2001년도 대한전기학회 전문대학교육위원회 학술대회 논문집 2001.7.10-11

혼합 2원 산화물 반도체 $ITO_{(n)}/Si_{(p)}$ 태양전지에 관한 연구(II)

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

A Study on the Two Mixed Oxide Semiconductor $ITO_{(n)}/Si_{(p)}$ Solar Cell(II)

°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 증착시간이 15분 정도에서 최대치를 나타 내었다. 일정한 태양에너지 조도 하에서 SnO_2의 성분비율을 높여감에 따라 전지의 개방전압과 단락전류는 다소 감소한 후 일정한 값으로 안정되는 경향을 나타내었다.

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 1.21×10^{14}[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 이종 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 가능한 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 열전대를 이용한 디지털 온도계로 이 온도를 측정하였다. 또한 증착량의 조절은 Shutter를 설치 이용하였다.

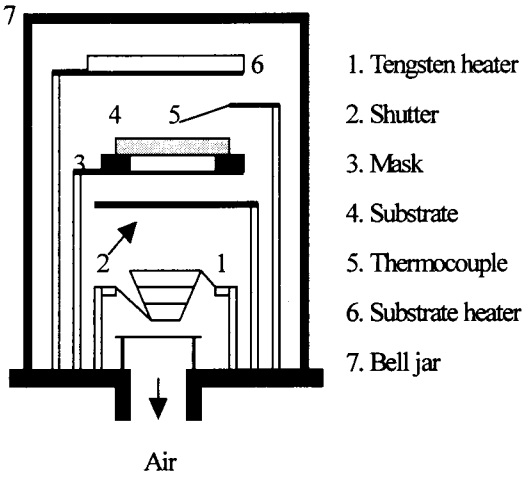

그림1. Solar cell 제작 실험장치

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 약 10^{-4}[Torr]까지 배기 시킨 후 각각의 가열원의 온도를 서서히 올려 시료의 융점 이상으로 가열한다.

시료로 사용된 In_2O_3와 SnO_2의 융점이 각각 850[°C], 1127[°C]로서 각각의 시료를 담은 2개의 Pot를 600[°C]와 900[°C]를 전후해서 10분간씩 예열함으로서 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.

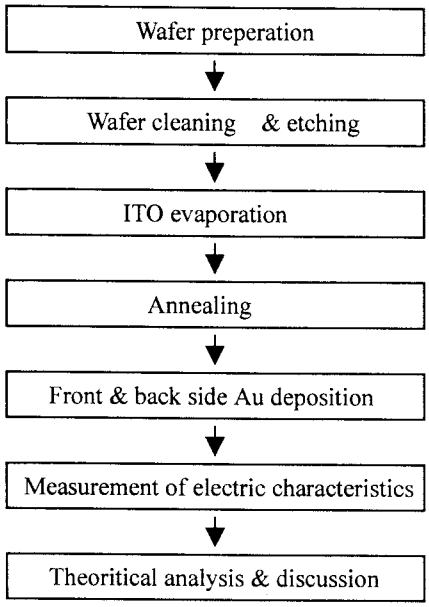

그림2. Solar cell 제작 과정

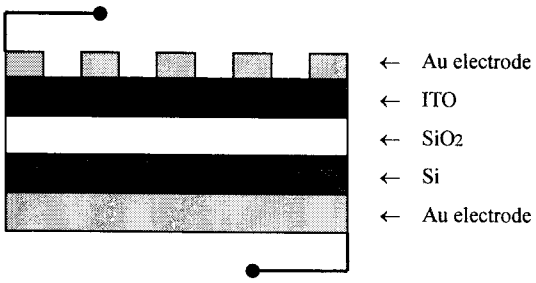

그림3. 제작된 전지의 단면구조

3. 결과 및 고찰

3.1 개방전압 및 단락전류와 조도와의 관계

그림4와 그림5는 광원으로 텅스텐 램프(300W)를 이용하여 입력전압을 조절함으로서 조도를 100[Lx]부터 1000[Lx]에 걸쳐 변화시키면서 그에 따른 개방 전압과 단락 전류를 조사하였다. 조도의 밝기에 따라 개방전압은 초기 증가 후 큰 차이를 볼 수 없으나 단락전류는 조도에 비례하여 직선적으로 증가함을 알 수 있다. 이는 램프의 입력전압이 증가함에 따라 스펙트럼의 분포가 달라 동일한 밝기의 조도 하에서 에너지가 다르고 이에 따른 열적 작용이 단락전류를 증가시키는 것으로 판단된다.

이와 같이 직선적으로 증가하는 단락전류를 고려할 때 본 전지는 광 도전 특성 검출기, 조도계의 센서 등으로 활용 가능할 것으로 판단된다.

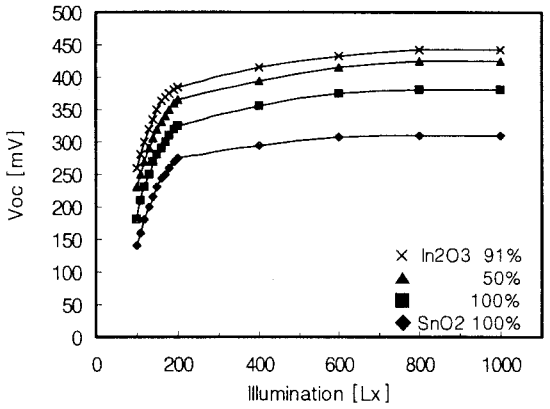

그림4 조도와 개방전압의 관계

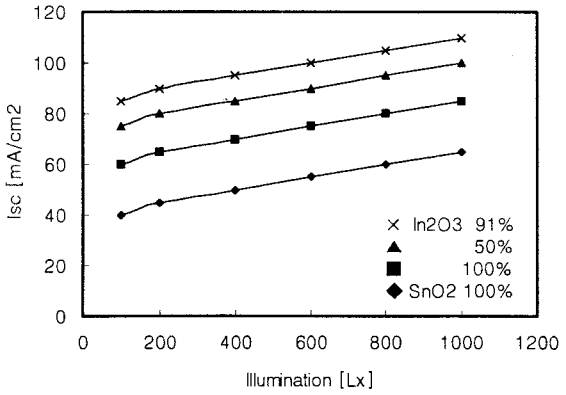

그림5 조도와 단락전류의 관계

3.2[$(In_2O_3)_x(SnO_2)_{1-x}$] 증착비율에 따른 V-I특성

그림6은 [$(In_2O_3)_x(SnO_2)_{1-x}$] 의 혼합 비율에 따라 제작된 셀을 600[°C]에서 15분씩 일정하게 열처리한 후 의 V-I 특성을 나타내었다. 단결정 혹은 다결정 반도체를 이용하는 이종접합 태양전지에서 격자결함, 내부확산, 절연층의 형성 등이 전지의 물리적 화학적 특성에 영향을 미친다. 특히 ITO와 SiO_2층 혹은 Si Wafer와의 격자결함으로 인한 Dangling bond는 부이온의 전자를 Trap하게 되어 결국 재결합 Center로 작용을 한다고 사료된다[7,20]. 또한 SiO_2가 가지고 있는 고유특성인 갈색에 가까운 증착 색깔로 인하여 광 투과율의 저하도 한 요인으로 판단된다. 또한 본 실험실 내에서는 저급의 Si Wafer를 사용하였으며 단순히 Junction형성에 의한 특성만을 평가한 것이다.

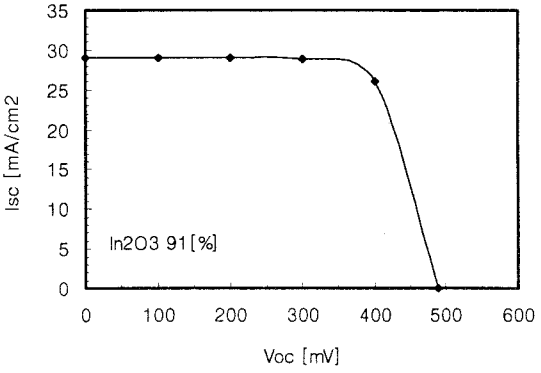

그림6 셀의 V-I 특성곡선

4. 결 론

[$(In_2O_3)_x(SnO_2)_{1-x}$] 의 증착 비율별로 pn 이종접합 태양전지의 하나인 $ITO_{(n)}/Si_{(p)}$를 PVD법으로 제작하여 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

제작된 셀의 개방전압은 조도의 밝기에 따라 초기에 급격한 증가 현상을 보인 후 포화된 반면 셀의 단락전류는

조도에 비례하여 직선적으로 증가하였다. 따라서 직선적으로 증가하는 단락전류를 고려할 때 본 전지는 광도전 특성 검출기, 조도계의 센서 등으로 활용 가능할 것으로 판단된다.

ITO 구성 성분에 있어서는 In_2O_3가 91%일 때 가장 양호한 V-I특성곡선을 나타내었으며 SnO_2의 구성비가 증가할수록 셀의 전기적 특성은 저하됨을 알 수 있었다.

PVD 법으로 제작되는 $ITO_{(n)}/Si_{(p)}$ 형의 태양 전지는 [$(In_2O_3)_x(SnO_2)_{1-x}$] 의 증착율 및 열처리에 의해 표면층의 전도율과 투과율을 향상시킴으로서 최적의 변환 효를 얻는 것으로 알려져 있다. 그러나 정교한 마스크의 사용, 열 압착(Thermal Compression)법과 초음파 마찰을 이용한 리드선의 접착방법 개선과 edge처리, 그리고 보다 정화된 실험실 내에서라면 보다 높은 효율을 얻을 수 있을 것으로 사료된다

[참 고 문 헌]

[1]T.Feng, A.K.Ghosh and Fishman., Apply, 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, J메무, 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]Stephen J.Fonash. "Solar cell device physics",pp.241~244. 1979