

# SMD 타입 태양전지 어레이를 이용한 USN용 전원 공급 장치

김성일\*

## Power Supply for USN by Using SMD Type Solar Cell Array

Seong-Il Kim\*

### Abstract

For increasing the output voltage, six SMD(surface mount device) type AlGaAs/GaAs solar cells were connected in series. The electrical properties of the array were measured and compared with one sun (100 mW/cm<sup>2</sup>) and indoor light (480 lux) conditions. Under one sun condition, output power was 21.57 mW and it was 14.67 μW under indoor light condition. Under the indoor light condition, the intensity of the light is very low compared to one sun condition. Thus the Voc(open circuit voltage) and Isc (short circuit current) of the sample under indoor light condition decreased very much compared to that of under the one sun condition. This kind of solar cell power supply can be used as a power source for ubiquitous sensor network (USN).

### Key words

SMD(surface mount device, 표면실장), AlGaAs/GaAs solar cell(AlGaAs/GaAs 태양전지), power supply(전력공급장치), ubiquitous sensor network (USN, 유비쿼터스 센서 네트워크)

(접수일 2009. 8. 18, 게재확정일 2009. 8. 18)

\* 한국과학기술연구원

■ E-mail : s-ikim@kist.re.kr ■ Tel : (02)958-5737 ■ Fax : (02)958-5739

### Nomenclature

*mA* : milli ampere  
*mW* : milli watt

### subscrip

*USN* : ubiquitous sensor network

## 1. 서론

최근 휴대용 가전기기나 핸드폰 보조전원 충전용 전원, 유비쿼터스 센서 네트워크(ubiquitous sensor network; USN) 등에 사용하기 위한 전원으로 태양전지가 많은 관심의 대상이 되고 있다. 태양전지를 사용하면 기존에 전원으로 사용하던 배터리와는 다르게 교체 없이 거의 반영구적으로 사용 가능하고 환경 친화적이다. 태양전지를 한 개만 사용하면 발생하는 전압이 비교적 작지만 여러 개의 태양전지를 직렬로 연결하면 필요한 정도로 출력 전압을 높일 수 있어서 컨버터가 필요 없는 장점도 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 렌즈 형태의 반구 직경은 6mm 이다, 본 연구에서는 발생전압을 높이기 위해 SMD 타입의 태양전지를 6개 직렬로 연결하여 그 특성을 측정하였다.

태양전지는 AlGaAs/GaAs 단일접합 화합물 반도체 태양전지이다. III-V 화합물 태양전지는 직접 천이형 밴드갭을 가지고 있으므로 간접 천이형 밴드갭을 갖는 실리콘 태양전지에 비해 광 흡수율이 높다. 따라서 실리콘 태양전지 보다 활성층의 두께가 얇아도 태양전지에 입사되는 태양에너지를 더 잘 흡수하는 장점을 가지고 있다.

본 연구에서는 SMD 타입의 태양전지를 6개 직렬로 연결하여 one sun 조건( $100\text{mW}/\text{cm}^2$ )과 실내 형광등 조명 조건(480룩스) 하에서 태양전지 특성들을 비교하였다.

## 2. 실험 및 결과

본 논문에서는 대만의 M-COM 사에서 제작한 SMD 타입의 III-V 단일접합 화합물 반도체 태양전지 6개를 직렬로 연결하여 one sun 조건( $100\text{mW}/\text{cm}^2$ )과 실내 조명 조건 하에서 특성을 측정하여 결과를 비교하였고, USN의 전원용으로 사용할 수 있는지 가능성 여부를 확인하였다. 태양광 시뮬레이터는 일본의 San-Ei 전자 제품인 XES-301S 을 사용하였고, 실내 조명의 광 조도를 측정하기 위해 TES 1335 light meter 측정기를 사용하였다.

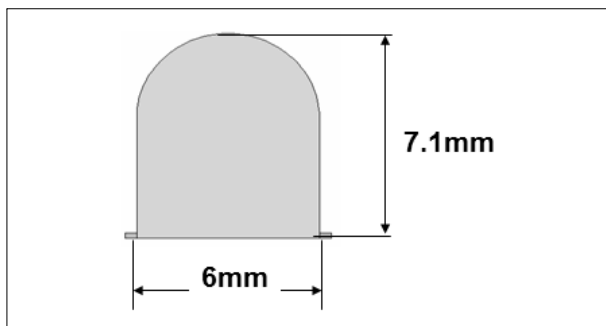


Fig. 1 Schematic diagram of a SMD type solar cell

태양전지 위에 capping 된 투명 렌즈의 규격은 그림 1과 같다. 이 구조는 LED의 투명 렌즈와 구조가 매우 유사하다. LED의 경우에는 LED 칩에서 발생한 빛이 렌즈 앞쪽으로 직선으로 나가도록 안내해주는 역할을 하지만, 태양전지의 경우에는 이와 반대로 외부에서 입사된 빛이 태양전지 쪽으로 모아지도록 하는 역할을 한다.

M-COM 사의 SMD 타입 태양전지는 단일접합(single junction) AlGaAs/GaAs 태양전지를 사용하였다. 태양전지위에는 투명한 집광용 광학 렌즈가 태양전지 위에 부착되어있다. 본 실험에서는 먼저 SMD 타입의 태양전지 1개를 one sun( $100\text{mW}/\text{cm}^2$ ) 조건 하에서 측정하였다. Fig. 2는 측정된 결과를 보여주고 있는데,  $I_{sc}$ 는 약 4.99mA,  $V_{oc}$ 는 약 1V, 그리고 peak 출력 값은 3.77mW의 값을 얻었다. 그림에서 굵은 선은 왼쪽 축의 전류 값을 나타내고, 점선은 오른쪽 축의 출력 값을 나타낸다.

다음으로는 SMD 타입의 태양전지를 6개를 직렬로 연결한 후 태양전지 전원장치를 제작 하였다. 제작된 태양전지 전원장치를 광 시뮬레이터를 사용하여 one sun 조건하에서 측정된 결과,  $I_{sc}$ 는 약 4.56mA,  $V_{oc}$ 는 약 6V, 그리고 peak 출력 값은 21.57mW의 값을 얻었다(Fig. 3). 그림에서 굵은 선은 왼쪽 축의 전류 값을 나타내고, 점선은 오른쪽 축의 출력 값을 나타낸다. 한 개의 SMD 타입 태양전지에 비해서  $I_{sc}$ 가 줄어든 이유는 6개의 태양전지 중 어느 한 개가 다른 태양전지에 비해 작은  $I_{sc}$ 를 가질 경우에 그 소자에 의해 전체  $I_{sc}$ 가 결정되기 때문이다. 따라서 태양전지 전원 장치의 출력 값을 높이려면 전체 소자가 모두 우수한 특성을 가져야 함을 의미한다.

또한 제작된 SMD 타입의 태양전지 전원 장치를 사용하여

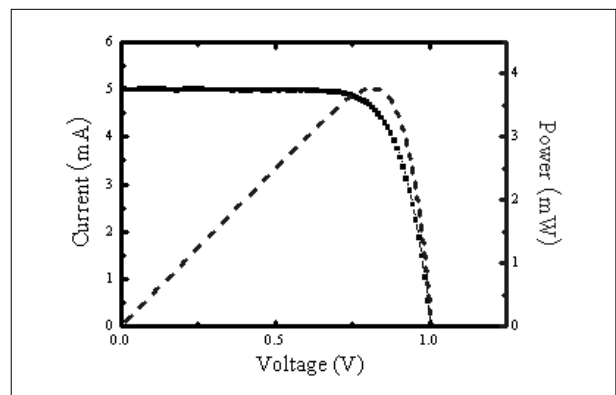


Fig. 2 Electrical properties of a single SMD type solar cell, measured under one sun ( $100\text{mW}/\text{cm}^2$ ) condition.  $I_{sc}$ ,  $V_{oc}$  and  $P_{out}$  were 4.99 mA, 1V, and 3.77 mW, respectively

실내 조명용 형광등(480 룩스) 조건 아래에서 그 특성을 측정하였다. Fig. 4는 6개의 AlGaAs/GaAs 단일접합 SMD 타입 태양전지를 직렬로 연결한 후 실내 형광등 조명 조건하에서 측정한 결과이다.  $I_{sc}$ 는 약  $5.4\mu A$ ,  $V_{oc}$ 는 약  $3.6V$ , 그리고 최대 출력값은  $14.67\mu W$ 의 값을 얻었다.

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.<sup>(1)</sup> 따라서 입사광이 one sun 보다 커지게 되면 발생전압이 증가되게 된다. 그러나 이와 반대로 태양광이 one sun 보다 현저하게 작아지

는 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 비례적으로 감소하게 된다.

따라서 그림 4에 나타나는 것처럼 실내 조명하에서는  $V_{oc}$ 가 one sun 의 경우에 비해 상당히 감소하게 된다. SMD 타입의 단일 접합 AlGaAs/GaAs 태양전지를 여러개 직렬로 연결한 경우에는 전압치의 감소가 태양전지의 개수만큼 누적되어서 감소하게 된다. 실내 형광등 조명하에서는 one sun 조건에 비해 I-V 곡선의 충실도(fill factor:FF)가 더 나빠졌다. 그 이유를 추정해보면 먼저 실내 조명의 경우 입사되는 광량이 one sun에 비해 현저하게 감소하여 직렬저항(series resistance)이 현저하게 커지게 된다. 그 결과 I-V 곡선의 충실도가 나빠지게 된다. 또 한편으로는 태양광이나 solar simulator 광은 위치에 따라 광 분포가 균일하지만 실내 조명의 경우 광 분포는 위치에 따라 균일하지 않다고 볼 수 있다. 따라서 I-V 곡선에서 데이터들도 산란되는 결과를 야기한 것으로 추정된다.

표 1에는 지금까지 서술한 (1) SMD 타입 태양전지 1개의 특성, (2) 태양전지 6개가 직렬로 연결된 전원 장치를 one sun 조건에서의 특성 측정 결과, (3) 실내 형광등 조명(480 룩스) 조건 하에서 특성 측정 결과를 비교하였다. 실내 형광등 조명 조건에서는 one sun( $100mW/cm^2$ )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. 하지만 480 룩스 정도의 실내 조명 조건에서도 약  $15\mu W$ 의 출력을 얻을 수 있으므로 저전력을 소비하는 유비쿼터스 센서 네트워크용 전원으로 사용하기에는 적합하다고 사료된다.

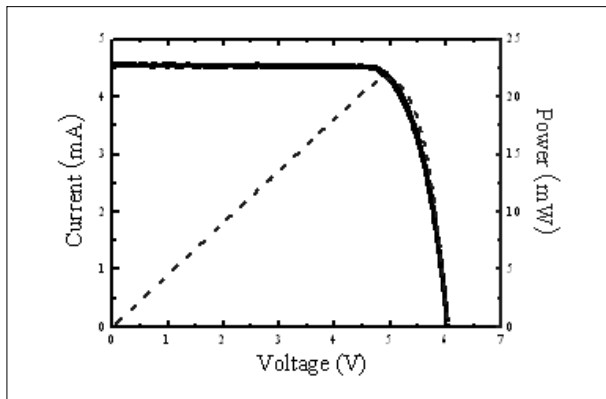


Fig. 3 Electrical properties of a six SMD type solar cell connected in series, measured under one sun ( $100\text{ mW/cm}^2$ ) condition.  $I_{sc}$  was  $4.56\text{ mA}$ ,  $V_{oc}$  was  $6\text{ V}$ , and peak power output was  $21.57\text{ mW}$

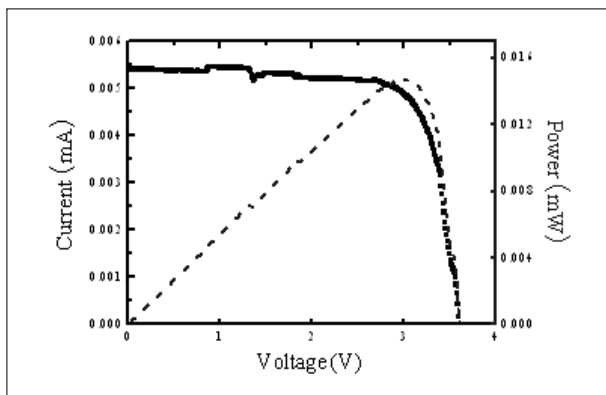


Fig. 4 Electrical properties of a six SMD type solar cell connected in series, measured under indoor ( $480\text{ Lux}$ ) condition.  $I_{sc}$  was  $5.4\mu A$ ,  $V_{oc}$  was  $3.6\text{ V}$ , and peak power output was  $14.67\mu W$

Table 1. Electrical properties of a single cell and a six SMD type solar cell connected in series

	1 sun 1-cell	1 sun 6-cell	Indoor 480 lux
$V_{oc}$ (V)	1,007	6,044	3,604
$I_{sc}$ (mA)	4,991	4,560	$5.407 \times 10^{-3}$
Fill Factor	0,749	0,782	0,753
$I_{max}$ (mA)	4,674	4,365	$4.866 \times 10^{-3}$
$V_{max}$ (V)	0.806	4,941	3,015
$P_{max}$ ( $mW/cm^2$ )	3,767	21,567	$14.67 \times 10^{-3}$

## 4. 결론

III-V 화합물반도체 태양전지위에 투명 렌즈가 부착된 SMD 타입의 태양전지를 6개 직렬로 연결하였다. 이러한 태양전지 전원은 유비쿼터스 센서 네트워크(ubiquitous sensor network system; USN)의 전원으로 사용할 수 있다. 실외 태양광(one sun,  $100\text{mW}/\text{cm}^2$ ) 조건과 실내조명 조건(480 룩스) 하에서의 특성을 측정한 후 비교하였다. 실내 조명 조건에서는 one sun( $100\text{mW}/\text{cm}^2$ )에 비해서 입사되는 광량이 매우 작으므로 출력 전압과 출력 전류 값이 현저하게 감소하게 된다. 하지만 480 룩스 정도의 실내 조명 조건에서도 약  $15\mu\text{W}$ 의 출력을 얻을 수 있으므로 저전력을 소비하는 유비쿼터스 센서 네트워크용 전원으로 충분히 적용가능하다고 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 한국기초기술이사회(KRCF), 교육과학부 및 KIST E과제의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

## References

- [1] B.G. Streetman and S.K. Banerjee, 2006, "Solid state electronic device", Chap. 8, Pearson Education, Sixth edition.

### 김성일



1986년 KAIST 물리학과 이학석사  
1994년 KAIST 물리학과 이학박사

현재 한국과학기술연구원 나노소자센터 책임연구원  
(E-mail : s-ikim@kist.re.kr)