

# 기준태양전지 절대교정 및 비교교정 장치

## Absolute and Comparative Calibration Facility of Photovoltaic Reference Cells

\*박승남<sup>1,2</sup>, 박성종<sup>1</sup>, 이동훈<sup>1,2</sup>, 유재근<sup>1,2</sup>, 김승관<sup>1</sup>, 신동주<sup>1</sup>

\*S.-N. Park (snpark@kriss.re.kr)<sup>1,2</sup>, S. Park<sup>1</sup>, D.-H. Lee<sup>1,2</sup>, J. K. Yoo<sup>1,2</sup>, S. K. Kim<sup>1</sup>, D.-J. Shin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국표준과학연구원 광도센터, <sup>2</sup>과학기술연합대학원대학교 측정과학 전공

Key words: Calibration, Solar cell, Photovoltaic reference cell, Air Mass, Standard test condition

### 1. 서론

효율이 높은 태양전지를 개발하기 위한 경쟁이 치열하다. 변환효율의 측정으로 성능의 우열이 가려지기 때문에 태양전지를 평가하는 복사도 표준이 중요하다. 태양전지의 효율을 측정하고 그 결과를 비교하기 위해서 표준시험조건 (standard test condition: STC)을 정해 놓았다. STC는 복사조도 1 kW/m<sup>2</sup>, 조사광의 분광스펙트럼은 AM 1.5 (air mass 1.5), 태양전지의 온도는 25 °C로 정하고 있다.

본 논문에서는 단결정 실리콘 태양전지로 제작된 기준태양전지를 분광복사조도 측정 표준[1]에 소급성을 유지하며 절대교정 및 비교교정하는 장치를 소개한다.

기준태양전지를 절대교정하는 방법 중 한가지는 분광분포가  $\Phi_m(\lambda)$ 인 태양모사광 아래에서 기준태양전지의 단락전류  $I_{sc}^m$ 가 얻어졌을 때 표준분광분포  $\Phi_s(\lambda)$ 에서 단락전류를 다음 식으로 구하는 것이다.[2].

$$I_{sc}^{STC} = I_{sc}^m \cdot \frac{\int \Phi_s(\lambda) \cdot S(\lambda) d\lambda}{\int \Phi_m(\lambda) \cdot S(\lambda) d\lambda} \quad (1)$$

이 방법은 분광복사계에 의존하여 분광복사조도를 측정해야 하기 때문에 정확도가 다소 낮지만, 분광복사계로 측정해야 할 파장영역이 기준태양전지의 분광감응  $S(\lambda)$  영역 이내로 제한되기 때문에 비교적 저렴한 비용으로 장치를 구축할 수 있는 장점이 있다.

### 2. 측정 장치

기준태양전지 교정장치는 태양모사광원 (Oirel 92251), 기준태양전지(PVRC)와 분광복사계의 수광부를 설치하여 교대로 빛을

조사할 수 있는 2-축 이송대로 구성되어 있다 (Fig. 1). 태양모사광원은 AM 1.5 보정필터와 함께 150 W Xenon 전구가 설치되어 있으며 2.5 cm x 2.5 cm 면적에서 균일한 복사조도를 얻을 수 있다. 비교교정을 할 때는 PVRC를 나란히 설치할 수 있도록 두 개의 냉각관이 이송대 위에 설치된다. 구리로 제작된 이 두 개의 냉각관은 thermistor, TEC와 CPU 냉각 모듈과 온도제어기(MTCA Series, MELCOR)의 조합으로 각각 온도가 제어된다. PVRC의 기준온도는 PVRC에 내장된 RTD를 2 채널 디지털온도계(A1011, AZONIX)를 사용하여 측정한다. PVRC의 온도는 25 °C 정도에서 5 mK 이내로 제어되는 것을 확인하였다.

분광복사계 수광부와 PVRC 수광면의 높이는 냉각관의 높이를 미동나사로 조절하여 맞출 수 있다. PVRC의 단락전류를 비롯한 전기적 특성은 소스미터 (Keithley 2400)를 사용하여 측정한다. 태양모사광원과 연동하여 1 kW/m<sup>2</sup> 정도에서 PVRC의 선형성을 측정할 수 있도록 고효율 LED를 PVRC 수광면에 조사할 수 있도록 하였다. PVRC의 선형성 측정 정확도는 태양모사광의 안정성 때문에 0.1% 이내인 것을 확인하였다.

태양모사광의 서터는 소스미터의 디지털 입출력 포트를 사용하여 제어하였다. 분광복사조도를 측정하는 분광복사계는 두 대를 사용하여 0.25 μm 부터 1.6 μm의 파장 영역에서 측정하였다. 파장영역 0.25 μm 부터 0.9 μm를 측정하기 위해서는 실리콘 CCD 기반의 CAS-140CT-154를, 0.9 μm 이상의 파장영역을 측정하기 위해서는 파장주사형 SP-320-R5를 사용하였다.

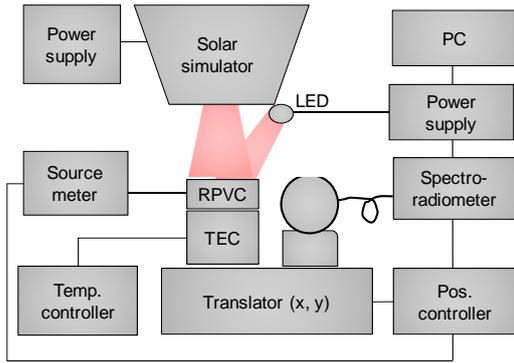


Fig. 1 Schematic diagram of photovoltaic reference cell calibration facility.

### 3. 교정 장치의 성능

비교교정 장치에서 가장 중요한 성능은 단락전류 비교 측정의 반복도와 재현성이다. 또한 두 개의 PVRC 를 태양모사광 아래에서 이동시키면서 태양모사광의 같은 조사위치에 수광면을 완전히 일치시키는 것이 쉽지 않고, 두 PVRC 각도도 완전히 일치시키는 것도 쉽지 않다. 이런 이유 때문에 두 개의 냉각관에 두 개의 PVRC 를 서로 바꿔서 설치한 후에 비교 측정할 경우 단락전류의 비율에서 차이가 나게 된다. 이런 계통오차는 두 가지 측정구성에서 얻어진 비율의 기하평균을 계산하여 제거하였다.

Fraunhofer ISE 社에서 공급한 3 개의 PVRC 를 2 개씩 비교한 후 세 단락전류 비율의 곱은 1 이 되어야 하지만, 이 장치는 그 곱이 1 에서 0.08 % 벗어나는 것을 알 수 있었다. 이것은 태양모사광의 안정도와 PVRC 의 위치 반복도 등이 포함된 장치의 특성이다. 따라서 이렇게 1 로부터 벗어난 정도를 비교교정 장치의 성능지수로 받아드릴 수 있다.

기준태양전지를 절대교정하기 위해서는 비교 교정장치에서 한 쪽의 냉각관을 제거하고 분광복사계의 수광적분구를 설치한 후 태양모사광의 분광복사조도를 측정하면서 PVRC 의 단락전류를 측정된 후 (1)식을 사용하여 STC 에서의 단락전류로 환산하였다. 태양전지의 분광감응도는 다른 장치를 사용하여 측정하였다[3]. 본 장치를 사용하여 기준태양

전지를 절대 교정할 경우 불확도 건적을 Table 1 에 제시하였다. 불확도는 그 기원이 태양모사광의 측정과 PVRC 의 측정에서 오는 것을 분리하여 정리하였다.

Table 1. Uncertainty of absolute calibration

Origin	Contribution	Std. uncertainty
Solar simulator	measurement	0.9 %
	spatial uniformity	0.2 %
	temporal stability	0.1 %
PVRC	spectral responsivity	0.3 %
	temperature	0.04 %
	linearity	0.1 %
	current measurement	0.02 %
Combined std. uncertainty (k=1)		0.98 %

### 4. 결론

기준태양전지를 비교교정 또는 절대 교정할 수 있는 장치를 개발하였다. 교정 불확도 (k=1)는 0.98 %이며, Fraunhofer ISE 의 교정결과와 비교해 보면 이 불확도 이내에서 일치하는 것을 확인하였다.

### 후 기

이 연구는 지식경제부의 신재생 에너지 기반구축사업(한국에너지기술연구원 주관)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. Shin D-J., Park C-W., Kolesnikova S.S., Khlevnoy B.B., Final report on bilateral comparison APMP.PR-K1.a.1-2008 between KRISS (Korea) and VNIIOFI (Russia): Spectral irradiance from 250 nm to 2500 nm, Metrologia, 47, Tech. Suppl., 02005, 2010.
2. Metzdorf J., Winter S., Wittchen T., Radiometry in photovoltaics: calibration of reference solar cells and evaluation of reference values, Metrologia, 37(5), 573-578, 2000.
3. Zaid G., Park S-N., Park S., Lee, D-H., Differential spectral responsivity measurement of photovoltaic detectors with a light-emitting-diode based integrating sphere source, Appl. Opt. 49(35), 6772-6783, 2010.