

그림자 효과에 의한 염료감응형 태양전지의 특성연구

논 문

59-1-27

A Characteristic Study on the Dye-Sensitized Solar Cell by the Shadow Effect

김희제* · 이정기** · 이경준*** · 프라바카르§ · 신동설*** · 채원용†
(Hee-Je Kim · Jeong-Gee Lee · Kyung-Jun Lee · Prabakar · Dong-Seoul Sin · Won-Yong Chae)

Abstract – The shadowing effects lead to the serious power losses of the PV module. The shadowing effects are caused by several factors such as leafs, dust, antenna and clouds. The dye-sensitized solar cells are more economical than the conventional silicon solar cell that's why the dye-sensitized solar cells are recently focused on. We carried out research on the efficiency of the dye-sensitized solar cell depending on the level of shadow changing the formula of the circuit. The research on the efficiency of the large dye-sensitized solar cell depending on the level of shadow focused on commercialization was carried out. As the results, it is known that the series and parallel connection method is the best choice for the least losses of PV module assemblies. It is especially known that one more series connection is the best choice for the least losses about shadowing effects and current losses in the series and parallel connection.

Key Words : Dye-sensitized solar cell, Shadow effect, Transparent Conducting Oxide, Maximum Power Point, Maximum Power Point Tracking

1. 서 론

최근 유가의 상승과 석탄 에너지의 무분별한 사용으로 인한 환경오염 및 온실가스 발생의 문제가 심각하게 제기되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 하나의 방안으로 태양광에너지를 들 수 있다. 태양광 에너지는 환경오염의 문제가 전혀 없는 청정 에너지원이며 햇빛이 비치는 곳에서는 어디서나 얻을 수 있다. 뿐만 아니라 유지관리가 거의 필요하지 않고 수명이 길며 설치공사가 쉽다는 장점을 가지고 있다.[1] 하지만 나뭇잎, 먼지, 안테나, 구름 등 여러 가지 이유로 태양광 모듈에 부분적으로 그림자가 드리워지게 되면 역전류가 흐르게 되거나 부하의 형태로 바뀌어 열로서 전력을 낭비하게 된다. 이러한 원인들은 태양광 모듈의 전체 효율에 있어서 무시할 수 없는 큰 손실을 초래하게 된다.[2], [3]

염료감응형 태양전지(DSSC : Dye-Sensitized Solar Cell)는 다공질 TiO₂ 박막에 기초하여 낮은 가격이면서도 높은 효율을 가지는 태양 전지로써 1991년에 그雷젤(Michael Grätzel) 교수 연구팀에 의하여 개발되었다.[4] 이것은 복사선의 입사각과 그늘진 부분에서 덜 민감하며 긴 수명과 다양한 형태로 제작할 수 있는 장점을 가지고 있어서 경제적이면서도 비교적 제작이 용이한 차세대 태양전지로 각광을 받

고 있다.[5], [6] 상용화를 위한 대면적 모듈형 DSSC에 대한 연결방식으로써는 직렬, 병렬, 그리고 직·병렬 혼합방식 등이 있고 특히 병렬그리드 형태는 가장 주목받고 있는 기술이지만 이러한 다양한 접속방식에 대한 그림자 효과에 따른 특성분석을 실시한 연구는 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다.[7]

본 연구에서는 1×1cm² DSSC를 직접 제작하여 각종 연결방식에 따라서 단위 셀에 부분적인 그림자가 발생하였을 때, 그림자 효과가 각종 연결방식에 따른 셀 특성에 어떠한 영향을 미치는지 알아보았다. DSSC에서 가장 주목받고 있는 기술은 대면적 병렬 그리드 방식이며 이것은 상용화를 위한 가장 경쟁적인 기술이라 할 수 있다. 본 연구에서는 1×1cm² 크기의 기본 단위 셀 20개를 준비하였으며, 직렬, 병렬, 그리고 직·병렬접속 개수에 따라 그림자 효과에 의한 각 접속방식의 특성에 대하여 검토하였다.

2. 본 론

2.1 DSSC의 제작

2.1.1 1×1cm² 면적의 DSSC 단위 셀 제작

투명전도체 기판(TCO : Transparent Conducting Oxide)으로 Fluorine doped tin oxide glass (Hartford FTO, 80% transmittance in visible region)를 사용하여 상대전극과 광전극을 만들었다. 상대전극은 전해질의 주입을 위해 Sand blast를 이용하여 5μm의 모래를 뿌려서 2 개의 Pin-Hole을 만든 후 광전극과 함께 아세톤, 에탄올, 중류수의 순서로 초음파 세척을 하여 불순물을 제거하였다. 세척을 한 후에는 Ti-Nanoxide HT/SP를 이용하여 Doctor Blading 기법으로

* 시니어회원 : 부산대학 전자전기공학과 교수

** 정희원 : 부산대학 전자전기공학과 박사수료

*** 준희원 : 부산대학 전자전기공학과 석사과정

§ 비회원 : 부산대학 교수

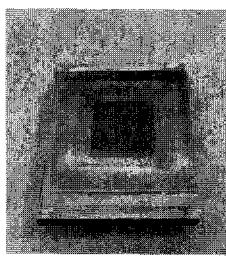
† 교신저자, 준회원 : 부산대학 전자전기공학과 석사과정

E-mail : cwyzzang20@hanmail.net

접수일자 : 2009년 8월 14일

최종완료 : 2009년 10월 14일

$1 \times 1\text{cm}^2$ 면적의 TiO_2 를 바르고 소성로를 통하여 450°C 의 온도로 30분 동안 소성을 시켜서 $10\mu\text{m}$ 의 두께로 다공질화 시켰다. 다공질화가 되면 염료를 흡착할 수 있는 공간이 넓어지게 되어 더 많은 염료를 흡착시킬 수 있게 된다. 소성된 광전극을 Ruthenium 염료(N719)로 24시간 동안 흡착시킨 후에 무수 에탄올에 10분 동안 담그어 불규칙적인 염료 흡착을 없애고 단분자층을 형성시켰다. 상대전극에는 10^{-5}Torr 를 기준으로 $2.8 \times 10^{-3}\text{Torr}$, 100°C 에서 120W의 RF sputter power를 인가함으로써 $100\sim200\text{nm}$ 의 두께로 측매작용을 활성화시키는 백금 박막을 증착시켰다. 소성된 광전극과 Sputtering된 상대전극을 Hot-Melting sealing sheet를 이용하여 샌드위치 구조로 접합하였다. 상대전극의 Pin-Hole에는 주사기를 이용하여 전해질을 주입하고 실링을 한 다음에 60Hz의 주파수로 양 전극의 가장자리에 Soldering을 하여 유효면적 $1 \times 1\text{cm}^2$ 의 DSSC를 완성하였다.

그림 1 $1 \times 1\text{cm}^2$ 면적의 DSSC 단위 셀Fig. 1 $1 \times 1\text{cm}^2$ size DSSC unit cell

2.2 실험 결과 및 분석

2.2.1 그림자의 비율에 따른 $1 \times 1\text{cm}^2$ 면적의 단위 셀의 특성

하나의 $1 \times 1\text{cm}^2$ 면적의 DSSC를 준비하여 빛이 잘 투과하지 않는 금속판에 은박지를 코팅하여 각 접속 방식마다 0%, 25%, 50%, 75%의 동일한 비율로 그림자 효과를 주고, 특정한 부하 없이 DSSC 접속 방식만을 전환하여 Solar simulator와 Keithley 2400 source meter에 접속하여 그림자 효과를 측정하였다. Solar simulator는 1 sun(100mW/cm^2)의 Xe램프로 동작하며 모든 실험은 이와 같은 방식으로 측정하였다.

위의 표 1은 측정된 특성을 개방전압 [Voc(V)], 단락전류 [Isc (mA/cm²)], Fill Factor, η [%], 최대전력 [P_{MAX}(m/W)]의 Parameter로 나타낸 것이다.

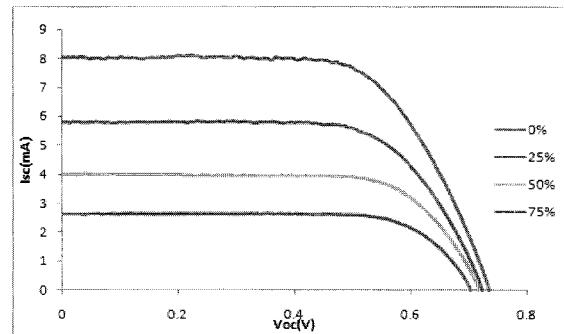
표 1 그림자 비율에 따른 단위 셀의 특성

Table 1 The characteristics of the unit cell according to the shadow effects

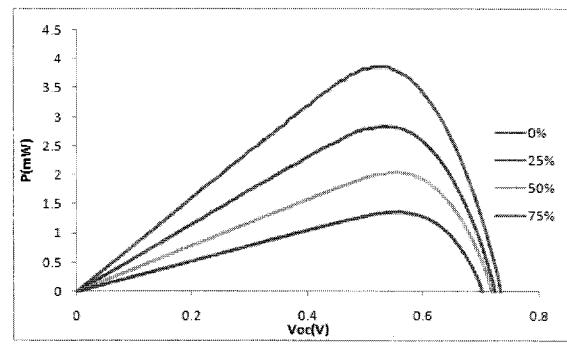
Parameter		Voc(V)	Isc(mA)	FF	η(%)	P _{MAX} (mW)	Parameter	P _{MAX}	P _{MAX}
셀의 개수	범위	변화량(mW)	변화율(%)						
1(Cells)	0%	0.734	8.186	0.643	3.863	3.863	0~25%	1.020	26.40
	25%	0.722	5.932	0.664	2.843	2.843	0~50%	1.826	47.27
	50%	0.716	4.026	0.707	2.039	2.039	0~75%	2.500	64.72
	75%	0.702	2.631	0.738	1.363	1.363			

$$FF = \frac{P_{MAX}}{V_{oc} \cdot I_{sc}} \quad (1)$$

$$\eta = \frac{FF \cdot V_{oc} \cdot I_{sc}}{P_e} \quad (P_e = \text{입사광의 세기}) \quad (2)$$



(a)



(b)

그림 2 (a) 단위 셀의 I-V 특성 그래프 (b) 단위 셀의 P-V 특성 그래프

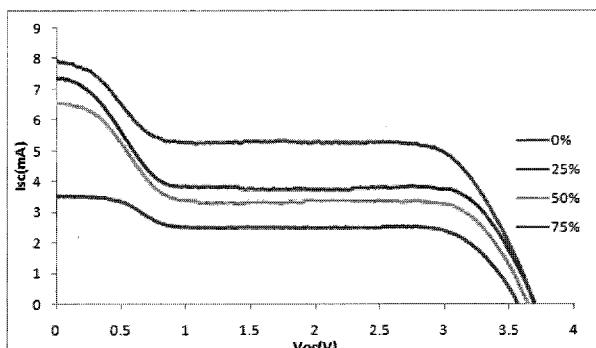
Fig. 2 (a) The I-V characteristics for unit cells (b) The P-V characteristics for unit cells

식 (1), (2)는 Fill Factor, Efficiency의 계산식이며 그림 2는 표 1의 데이터를 이용하여 I-V 및 P-V특성을 그래프로 나타낸 것이다. 표 1과 그림 2를 보면 그림자의 비율이 증가할수록 전류의 양과 전력량이 감소한다는 것을 알 수 있고 식 (2)를 통하여 전류의 양이 감소하면 효율이 감소한다는 것을 알 수 있다. 그리고 표를 보면 그림자의 영향이 전혀 없는 P_{MAX}에 대하여 그림자의 효과에 따른 손실된 P_{MAX}의 변화량을 백분율로 계산하면 64.72%임을 알 수 있다. 따라서 단위 셀은 전압과 전류밀도가 낮고 그림자의 영

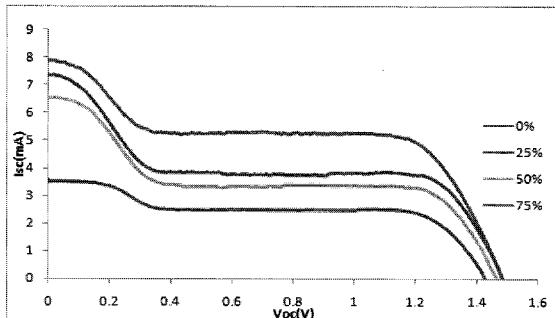
향을 많이 받으므로 전력용으로 써의 사용이 불가능 하다는 것을 알 수 있었다.

2.2.2 그림자의 비율에 따른 직렬접속의 효율 및 특성

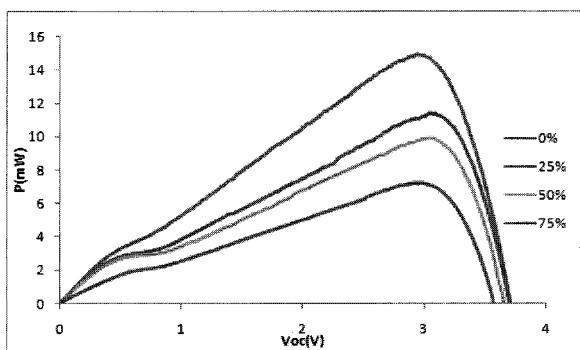
$1 \times 1\text{cm}^2$ 면적 DSSC 2개와 5개를 각각 직렬로 접속하여 2개의 모듈을 만들고 각 모듈에서 하나의 셀에 0%, 25%, 50%, 75%의 비율로 가려서 이에 따른 특성을 측정해 보았다. 다음의 표 2는 측정된 특성을 5가지의 Parameter로 나타낸 것이다.



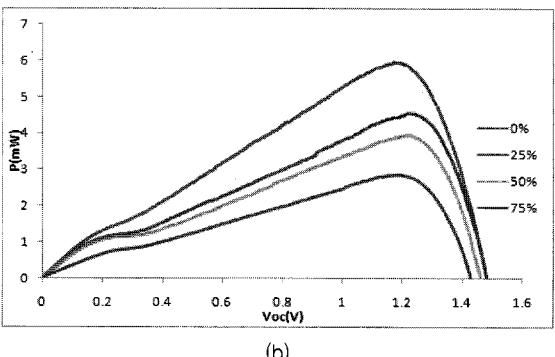
(a)



(a)



(b)



(b)

그림 3 (a) 단위 셀 2개의 직렬접속 I-V 특성 ($N_s=2$, $N_p=1$)
 (b) 단위 셀 2개의 직렬접속 P-V 특성 ($N_s=2$, $N_p=1$)

Fig. 3 (a) I-V characteristics for series connected 2 unit cells ($N_s=2$, $N_p=1$) (b) P-V characteristics for series connected 2 unit cells ($N_s=2$, $N_p=1$)

그림 4 (a) 단위 셀 5개의 직렬접속 I-V 특성 ($N_s=5$, $N_p=1$)(b) 단위 셀 5개의 직렬접속 P-V 특성 ($N_s=5$, $N_p=1$)

Fig. 4 (a) I-V characteristics for series connected 5 unit cells ($N_s=5$, $N_p=1$) (b) P-V characteristics for series connected 5 unit cells ($N_s=5$, $N_p=1$)

표 2를 보면 그림자가 없을 때 단위 셀을 직렬접속 하게 되면 전압은 셀 수에 비례하여 증가하고 전류의 양은 거의 일정함을 알 수 있다. 또한 그림자의 비율이 증가함에 따라 단위 셀과 비교하여, 전류의 감소량이 작아서 효율의 감소가 작다는 것을 알 수 있다. 하지만 그림자의 비율이 높을 경우에는 전류의 양이 크게 감소하고, 효율도 크게 감소된다는 것을 알 수 있다. P_{MAX} 의 변화율을 보면 셀의 개수가 2개 일 때 그림자 효과에 따른 총 손실은 51.9%로 단위 셀보다 손실이 작다는 것을 알 수 있다. 그리고 셀의 개수가 5개 일 때 그림자 효과에 따른 총 손실은 53.03%로 셀의 개수가

표 2 그림자 비율에 따른 직렬접속 특성 [$(N_s=2, N_p=1)$, $(N_s=5, N_p=1)$] < N_s =직렬개수, N_p =병렬개수>

Table 2 The characteristics for series connected the cells according to the shadow effects [$(N_s=2, N_p=1)$, $(N_s=5, N_p=1)$]
 < N_s =Series number, N_p =Parallel number>

Parameter 셀의 개수	Voc(V)	Isc(mA)	FF	η (%)	P_{MAX} (mW)	Parameter 범위	P_{MAX} 변화량(mW)	P_{MAX} 변화율(%)
2(Cells)	0%	1.481	7.932	0.509	5.974	0~25%	1.396	23.37
	25%	1.481	7.407	0.417	4.578	0~50%	2.005	33.56
	50%	1.463	6.652	0.408	3.969	0~75%	3.100	51.89
	75%	1.427	3.571	0.564	2.874			
5(Cells)	0%	3.699	7.975	0.506	14.93	0~25%	3.750	25.11
	25%	3.695	7.397	0.409	11.18	0~50%	5.231	35.04
	50%	3.657	6.618	0.401	9.699	0~75%	7.918	53.03
	75%	3.564	3.530	0.557	7.012			

2개 일 때보다 전력량이 감소하였다는 것을 알 수 있다. 따라서 직렬접속일 경우 셀의 개수가 증가할수록 효율과 전력량이 감소하는 것을 알 수 있다. 그림자의 비율이 높으면 하나의 셀이 부하가 되어 전류가 생성되지 않아 전류의 양은 크게 줄어들게 되는데 이러한 이유로 그림자가 없는 단위 셀에서 생성된 전류는 그림자가 있는 단위 셀에 흐르게 되고 이것은 열로 전환하게 된다. 따라서 태양전지 모듈에 그림자의 비율이 높으면 전류의 양이 크게 줄어들게 되고 결국 모듈 전체의 효율이 낮아지는 큰 문제가 생길 수 있다.

각 그림의 그래프 (b)를 보면 한 개의 셀에서 그림자로 인한 광전류의 감소로 새로운 MPP(Maximum power point)가 생겨나 두 개의 Peak가 생겼다는 것을 확인할 수 있다. 만약에 단위 셀을 연결한 태양광 모듈을 MPPT(Maximum Power Point Tracking)와 연결하여 발전을 하게 되면 이러한 새로운 MPP(Local peak)의 생성은 문제가 될 수 있다.[8] 그림자가 없는 모듈에서 MPPT의 동작점은 특성 곡선의 최대 전력점(Global peak)에 있게 되지만 그림자가 생기게 되면 스위칭이 되면서 동작점이 이동하게 되고 Global peak를 추적해야만 한다. 하지만 Local Peak가 뚜렷하고 이동량이 크지 않다면, Local Peak에 머무르게 되고, 이 때 태양광 모듈의 전체 전력량과 효율은 크게 감소하게 된다.

직렬접속 방식은 높은 전압을 얻을 수 있는 장점이 있지만, 흐르는 전류의 양이 적고 모듈에 그림자가 생기면 전류의 양이 크게 줄어드는 단점이 있다. 또한 Local Peak로 동작점이 옮겨지지 않게 하기 위한 알고리즘을 개발하는 데에도 많은 어려움이 있다. 따라서 이러한 문제점들 때문에 직렬만의 모듈접속 방식은 적절하지 않다고 볼 수 있다.

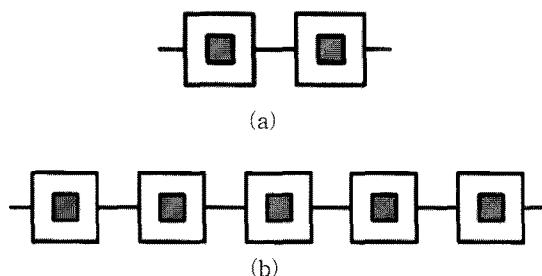


그림 5 (a) 단위 셀 2개의 직렬접속 ($N_s=2$, $N_p=1$) (b) 단위 셀 5개의 직렬접속 ($N_s=5$, $N_p=1$)

Fig. 5 (a) Series connected 2 unit cells ($N_s=5$, $N_p=1$) (b) Series connected 5 unit cells ($N_s=5$, $N_p=1$)

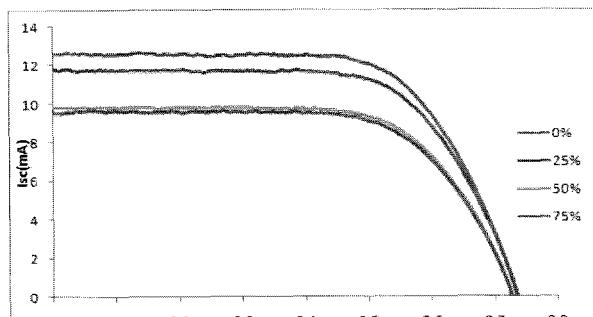
표 3 그림자 비율에 따른 병렬접속 특성 [$(N_s=1, N_p=2)$, $(N_s=1, N_p=5)$]

Table 3 The characteristics for parallel connected the cells according to the shadow effects [$(N_s=1, N_p=2)$, $(N_s=1, N_p=5)$]

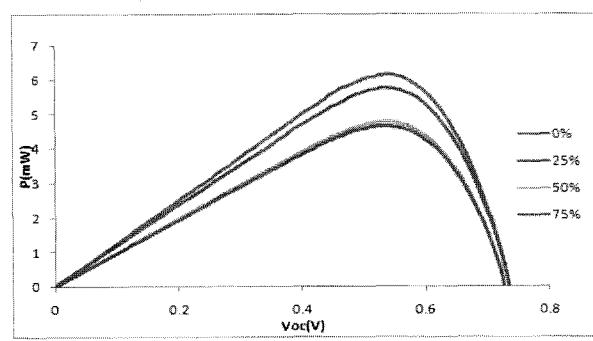
Parameter		$V_{oc}(V)$	$I_{sc}(mA)$	FF	$\eta(\%)$	$P_{MAX}(mW)$	Parameter		P_{MAX}	P_{MAX}
셀의 개수							범위	변화량(mW)	변화율(%)	
2(Cells)	0%	0.735	12.648	0.662	6.149	6.149	0~25%	0.395	6.42	
	25%	0.735	12.050	0.649	5.754	5.754	0~50%	1.381	22.46	
	50%	0.726	10.018	0.655	4.768	4.768	0~75%	1.519	24.70	
	75%	0.727	9.715	0.656	4.630	4.630				
5(Cells)	0%	0.737	19.236	0.660	9.347	9.347	0~25%	0.715	7.65	
	25%	0.736	18.074	0.648	8.632	8.632	0~50%	2.218	23.72	
	50%	0.728	14.977	0.654	7.129	7.129	0~75%	2.315	24.76	
	75%	0.726	14.543	0.666	7.032	7.032				

2.2.3 그림자의 비율에 따른 병렬접속의 효율 및 특성

1×1cm² 면적 DSSC 2개와 5개를 각각 병렬로 접속하여 2개의 모듈을 만들고 각 모듈에서 하나의 셀에 0%, 25%, 50%, 75%의 비율로 가려서 이에 따른 특성을 측정해 보았다.



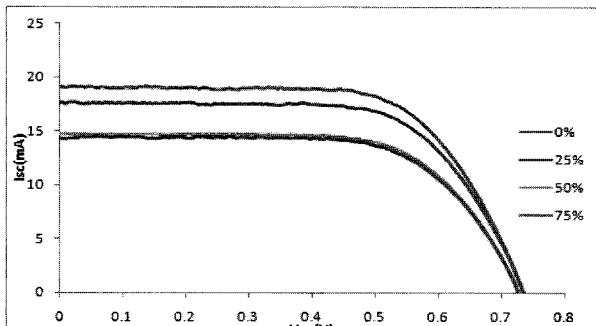
(a)



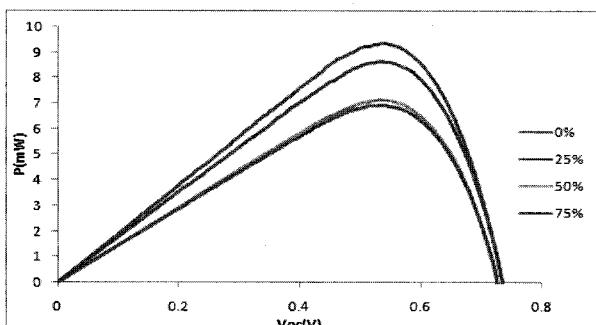
(b)

그림 6 (a) 단위 셀 2개의 병렬접속 I-V 특성 ($N_s=1$, $N_p=2$)
(b) 단위 셀 2개의 병렬접속 P-V 특성 ($N_s=1$, $N_p=2$)

Fig. 6 (a) I-V characteristics for parallel connected 2 unit cells ($N_s=1$, $N_p=2$) (b) P-V characteristics for parallel connected 2 unit cells ($N_s=1$, $N_p=2$)



(a)



(b)

그림 7 (a) 단위 셀 5개의 병렬접속 I-V 특성 ($N_s=1$, $N_p=5$)
 (b) 단위 셀 5개의 병렬접속 P-V 특성 ($N_s=1$, $N_p=5$)

Fig. 7 (a) I-V characteristics for parallel connected 5 unit cells ($N_s=1$, $N_p=5$) (b) P-V characteristics for parallel connected 5 unit cells ($N_s=1$, $N_p=5$)

표 4 그림자 비율에 따른 직·병렬접속 특성 [$(N_s=2, N_p=2)$, $(N_s=3, N_p=2)$, $(N_s=2, N_p=3)$, $(N_s=5, N_p=4)$]

Table 4 The characteristics for series-parallel connected the cells according to the shadow effects [$(N_s=2, N_p=2)$, $(N_s=3, N_p=2)$, $(N_s=2, N_p=3)$, $(N_s=5, N_p=4)$]

Parameter			Voc(V)	Isc(mA)	FF	η (%)	P_{MAX} (mW)	Parameter		
접속방식	직렬	병렬						범위	P_{MAX} 변화량(mW)	P_{MAX} 변화율(%)
2(Cells)	2(Cells)	0%	1.489	11.460	0.592	10.10	10.10	0~25%	0.41	4.06
		25%	1.490	10.228	0.636	9.690	9.690			
		50%	1.467	9.235	0.459	6.219	6.219			
		75%	1.456	7.712	0.498	5.588	5.588			
	3(Cells)	0%	2.213	11.852	0.573	15.03	15.03	0~25%	0.620	4.12
		25%	2.212	10.356	0.629	14.41	14.41			
		50%	2.177	9.198	0.457	9.155	9.155			
		75%	2.133	7.698	0.499	8.186	8.186			
	2(Cells)	0%	1.479	15.128	0.596	13.33	13.33	0~25%	0.530	3.98
		25%	1.479	13.807	0.627	12.80	12.80			
		50%	1.459	12.467	0.477	8.895	8.895			
		75%	1.450	10.411	0.507	7.654	7.654			
5(Cells)	4(Cells)	0%	3.682	21.431	0.592	46.70	46.70	0~25%	1.85	3.96
		25%	3.682	19.146	0.636	44.85	44.85			
		50%	3.653	17.306	0.514	32.50	32.50			
		75%	3.600	14.459	0.547	28.50	28.50			

위의 표 3은 측정된 특성을 5 가지의 Parameter로 나타낸 것이다. 표 3을 보면 그림자가 없을 때 병렬접속은 직렬접속과는 반대로 전류의 양이 증가하고 전압은 거의 일정함을 볼 수 있다. 하지만 직렬접속의 전압은 셀 수에 비례하여 증가하는데 반해서 병렬접속의 전류는 내부저항으로 일부 전류가 흐르기 때문에 전류의 손실이 생겨서 셀 수에 비례하여 전류가 증가하지 않음을 알 수 있다. 이러한 이유로 전력량은 직렬접속보다 낮다는 것을 알 수 있다. 그리고 병렬 접속된 단위 셀의 개수가 증가하게 되면 내부저항이 더 높아져 전류는 셀의 개수와 비례하지 않고 증가량이 점점 작아지는 것을 알 수 있다. P_{MAX} 변화량을 보면 총 손실이 24.7%, 24.76%로 단위 셀이나 직렬접속과 비교하여 손실이 작아서 그림자의 영향이 작다는 것을 알 수 있고 셀의 개수가 증가하여도 전력량의 변화와 상관관계가 없다는 것을 알 수 있다. (b)의 그래프를 보면 Local Peak가 생성되지 않아서 Global Peak을 추적하는데 어렵지 않음을 알 수 있다.

병렬접속은 전류의 양이 많고 그림자 효과에 대한 영향이 작다. 그리고 Local peak가 생성되지 않아 Global peak을 추적하는데 어렵지 않다는 것을 알 수 있다. 하지만 고전압을 얻을 수 없고 내부저항으로 인한 전류 손실이 발생하는 단점이 있기 때문에 병렬만의 모듈접속 방식 또한 적절하지 않다고 볼 수 있다.

2.2.4 그림자의 비율에 따른 직·병렬접속의 효율 및 특성

표 4는 $1 \times 1\text{cm}^2$ 면적 DSSC 단위 셀 2개를 직렬 접속한 String 2개를 병렬로 접속, 단위 셀 3개를 직렬 접속한 String 2개를 병렬로 접속, 단위 셀 3개를 병렬 접속한 String 2개를 직렬로 접속, 단위 셀 5개를 직렬로 접속한

String 4개를 병렬로 접속하여 4개의 직·병렬 모듈을 구성하였다. 각 모듈의 단위 셀에 0%, 25%, 50%, 75%의 비율로 가려서 이에 따른 특성을 측정해 5가지의 Parameter로 나타내었다.

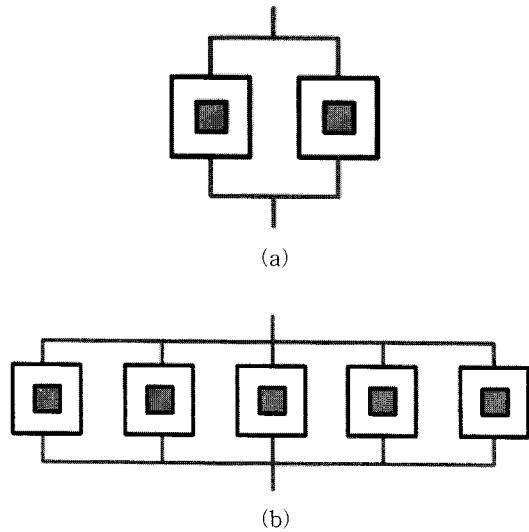


그림 8 (a) 단위 셀 2개의 병렬접속 ($N_s=1$, $N_p=2$) (b) 단위 셀 5개의 병렬접속 ($N_s=1$, $N_p=5$)

Fig. 8 (a) Parallel connected 2 unit cells ($N_s=1$, $N_p=2$) (b) Parallel connected 5 unit cells ($N_s=1$, $N_p=5$)

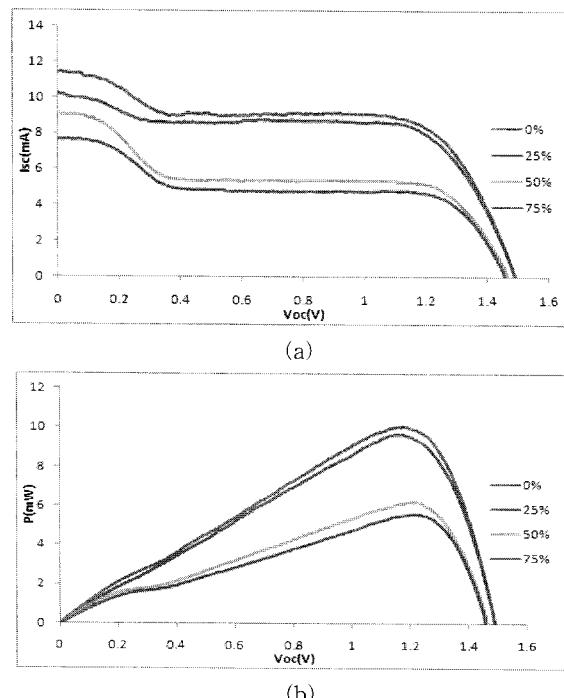


그림 9 (a) 단위 셀 4 개의 직·병렬접속 I-V 특성 ($N_s=2$, $N_p=2$) (b) 단위 셀 4 개의 직·병렬접속 P-V 특성 ($N_s=2$, $N_p=2$)

Fig. 9 (a) I-V characteristics for series-parallel connected 4 unit cells ($N_s=2$, $N_p=2$) (b) P-V characteristics for series-parallel connected 4 unit cells ($N_s=2$, $N_p=2$)

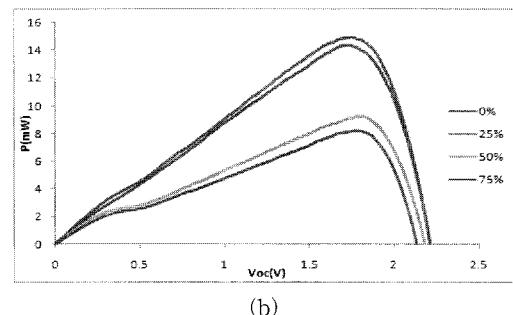
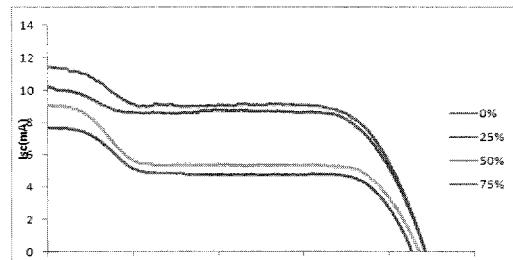


그림 10 (a) 단위 셀 6개의 직·병렬접속 I-V 특성 ($N_s=3$, $N_p=2$) (b) 단위 셀 6개의 직·병렬접속 P-V 특성 ($N_s=3$, $N_p=2$)

Fig. 10 (a) I-V characteristics for series-parallel connected 6 unit cells ($N_s=3$, $N_p=2$) (b) P-V characteristics for series-parallel connected 6 unit cells ($N_s=3$, $N_p=2$)

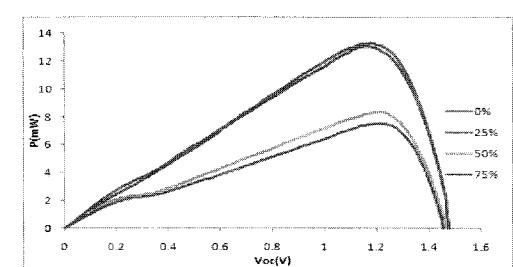
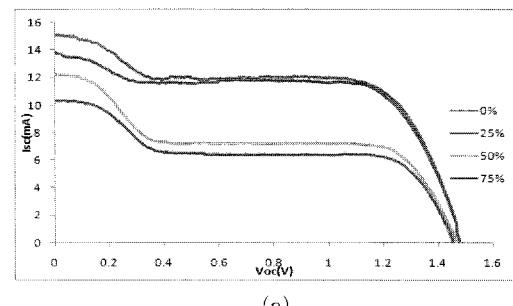


그림 11 (a) 단위 셀 6개의 직·병렬접속 I-V 특성 ($N_s=2$, $N_p=3$) (b) 단위 셀 6개의 직·병렬접속 P-V 특성 ($N_s=2$, $N_p=3$)

Fig. 11 (a) I-V characteristics for series-parallel connected 6 unit cells ($N_s=2$, $N_p=3$) (b) P-V characteristics for series-parallel connected 6 unit cells ($N_s=2$, $N_p=3$)

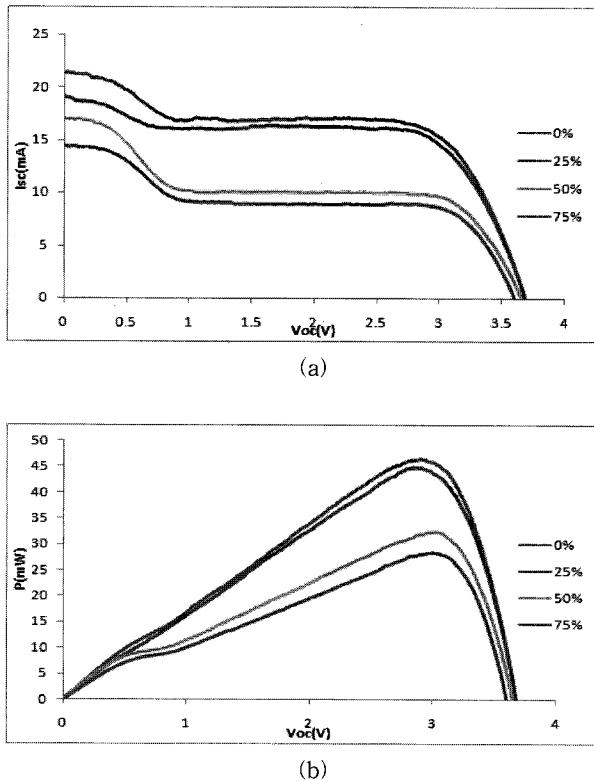


그림 12 (a) 단위 셀 20개의 직·병렬접속 I-V 특성 ($N_s=5$, $N_p=4$) (b) 단위 셀 20개의 직·병렬접속 P-V 특성 ($N_s=5$, $N_p=4$)

Fig. 12 (a) I-V characteristics for series-parallel connected 20 unit cells ($N_s=5$, $N_p=4$) (b) P-V characteristics for series-parallel connected 20 unit cells ($N_s=5$, $N_p=4$)

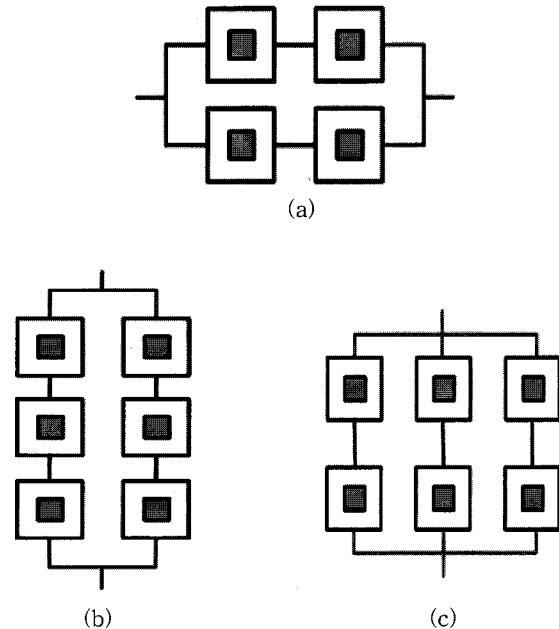


그림 13 (a) 단위 셀 4개의 직·병렬접속 ($N_s=2$, $N_p=2$) (b) 단위 셀 6개의 직·병렬접속 ($N_s=3$, $N_p=2$) (c) 단위 셀 6개의 직·병렬접속 ($N_s=2$, $N_p=3$)

Fig. 13 (a) Series-parallel connected 4 unit cells ($N_s=2$, $N_p=2$) (b) Series-parallel connected 6 unit cells ($N_s=3$, $N_p=2$) (c) Series-parallel connected 4 unit cells ($N_s=2$, $N_p=3$)

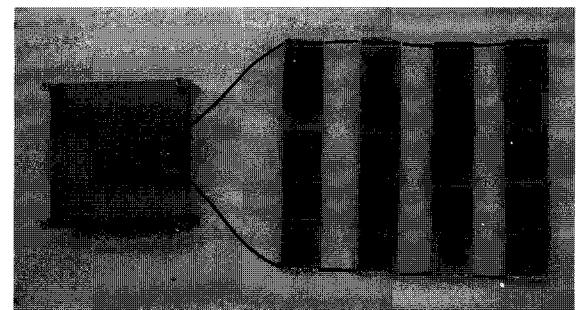


그림 14 단위 셀 20개의 직·병렬접속 ($N_s=5$, $N_p=4$)

Fig. 14 Series-parallel connected 20 unit cells ($N_s=5$, $N_p=4$)

3. 결 론

$1 \times 1\text{cm}^2$ DSSC를 직접 제작하여 직렬, 병렬, 그리고 직·병렬 혼합방식 등, 다양한 접속방식에 대한 그림자 효과가 어떠한 영향을 미치는지 알아보았다. 직렬만의 모듈 접속방식은 전류의 양이 작고 그림자의 영향을 많이 받아서 전기적으로 변환하기에는 적절한 방식이 아니고 병렬만의 모듈 접속방식 또한 그림자 효과에 대한 영향을 많이 받지 않고 많은 전류의 양을 얻을 수 있어서 직렬보다는 전기적으로 변환하기에 유리하지만 전류의 손실이 크고 낮은 전압으로 인하여 전력변환을 할 때 컨버터의 분담률이 커지는 단점이 있어서 역시 적절하지 않다. 하지만 그림자 효과를 줄이기 위해서는 병렬연결이 반드시 필요하며 또한 적정 전압레벨

을 위해서 직렬연결을 무시할 수 없다. 따라서 직·병렬 모듈 접속은 직렬과 병렬의 특성을 모두 가지고 있고 서로의 단점을 상호보완 해주기 때문에 전기적으로 변환하기에 가장 적절한 방식이라고 할 수 있다. 따라서 최적 출력을 얻기 위해 다양한 접속을 시도한 끝에 직렬접속과 병렬접속의 구성 비율이 5:4가 되어야 한다는 결론을 도출하였고 이러한 구성은 그림자 효과의 영향을 덜 받을 뿐만 아니라 출력을 좋게 만든다는 것을 확인하였다. 본 논문에서는 최종적으로 ($N_s=5$, $N_p=4$)의 태양광 모듈을 구성하여 그림자 효과에 대한 영향을 개선하였고 또한 내부저항으로 인한 전류의 손실을 줄여 약 50mW의 전력량을 얻을 수 있었다. 또한 이 모듈을 직병렬로 구성한 어레이를 이용하여 태양광 발전을 한다면 그림자 효과에 대한 많은 개선이 될 뿐만 아니라 내부 전류의 손실을 줄여 고출력을 가능하게 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Mi Jung Park, "Optimization for Multi array photovoltaic system," *Theories and Application of Chem. Eng.*, 2006, Vol. 12, No.2
- [2] Catani, A., "SHADING LOSSES OF BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAIC SYSTEMS." zath.net - Centre of Applied Research Sustainable Energy Technologies
- [3] S. Silvestre, "Study of bypass diodes configuration on PV modules," *Applied Energy* 86 (2009) 1632 - 1640
- [4] B. O'Regan, M. Grätzel, "A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ films." *Nature* 353 (1991) 737.
- [5] Tuquabo Tesfamichael, "Characterization of a commercial dye-sensitized titania solar cell electrode." *Solar Energy Materials & Solar Cells* 76 (2003) 25-35
- [6] Kwang Dug Kim, "A study the fabrication of externally connected module of dye-sensitized solar cell." Department of Electrical Engineering Pusan National University
- [7] Easwaramoorthi Ramasamy, "Portable, parallel grid dye-sensitized solar cell module prepared by screen printing." *Journal of Power Sources* 165 (2007) 446-449
- [8] E. Roman, "Experimental results of controlled PV module for building integrated PV systems." *Solar Energy* 82 (2008) 471-480
- [9] Mi Jeong Kim, "A study on the large scaling of Dye-Sensitized Solar Cell for commercialization." 2007년도 대한전기학회 학술대회 논문집
- [10] Gi Hwan Kang, "The development of the automatic arrangement equipment for manufacture multiplex-model PV module." 한국태양에너지학회 학술대회논문집

저 자 소 개



김희제 (金熙濟)

1955년 10월 23일생. 1980년 부산대학교 공대 전기공학과 졸업. 1982년 부산대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1990년 규슈대학교 대학원 에너지공학과 졸업(박사). 현재 부산대학교 전기공학과 교수 재직 중.



이정기 (李廷基)

1972년 1월 31일생. 2008년 부산대학교 대학원 전기공학과 박사과정 수료.



채원용 (蔡元龍)

1982년 1월 21일생. 2009년 울산대학교 공대 전기전자제어공학부 졸업. 현재 부산대학교 공과대학원 전자전기공학과 석사 과정 재학 중.



KANDASAMY PRABAKAR

1973년 5월 20일생. 1993년 Manomanium Sundaranar Univ 물리학과 졸업. 1996년 Bharathiar Univ 물리학과 졸업(석사). 2002년 동대학원 물리학과 졸업(박사). 현재 부산대학교 교수 재직 중.



이경준 (李庚俊)

1983년 2월 23일생. 2008년 부산대학교 공대 전자전기통신공학부 졸업. 현재 동대학원 전자전기공학과 석사과정 재학 중.



신동설 (申東雪)

1983년 7월 3일생. 2009년 부산대학교 공대전자전기통신공학부 졸업. 현재 동대학원 전자전기공학과 석사과정 재학 중.