

SMD 타입 태양전지 어레이를 이용한 white GaN LED용 전원 공급 장치

*김성일, 이윤표

Power Supply for White GaN LED by Using SMD Type Solar Cell Array

*Seong-Il Kim, Yoon Pyo Lee

Key words : SMD(surface mount device, 표면실장), AlGaAs/GaAs solar cell(AlGaAs/GaAs 태양전지), Power supply(전력공급장치), LED (lighting emitter diode)

Abstract : Using six SMD(surface mount device) type AlGaAs/GaAs single junction solar cells connected in series, a power source was fabricated for a white GaN LED. The electrical properties of the power source was measured and analyzed under one sun ($100\text{mW}/\text{cm}^2$) and various indoor light (300 - 900 lux) conditions. Under 600 lux indoor light condition, output power was $17.06 \mu\text{W}$ and it was $30.75 \mu\text{W}$ under 900 lux indoor light condition. Using the fabricated solar cell power supply, we have turned on the white GaN LED. It was worked well under $15 \mu\text{W}$ (at 480 lux) power supplied from solar cell array. This kind of solar cell power supply can be used as a power source for ubiquitous sensor network (USN).

Nomenclature

mA : milli ampere
mW : milli watt
 μW : micro watt

subscript

LED : light emitting diode
USN : ubiquitous sensor network

1. 서론

RFID(Radio Frequency Identification) 및 유비쿼터스 센서 네트워크 (ubiquitous sensor network; USN) 시스템은 기존의 유통 및 물품관리 뿐 아니라 보안, 방재, 안전관리, 환경관리, 의료, 교육, 가정/사무자동화 등 다양한 분야에서 혁신적 응용을 선도할 것으로 전망되어 막대한 관련 시장이 창출될 것이다.[1,2] 유비쿼터스 센서 네트워크용 전원으로 사용하기 위한 여러 가지 대안들 중에서 특히 태양전지가 많은 관심의 대상이

되고 있다. [3-6] 태양전지를 사용하면 기존에 전원으로 사용하던 배터리와는 다르게 교체 없이 거의 반영구적으로 사용 가능하고 환경 친화적이다. 지금까지는 주로 실리콘 태양전지가 많이 보급되어 사용되고 있는데, 실리콘 태양전지 보다 광전 변환 효율이 더 높고, 온도 안정성이 더 우수한 III-V 화합물 반도체 태양전지도 최근 많은 관심의 대상이 되고 있다.

LED 소자에서는 통상적으로 LED 칩에서 생성된 광이 직진할 수 있도록 반구형태의 렌즈를 부착한다. 최근에 대만의 M-COM 사에서는 LED capping 렌즈와 유사한 반구형 렌즈가 태양전지위에 놓여있는 SMD(surface mount device) 타입의 태양전지를 출시하였고, 본 연구에서는 발생전압 및 출력 값을 높이기 위해 SMD 타입의 태양전지를 6개를 직렬로 연결하여 전원 장치를 만들고 one sun($100\text{mW}/\text{cm}^2$) 및 여러 가지 실내조명 조건 하에서 그 특성을 측정하였다.

본 논문에서는 대만의 M-COM사에서 제작한 SMD

- 1) 김성일 (한국과학기술연구원 나노소자센터)
E-mail : s-ikim@kist.re.kr
Tel : (02)958-5737 Fax : (02)958-5739
- 2) 이윤표 (한국과학기술연구원 에너지메카닉스센터)
E-mail : yplee@kist.re.kr
Tel : (02)958-5672 Fax : (02)958-5659

타입의 III-V 단일접합 화합물 반도체 태양전지 6 개를 직렬로 연결하여 여러 가지 실내 조명 조건 하에서 특성을 측정하여 결과를 비교하였다.

또한 본 연구에서는 전원 장치를 유비쿼터스 센서 네트워크에 적용하는 가능성을 확인하기 위해 white GaN LED 전원 공급 장치로 활용한 결과도 보고한다.

2. 실험 및 결과

태양광 시뮬레이터는 일본의 San-Ei 전자 제품인 XES-301S 을 사용하였고, 실내 조명의 광 조도를 측정하기 위해 TES 1335 light meter 측정기를 사용하였다. 실내에서 형광등과 태양전지 전원공급 장치 사이의 간격을 변화시키면서 lux를 조절하여 300 - 900 lux 범위 및 one sun ($100\text{mW}/\text{cm}^2$) 조건에서 태양전지 전원 장치의 특성을 측정하고 결과를 분석하였다.

M-COM 사의 SMD 타입 태양전지는 단일접합 (single junction) AlGaAs/GaAs 태양전지를 사용하였다. 태양전지위에는 투명한 집광용 광학 렌즈가 태양전지 위에 부착되어 있다. 본 실험에서는 SMD 타입의 태양전지 6개를 직렬로 연결하여 전원 공급 장치를 제작하였다.

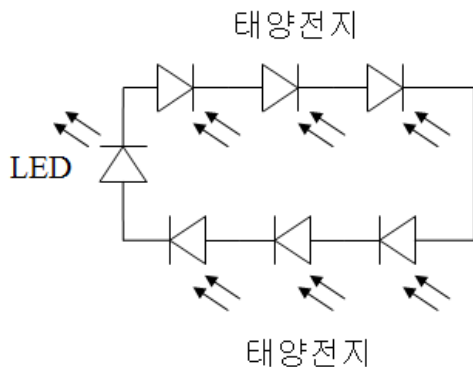


Fig. 1 Schematic diagram of a six SMD type solar cells connected in series. This power supply can turn on the white GaN LED.

그림 1에는 6개의 SMD 타입 태양전지를 직렬로 연결한 태양전지 전원발생장치의 구성 개요도를 나타내었다. 뒤에서 보여주는 바와 같이 이와같은 태양전지 전원공급장치를 가용하면 실내 조명하에서 얻어진 전력을 사용하여 GaN white LED 를 구동시킬 수 있다.

그림 2는 먼저 one sun($100\text{mW}/\text{cm}^2$) 조건 하에서 측정된 결과를 보여주고 있는데, I_{sc} 는 약 4.56 mA, V_{oc} 는 약 6 V, 그리고 peak 출력 값은

21.57 mW 의 값을 얻었다. 그림에서 굵은 선은 왼쪽 축의 전류 값을 나타내고, 점선은 오른쪽 축의 출력 값을 나타낸다.

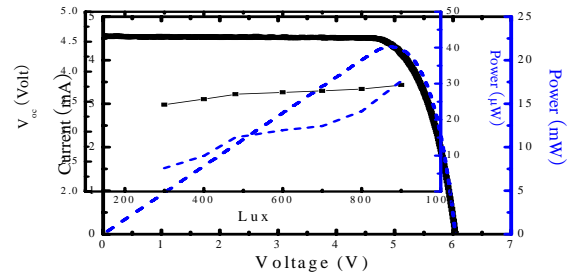


Fig. 2 Electrical properties of a single SMD type solar cell, measured under one sun($100\text{mW}/\text{cm}^2$) condition. I_{sc} was 4.56 mA, V_{oc} was 6 V, and peak power output was 21.57 mW.

다음으로는 실내에서 형광등과 태양전지 전원공급 장치 사이의 간격을 변화시키면서 lux를 조절하여 300 - 900 lux 범위의 조건에서 태양전지 전원 장치의 특성을 측정하고 결과를 분석하였다.

그림 3은 600 lux 실내 조명 조건하에서 측정된 결과이다. I_{sc} 는 약 5.69 mA, V_{oc} 는 약 3.66 V, 그리고 최대 출력 값은 17.06 mW의 값을 얻었다. 그림 4는 800 lux 실내 조명 조건하에서 측정된 결과이다. I_{sc} 는 약 7.61 mA, V_{oc} 는 약 3.71 V, 그리고 최대 출력 값은 22.35 mW의 값을 얻었다. 그림에서 굵은 선은 왼쪽 축의 전류 값을 나타내고, 점선은 오른쪽 축의 출력 값을 나타낸다.

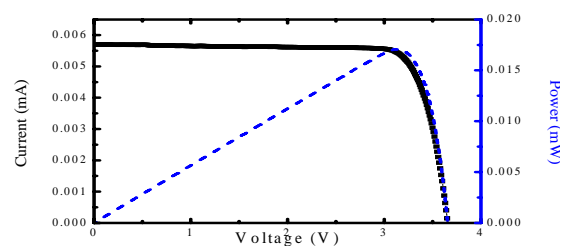


Fig. 3 Electrical properties of a six SMD type solar cell connected in series, measured at 600 Lux I_{sc} was 5.69 mA, V_{oc} was 3.66 V, and peak power output was 17.06 mW.

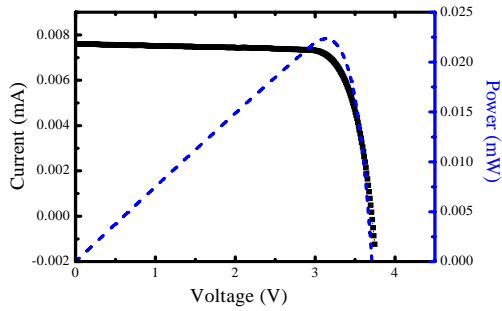


Fig. 4 Electrical properties of a six SMD type solar cell connected in series, measured at 800 Lux I_{sc} was 7.61 mA, V_{oc} was 3.71 V, and peak power output was 22.35 mW.

그림 5는 300부터 900 lux까지 광 조도가 변화됨에 따라 I_{sc} 와 출력 값의 변화를 나타낸다. 광 조도가 증가함에 따라 I_{sc} 전류 값은 2.38 μ A 부터 10.33 μ A 까지 증가하였고, 출력 값은 6.52 μ W(300 lux)부터 30.75 μ W(900 lux) 까지 증가하였다. 그림에서 실선은 왼쪽 축의 I_{sc} 전류 값을 나타내고, 점선은 오른쪽 축의 출력 값을 나타낸다.

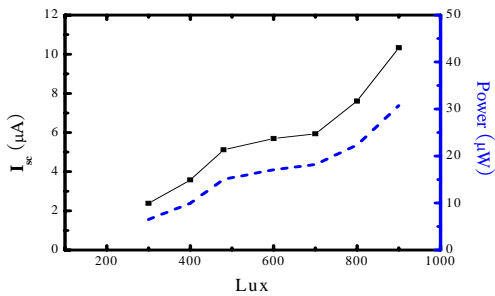


Fig. 5 Short circuit current (I_{sc}) as a function of Lux. I_{sc} was 2.38 μ A(at 300 Lux) and 10.33 μ A(at 900 Lux). The power output was 6.52 μ W(at 300 Lux) and it was 30.75 μ W(at 900 Lux).

그림 6은 300부터 900 lux까지 광 조도가 변화됨에 따라 V_{oc} 와 출력 값의 변화를 나타낸다. 광 조도가 증가함에 따라 V_{oc} 전압은 3.45 V(300 lux) 부터 3.78 V (900 lux) 까지 증가하였다.

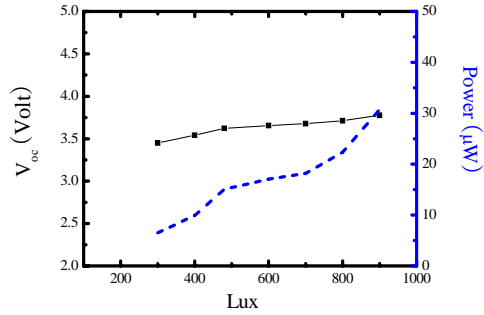


Fig. 6 Open circuit voltage (V_{oc}) as a function of Lux. V_{oc} was 3.45 V(at 300 Lux) and 3.78 V(at 900 Lux). The power output was 6.52 μ W(at 300 Lux) and it was 30.75 μ W(at 900 Lux).

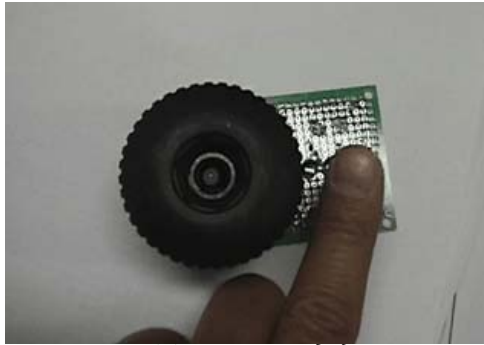
그림 6에서 실선은 왼쪽 축의 V_{oc} 전류 값을 나타내고, 점선은 오른쪽 축의 출력 값을 나타낸다. 태양광이 one sun 보다 더 많이 입사되면 더 많은 전자-정공 쌍이 태양전지 내부에서 생성되어 전자 전도대와 가전자대 근처에 위치한 준 페르미 준위의 분리되는 정도가 더 커지게 된다. 이렇게 분리된 전자의 준 페르미 준위와 정공의 준 페르미 준위의 차이가 발생 전압으로 나타나게 된다. [7] 따라서 입사광이 one sun 보다 커지게 되면 발생전압이 증가되게 된다. 그러나 이와 반대로 태양광이 one sun 보다 현저하게 작아지는 경우에는 생성되는 전자-정공 쌍의 갯수가 줄어들어서 준 페르미 준위의 분리 정도가 이전의 경우와 반대로 감소하게 된다. 그 결과 발생하는 전압은 감소하게 된다. 또한 입사되는 광의 밝기가 줄어들면 발생하는 I_{sc} 값은 거의 비례하여 감소하게 된다.

실내 형광등 조명 조건에서는 one sun ($100\text{mW}/\text{cm}^2$) 에 비해서 광량이 매우 작으므로 태양전지에서 생성되는 전자-정공 쌍의 생성율이 입사된 광량에 비례하여 줄어들게 되어 발생전압과 발생 전류가 one sun 조건의 경우에 비해 현저하게 감소하게 된다.

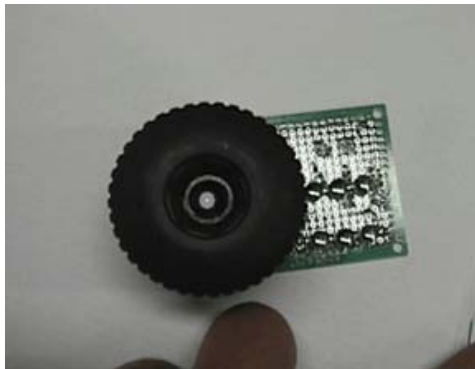
그림 7은 태양전지 전원공급 장치로 white GaN LED 를 구동하는 모습이다. 그림 7 (a)는 손가락으로 태양전지에 입사되는 빛을 차단하여 전력이 발생되지 않아서 LED 가 off 된 상태이고, 그림 7(b)는 실내조명에 의해 태양전지에서 전원을 획득하여 LED 가 켜진 상태의 사진이다.

실험에서 사용한 LED는 GaN white LED, 5BCLCS 로서 그 특성은 다음과 같다. 5mm,

Peak Wavelength: 270-340 nm, $V_f = 3.0-3.5V$,
 Material: GaN, White color, Intensity:
 1200-3000 mcd at 20 mA.



(a) LED off 상태



(b) LED on 상태

Fig. 7 Short circuit current (I_{sc}) as a function of Lux. I_{sc} was 2.38 μA (at 300 Lux) and 10.33 μA (at 900 Lux). The power output was 6.52 μW (at 300 Lux) and it was 30.75 μW (at 900 Lux).

그림 7에서 볼 수 있는 바와 같이 6개의 SMD 타입 태양전지를 직렬로 연결한 전원발생장치를 사용하여 실내 조명하에서 얻어진 전력을 사용하여 GaN white LED 를 구동시킬 수 있었다.

그림 7 (a)는 손가락으로 태양전지에 들어오는 빛을 차단한 경우에는 전력이 발생되지 않아서 LED 가 꺼진(off) 상태이고, 그림 7 (b)는 실내조명(480 lux)에 의해 태양전지에서 전력이 생성되어 LED가 켜진(on) 상태이다. 따라서 실내 조명하에서 태양전지 전원을 사용하여 LED가 발광되는 것을 확인하였다.

4. 결론

III-V 화합물반도체 태양전지위에 투명 렌즈가 부착된 SMD 타입의 태양전지를 6개 직렬로 연결하여 전원공급 장치를 제작하였다. one sun 조건과 여러 가지 실내조명 (300-900 lux)조건 하에서 특성을 측정후 비교하였다. 출력 값은 6.52 μW (at 300 lux)부터 30.75 μW (900 lux)이었다. 하지만 15 μW (480 lux) 정도의 전기에너지가 발생되면 GaN white LED 를 동작시킬 수 있음을 보였다. 따라서 이와 같은 태양전지 전원장치는 유비쿼터스 센서 네트워크용 전원으로는 충분히 적용 가능하다.

감사의 글

본 연구는 한국기초기술이사회 (KRCF) NAP (National Agenda Project) 프로그램, 지식경제부 IT 산업원천기술개발사업, 교과부 신기술 융합형 성장동력 연구사업 및 KIST E과제 연구비 지원으로 수행되었습니다. 연구지원에 감사드립니다.

References

- [1] 이영기, 김광만, 김종대, "RFID/USN용 전원 소자", 전자통신동향분석, 제 23권, 제 6호, pp.32-37 (2008)
- [2] 김지은, 김세한, 정운철, 김내수, "USN 센서 노드 기술동향", 전자통신동향분석, 제 22권 제3호, pp.90-103 (2007)
- [3] Y. He, Y. Li, L. Liu, and L. Wang, "Solar Micro-Power System for Self-Powered Wireless Sensor Nodes," SPIE Proc. 4th Intl. Symposium on Instrument. Sci. and Tech., Vol. 7133, pp. 71333Z-71333Z-8 (2008)
- [4] 이동호, 김성일, 이윤표, 박민철, "저 진동수에서 코일과 자석을 이용한 초소형 발전기 연구", 신재생에너지, 2(3), pp.5-9 (2006)
- [5] 이동호, 김성일, 이윤표, 백창욱, "금도금 방법으로 제작한 코일을 이용한 초소형 발전기의 저주파 진동 특성 연구", 신재생에너지, 2(3), pp.10-14 (2006)
- [6] 김성일, "SMD 타입 태양전지 어레이를 이용한 USN 용 전원 공급장치", 신재생에너지, 5(3), pp. 22-25 (2009)
- [7] B.G. Streetman and S.K. Banerjee, 2006, "Solid state electronic device", Chap. 8, Pearson Education, Sixth edition.