한국신·재생에너지학회 2005년도 춘계학술대회논문집 pp.189~191

염료감응형 태양전지의 대면적화에 따른 셀 특성 연구

최 진영[1], 이 임근[2], 정 종진[3], 박 성준[4], 이 동윤[5], 김 희제[6]

A Study on the cell characteristics for upsizing Dye-sensitized Solar Cell

Jinyoung Choi, Imgeun Lee, Jongjin Jeong, Sungjune Park, Dongyoon Lee, Heeje Kim

Key words : DSC(염료감응형 태양전지), surface resistance(표면저항), large area(대면적), current density(전류밀도)

Abstract : 태양전지 분야에서 최근 크게 주목받고 있는 염료감응형 태양전지(DSC)의 효율 및 대면적화에 대한 연구는 지속적으로 이루어지고 있다. 그러나 염료감응형 태양전지의 대면적화로 인한 셀 내부의 전자 흐름에 관한 셀 특성의 고찰은 이루어지고 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 염료감응형 태양전지의 대면적화에 앞서 염료감응형 태양전지의 대면적화에 따른 셀 특성을 알아보았다.

본 실험에서는 대면적화의 하나의 변수로서 셀의 가로 폭을 선택하였고, 가로 폭의 변화에 따른 각 샘플 셀의 전기특성을 확인하였다. 그 결과 셀의 폭이 증가할수록 표면저항이 커져 염료에서 발생된 광전자가 표면저항으로 인해 포집이 잘 이루어지지 않게 되어 전자의 흐름이 원활하지 않게 됨을 알 수 있었다. 궁극적으로 셀의 대면적화는 표면저항의 증가로 이어져 셀 특성에 나쁜 영향을 미치게 됨을 확인 할 수 있었다.

subscrip

DSC: dye-sensitized solar cell
TCO: transparent conductive oxide
ITO: indium-tin oxide

1. 서 론

최근 고가의 제조 단가로 대량생산의 한계점을 드러내는 실리콘 태양전지의 대체 태양전지로서 낮은 제조 단가와 다양한 응용 가능성을 가지는 염료감응형 태양전지(DSC)가 주목받고 있다. 염료감응형 태양전지는 생산단가가 실리콘 태양전지의 1/5 수준이며 인체에 무해한 천연자원을 사용하여 재료가 풍부하고, 셀이 불투명하기 때문에 기존의 태양전지보다 다양한 곳에 응용이 가능하다. 염료감응형 태양전지(DSC)는 기존의 Si계 태양전지에 비해 다소 낮은 약 10% 초반대의 에너지 변환 효율을 가지고 있으나 이는 제조 단가를 대비해 볼 때 Si계 태양전지보다 월등함을 알 수 있다.[1-2]

현재 염료감응형 태양전지는 M. Gratzel 교수진에 의해 1cm^{2}보다 작은 소면적셀에서 10.8%까지의 에너지 변환 효율이 보고 되었으나 1cm^2 이상의 대면적에서는 ECN연구진(Energy research Centre of the Netherlands)에 의해 8.23%까지의 에너지 변환 효율이 보고 되고 있다.[3-4]

일반적으로 다결정 Si계 태양전지와 같은 상업적인 태양전지는 그들의 높은 표면 저항을 줄임과 동시에 전류 포집의 효과를 얻기 위하여 Silver solder 혹은 Conductive printing paste로 만든 그리드를 가지고 있다. 염료감응형 태양전지(DSC)의 경우에서도 마찬가지로 대면적으로 갈수록 표면저항이 커지기 때문에 레진 혹은 유리-세라믹에 의해 전해질로부터 금속 그리드를 보호하는 선례가 있다.[4-5]

즉 일반적인 태양전지는 대면적으로 늘릴수록 표면저항의 증가로 인해 셀의 특성이 나빠짐을 짐작할 수 있다. 그러나 현재 염료감응형 태

1) 부산대학교 전기공학과 박사과정
E-mail : dipper02@nate.com
Tel : (051)510-2770 Fax : (051)513-0212
2) 부산대학교 전기공학과 석사과정
E-mail : firesungyork@hotmail.com
3) 부산대학교 전기공학과 석사과정
E-mail : jij78jij78@msn.com
4) 부산대학교 전기공학과 석사과정
E-mail : joonnii7@empal.com
5) 한국전기연구소 재료응용연구단
E-mail : dylee@keri.re.kr
Tel : (055)280-1635 Fax : (055)280-1590
6) 부산대학교 전기공학과 교수
E-mail : heeje@pusan.ac.kr
Tel : (051)510-2364 Fax : (051)513-0212

양전지의 대면적화에 앞서 셀 내부의 전자 흐름에 있어서 표면저항의 영향에 대한 고찰은 이루어지지 않고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 염료감응형 태양전지의 대면적화에 앞서 염료감응형 태양전지의 대면적화에 따른 셀 특성을 알아보고자 한다.

2. 실험방법

2.1 염료감응형 태양전지의 구조 및 원리

염료감응형 태양전지(DSC, Dye-sensitized Solar Cell)는 나노 다공질 TiO_2 전극막, 광감응형 염료, 전해질, 상대전극으로 구성되어진 전기화학적 원리를 응용한 신형 습식 태양전지이다.

태양광이 전지에 조사되면, 우선 n-type 산화물반도체인 다공질 TiO_2 전극막에 흡착되어 있는 광감응형 염료가 태양광 에너지를 흡수하여 여기된 전자를 방출한다. 이 여기전자들은 TiO_2 표면을 통해서 확산과 trap-detrap과정을 거치면서 TCO까지 확산·전달된다. trap-detrap과정은 전자가 trap site에 채워졌다가 다시 전도대로 detrap되고 다시 trap되는 과정을 거치면서 전자가 확산되어지는 원리이다. 그리고 TCO로 확산된 전자는 외부회로로 전달되어 에너지를 잃고 상대전극으로 이동하게 된다. 염료에서 전자가 빠져나간 정공은 전해질 속의 요오드 이온에 의해 채워지며, 요오드 이온은 상대전극 표면에서의 redox 반응에 의해 전자를 획득한다.

그림 1은 본 연구에 사용된 염료감응형 태양전지의 일반적인 구조를 보이고 있다.

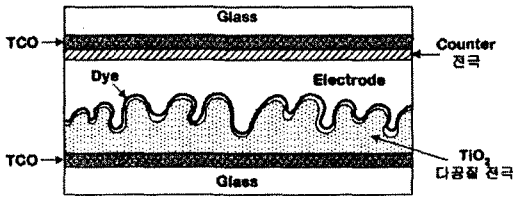


Fig. 1 the structure of Dye-sensitized Solar Cell

2.1 염료감응형 태양전지의 제조

본 연구를 위해 제조된 염료감응형 태양전지의 샘플은 세로 폭은 같고, 가로 폭이 각기 다른 유효면적을 가지도록 설계하였다. 표1은 본 연구에서 사용한 태양전지 샘플들의 유효면적을 나타내고 있다.

본 실험에서는 표면저항에 따른 전자흐름의 영향을 확인하고자 그 변수로서 셀의 폭을 선택하였다.

즉 태양전지의 대면적 변수로서 셀의 한 면인 셀의 폭을 변화시켰다. 모든 샘플 셀의 세로 폭은 60㎜로 똑같이 하되, 가로 폭을 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20㎜로 각기 달리하여 7개의 셀을 준비하였다. 따라서 가로 폭이 커질수록 표면저항이 커지는 효과를 기대하였다.

측정용 태양전지 샘플들의 전기적 특성은 Solar Simulator ($100mW/cm^2$)하에서 Keithlley 2420 source meter를 사용하여 측정하였다.

Table 1 Active area of DSCsamples for measurements

	Width[mm]	Height[mm]
A	1	50
B	3	〃
C	5	〃
D	7	〃
E	10	〃
F	15	〃
G	20	〃

본 연구에서 사용한 염료감응형 태양전지 샘플들은 그림 2에서 보이는 과정을 거쳐서 제조되었다.

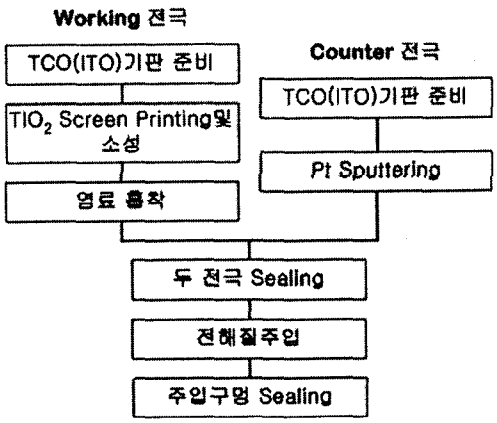


Fig. 2 manufacture process of Dye-sensitized solar cell

먼저 약 $8.3\Omega/cm^2$의 면저항을 가지는 ITO 전도성 glass을 미리 세척하여 준비하고 그 위에 TiO_2 paste를 Screen printing 기법을 이용하여 코팅시켰다. 소결을 위해 분당 5℃씩 상온 시켜 450℃에서 30분간 열처리하였다.

이렇게 제조된 나노 다공성 TiO_2 전극막은 무수 에탄올에 용해되어 있는

cis-bis(isothiocyanato)bis(2,2'-bipyridyl-4,4'-dicarboxylato)-ruthenium(II)(N3) 광감응형 염료를 흡착시키기 위해 24시간동안 침지시켰다. Pt 상대전극은 RF 스퍼터링 기법으로 제조하여 사용하였다.

제조된 Working 전극과 Counter 전극을 실링제(SolaronixSA, Amoil 4)를 사용하여 샌드위치형으로 접합시켰다. 그리고 두 전극 사이는 요오드 이온을 함유하고 있는 Iodolyte TG-50 전해액

을 주입 후 최종 밀봉하여 측정용 샘플을 준비하였다. Fig.3과 picture 1은 본 연구에서 사용한 염료감응형 태양전지의 구조와 실제 샘플 모습을 보여주고 있다.

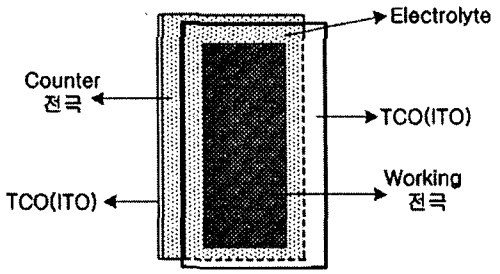
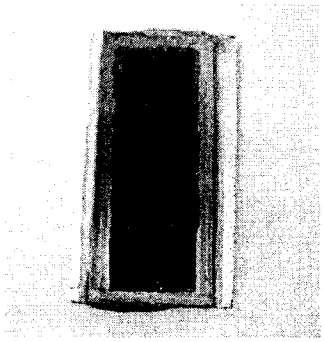


Fig. 2 structure of Dye-sensitized solar cell samples



Picture. 1 DSC samples for measurements

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 4의 그래프는 셀 폭의 변화에 따른 각 샘플 셀의 단위 cm^2당 전류(전류밀도)의 변화를 보여주고 있다. 실험 결과 그래프는 셀의 가로 폭이 증가할수록 전류밀도가 전체적으로 감소하고 있음을 보여준다. 셀의 가로 폭이 1[㎜]일 때 가장 높은 전류밀도를 보여주고 있으며 가로 폭이 3[㎜]인 셀에서 급격하게 전류밀도가 떨어지고 셀 폭이 5, 7, 10, 15, 20[㎜]로 증가함에 따라 점차적으로 전류밀도가 감소함을 확인할 수 있다.

염료에서 발생한 광전자는 TiO_2로 확산 혹은 trap-detrap과정을 거치면서 TCO전극으로 이동하게 되고, TCO전극으로 전달된 전자는 빠르게 외부회로로 빠져나가게 된다. 이 때 표면저항이 커질수록 염료에서 발생된 광전자는 표면저항으로 인해 포집이 잘 이루어지지 않게 되어 셀 내부에서 전자 흐름이 원활하지 못하게 된다. 따라서 표면저항의 증가는 셀 특성에 나쁜 영향을 미치게 됨을 알 수 있다.

즉 표면저항의 증가는 전자의 포집을 어렵게 하고 궁극적으로 셀의 에너지 변화 효율을 떨어뜨리는 원인이 되는 것이다.

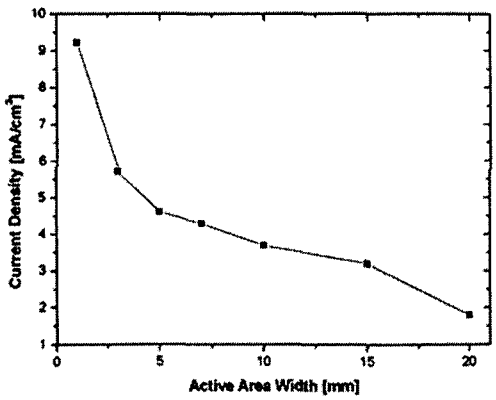


Fig. 2 Active area width Vs Current Density of Dye-sensitized solar cell samples

4. 결 론

본 연구에서는 염료감응형 태양전지(DSC)의 대면적화에 앞서서 염료감응형 태양전지 대면적화에 따른 셀의 특성을 알아보았다.

염료감응형 태양전지의 가로 폭을 변화시켜가면서 표면저항의 증가를 유도한 다음, 셀의 전기적 특성을 조사해본 결과 셀의 단위 면적당 (cm^2) 전류가 셀의 폭이 증가할수록 감소하는 것을 알 수 있었다. 이것은 셀의 대면적화가 셀의 표면저항을 증가시켜 셀 내부에서 전자의 흐름을 방해하게 된다. 즉 표면저항의 증가는 궁극적으로 셀의 에너지 변환 효율을 떨어뜨리는 원인이 되는 것을 확인 할 수 있었다.

본 연구는 한국과학재단 과제 연구비에 의하여 수행된 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.
과제번호: R01-2004-000-10318-0

References

[1] SBrian O'Regan, Michael Grätzel, 1991. "A low- cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO2 films", Nature, Vol. 353, pages 737-740.

[2] M. K. Nazeeruddin, Nazeeruddin, P. Pechy, T. Renouard, S. M. Zakeeruddin et al., 2001. "Engineering of Efficient Panchromatic Sensitizers for Nanocrystalline TiO_2-Based Solar Cells", J. Am. Chem. Soc., Vol. 123, Issue8, pages 1613-1624.

[3] Michael Grätzel, 2001. "Photoelectrochemical cells", Nature, Vol. 414, pages 338-344.

[4] M. Späth, P.M. Sommeling, J.A.M. van Roosmalen et al., 2003. "Reproducible manufacturing of dye-sensitized solar cells on al semi-automated baseline", Progress in photovolt. res. appl., Vol. 11, Issue 3, pages 207-220.

[5] Michael Grätzel, 2000. "Perspectives for dye-sensitized nanocrystalline solar cells", Progress in photovolt. res. appl., Vol 8., Issue 1., pages 171-185.