

염료감응 태양전지를 이용한 선박용 LED등의 보조 전원 개발

Development of LED Auxiliary Power System for Ship using DSSC

이 진*·양 재 창**, 김 상 기**, 소 순 열†
(Jin Lee · Jae-Chang Yang · Sang-Ki Kim · Soon-Youl So)

Abstract - The color and the installation position of the LED lamp for night voyage of the ship are changed by the purpose of it. The power dissipation occurs because a navigation light is on and off or continuously on. In addition, in case that the light is produced by operating generator in the ship, it's very inefficient except that it's on a voyage. Therefore in this dissertation, we construct auxiliary power system for the LED lamp of the ship, producing and developing a module, a panel, and a charging system using Dye-sensitize Solar Cell.

Keywords : Dye-sensitized solar cell(DSSC), Z-type DSSC module, LED, Navigation light

1. 서 론

선박이 야간 항해에 사용하는 등(Light)은 좌현에 홍등, 우현에 녹등, 선수와 선미에 위치하는 마스트(Mast) 등은 백등을 점등하여야 한다.

이 표시등은 야간 항해에 반드시 점등되어 있어야하며, 이 등화로 선박의 진행방향을 식별할 수 있다. 따라서, 야간에 항해하는 선박의 항해등은 선박의 운항에 있어서 대단히 중요한 역할을 한다.

야간 항해 중 상대의 선박이 목격되었는데, 그 선박의 등화가 선수 선미의 양 마스트 등이 수직으로 보이고 좌우의 녹등과 홍등이 모두 보이면 그 선박은 본선과 정면으로 오는 선박이 될 것이고, 양 마스트 등의 각도 변화와 좌우의 항해등 중 하나만 보이면 그 선박의 진행 방향을 알 수 있게 된다. 그러므로 야간 항해에 목격되는 상대 선박의 항해등은 피항선과 유지선의 항로를 파악하는 중요한 요소가 되며, 상대방이 본선을 보고 혼동을 일으킬 수 있는 항해등 이외의 모든 등화는 소등하여야 한다.

발광다이오드(LED; Light Emitting Diode)는 에너지의 효율이 높고 친환경적이라는 장점을 가지고 있다. 또한 높은 조명 효율을 확보하여 백열전구를 대체할 수 있는 조명 광원으로 널리 이용되고 있다. 그러나 선박용 항해등을 LED로 사용하는 관련 기술이 부족하여 장기적인 관점에서 LED 항해등에 대한 기술개발이 필요할 것으로 보인다.

선박의 항해등은 현재 발전기를 통하여 전원이 공급된다. 항해에 있어서 선박의 항해등은 매우 중요한 역할을 하기

때문에 발전기의 고장이나 전원에 문제가 발생할 경우를 대비한 보조전원이 반드시 필요하다. 해상에서 주 전원이거나 보조 전원으로 적합한 에너지원으로는 친환경적이며 무한한 에너지원인 태양광이 있으며, 최근 이 태양광을 이용하는 연구사례들이 증가하는 추세이다.

현재 전 세계적으로 태양광발전시설은 국가의 정책 보조에 의해 추진되고 있으나, 앞으로 신재생에너지 시장에서 경제성을 확보하기 위해서는 염료감응 태양전지(DSSC; Dye-Sensitized Solar Cells)와 같은 저가의 고효율 태양전지 개발 기술이 요구된다. 염료감응 태양전지는 기존의 비정질 실리콘 태양전지에 버금가는 에너지 변환효율을 가지면서 제조 단가가 실리콘 태양전지보다 저렴한 수준이다. 또한 항해의 조건에 따라 항로가 변화하기 때문에 하루의 태양광을 이용해서 발전하는 시스템에는 실리콘 태양전지보다 염료감응 태양전지가 약한광, 산란광, 또한 입사의 각이 적은 북향에서도 전력생산이 가능한 장점을 가지고 있으므로 더 적합할 수 있다고 판단된다[1,2,3].

LED를 항해등으로 교체하고자 하는 이유는 높은 조명과 에너지의 효율 때문이다. 따라서 보조전원으로 염료감응 태양전지를 사용하는 것은 에너지의 효율을 높이는 데 가장 적합한 방법으로 생각된다. 본 논문에서는 선박용 항해등을 위한 LED등의 사양을 제시하고 염료감응 태양전지를 이용한 보조전원을 개발하고자 하는 것으로, 환경실험과 절연시험을 통하여 염료감응 태양전지의 보조전원 적합성 여부를 판단하고자 한다.

2. 염료감응 태양전지

2.1 염료감응 태양전지 충전시스템 설계

항해등용 충전시스템은 표 1과 같이 LED의 용량과 시스템의 하루 소비전력 및 2.5W급 23셀 염료감응태양전지 용량을 산출하여 설계되었다. 충전시스템은 서브모듈을 어레이 하여 일일 60W 충전이 가능하도록 하였다. 그림 1은 보조전원의 개발 개요도이다.

* Dept. of Electrical Engineering, Mokpo National Univ, Korea.

** LINKLINEINC, Co.

† Corresponding Author : Institute of New and Renewable Energy Research, Mokpo National Univ, ersity, Korea.

E-mail: syso@mkpo.ac.kr

Received : June 16, 2014; Accepted : July 09, 2014

표 1 염료감응형 태양전지 충전시스템의 용량 분석.

Table 1 Charging system for dye-sensitize solar cell.

	부하	용량	비고
총 소비 전력	LED 항해등(0.5W×6ea)	3W	
	일일 10시간 소비전력(3W×10H)	30W	
충전 시스템 구성	23Cell module array(2.5W×4ea×6H)	60W	부조일 수 2일
배터리 용량	6V/4A×2ea	48W	

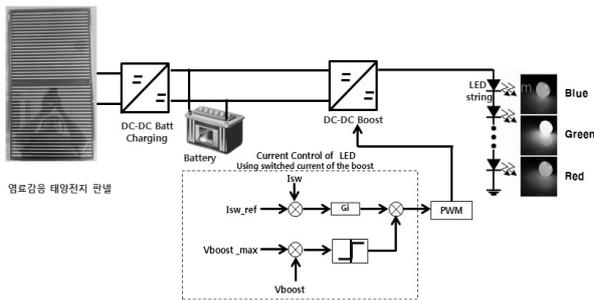


그림 1 보조전원의 개요도.

Fig. 1 The diagram of auxiliary power system.

2.2 염료감응 태양전지 충전시스템 개발

2.2.1 23셀 300×300mm² 서브모듈 제작

연구에 사용된 염료감응 태양전지는 스크린 프린팅 장비를 이용하여 제작 되었다. 스크린 프린팅 장비는 기존의 스크린 마스크 방식에서 생기는 문제점을 해결하기 위한 것으로, 막 제조의 재현성과 균일한 코팅막의 확보에 우수하다는 장점을 가지고 있다[4,5,6].

균일한 코팅막은 힘과 각도 및 코팅의 속도를 일정하게 유지하면서 제작하여야 한다. 또한 마스크와 기판은 일정한 높이를 유지 하여야 프린팅과 동시에 자연스럽게 마스크가 분리되어 균일한 코팅막을 얻을 수 있게 된다. 표 2는 최적화된 스크린 프린팅의 조건을 제시한 것이다.

표 2 스크린 프린팅 공정조건.

Table 2 Process conditions for manufacturing screen print.

마스크 종류	광전극	상대전극	그리드
Stroke	350mm	350mm	350mm
Squeegee speed	20%	20%	20%
Scrape speed	20%	20%	20%
Scrape	5.8mm	5.8mm	5.8mm
Squeegee	8.7mm	8.7mm	8.7mm
Table	3.35mm	3.35mm	3.35mm

모듈은 Z-타입과 W-타입의 두 가지로 제작하였다. Z-타입의 모듈 제작 공정 순서는 그림 2와 같다.

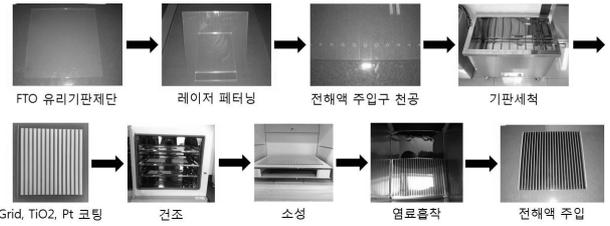


그림 2 Z-타입 염료감응 태양전지의 제작과정.

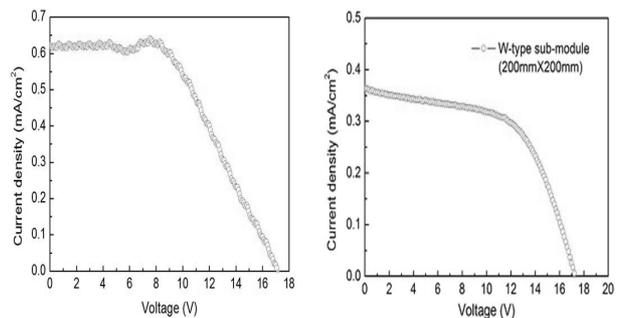
Fig. 2 The manufacturing process of dye-sensitize solar cell for Z-type.

Z-타입의 경우는 셀과 셀 사이에 그리드와 실링제가 그리드 양쪽에 위치하고 있으나, W-타입의 경우는 그리드가 없으며, 실링제 하나로 구성되어 있다. W-타입의 경우에는 그리드 코팅과정을 제외한 모든 공정이 Z-타입과 동일하다.

2.2.2 모듈 에너지 변환효율 평가

모듈의 효율은 한국광기술원의 솔라 시뮬레이터 장비로 평가하였으며, 솔라 시뮬레이터는 맥 사이언스 사에서 제작한 K201 Lab330(Class-AAA) 모델이다. 측정 조건은 분광 분포도 AM 1.5G, 방사조도 1000W/m²로 하였다. 그림 3은 제작된 Z-타입과 W-타입 염료감응 태양전지 모듈의 에너지 변환효율 측정 결과이다.

에너지 변환효율은 Z-타입이 5.52%, W-타입이 3.6%로 측정되었다. W- 타입은 모듈 구조가 간단하며, 제작이 쉽고, 전도매체가 없기 때문에 셀 간 간격을 좁힐 수 있어 높은 유효면적의 확보가 가능하다. 따라서 동일 면적내의 직 접도가 높아져 전압이 상승하고, 전자손실이 적으며, 에너지의 변환효율이 증가하게 된다. 반면 동일면적내의 직접도가 떨어지는 모듈과 비교하여 셀당 생성되는 전류의 양이 작아지는 단점이 있다.



(a) Z-타입 모듈

(b) W-타입 모듈

그림 3 Z-타입 및 W-타입 모듈의 에너지 변환효율.

Fig. 3 The energy efficiency of on Z-type and W-type modules.

직렬로 상호 연결되는 Z-타입 모듈은 셀과 셀 사이로 전자를 이동시켜주는 그리드(Ag) 페이스트를 사용함으로써, 면의 저항이 유리 기판의 면 저항 값보다 훨씬 적은 저항 값을 가지게 된다. 따라서 안정적인 에너지 변환효율을 기대할 수 있으나, 전해질에 노출될 경우 부식의 위험이 있으므로 실링제를 이용한 전극의 보호를 필요로 한다.

2.2.3 서브모듈 패널 공정

전압과 전류의 값을 시뮬레이션 한 다음, 서브모듈을 설계하여 제작하였다. 서브모듈은 작은 단위의 제품 구성은 가능하지만 항해등용 발전시스템에는 그 출력이 부족하므로 서브모듈의 패키징이 요구된다. 본 연구에서는 23셀 서브모듈을 패키징하는 방법으로 저손실이며 경량화된 패키징 기술을 완료하였고, 표 3은 그 패키징 조건이다.

표 3 서브모듈 패키징 조건.

Table 3 The package condition of sub-module.

	크기	규격
서브모듈	563mm ² ×4ea	14V, 189mA
패키징 유리	600mm×600mm	5T (Thickness)

서브모듈 패키징 공정의 순서는 그림 4와 같다.



그림 4 서브모듈 패널의 패키징 공정.

Fig. 4 The package process of sub-module panel.

300×300mm²의 모듈을 2직렬, 2병렬로 Array를 시켰으며, I-V 특성곡선을 이용한 효율측정은 한국생산기술연구원의 솔라시뮬레이터를 사용하였고, 그림 5는 측정의 결과이다.

I-V 특성의 측정결과, Array의 전류와 전압은 각각 632mA와 35.27V로 나타났고, 충전율과 에너지변환효율은 48.51%와 5.002%로 측정되었다.

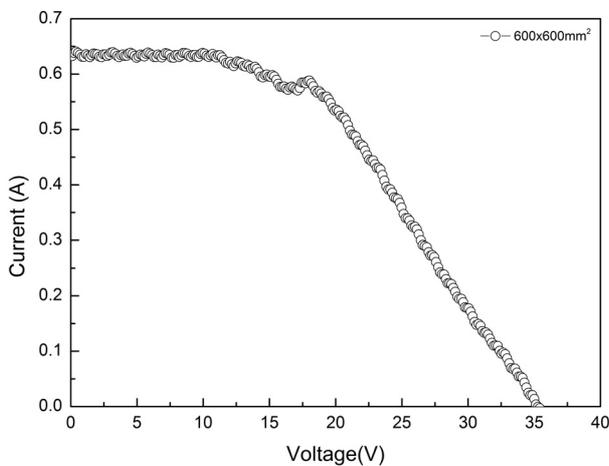


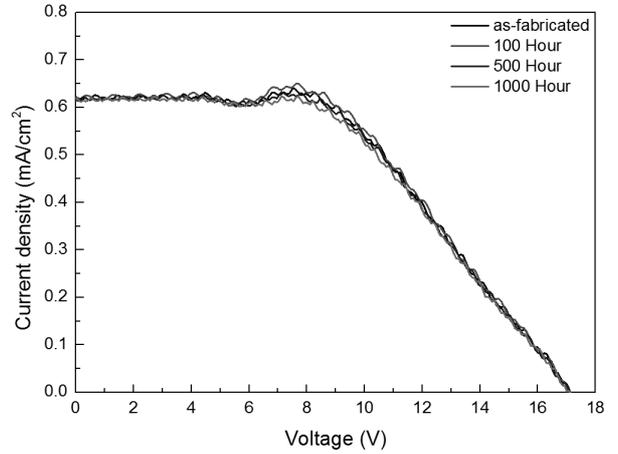
그림 5 염료감응형 태양전지 Array의 I-V 특성곡선. (600×600mm²)

Fig. 5 The I-V curve of dye-sensitize solar cell array.

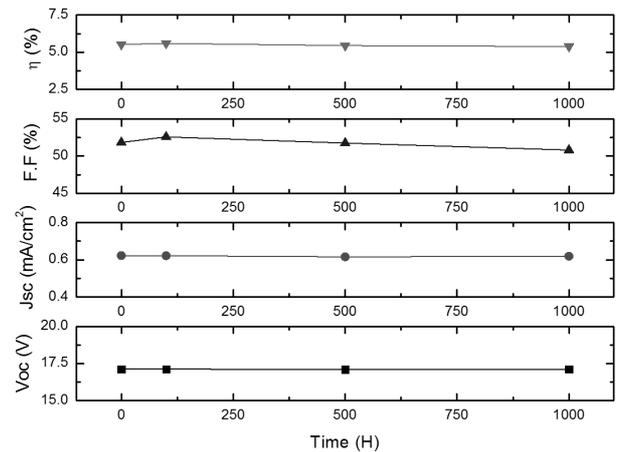
2.3 염료감응형 태양전지 환경실험 및 절연시험

2.3.1 환경실험

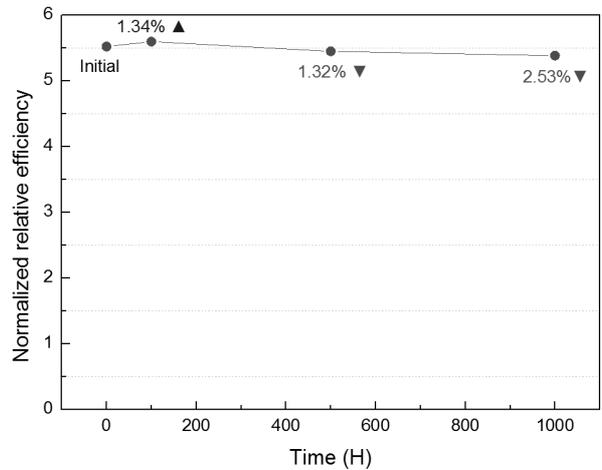
염료감응 태양전지의 내구성 시험 규정은 대부분 실리콘



(a) I-V 특성 곡선



(b) 환경실험 시간에 따른 각 인자의 변화율



(c) 염료감응형 태양전지 모듈의 환경실험 후 효율변화

그림 6 염료감응형 태양전지 환경실험 결과.

Fig. 6 Experiment results about dye-sensitize solar cell.

태양전지의 규정을 따라서 평가하고 있으며, 표준의 Packing Durability Test 조건은 IEC 1646(1996)이나 IEC 1215(1993) 또는 JIS C8938 등의 다양한 방법으로 검토되고 있다. 일본은 박막태양전지(a-Si solar cell)의 신뢰성 평가에 JIS-8938을 적용하고 있으며, 가장 빠르게 인증기준을 준비하는 중이다.

JIS-8938은 일반적으로 Dry heat cycle test인 A-1 과 Heat-humidity cycle test인 A-2, Light soaking test인 A-5 및 Heat-humidity test인 B-2법을 주로 적용하여 평가한다.

본 연구는 광전변환효율의 측정은 한국생산기술연구원 에서, 내구성 측정을 위한 JIS-C8938-B-2 테스트는 한국 생산기술연구원 전문위원의 지도를 받아 회사 내에서 자체적으로 실시하였다. 측정용 장비는 SW-90HM이고, NTIS(국가과학기술지식정보서비스)에 등록되어진 장비이다

그림 6은 일정습도(85±5%), 고온(85±2℃)하에서 1000±12 시간 후 내구성 테스트 실험결과를 나타내고 있다.

(a)은 I-V특성을 측정한 그래프이다.

(b)는 효율, Fill factor, 전류, 전압 변화 그래프이다.

(c)는 효율 변화 그래프로 초기 5.5% 효율을 가지는 시제품이 1000시간 후 2.53% 효율 저하를 보였으며 최종테스트 후 제품의 효율은 5.3%이다.

2.3.2 절연시험

염료감응형 태양전지의 내구성 측정을 위한 절연 성능실험을 실행하였다. 절연시험은 KS C IEC 61215 10.3항인 출력단자 패널 또는 접지 단자사이의 절연시험 방법으로 진행하였고, 공인시험기관인 한국 광 기술원 시험인증센터에서 진행하였다.

절연시험 방법은 규격시험 방법인 출력단자와 접지단자

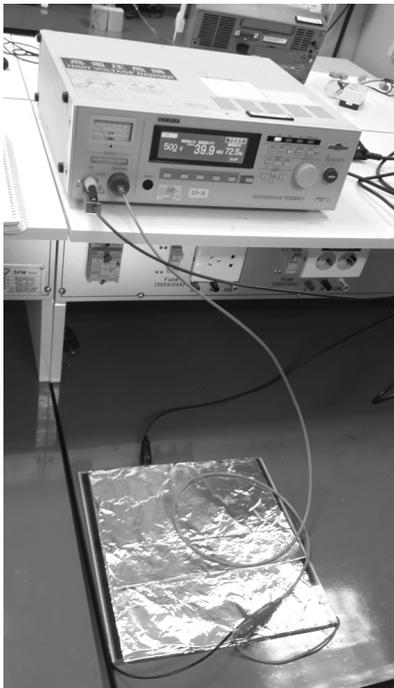


그림 7 절연시험 구성 및 결과.

Fig. 7 The measurement system for insulation test of dye-sensitized solar cell.

(염료감응형 태양전지의 경우 접지 또는 마이너스 극)에 500V를 인가 후 절연저항을 측정하는 방법으로 진행하였다.

그림 7은 측정방법과 측정 결과를 표시하고 있다. 측정 결과는 절연 저항의 값이 39.9MΩ를 나타내어 목표치인 30MΩ를 초과 하였고, 절연 성능이 우수함을 확인할 수 있었다.

3. 결 론

본 논문에서는 선박용 LED 보조 전원으로 염료감응 태양전지를 제안하였다. 선박의 항해등이 필요로 하는 전력을 토대로 염료감응 태양전지의 충전사양을 분석하였다. 스크린 프린팅 방식을 이용하여 Z-타입과 W-타입의 서브모듈을 제작하고 그 특성을 측정한다. 다음, 비교 분석하여 저손실 및 경량화 패키징 공정을 통하여 모듈을 제작 하였다.

제작된 염료감응 태양전지 모듈의 환경실험과 절연시험을 통하여 그 특성을 측정하였고, I-V 특성곡선과 실험 시간에 따른 각 인자의 변화율, 효율의 변화 및 절연저항 등의 값을 양호하게 얻을 수 있었다.

그 결과 염료감응 태양전지를 이용한 선박용 LED등의 보조 전원 시스템 구축이 가능함을 확인하였다.

감사의 글

본 과제는 교육부의 재원으로 지원을 받아 수행된 산학협력 선도대학 (LINC) 육성사업의 연구결과입니다.

References

- [1] H-B Jang, J-G kang, S-G Lee, J-F Kim, "A Study on the Efficiency Improvement of Glazing Panel with DSSC Modules", Journal of The Korean Solar Energy Society, Vol. 33, No. 2, 2013
- [2] S-Y Kwon, M-H Yun, D-H Cho, Y-Y Jung, J-K Koo, "Effect of Salt Concentration on Electrolyte Membranes for Dye Sensitized Solar Cells", The Membrane society of Korea, Vol. 21, No. 3, 2011
- [3] C-H Han, "Recent Trend of Dye-sensitized solar cells Study", Proceedings of the Korean institute of illuminating and electrical installation engineers, Vol. 22, No. 4 2008
- [4] Qing Zheng ,H-S Kang, J-J Yun, J-Y Lee, J-H Park, S-H Baik, "Hybrid structures of nanotubes and nanoparticles for photoanodes of dyesensitized solar cells", The Korean Society of Mechanical Engineers, Vol. 2013, No.12, 2013
- [5] Y-S John, "Research Trend of Dye-sensitized solar cells", The Korean Institute of Chemical Engineers, News and Information for Chemical Engineers, Vol. 27, No. 6, 2009
- [6] B-Y Oh, S-K Kim, D-G Kim, "Study on the

Electrical Properties of W-interconnected DSSC Modules According to Variation of the working Electrode Width”, The Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers, Vol. 26, No. 4, 2013

저 자 소 개



이 진 (李 進)

1955년 10월 3일생. 1989년 전남대학교 대학원 전기공학 졸업(공학박사). 1989년~현재 목포대학교 전기공학과 교수

Tel : 061-450-2461

Fax : 061-450-6285

E-mail : jinlee@mokpo.ac.kr



양 재 창 (梁 在 昶)

1978년 03월 17일생. 2007년 호남대학교 산업대학원 광산업공학과 졸업(공학석사). 2007년~현재 주)링크라인아이엔씨 기술연구소 차장

Tel : 062-384-7578

Fax : 062-384-7579

E-mail : jcyang@linklineinc.co.kr



김 상 기 (金 相 琦)

1966년 03월 18일생. 2010년 전남대학교 대학원 전기공학 졸업(공학박사). 2005년~현재 주)링크라인아이엔씨 대표이사

Tel : 062-384-7578

Fax : 062-384-7579

E-mail : skkim@linklineinc.co.kr



소 순 열 (蘇 淳 烈)

1970년 10월 8일생. 2003년 일본 홋카이도대학교 대학원 전자정보공학 졸업(공학박사). 2005년~현재 목포대학교 전기공학과 부교수

Tel : 061-450-2462

Fax : 061-450-6285

E-mail : syso@mokpo.ac.kr