

혼합 2원 산화물 반도체 ITO_(n)/Si_(p) 태양전지에 관한 연구(Ⅰ)

김용운* 이덕출** 강창원***
*세경대학 **인하대학교 ***PSD Tech

A Study on the Two Mixed Oxide Semiconductor ITO_(n)/Si_(p) Solar Cell(Ⅰ)

Y.W.Kim* D.C.Lee** C.H.Kang***
*SeaKyung Coll. **InHa Univ. ***PSD Tech

Abstract - 본 논문은 Substrate의 온도를 200(°C)로 유지하며 진공 저항 가열 증착법을 이용하여 ITO/Si 태양전지를 제작한 후 그 전기적 특성을 조사하였다. 전지의 단락전류와 개방전압의 열처리 온도의존성은 약 450(°C)이상부터 증가하여 650(°C)부근에서 최대치를 나타내었다. 단락전류와 열처리 시간과의 관계에서는 증착 시간이 15분 정도에서 최대치를 나타 내었다. 일정한 태양에너지 조도 하에서 SnO₂의 성분비율을 높여감에 따라 전지의 개방전압과 단락전류는 다소 감소한 후 일정한 값으로 안정되는 경향을 나타내었다.

한 Diffusion pump로 구성되어 있으며 Bell-jar의 내부 구조를 그림1에 나타내었다. 증착은 저항 가열법을 이용하였으며 Heating Source로는 텅스텐선(0.5mm×3)을 나선형으로 조밀하게 감아 Pot로 사용하였다. Substrate의 가열용 히터로는 텅스텐 할로겐 램프에 반사 갓을 설치하여 Substrate의 온도를 조절하였으며 열 전대를 이용한 디지털 온도계로 이 온도를 측정하였다. 또한 증착량의 조절은 Shutter를 설치 이용하였다.

1. 서 론

지구상에 입사하는 막대한 양의 태양열을 효과적으로 이용하기 위하여 장기 연구 계획을 수립하여 발전비용의 절감과 그 용량증대에 박차를 가하고 있는 것이 세계적 추세이다. 특히 태양에너지는 그 공급량이 매우 커서 반사 및 산란 등에 의한 손실을 제외하고도 지구상에 도달하는 양이 약 1.21×10¹⁴[kWh] 정도가 된다. 또한 고갈될 우려가 없고, 공해성이 없으며 지역 편제성이 적고 건설비의 절감 등 여러 난점을 해결할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 에너지 밀도가 작은 단점을 보완하기 위한 수집효율을 향상시키면 다른 에너지원 보다 훨씬 유효한 것이라 볼 수 있다.

지금까지의 태양전지는 Si-Si pn 접합 태양전지가 주류를 이루어 왔으나 단결정 Si 웨이퍼의 값이 비싸고, 제조공정의 복잡성 및 정교성으로 인한 제작비용이 높아 이것보다 저렴한 화합물 및 산화물 등의 다결정 반도체의 기능 향상을 위하여 이중 접합이나 MIS, SIS 구조의 박막형 태양전지가 많이 연구되고 있다[1,2].

본 실험에서는 태양전지 반도체 재료로서 화합물 반도체의 일종인 ITO의 박막을 얻기 위한 방법으로 PVD의 일종인 저항 가열법을 사용하여 p형 Si위에 n형 ITO층을 접합시켜 ITO_(n)/Si_(p) 태양전지를 제작하였다. 산화물 반도체의 하나인 ITO를 P-type Si에 접합할 경우 ITO가 가지고 있는 결정 구조의 격자 부정합, 열팽창 등의 여러 난점이 있지만[3,4,5,6] 쇼트키 접합이나 MIS구조보다 더 안정하고 효율적인 전지제작이 가능하다는 것을 알 수 있었다.

2. 실 험

2.1 장 치

본 실험에 사용된 증착 장치는 배기 속도 330(l/min)의 Rotary pump 와 10⁻⁴(Torr)까지 배기 가능

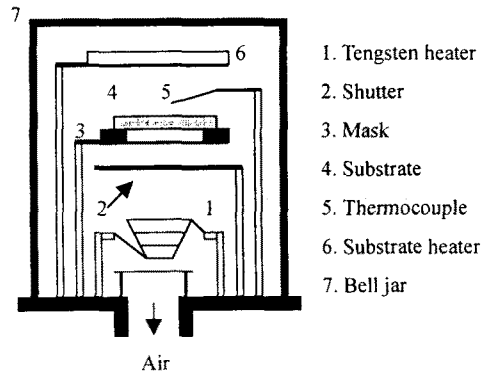


그림1. Solar cell 제작 실험장치

2.2 셀의 제작

본 실험에서는 ITO의 진공 증착법을 사용하였으며 먼저 Si Wafer의 표면처리를 한 후 Bell jar 내부에서 Rotary pump 및 Diffusion pump를 사용하여 진공도를 약10⁻⁴(Torr)까지 배기 시킨 후 각각의 가열원의 온도를 서서히 올려 시료의 융점 이상으로 가열한다.

시료로 사용된 In₂O₃와 SnO₂의 용점이 각각 850(°C), 1127(°C)로서 각각의 시료를 담은 2개의 Pot를 600(°C)와 900(°C)를 전후해서 10분간씩 예열함으로써 시료내의 수분이나 Gas 기타 불필요한 불순물을 제거하였다. 이때 Substrate의 온도는 약 200(°C)로 유지하였다. 그림2와 그림3에 셀의 제작과정과 제작된 셀의 단면 구조를 각각 나타내었다.

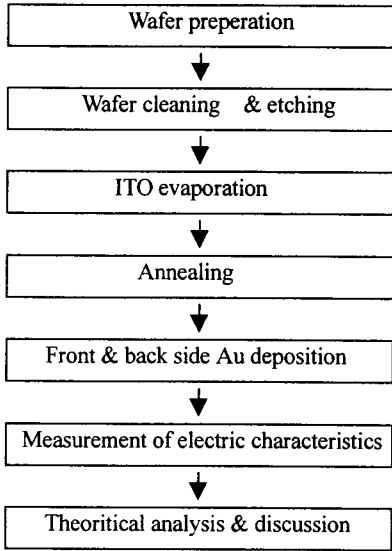


그림2. Solar cell 제작 과정

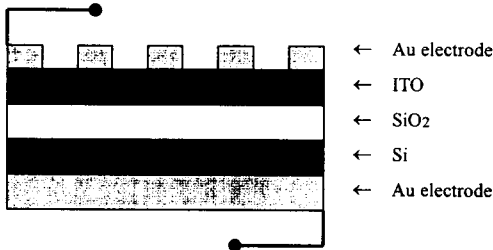


그림3. 제작된 전지의 단면구조

3. 결과 및 고찰

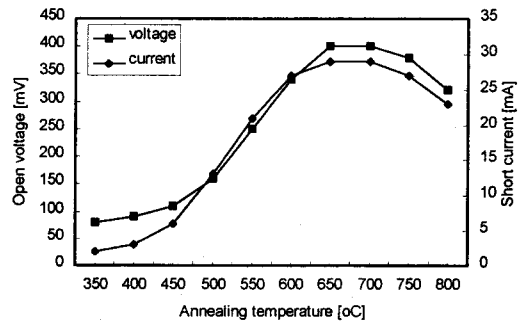
3.1 ITO박막의 전도율에 미치는 열처리 효과

ITO박막의 저항은 열처리에 큰 영향을 받으며 이는 곧 전지의 전기적 특성과 관계된다. 즉 지나친 열처리에 따르는 표면상태의 박리 혹은 산화층의 증가로 불완전한 박막이 형성되어 전지의 특성이 저하되는 직전까지는 열처리의 시간이 길수록, 온도가 높을수록 전지의 특성은 향상된다. 이는 열처리에 따른 산화층의 변화가 전지의 특성을 좌우하지만 이러한 열처리 온도와 시간에는 한계가 있다고 본다. 즉 어느 온도, 어느 시간 이상에서는 실험실내의 O₂나 전지 자체내의 O가 확산에 의한 침투로 산화층의 두께를 변화시키기 때문이다.[7,8]

그림4와 그림5에 제작된 전지의 개방전압과 단락전류의 열처리 온도 및 시간의존성을 나타내었다. 대체적으로 온도 450[°C], 시간 10분까지는 열처리 효과가 거의 나타나지 않으며 그 이후부터 특성이 향상됨을 알 수 있다. 또한 증착율이 일정할 경우 두꺼운 증착막의 도전율이 얇은 경우보다 양호함을 알 수 있었다. 이는 증

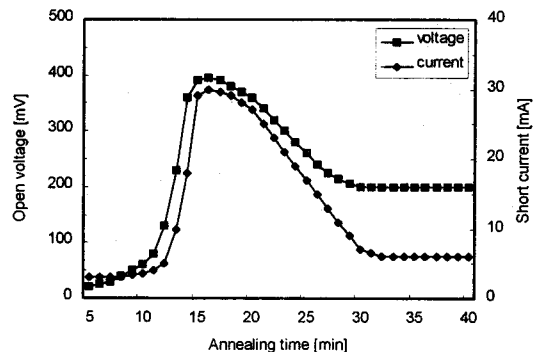
착막이 두꺼워짐에 따라 열처리와 함께 Grain size는 커지는 반면 Boundary는 감소하고 Dangling bond나 수분 혹은 기타 Gas들을 포함하는 Defect의 감소로 단락 전류와 개방 전압이 증가하는 것으로 판단된다.[18,19]

그림6은 [(In₂O₃)_x(SnO₂)_{1-x}]의 여러 가지 혼합물로 650[°C]에서 15분간 열처리 한 후 일사 에너지 100 [mW/cm²]의 자연광 조사 하에서 측정된 결과 최대값을 보인 것은 증착 비율 [(In₂O₃)_{0.91}(SnO₂)_{0.09}]인 경우로 단락전류 I_{sc}=29(mV/cm²), 개방전압 Voc=396 (mV)였다. 그림6에서 알 수 있는바와 같이 ITO내에서 SnO₂의 성분 비율이 증가함에 따라 개방전압은 다소 감소하는 경향을 알 수 있다. 이는 이중접합 장벽이 Oxide의 구성비율에는 큰 영향을 받지 않음을 보여주는 것이라 판단된다.[9] 단락전류 또한 개방전압과 유사한 경향을 나타내는데 이는 SnO₂의 성분 비율이 증가함에 따라 광 투과율이 감소하기 때문으로 판단된다. 이상과 같은 특성이 ITO/Si 태양전지의 고유특성이라고 단정할 순 없지만 대부분의 전지제작에서 이와 유사한 특성이 밝혀지는 것으로 알려져 있다[9]



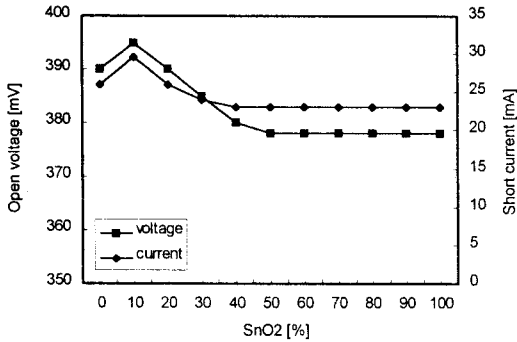
(In₂O₃ 91%, Solar energy 100(mW/cm²))

그림4. 열처리 온도와 전지의 전압 전류의 관계



(In₂O₃ 91%, Solar energy 100(mW/cm²))

그림5. 열처리 시간과 전지의 전압 전류의 관계



(Solar energy 100[mW/cm²])

그림6. SnO₂의 구성 비율과 전지의 전압 전류의 관계

3. 결 론

[(In₂O₃)_x(SnO₂)_{1-x}]의 증착 비율별로 pn 이종접합 태양전지의 하나인 ITO_(n)/Si_(p)를 PVD법으로 제작하여 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 증착 비율이 [(In₂O₃)_{0.91}(SnO₂)_{0.09}]일 때 최적의 특성을 얻었는데 Voc:396[mV], Isc:29[mA]의 태양 전지를 제작하였다.
- (2) 제작된 전지의 열처리 온도와 시간에 따른 개방전압 및 단락전류의 최대값은 각각 650(°C)와 15분을 임계점으로 다시 감소함을 알 수 있었다.

PVD 법으로 제작되는 ITO_(n)/Si_(p) 형의 태양 전지는 [(In₂O₃)_x(SnO₂)_{1-x}]의 증착을 및 열처리에 의해 표면층의 전도율과 투과율을 향상시킴으로서 최적의 변환 효율을 얻는 것으로 알려져 있다. 그러나 정교한 마스크의 사용, 열 압착(Thermal Compression)법과 초음파 마찰을 이용한 리드선의 접착방법 개선과 edge처리, 그리고 보다 정확화된 실험실 내에서라면 보다 높은 효율을 얻을 수 있을 것으로 사료된다

(참 고 문 헌)

- [1] T.Feng, A.K.Ghosh and Fishman., *Appl. phys. Lett.*, pp.34, 35, 198, 266, 1979
- [2] J.B.Dubow, D.E.Burk and J.R.Sites., *Appl. Phys. Lett.* .. pp.29, 494, 1976
- [3] Hisao Kato, J매우, J.R.Sites., *Appl. phys. vd15*, pp.1819~1820, 1976
- [4] Stephen Franz, *vd6*, No2, pp.101~123
- [5] T.R.Nash, *IEEE, Trans. Ed24*, No4, pp.468~472, April, 1977
- [6] A.K.Ghosh, *J. Appl. phys. 49(6)*, pp.3490~3498, June, 1978
- [7] Tom Feng, *J. Appl. phys. 50(12)*, pp.8070~8074, 1979
- [8] N.Croituru, *J. Appl. phys. 57(1)*, pp.102~104, January, 1985
- [9] J.Shewchun, *J. Appl. phys. 50(4)*, pp.2832~2837, 1979