

신재생에너지 설비심사세부기준

NR

태양전지 셀

PV 201 : 2007

제정 '07.07.09

서 문 이 기준은 신에너지및재생에너지개발이용보급촉진법 시행규칙 제7조제1항[별표1]의 설비인증심사기준 제2항의 설비심사기준으로 KS C IEC 60904:2005(태양전지 소자)를 기반으로 작성하였으며, 이 기준에서 명시되지 않은 세부사항은 인용기준을 참조해야 한다.

1. 적용 범위 이 기준은 크기가 15 x 15 cm 이하인 결정질(단결정 또는 다결정) 실리콘 웨이퍼를 소재로 한 태양전지의 시험방법 및 평가기준에 규정한다.
2. 태양전지 셀 심사기준 인용규격 아래의 기준은 일부 또는 전부를 이 기준에 인용한다. 이러한 인용 기준은 최신판을 적용한다.

KS C IEC 60891:2005 결정계 실리콘 태양전지 소자의 측정된 I-V 특성의 온도 및 조사 강도 보정 절차

KS C IEC 60904-1:2005 태양전지 소자 - 제 1부 : 태양전지 전류-전압 특성 측정

KS C IEC 60904-2:2005 태양전지 소자 - 제 2부 : 기준 태양전지 셀의 요구사항

KS C IEC 60904-3:2005 태양전지 소자 - 제 3부 : 기준 분광 조사 강도 데이터를 이용한 지상용 태양전지 소자의 측정 원리

KS C IEC 60904-5:2005 태양전지 소자 - 제 5부 : 개방전압 방법을 이용한 태양전지 소자의 등가 전지 온도(ECT) 결정

KS C IEC 60904-7:2005 태양전지 소자 - 제 7부 : 태양전지 소자의 시험에서 발생된 스펙트럼 미스매치 오차 계산

KS C IEC 60904-8:2005 태양전지 소자 - 제 8부 : 태양전지 소자의 스펙트럼 응답 측정

KS C IEC 60904-9:2005 태양전지 소자 - 제 9부 : 솔라 시뮬레이터의 성능 요구 사항

KS C IEC 60904-10:2005 태양전지 소자 - 제 10부 : 선형성 측정 방법

KS C IEC C 61836:2005 태양광 발전용 에너지 시스템 - 용어 및 기호

JIS C 8915 결정계 태양전지 분광감도 특성 측정방법

3. 시험 장치

3.1 솔라 시뮬레이터 (solar simulator) 솔라 시뮬레이터는 옥내에서 태양전지 소자의 발전 성능을 시험하기 위한 것으로, 자연 태양광과 유사한 강도와 스펙트럼 분포를 가진 인공광원이다. Steady state 방식으로 KS C IEC 60904-9에서 규정하는 400 ~ 1,100 nm 구간에서 자연 태양광 스펙트럼과의 정합 0.75 ~ 1.25, 조사 강도의 장소 불균일성 $\pm 2\%$ 이내, 시간적 불안정성 $\pm 2\%$ 이내의 A등급 이상으로 한다.

표 1. 기준 분광 조사 강도 분포

	파장 간격(nm)	400 ~ 1,100 nm 기준 분광 조사 강도 분포(%)
1	400 ~ 500	18.4
2	500 ~ 600	19.9
3	600 ~ 700	18.4
4	700 ~ 800	14.9
5	800 ~ 900	12.5
6	900 ~ 1100	15.9

3.2 태양전지의 온도 유지 및 측정장치 15 ~ 60 °C 범위에서 온도를 변화시킬 수 있고, 기준 온도를 (25±2) °C로 유지할 수 있고, 그리고 ±1 °C의 정확도로 온도를 측정할 수 있어야 한다.

3.3 전류, 전압 측정장치 시험편의 단자로부터 독립된 리드를 이용하여 ±0.5 %의 정확도로 측정할 수 있어야 한다.

3.4 분광 복사계 (spectroradiometer) 분광복사계는 CIE63-1984에 규정된 것으로 태양전지 시료의 분광 응답 파장 영역에서 솔라 시뮬레이터의 분광 조사 강도를 측정할 수 있어야 한다. 측정결과로부터 KS C IEC 60904-3에서 규정한 기준 태양광 스펙트럼 분포와 인공광원의 스펙트럼(KS C IEC 60904-9에 정한 바와 같이 400 ~ 1,100 nm 구간) 조사 강도 분포와의 정합도를 구할 수 있다. 솔라 시뮬레이터 측정용 분광 복사계의 파장 간격은 5 nm이하라야 한다.

3.5 스펙트럼 응답 (spectral response) 측정장치 KS C IEC 60904-8에 규정된 바와 같이 응답 파장 범위에서 태양전지의 스펙트럼(분광) 응답 특성을 측정할 수 있어야 하는데, 아래와 같은 조건이 구비되어야 한다.

- 광원은 시험 소자를 균일하게 조사할 수 있어야 하고, 소자의 온도도 제어할 수 있어야 한다.
- 단색광발생장치는 프리즘이나 필터 휠 등 다양한 방식의 사용이 가능한데, 태양전지 분광 응답 파장 전 영역을 측정할 수 있어야 하고, 필터 휠의 경우 파장 구간이 50 nm이하이어야 한다.
- 조사 강도의 모니터는 진공 열전대, 초전형 복사계 또는 기타 적절한 검지기를 사용할 수 있다. 기타 방법으로는 상대 분광 응답을 미리 알고 있는 기준 태양전지 소자를 사용하는 것이다.
- 태양전지의 실제 동작 조건과 유사한 조건하에서의 분광 응답을 측정하기 위해서는 충분한 강도를 가진 기준 태양광에 가까운 바이어스 광을 사용하여야 한다. 바이어스 광의 세기를 50 %까지 낮추어도 분광 응답 특성이 변화하지 않는 범위의 강도로 조사한다.

3.6 표준전구 (standard lamp) 일차 기준 전구에 의해 교정된 표준 전구로 CIE가 승인한 것이어야 하고, 파장별 분광 조사 강도가 명시된 시험성적서가 첨부되어 있어야 한다.

3.7 기준 태양전지 (reference solar cell) KS C IEC 60904-2에 정한 바와 같이 태양전지 전류-전압 특성을 측정할 때 인공광원의 조사 강도를 기준 태양광의 조사 강도 ($1,000 \text{ W/cm}^2$)에 맞추기 위해 사용하는 특별히 교정한 태양전지, 그 교정방법에 따라 1차와 2차 기준 태양전지로 구분한다. 전류-전압 특성 시험에는 2차 기준 태양전지를 사용한다.

- 1 차 기준 : 복사계 또는 국제복사계기준(WRR) 규격에 적합한 규격을 기준으로 교정된 기준전지
- 2차 기준 : 1차 기준 전지에 대해 자연 태양광 또는 솔라 시뮬레이터하에서 교정된 기준 전지

본 기준에서는 그림 1과 같이 태양전지 1매를 포장한 것을 사용한다.

KS C IEC 60904-2 외에 일본 규격 JIS C 8910과 JIS C 8911에 정한 기준전지, 그리고 World Photovoltaic Scale (참고문헌 : C.R. Osterwald, S. Anevsky, K. Bücher, A.K. Barua, P. Chaudhuri, J. Dubard, K. Emery, B. Hansen, D. King, J. Metzdorf, F. Nagamine, R. Shimokawa, Y.X. Wang, T. Witchen, W. Zaaiman, A. Zastrow, and J. Zhang, "The World Photovoltaic Scale: An International Reference Cell Calibration Program," *Progress in Photovoltaics Research and Applications*, vol. 7, pp. 287-297, 1999.)에서 정한 기준 전지도 사용할 수 있는데, 공통 요구 조건은 아래와 같다.

- 개구각 (FOV : Field Of View) 160° 이상
- 개구각 범위에서 기준 전지의 모든 표면이 빛을 반사하지 않아야 하며, 태양전지 응답 파장 범위내에서 입사광의 95 % 이상 흡수가 가능한 것
- 태양전지의 온도를 일정하게 유지할 수 있는 구조
- KS C IEC 60904-10에 정한 바와 같이 단락전류 값이 조사강도에 따라 직선적으로 변화하는 것
- 기준 전지에의 전기적 연결은 4선 접촉식(켈빈 프로브 방식)이어야 함
- 전지를 홀더에 결합시키기 위해 사용한 재료는 전기적 및 광학적인 성능이 저하되지 않아야 하고, 재료의 물리적 특성은 전체 사용기간 동안 안정적으로 유지되어야 함
- 보호창을 사용하고 보호창과 태양전지 사이의 공간은 안정하고 투명한 보호 충전재(encapsulant)로 채운다. 높은 입사각에서 빛의 내부 반사로 인한 오차를 최소화하기 위해서 보호 충전재의 굴절율은 보호창과 10 % 이내로 유사하게 하고, 보호 충전재의 투명성, 균일성 및 부착력은 자외선 및 기준 전지의 작동 온도에 의해 영향을 받지 않아야 함

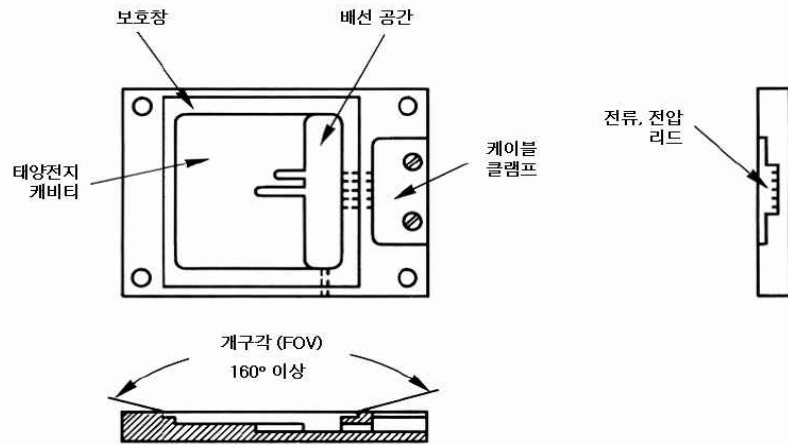


그림 1. 태양전지 1매를 사용한 기준전지 포장 및 구조

4. 시험 항목 및 평가 기준

4.1 육안 외형 및 치수 검사

4.1.1 평가기준

- 셀 : 깨짐, 크랙이 없는 것
- 치수는 156 mm 미만 일 때 제시한 값 대비 ± 0.5 mm 이내
- 두께는 제시한 값 대비 ± 40 μ m 이내

4.2 전류-전압 특성 시험

솔라 시뮬레이터를 이용하여 AM 1.5, 조사 강도 $1,000 \text{ W/cm}^2$, 온도 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 의 표준 시험조건 (STC : Standard Test Conditions)하에서 KS C IEC 60904-1에 규정한 방법으로 태양전지 소자의 전류-전압 특성을 측정하고 개방전압(Voc), 단락전류(Isc), 최대출력(Pmax), 최대출력동작전압(Vm), 최대출력동작전류(Im), 충전율(FF) 및 변환효율(conversion efficiency, η)을 구한다. 이 때 태양전지 면적은 전체 태양전지 면적에 전극 면적을 포함한 총 면적으로 한다.

4.2.1 시험 절차

시험에 필요한 기준 소자와 시험편의 연결은 그림 2와 같이 하고, 아래와 같은 순서로 시험을 한다.

- 활성면이 빛을 받을 수 있도록 기준 태양전지 소자를 시험면에 올려놓는데, 소자와 수직한 선이 빛의 중앙선으로부터 $\pm 5^\circ$ 이내로 평행하도록 한다.
- 기준 소자가 기 교정된 단락 전류를 발생하도록 시험면에서 조사 강도를 조정한다.
- 기준 소자를 제거하고 그 자리에 시험편을 올려놓는다. 이 때 빛의 조사 면이 충분히 넓고 균일할 경우, 시험편을 기준 소자 옆에 둘 수도 있다.
- 솔라 시뮬레이터의 조건을 그대로 유지한 상태에서 시험편의 전류-전압 특성 및 온도를 기록한다. 온도를 제어하기가 어려울 경우, 시험편 및/또는 소자를 소자 온도가 주변 공기 온도에서 $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 이내에서 변화하지 않을 때까지 솔라 시뮬레이터로부터의 빛을 차단한다. 차단장치를 제거하는 즉시 시험을 수행한다.

- 시험편의 온도가 희망 온도가 아닌 경우, 관련 규격을 적용하여 측정된 전류-전압 특성을 희망 온도에서의 값으로 보정한다.

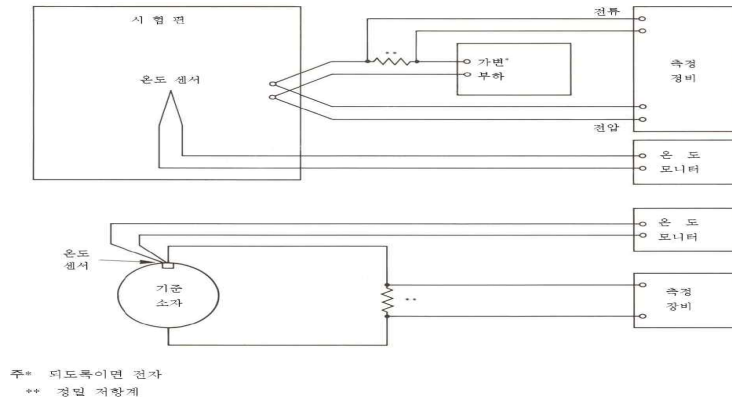


그림 2 전류-전압 특성 시험 연결

시험시료는 등급별로 각 군마다 10매(무작위 추출)를 기준으로 한다.

4.2.2 평가기준

각 성능인자의 시험 평가 결과가 태양전지 제조사업자(유통 및 수입사업자 포함)가 자체 시험하여 제출한 결과 대비 아래의 범위일 것

- 시험시료의 출력은 정격출력의 $\pm 3\%$ 이내일 것

4.3 온도 계수 시험

인공 광원으로 표준 시험 조건에서 온도를 25~60 °C 범위에서 기준 온도 25 °C를 포함하여 상하 30 °C 범위 내에서 KS C IEC 60891에 규정한 방법으로 태양전지 시험의 전류(a) 및 전압(b) 온도 계수와 곡선 보정인자(k)를 구한다.

4.3.1 전류, 전압 온도 계수 시험 절차

- 시험편에 적절한 온도 센서를 부착하되 ± 0.5 °C의 정확도에서 온도가 측정될 수 있도록 한다.
 - 온도 조절 블록과 열 접촉이 좋도록 시험편을 장착하고, 부착된 센서를 이용하여 온도제어 신호를 제공한다.
 - 시험편과 기준 태양전지는 가능한 한 가까이 두되, 시험편과 기준 태양전지로부터의 범선이 솔라 시뮬레이터 빛의 중앙선으로부터 $\pm 5^\circ$ 이내에서 평행하도록 위치시킨다.
 - 시험편의 조사 강도는 기준 태양전지[(25 \pm 5) °C]가 기 교정된 단락전류를 발생할 수 있도록 맞춘다.
 - 시험편의 가능한 최저 온도에서 안정되면 단락전류와 개방전압을 측정한다.
- 비고 : 실온 이하에서는 시험편과 기준 태양전지의 표면에서의 응축을 방지할 수 있어야 한다. 표면에 건조한 질소 가스를 통과시키거나 전지를 진공챔버에 넣는 방법이 있다.

- 시험편을 이전 수준보다 약 10 °C 높은 온도에서 안정화시키고 단락전류와 개방전압의 측정을 반복한다. 희망하는 최대 온도까지 약 10 °C 씩 증가하면서 절차를 반복한다.
- 각각의 다른 시험편에 대해서도 위의 단계들을 반복한다.
- 온도 함수로서 단락전류와 개방전압의 값들을 좌표에 나타내고 데이터의 각각 조합을 통해서 점에 맞게 곡선을 그린다.
- 전류와 전압 곡선의 경사면과 희망 온도의 최대값과 최소값 사이의 점으로부터 단일 전지의 온도 계수 α 와 β 를 계산한다.

4.3.2 곡선 보정인자 시험 절차

- 희망 조건에서 ± 30 % 이내의 조사 강도 및 최소 30 °C의 온도 범위 내에서 세 개의 다른 온도(T_3, T_4, T_5)에서 시험편의 전류-전압 특성을 그린다.
- 예측치 K 의 값(결정계 실리콘 전지에서 $1.25 \times 10^{-3} \Omega/^\circ\text{C}$)을 이용하고 다음 식을 적용하여 온도 T_3 에서 측정된 특성을 온도 T_4 로 바꾼다.

$$I_4 = I_3 + \alpha(T_4 - T_3)$$

$$V_4 = V_3 - K I_4 (T_4 - T_3) + \beta(T_4 - T_3)$$

여기에서 I_3, V_3 : T_3 온도 특성에서의 좌표

I_4, V_4 : T_4 온도 특성에서의 좌표

- 변경된 T_4 온도 특성이 측정에 의해 얻어진 희망 정확도와 부합되지 않는 경우, K 에 다른 값을 넣어서 변경된 T_4 온도 특성과 측정된 특성이 부합될 때까지 위의 단계를 반복한다.
- K 의 적정 값이 결정된 경우, 온도 T_5 에서의 특성과 순차적으로 맞추기 위해서 T_3 와 T_4 특성들을 변경한다. 변경된 값과 해당 측정값이 부합되지 않는 경우, 약간 다른 K 값을 이용하여 각각의 경우에서 정확히 일치한 값이 결정될 때까지 변경을 반복한다.
- 이렇게 결정된 세 가지 K 값의 평균을 사용한다.

시험시료는 3매를 기준으로 한다.

4.4 스펙트럼 응답 특성 시험

스펙트럼(분광) 응답(또는 감도)은 태양전지에 입사되는 단색광의 조사 강도에 대한 단락전류의 파장 의존성을 나타내는 특성으로, 보통 분광감도의 최고값을 기준으로 규격화하여 파장별 상대치로 표시하는데, 이를 상대 스펙트럼응답이라 한다. KS C IEC 60904-8에 규정한 방법으로 파장별 단락전류, 각 파장의 조사 강도 측정을 통해 태양전지 소자의 상대 스펙트럼 응답을 다음 식으로 계산한다.

$$Q(\lambda) = \frac{\frac{I_{sc}(\lambda_2)}{E_{\infty}(\lambda_2)}}{\frac{I_{sc}(\lambda_1)}{E_{\infty}(\lambda_1)}}$$

여기에서, $Q(\lambda)$: 상대 스펙트럼 응답
 $E_{in}(\lambda)$: 단색광의 입력 조사 강도(W/m^2)
 $I_{sc}(\lambda)$: 단락전류(mA 또는 A)
 λ_1 : 분광감도 최고, 규격화하는 파장(nm)
 λ_2 : 측정파장(nm)

부분 조사 시에는 5개소 이상을 측정하여 평균한다.
 시험시료는 3매를 기준으로 한다.

4.5 2차 기준 태양전지 교정 시험

인공 광원으로 KS C IEC 60904-2에 규정한 방법으로 일차 기준 태양전지와 비교하여 표준 시험 조건으로 보정한 2차 기준 태양전지의 단락전류 값을 구한다.

모든 기준 전지는 최소한 12개월 마다 재교정하여야 하고, 자주 사용하는 경우는 1달에 한번 이상 주기적으로 체크하여 전류의 값이 1 % 이상 변화가 생기면 재교정한다.

4.5.1 교정 시험 절차

- 교정을 하기 전에, 관련 규격에 지정된 절차를 따라 일차 기준 전지의 상대 분광 감도와 온도 계수를 측정한다.
- 1차 및 2차 기준전지를 같은 면에, 그리고 최대한 근접하게 놓고 전류 및 온도 측정 장치에 연결한다. 가능한 경우, 전지 온도를 (25 ± 2) °C로 조절한다. 전지 온도의 조절이 불가능한 경우에는 전류 측정 시간 제외하고 빛을 가린다.
- 솔라 시뮬레이터 빛 중앙선이 전지의 수직선으로부터 $\pm 5^\circ$ 이내로 오도록 위치를 맞춘다.
- 두 개의 기준 전지의 단락 전류 및 온도 수치를 동시에 기록한다.
- 25°C로 보정된 단락 전류의 값이 ± 1 % 이상 차이가 나지 않는 5개의 측정값을 구할 때까지 시험을 반복한다.
- 허용 가능한 데이터로부터 평균 비율을 계산한다.
 - 평균 비율 = (2차 기준전지의 단락 전류)/(1차 기준전지의 단락 전류)
- 2차 기준 전지의 교정값을 구하기 위해서, 1차 기준 전지의 교정값에 위에서 계산한 평균 비율값을 곱한다.

4.5.2 판정기준

기준 전지는 안정된 소자이어야 하며 태양전지 특성이 초기 교정 값으로부터 5 % 이상 변화하지 않아야 한다.

표 2. 태양전지 소자의 시험 항목 및 평가 기준

시험 항목	평가 기준
1. 육안 외형 및 치수 검사	- 셀 : 깨짐, 크랙이 없는 것 - 치수는 156 mm 미만 일 때 제시한 값 대비 ± 0.5 mm - 두께는 제시한 값 대비 ± 40 μ m
2. 전류-전압 특성 시험	- 출력의 분포는 정격출력의 ± 3 % 이내
3. 온도 계수 시험	- 평가기준 없음(시험결과만 표기)
4. 스펙트럼 응답 시험	- 평가기준 없음(시험결과만 표기)
5. 2차 기준 태양전지 교정 시험	- 신규 교정 시험 - 재 교정 시 초기 교정 값의 5 % 이상 변화하면 사용 불가 - 인증 필수시험항목이 아닌 선택 시험항목

5. 표시사항

5.1 일반사항 내구성이 있어야 하며 소비자가 명확히 인식할 수 있도록 표시하여야 한다.

5.2 제조 및 사용 표시

5.2.1 인증설비에 대한 표시는 최소한 다음 사항을 포함하여야 한다.

- (a) 업체명 및 소재지
- (b) 설비명 및 모델명
- (c) 정격 및 적용조건
- (d) 제조연월일
- (e) 인증부여번호
- (f) 신재생에너지 설비인증표지
- (g) 기타사항