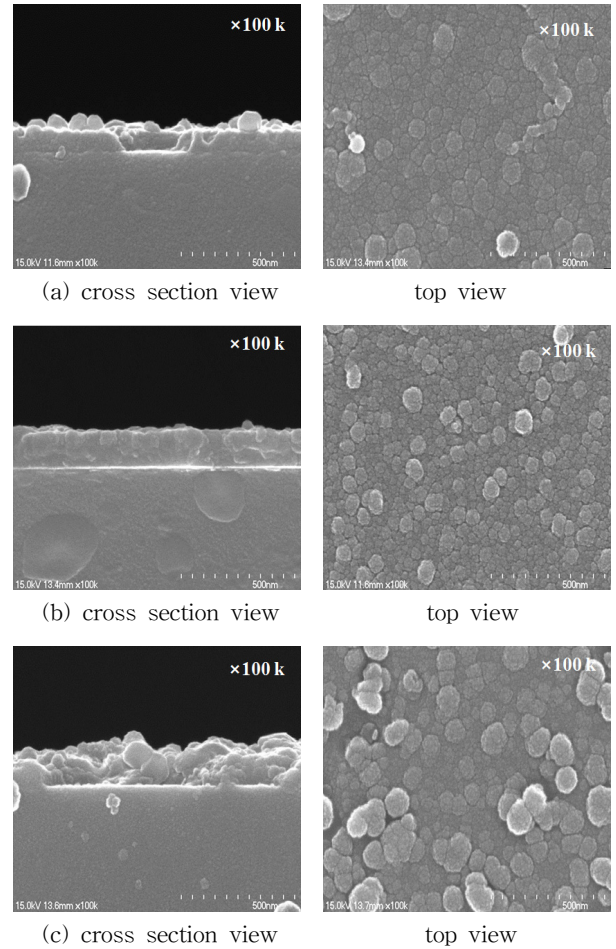


그림 3 N-type 온도 변화에 따른 SEM 사진, (a) 250℃, (b) 300℃, (c) 350℃
 Fig. 3 SEM photographs of different temperature with N-type, (a) 250℃, (b) 300℃, (c) 350℃

최대 74.82%로 나타났고, 10분과 15분을 증착했을 때에는 각각 파장이 660 nm에서 49.48%, 820 nm에서 70%로 가장 높은 투과율을 보였다.

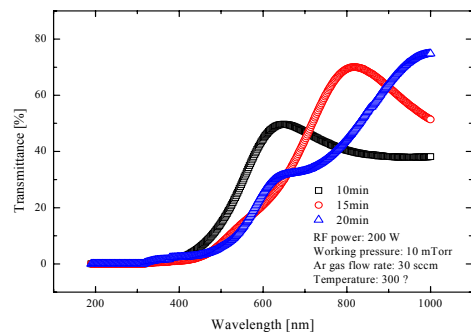


그림 4 N-type 투과율
 Fig. 4 Transmittance of N-type

2.2 P-type

P-type을 N-type과 동일한 방법으로 RF power를 각각

150, 200, 250 W로 변화를 주고 Ar 가스는 30 sccm 10 mTorr에서 기판온도를 300℃에서 15분 동작을 시켰을 때 표면사진 및 측면사진을 그림 5에 나타냈다.

N-type에 비해서 다소 불균일하게 박막 증착이 되었지만, RF Power가 증가함에 따라 두께가 증가하고, 250 W에서 입자가 가장 크고, 표면이 안정적으로 증착된 것을 확인할 수 있었다.

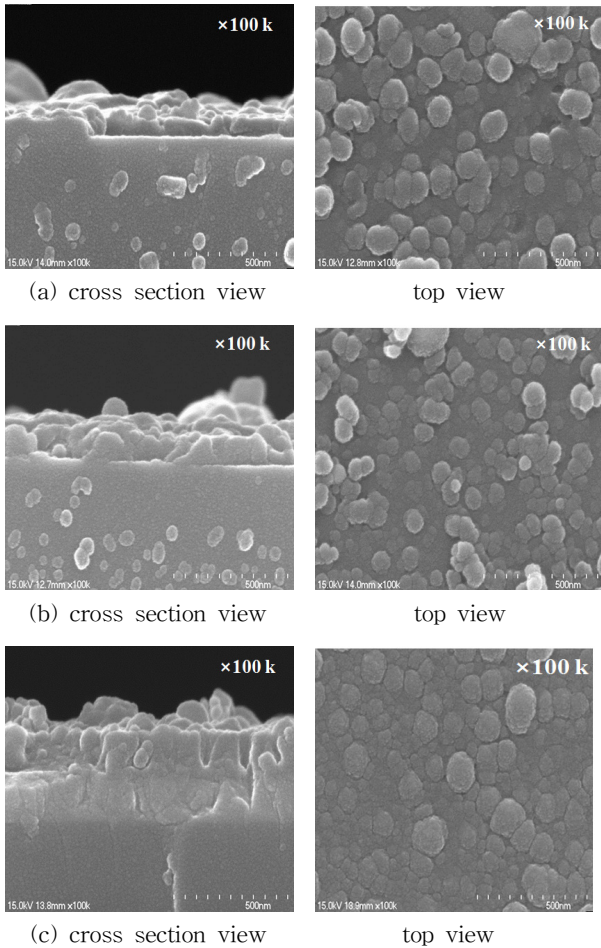


그림 5 P-Type Power 변화에 따른 SEM 사진,
(a) 150 W, (b) 200 W, (c) 250 W
Fig. 5 SEM photographs of different RF power with P-type,
(a) 150 W, (b) 200 W, (c) 250 W

RF power를 200 W, 기판온도를 250, 300, 350℃로 변화시킨 결과를 그림 6에 나타냈다. 350℃ 에서 가장 두껍게 박막이 증착되었으며, 표면은 250℃에서 가장 고르게 증착되었다. 온도가 올라갈수록 입자가 커지고 불균일하게 증착되었으나 250℃에서는 전체적으로 가장 안정적인 결과를 보였다.

그림 7에서는 기판온도가 250℃, RF Power를 200 W일 때 투과율을 측정 한 것이다. 증착시간을 20분으로 하였을 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.

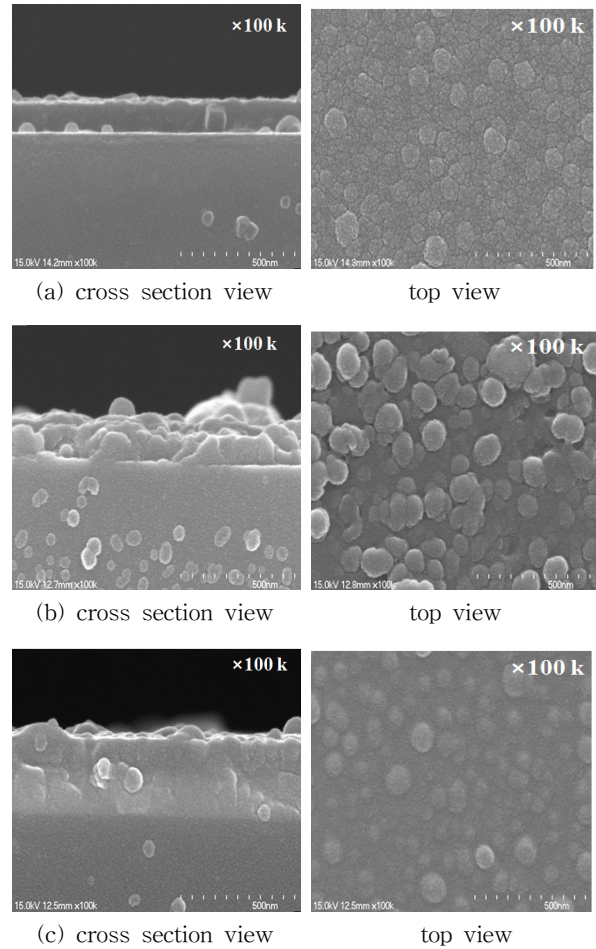


그림 6 P-Type 온도 변화에 따른 SEM 사진,
(a) 250℃, (b) 300℃, (c) 350℃
Fig. 6 SEM photographs of different temperature with N-type, (a) 250℃, (b) 300℃, (c) 350℃

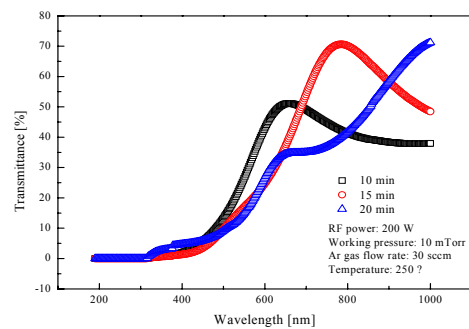


그림 7 P-type 투과율
Fig. 7 Transmittance of P-type

3. 결 론

본 실험은 단결정실리콘웨이퍼를 대체할 수 있는 ITO기판을 사용하여 n-type, p-type 불순물을 증착시켜 표면 및 투과율을 관찰하여 태양전지 기판으로 사용되는 단결정실리콘웨이퍼를 대체시키고자 하는데 목적을 두었다.

1. N-type 불순물을 증착하였을 때, RF power가 증가할수록 입자가 크고 균일하였으며 박막두께도 증가하였다. 또한 기판온도가 300℃, RE power가 200 W일 때 가장 표면이 균일하였고 두께는 150 nm로 측정되었다. 투과율 측정에서 20분 증착된 박막은 파장이 800 nm까지 증가하였으며 이때 74.82%로 측정되었다.

2. P-type 불순물을 증착하였을 때, 250 W, 250℃일 때 안정된 표면상태를 유지하였다. 투과율 측정에서는 증착시간이 20분일 때 789nm 파장까지 증가하였으며 71.21%로 측정되었다.

위 결과를 기초로 ITO 기판을 이용하여 pn 접합 태양전지 제작에 많은 도움이 될 것으로 기대된다.

References

- [1] 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
- [2] 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
- [3] A. Bolonkin, "New concept of high speed AB solar cell", IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol.44, pp.1538-1542, 2008
- [4] W. Shockley, H. J. Queisser, "Detailed Balance Limit of Efficiency of p-n Junction solar celles", J. Appl. Phys. 32, pp.510-519, 1961.
- [5] M. Lu, "Silicon Heterojunction Solar Cell and Crystallization of Amorphous Silicon", ProQuest, pp.61-70, 2008.
- [6] A. McEvoy, L. Castaner, T. Markvart, "Solar cells(Materials, Manufacture and Operation)", Academic Press, pp. 5-18, 2012.

저 자 소 개



박 정 철 (Jung-Cheul Park)

1983년 명지대학교 전자공학과 학사
1892년 명지대학교 전자공학과 석사
2000년 명지대학교 전자공학과 공학박사
2007년~현재 : 가천대학교 전자공학과 교수



추 순 남 (Soon-Nam Chu)

1980년 명지대학교 전자공학과 학사
1984년 명지대학교 전자공학과 석사
2000년 경원대학교 전기전자공학부(공학박사)
2007년~현재 : 가천대학교 전기공학과 교수