

염료감응형 태양전지의 TiO₂ Layer 다분할 효과에 따른 효율 향상 연구

손 민규¹⁾, 서 현웅, 이 경준, 홍 지태, 김 희제²⁾

Improvement of Efficiency about TiO₂ Layer Multi-dividing Effect in Dye-sensitized Solar Cell

*Minkyu Son, Hyunwoong Seo, Kyoungjun Lee, Jitae Hong, **Heeje Kim

Key words : Dye-sensitized Solar Cell(염료감응형 태양전지), Dividing active area(유효면적분할), Internal resistance(내부저항)

Abstract : Active area of dye-sensitized solar cell (DSSC) has an effect on the efficiency of DSSC. As the active area increases, the efficiency goes down in a general way. This is caused by the increase of internal resistance in DSSC. The internal resistances are related to various resistant elements. The charge transfer processes at Pt counter electrode and the sheet resistance of TCO are two of these resistant elements. In this study, we try to divide the active area into several small sections in a large sized cell to reduce these two internal resistant elements. As a result, we find out that the fill factor is increased and then the conversion efficiency is improved as the number of dividing active area into several small sections is increased.

1. 서 론

염료감응형 태양전지는 1991년 스위스 연방공과대학교의 Michael Gratzel에 의해서 개발되었다. 값싼 제조 단가와 간단한 제조 방법의 이점을 안고 염료감응형 태양전지는 기존의 실리콘 태양전지를 대체할 좋은 대안으로서 현재 많은 연구가 진행 중이다. 염료감응형 태양전지는 투명전극과 나노 구조의 다공성 TiO₂층, 염료분자가 붙어 있는 광전극, 백금이 코팅되어있는 상대전극, 전해질로 구성되어 있다. 태양빛이 비추어지면 염료에 있던 전자가 여기하여 TiO₂ 전도대로 이동하고 전자를 잃은 염료는 다시 전해질로부터 전자를 공급받으며 부하에 전자를 공급한다⁽¹⁾⁽²⁾.

염료감응형 태양전지의 주요 관심사는 효율 증대에 있다. 많은 인자들이 변환 효율에 영향을 주고 있으며 유효면적도 그것들 중 하나이다. 일반적으로 셀의 크기가 커지면 유효면적도 같이 증가하며 이렇게 되면 염료감응형 태양전지의 효율은 내부저항의 증가로 떨어지게 된다. 지금까지 대면적 염료감응형 태양전지의 기술에서는 내부저항을 줄이기 위해 메탈 그리드를 사용하여

직, 병렬 연결을 해왔다. 메탈 그리드를 사용하는 것은 그리드로 쓰이는 은성분을 전해질로부터 보호하기 위한 보호층이 필요하다⁽³⁾⁽⁴⁾. 그러므로 염료감응형 태양전지 제조 공정이 복잡해지고 길어지는 단점이 있었다.

본 연구에서는 단일 셀의 유효면적을 분할하는 시도를 해보았으며 하나의 큰 유효면적을 작은 유효면적들로 나눔으로써 내부 저항의 감소로 효율이 상승할 것이라고 기대한다. 또한 그렇게 됨으로써 일반적으로 오래 걸리던 대면적 셀의 공정과정을 메탈 그리드를 사용하지 않음으로써 조금 더 간단하게 할 수 있을 거라고 생각된다.

2. Experiment

2.1 상대전극 제작

-
- 1) 부산대학교 전자전기공학과
E-mail : smk82@pusan.ac.kr
Tel : (051)510-2770 Fax : (051)513-0212
 - 2) 부산대학교 전자전기공학과
E-mail : heeje@pusan.ac.kr
Tel : (051)510-2364 Fax : (051)513-0212

Sand Blast를 사용하여 두 개의 pin hole을 만든 후에 RF 스퍼터링 방법을 이용하여 상대전극에 백금을 증착 시켰다. 스퍼터링은 아르곤 기체와 함께 기압 2.8×10^{-3} Torr, 150W RF Sputtering power로 이루어 졌으며 약 100초의 시간만큼만 스퍼터링하여 0.2~0.3 μ m 두께의 백금층을 증착하였다.

2.2 광전극 제작과 유효면적 다분할

본 실험에서 제작한 염료감응형 태양전지의 유효면적은 8cm²이다. 기준셀은 하나의 섹션의 TiO₂층으로 되어 있다. 비교셀은 유효면적 4cm²인 2개의 섹션으로 나누어져 있는 것과 유효면적 2cm²인 4개의 섹션으로 나누어져 있는 것으로 제작하였다. TiO₂층의 각 섹션의 사이 간격은 2mm이다. 유효면적 다분할의 개념은 그림1에 잘 나타나 있다.

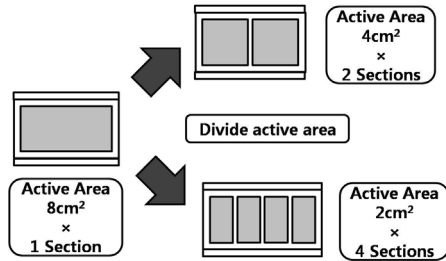


Fig. 1 유효면적 다분할의 개념

다공성 TiO₂층은 doctor blade 방법으로 도포되었으며 450 $^{\circ}$ C 온도에 30분동안 소성한 후 공기 중에 3시간동안 자연냉각을 하였다. 그 후 20mM 농도의 N719(Ruthenium 535 bis-TBA) 염료에 상온에서 24시간 담궈 TiO₂층에 염료를 흡착시키고 단분자층을 만들기 위해 흡착 후 에틸 알콜에 침지시켜 적층되어 있는 여분의 분자를 제거하여 광전극 제작을 완료하였다.

2.3 접합 및 측정

위의 방법으로 제작된 광전극과 상대전극을 hot-melting sealing sheet를 이용하여 접합한 후 전해질을 주입하고 soldering 작업으로 염료감응형 태양전지를 완성하였다. 그림 2는 본 실험에서 제작된 유효면적 다분할 염료감응형 태양전지이다.

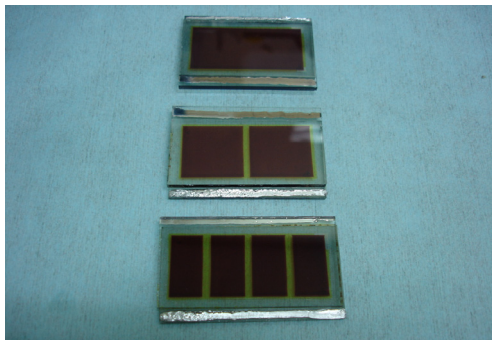


Fig. 2 제작된 유효면적 다분할 염료감응형 태양전지

완성된 염료감응형 태양전지는 solar

simulator의 AM(Air Mass) 1.5 조건에서(1 sun, 100mW/cm²) 성능을 측정하였다. Keithley 2400 source meter로 개방전압(Voc), 단락전류(Isc)를 측정하여 I-V 특성 curve를 얻었다. 또한 TiO₂층외의 부분은 MASK로 가리고 측정하는 실험을 추가하여 빛의 반사도 증가로 인한 효율 상승 요인은 배제하였다.

3. 결과 및 토의

Fill Factor는 염료감응형 태양전지의 효율에 영향을 주는 요인중 하나이다. Fill Factor는 염료감응형 태양전지의 내부저항과 관련이 있으며 효율이 좋은 셀들은 대부분 좋은 Fill Factor를 가지고 있다. 대면적 셀의 경우, 소면적 셀보다 상대적으로 표면 저항이 크기 때문에 내부저항이 커져 Fill Factor가 좋지 않게 된다.

염료감응형 태양전지의 내부 저항을 구분하면 크게 4가지로 나누어지는데 상대전극의 전하 전달과 관련된 저항(R₁), 전해질/염료/TiO₂에서의 전하 전달과 관련된 저항(R₂), 전해질에서의 전하 확산과 관련된 저항(R₃), TCO 표면 저항(R₄)으로 나누어진다⁽⁵⁾. 본 연구에서는 구조적 변화로 R₁성분을 바꿈으로써 대면적 염료감응형 태양전지의 Fill Factor의 향상을 시도하였다.

Table 1 각 셀의 characteristics

	측정	Voc (V)	Isc (mA)	Fill Factor	Eff (%)
1	Without Mask	0.76	67.8	0.37	2.43
2		0.77	72.6	0.39	2.71
4		0.79	68.4	0.43	2.85
1	With Mask	07.5	69.5	0.37	2.42
2		0.77	72.4	0.38	2.61
4		0.78	71.6	0.40	2.80

표1은 실험에서 측정된 셀 특성이며 전체적으로 유효면적을 나눈 섹션 수가 많을수록 Fill Factor가 증가하고 있음을 확인할 수 있다. 이는 MASK가 있을 때와 없을 때의 두 경우 모두 유효면적을 나눈 섹션 수가 많을수록 Fill Factor가 증가하므로 섹션 사이의 늘어난 간격에 의한 빛의 반사도 증가가 Fill Factor를 증가 시키는 주요 요인이 아님을 확인할 수 있다.

그림 3은 본 연구에서 얻어진 데이터를 바탕으로 그린 I-V characteristics curve이며 (a)는 MASK 없이 측정한 것이며 (b)는 MASK를 씌우고 측정한 값이다.

더욱이 동일 유효면적당 분할된 섹션 수 증가에 따른 상대전극 면적의 증가는 Fill Factor의 향상에 영향을 미친다. 상대전극 면적의 증가는 위에서 언급한 R₁ 성분을 줄이는데 기여를 한다. 상대적으로 넓어진 상대전극의 면은 전해질에 전자의 공급을 원활히 하는데 도움을 준다. 이 사

실은 다음과 같은 추가 실험에서도 확인이 된다.

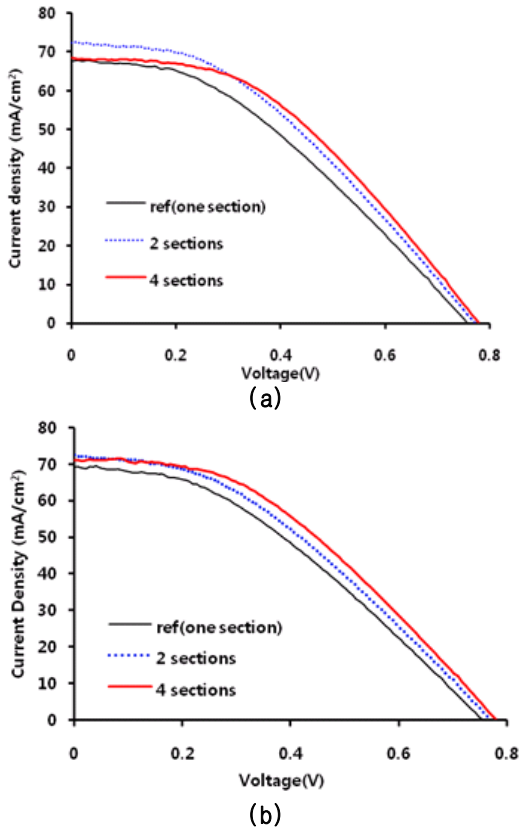


Fig. 3 I-V Characteristics Curve (a)Without Mask (b)With Mask

상대전극 면적의 증가가 Fill Factor의 향상을 야기하는 주요 인자임을 확인하기 위하여 유효 면적 1cm² 인 셀을 제작하였다. 이때 상대전극의 크기는 1.2cm×1.2cm인 것과 1.2cm×1.6cm인 것으로 다르게 만들어 실험을 하였다. 표2는 실험 후 측정 셀 특성이다. 이 실험 결과를 보면 Fill Factor가 0.63에서 0.66으로 증가함을 알 수 있는데 이는 앞서 제시한 Fill Factor가 증가한 이유와 일치한 사실임을 확인할 수 있다.

Table 2 추가 실험의 각 셀의 characteristics

상대전극 면적	Voc (V)	Isc (mA)	Fill Factor	Eff (%)
1.2cm×1.2cm	0.72	5.82	0.63	2.67
1.2cm×1.6cm	0.74	5.49	0.66	0.69

4. 결론

염료감응형 태양전지에서 동일 유효면적을 다분할하여 제작할 경우, 분할하는 섹션의 개수가 늘어날수록 Fill Factor가 증가 하게 되고 그에 따라 효율이 증가하게 된다. 이것은 염료감응형 태양전지 유효면적 분할이 내부 저항을 줄여 주기 때문이다. 특히 분할에 따라 늘어나는 상대

전극의 면적은 상대전극의 전하 전달과 관련된 저항을 줄여주는 역할을 한다. 그러므로 본 연구의 유효면적 분할 방법을 대면적 염료감응형 태양전지 공정에 적용한다면 복잡한 공정을 거치는 메탈 그리드 없이도 Fill Factor와 효율을 향상시키는 효과를 기대할 수 있을 것으로 보인다.

후 기

본 연구는 기초연구지원기초과학-단독연구(과제번호 : D00283) 염료감응형 태양전지 연구의 일환으로 수행되었습니다.

References

- [1] B. O'Regan, M. Gratzel, 1991, "A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ films", Nature, 353, 737.
- [2] Michael Gratzel, 2003, "Dye-sensitized solar cells", Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews, 4, pp145-153
- [3] M.Spath, P.M. Sommeling, J.A.M van Roosmalen, H.J. Smit, N.P.G van der Burg, D.R.Mahieu, N.J. Bakker, J.M. Kroon, 2003, "Reproducible manufacturing of dye-sensitized solar cells on a semi-automated baseline", Progress in Photovoltaics, 11, pp207-220
- [4] S.Dai, K. Wang, J.Weng, Y. sui, Y. Huang, S. Xiao, S. Chen, L. Hu, F. Kong, X.Pan, C. shi, and L. Guo, 2005, "Design of DSC panel with efficiency more than 6%", Energy Material and Solar Cells, 85, p447
- [5] Liyuan Han, Naoki Koide, Yasuo Chiba, Ashraful Islam, Ryoichi Komiya, Nobuhiro Fuke, Atsushi Fukui, and Ryohsuke Yamanaka, 2005, "Improvement of efficiency of dye-sensitized solar cells by reduction of internal resistance", Applied Physics Letter, 86,213501