

# 中华人民共和国国家标准

## 非晶硅太阳电池 电性能测试的一般规定

GB 11011—89

General rules for measurements  
of electrical characteristics  
of amorphous silicon solar cells

### 1 主题内容与适用范围

本标准规定了非晶硅太阳电池电性能的测试方法的一般原则。

本标准适用于各类单体非晶硅太阳电池,集成型非晶硅太阳电池,非晶硅太阳电池组件,非晶硅太阳电池板及方阵的测试。

### 2 引用标准

GB 2297 太阳光伏能源系统术语

GB 6495 地面用太阳电池电性能测试方法

### 3 非晶硅太阳电池及其测试原理

3.1 非晶硅太阳电池是以非晶硅为基本材料,制备在衬底(如玻璃、不锈钢等)上的薄膜型太阳电池。非晶硅太阳电池必须具有牢固可靠的正负电极引线。

3.2 非晶硅太阳电池属于漂移型光伏器件,与其他光伏器件不同之处在于它具有本征层作为光伏效应激活区,其光谱响应特性随所加偏置光及偏置电压的不同而变化。非晶硅太阳电池电性能参数随入射光源的辐照度、光谱分布及电池温度的不同而不同。为了统一和便于测试,规定在标准条件下测试非晶硅太阳电池的伏安特性并采用具有光谱选择性的标准太阳电池确定光源的辐照度。如果不具备标准条件,则应按相应的转换公式将所测得的结果换算成标准条件下的数值。

### 4 标准太阳电池

4.1 标准太阳电池用于校准测试光源的辐照度。标准太阳电池应与待测太阳电池有基本相同的光谱响应特性。

#### 4.2 非晶硅标准太阳电池的等级

4.2.1 非晶硅标准太阳电池分三个等级。

4.2.2 一级非晶硅标准太阳电池由国家委托专门机构或单位按有关标准规定的方法产生。

4.2.3 二级非晶硅标准太阳电池应由专门单位在本标准5.1、5.2和5.3条所规定的标准测试条件下,用一级非晶硅标准太阳电池在适当级别 AM1.5 太阳模拟器下标定产生,若光谱失配误差大于1%,则必须进行光谱修正。光谱失配误差用本标准附录 A 的方法计算。

4.2.4 非晶硅工作标准太阳电池应由专门单位或使用单位在本标准5.1、5.2和5.3条所规定的标准测试条件下,用二级非晶硅标准太阳电池在 AM1.5 太阳模拟器下标定产生,若光谱失配误差大于1%,则

必须进行光谱修正。光谱失配误差用本标准附录 A 给出的方法计算。

4.3 非晶硅标准太阳电池可由非晶硅太阳电池制作,也可由经过适当滤光修正的单晶硅太阳电池(模拟非晶硅太阳电池)制作。它们都必须稳定可靠,保证其标定值在使用期限内的衰变不大于1%。

4.4 对于不同材料,不同结构及不同工艺的各类非晶硅太阳电池,应当分别规定其典型的光谱响应特性作为该类模拟非晶硅标准太阳电池的测试依据。模拟非晶硅标准太阳电池的光谱响应与此典型光谱响应的失配误差应当符合有关标准的规定。

4.5 各类非晶硅太阳电池的典型光谱响应特性应由对国内外非晶硅太阳电池的实际光谱响应特性进行综合分析得到。

4.6 非晶硅标准太阳电池必须按有关规定定期进行校验。

## 5 标准测试条件

5.1 总辐照度规定为 $1\,000\text{W}/\text{m}^2$ 。

5.2 光谱采用总辐照为 AM1.5 的标准阳光光谱(见附录 C)。

5.3 测试温度为 $25^\circ\text{C}$ ,允许误差范围为:

定标测试: $25\pm 1^\circ\text{C}$ ;

非定标测试: $25\pm 2^\circ\text{C}$ 。

5.4 在非标准测试条件下测试的结果必须换算到标准条件。换算应按照 GB 6495 中第 2.5 条的规定进行。

## 6 测试光源及测试设备

### 6.1 测试光源

6.1.1 非晶硅太阳电池电性能的室内测试应当使用不低于 C 级的太阳模拟器。在被测电池和标准电池的光谱响应基本相同的情况下可以使用任何模拟阳光,但其均匀度和稳定度应不低于 C 级太阳模拟器的水平。

6.1.2 测试平面上的辐照度应能在 $600\text{W}/\text{m}^2$ 到 $1\,200\text{W}/\text{m}^2$ 范围内调节。

6.1.3 非晶硅太阳电池测试用的太阳模拟器应当给出一定波长间隔下的模拟阳光的光谱辐照度与 AM1.5 标准阳光在同一波长间隔下的相对光谱能量分布的比值。波长间隔的具体要求是:

在 $0.3\mu\text{m}$ 到 $0.5\mu\text{m}$ 间,波长间隔为 $0.05\mu\text{m}$

在 $0.5\mu\text{m}$ 到 $0.6\mu\text{m}$ 间,波长间隔为 $0.025\mu\text{m}$

在 $0.6\mu\text{m}$ 到 $0.8\mu\text{m}$ 间,波长间隔为 $0.05\mu\text{m}$

6.1.4 模拟阳光辐照的不均匀度,不稳定性,辐照的准直性要求及辐射光束视角应当符合 GB 6495 中 3.1.3~3.1.6 条的规定。

6.1.5 面积小于或等于 $10\text{cm}\times 10\text{cm}$ 的非晶硅太阳电池应当用 A 级或 B 级 AM1.5 太阳模拟器或者均匀度及稳定度与其相当的其他模拟阳光进行测试。

6.1.6 面积大于 $10\text{cm}\times 10\text{cm}$ 的非晶硅太阳电池,集成型非晶硅太阳电池以及非晶硅太阳电池组件和非晶硅太阳电池板及方阵应当用 C 级或 C 级以上 AM1.5 太阳模拟器或者均匀度及稳定度与其相当的其他模拟阳光进行测试。

6.1.7 室外自然阳光下进行测试时,阳光辐照度应不低于 $800\text{W}/\text{m}^2$ 。

6.1.8 非定标测试时,自然阳光辐照度用工作标准太阳电池进行较准。

6.1.9 自然阳光下进行非定标测试的环境条件应符合 GB 6495 中 4.1~4.2 条的规定。

### 6.2 测试设备

6.2.1 测量电压应使用数字式电压表。数字式电压表的准确度应不低于 $\pm 0.1\%$ (读数) $\pm 2$ 个字。

6.2.2 测量电流应当使用数字式电压表测量取样电阻上的电压降。数字电压表的准确度不低于

$\pm 0.1\%$ (读数) $\pm 2$ 个字。取样电阻必须采用四端精密电阻,其精确度应不低于 $\pm 0.2\%$ 。

6.2.3 取样电阻的大小应保证它与太阳电池短路电流的乘积不大于太阳电池开路电压的3%。

6.2.4 非晶硅太阳电池的伏安特性曲线应用函数记录仪记录,函数记录仪的精确度应不低于0.5级。

6.2.5 测温系统误差小于 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ,测量的温度应尽量反映太阳电池势垒区的温度。

## 7 测试方法

7.1 非晶硅太阳电池电性能测试应包括以下各项:

- a. 开路电压  $V_{oc}$ ;
- b. 短路电流  $I_{sc}$ ;
- c. 最佳工作电压  $V_m$ ;
- d. 最佳工作电流  $I_m$ ;
- e. 最大输出功率  $P_m$ ;
- f. 光电转换效率;
- g. 填充因数  $FF$ ;
- h. 伏安特性曲线;
- i. 短路电流温度系数;
- j. 开路电压温度系数;
- k. 内部串联电阻  $R_s$ 。

7.2 测试方法和转换公式应符合 GB 6495中2.4、2.5、3.2及4.4.2各条规定。

7.3 对面积小于 $1\text{cm}^2$ 的单体非晶硅太阳电池测量时,应设法使光照面积等于电池的电极面积。

7.4 面积大于 $1\text{cm}^2$ 的非晶硅单体电池和组件,转换效率应按包括栅线和隔离区在内的总面积计算。

7.5 在测量伏安特性曲线时,应保证根据曲线得到的填充因数  $FF$  是真实值。

7.6 测试数据应取不少于3次测量的算术平均值。

7.7 用参考电池法对非晶硅太阳电池电性能进行测试的结果,若光谱失配误差大于1%,必要时应进行光谱修正。光谱失配误差应按本标准附录 A 给出的方法计算。

## 8 测试报告

非晶硅太阳电池的测试报告必须写明被测电池的概况,测试条件,实测数据和换算到标准条件下的数据以及所用标准太阳电池的等级和性能,并按一定格式填写测试报告单,测试报告单格式见附录 B。

**附录 A**  
**太阳能电池光谱失配误差的计算**  
(补充件)

由于被测太阳能电池与标准太阳能电池相对光谱响应的失配以及测试光源光谱与标准阳光相对光谱分布的失配所引起的误差,可以利用被测电池及标准电池的相对光谱响应和测试光源及标准光谱的分布来计算。首先令:

$J_1$  = 总辐照度为  $1\,000\text{W/m}^2$  的标准光谱分布下标准电池的短路电流密度 ( $\text{A/m}^2$ );

$J_2$  = 模拟阳光或自然阳光下测到的标准电池的短路电流密度 ( $\text{A/m}^2$ );

$S_1(\lambda)$  = 标准电池的绝对光谱响应 ( $\text{A/W}$ );

$K_1 S_1(\lambda)$  = 标准电池的相对光谱响应;

$J_3$  = 总辐照度为  $1\,000\text{W/m}^2$  的标准光谱分布下被测电池的短路电流密度 ( $\text{A/m}^2$ );

$J_4$  = 模拟阳光或自然阳光下测到的被测电池的短路电流密度 ( $\text{A/m}^2$ );

$S_2(\lambda)$  = 被测电池的绝对光谱响应 ( $\text{A/W}$ );

$K_2 S_2(\lambda)$  = 被测电池的相对光谱响应;

$E_s(\lambda)$  = 标准阳光绝对光谱辐照度分布 ( $\text{W/m}^2 \cdot \mu\text{m}$ );

$K_3 E_s(\lambda)$  = 标准阳光相对光谱辐照度分布;

$E_t(\lambda)$  = 自然阳光或模拟阳光的绝对光谱辐照度分布 ( $\text{W/m}^2 \cdot \mu\text{m}$ );

$K_4 E_t(\lambda)$  = 自然阳光或模拟阳光的相对光谱辐照度分布。

则有关系式:

$$J_1 = \int S_1(\lambda) \times E_s(\lambda) d\lambda$$

$$J_2 = \int S_1(\lambda) \times E_t(\lambda) d\lambda$$

$$J_3 = \int S_2(\lambda) \times E_s(\lambda) d\lambda$$

$$J_4 = \int S_2(\lambda) \times E_t(\lambda) d\lambda$$

再令:

$$A_1 = \int K_1 S_1(\lambda) \times K_3 E_s(\lambda) d\lambda = K_1 K_3 J_1$$

$$A_2 = \int K_1 S_1(\lambda) \times K_4 E_t(\lambda) d\lambda = K_1 K_4 J_2$$

$$A_3 = \int K_2 S_2(\lambda) \times K_3 E_s(\lambda) d\lambda = K_2 K_3 J_3$$

$$A_4 = \int K_2 S_2(\lambda) \times K_4 E_t(\lambda) d\lambda = K_2 K_4 J_4$$

则被测电池的短路电流误差为:

光谱失配误差  $M = (J_4 - J_3) / J_3 \times 100\%$

$$= [(A_1 \times A_4 \times J_2) / (A_2 \times A_3 \times J_1) - 1] \times 100\%$$

**附 录 B**  
**太阳电池测试报告单**  
(补充件)

被 测 太 阳 电 池 概 况									
名 称	编 号	品 种	类 型	并联数	串联数	面积, A	质量, W	尺 寸	测试要求
单 体									
集成型									
组 件									
组合板									
方阵									
制造日期					交 件 人				
制造单位					交件日期				
测 试 条 件				实 测 数 据			换算到标准测试条件		
环 境	地点	$I_{sc}$		$mA, A$		$mA, A$			
	气温	$^{\circ}C$		$I_{sc}$		$mV, V$		$mV, V$	
	湿度	%(相对)		$P_m$		$mW, W$		$mW, W$	
测试温度				$V_m$		$mV, V$		$mV, V$	
辐照度				$I_m$		$mA, A$		$mA, A$	
光 谱		AM		$FF$					
视 角				$\eta$		%		%	
光 源		自然阳光		$P_m/A$		$mW/cm^2, W/m^2$		$mW/cm^2, W/m^2$	
		模拟阳光		$P_m/A$		$mW/cm^2, W/m^2$		$mW/cm^2, W/m^2$	
主 要 测 试 仪 器 和 装 置									
标准太阳电池			室内测试光源			电 测 系 统			
编 号			等级或特性			仪 器	型 号	精 确 度	
等 级			电光源种类			电 压 表			
短路电流			有效辐照面积			电 流 表			
标 定 值			制造单位			标准电阻			
光谱响应 和待测电 池相比较	完全一致		鉴定部门			电压测量系统			
	基本相同		光 谱 数 据			电流测量系统			
	差别很大					功率测量系统			
	不 清 楚					记 录 仪			
测试单位				测试人			审 核	主管公章	

注:本报告的内容根据需要填写。

附 录 C  
AM1.5标准太阳光谱数据  
(参考件)

波 长 $\mu\text{m}$	光谱辐照度 $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \mu\text{m}$	光谱光子流辐照度 $\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \mu\text{m}^{-1}$	累积积分辐照度 $\text{W}/\text{m}^2$
0.3050	9.5	$1.459E+015$	0.06
0.3100	42.3	$6.602E+015$	0.19
0.3150	107.8	$1.710E+016$	0.57
0.3200	181.0	$2.916E+016$	1.29
0.3250	246.8	$4.038E+016$	2.36
0.3300	395.3	$6.567E+016$	3.97
0.3350	390.1	$6.579E+016$	5.93
0.3400	435.3	$7.451E+016$	7.99
0.3450	438.9	$7.623E+016$	10.18
0.3500	483.7	$8.523E+016$	12.49
0.3600	520.3	$9.430E+016$	17.51
0.3700	666.2	$1.241E+017$	23.44
0.3800	712.5	$1.363E+017$	30.33
0.3900	720.7	$1.415E+017$	37.50
0.4000	1013.1	$2.040E+017$	46.17
0.4100	1158.2	$2.391E+017$	57.02
0.4200	1184.0	$2.504E+017$	68.74
0.4300	1071.9	$2.320E+017$	80.01
0.4400	1302.0	$2.884E+017$	91.88
0.4500	1526.0	$3.457E+017$	106.02
0.4600	1599.6	$3.704E+017$	121.65
0.4700	1581.0	$3.741E+017$	137.55
0.4800	1628.3	$3.935E+017$	153.60
0.4900	1539.2	$3.797E+017$	169.44
0.5000	1548.7	$3.898E+017$	184.88
0.5100	1586.5	$4.074E+017$	200.55
0.5200	1484.9	$3.887E+017$	215.91
0.5300	1572.4	$4.196E+017$	231.20
0.5400	1550.7	$4.216E+017$	246.81
0.5500	1561.5	$4.324E+017$	262.38

续表

波 长 $\mu\text{m}$	光谱辐照度 $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \mu\text{m}$	光谱光子流辐照度 $\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \mu\text{m}^{-1}$	累积积分辐照度 $\text{W}/\text{m}^2$
0.5700	1501.5	$4.309\text{E}+017$	293.01
0.5900	1395.5	$4.145\text{E}+017$	321.98
0.6100	1485.3	$4.561\text{E}+017$	350.78
0.6300	1434.1	$4.549\text{E}+017$	379.98
0.6500	1419.9	$4.647\text{E}+017$	408.52
0.6700	1392.3	$4.696\text{E}+017$	436.64
0.6900	1130.0	$3.925\text{E}+017$	461.86
0.7100	1316.7	$4.707\text{E}+017$	486.33
0.7180	1010.3	$3.652\text{E}+017$	495.64
0.7244	1043.2	$3.805\text{E}+017$	502.21
0.7400	1211.2	$4.512\text{E}+017$	519.79
0.7525	1193.9	$4.523\text{E}+017$	534.82
0.7575	1175.5	$4.483\text{E}+017$	540.75
0.7625	643.1	$2.469\text{E}+017$	545.29
0.7675	1030.7	$3.983\text{E}+017$	549.48
0.7800	1131.1	$4.442\text{E}+017$	562.99
0.8000	1081.6	$4.356\text{E}+017$	585.12
0.8160	849.2	$3.489\text{E}+017$	600.56
0.8237	785.0	$3.255\text{E}+017$	606.85
0.8315	916.4	$3.836\text{E}+017$	613.49
0.8400	959.9	$4.059\text{E}+017$	621.46
0.8600	978.9	$4.238\text{E}+017$	640.85
0.8800	933.2	$4.134\text{E}+017$	659.97
0.9050	748.5	$3.410\text{E}+017$	680.99
0.9150	667.5	$3.075\text{E}+017$	688.07
0.9250	690.3	$3.215\text{E}+017$	694.86
0.9300	403.6	$1.890\text{E}+017$	697.60
0.9370	258.3	$1.218\text{E}+017$	699.91
0.9480	313.6	$1.497\text{E}+017$	703.06
0.9650	526.8	$2.559\text{E}+017$	710.20
0.9800	646.4	$3.189\text{E}+017$	719.00
0.9935	746.8	$3.735\text{E}+017$	728.41
1.0400	690.5	$3.615\text{E}+017$	761.82
1.0700	637.5	$3.434\text{E}+017$	781.74

续表

波 长 $\mu\text{m}$	光谱辐照度 $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \mu\text{m}$	光谱光子流辐照度 $\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \mu\text{m}^{-1}$	累积积分辐照度 $\text{W}/\text{m}^2$
1.1000	412.6	$2.285\text{E}+017$	797.49
1.1200	108.9	$6.140\text{E}+016$	802.71
1.1300	189.1	$1.076\text{E}+017$	804.20
1.1370	132.2	$7.567\text{E}+016$	805.32
1.1610	339.0	$1.981\text{E}+017$	810.98
1.1800	460.0	$2.733\text{E}+017$	818.57
1.2000	423.6	$2.559\text{E}+017$	827.40
1.2350	480.5	$2.988\text{E}+017$	843.22
1.2900	413.1	$2.683\text{E}+017$	867.80
1.3200	250.2	$1.663\text{E}+017$	877.75
1.3500	32.5	$2.209\text{E}+016$	881.99
1.3950	1.6	$1.124\text{E}+015$	882.75
1.4425	55.7	$4.045\text{E}+016$	884.11
1.4625	105.1	$7.738\text{E}+016$	885.72
1.4770	105.5	$7.845\text{E}+016$	887.25
1.4970	182.1	$1.372\text{E}+017$	890.12
1.5200	262.6	$2.010\text{E}+017$	895.24
1.5390	274.2	$2.125\text{E}+017$	900.34
1.5580	275.0	$2.157\text{E}+017$	905.56
1.5780	244.6	$1.943\text{E}+017$	910.75
1.5920	247.4	$1.983\text{E}+017$	914.19
1.6100	228.7	$1.854\text{E}+017$	918.48
1.6300	244.5	$2.006\text{E}+017$	923.21
1.6460	234.8	$1.946\text{E}+017$	927.05
1.6780	220.5	$1.863\text{E}+017$	934.33
1.7400	171.5	$1.502\text{E}+017$	946.48
1.8000	30.7	$2.782\text{E}+016$	952.55
1.8600	2.0	$1.873\text{E}+015$	953.53
1.9200	1.2	$1.160\text{E}+015$	953.63
1.9600	21.2	$2.092\text{E}+016$	954.07
1.9850	91.1	$9.104\text{E}+016$	955.48
2.0050	26.8	$2.705\text{E}+016$	956.66
2.0350	99.5	$1.019\text{E}+017$	958.55
2.0650	60.4	$6.279\text{E}+016$	960.95



续表

波 长 $\mu\text{m}$	光谱辐照度 $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \mu\text{m}$	光谱光子流辐照度 $\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \mu\text{m}^{-1}$	累积积分辐照度 $\text{W}/\text{m}^2$
2.1000	89.1	$9.420\text{E}+016$	963.57
2.1480	82.2	$8.889\text{E}+016$	967.68
2.1980	71.5	$7.912\text{E}+016$	971.52
2.2700	70.2	$8.023\text{E}+016$	976.62
2.3600	62.0	$7.367\text{E}+016$	982.57
2.4500	21.2	$2.615\text{E}+016$	986.32
2.4940	18.5	$2.323\text{E}+016$	987.19
2.5370	3.2	$4.087\text{E}+015$	987.66
2.9410	4.4	$6.515\text{E}+015$	989.19
2.9730	7.6	$1.138\text{E}+016$	989.38
3.0050	6.5	$9.834\text{E}+015$	989.60
3.0560	3.2	$4.923\text{E}+015$	989.85
3.1320	5.4	$8.515\text{E}+015$	990.18
3.1560	19.4	$3.082\text{E}+016$	990.48
3.2040	1.3	$2.097\text{E}+015$	990.98
3.2450	3.2	$5.228\text{E}+015$	991.07
3.3170	13.1	$2.188\text{E}+016$	991.66
3.3440	3.2	$5.387\text{E}+015$	991.88
3.4500	13.3	$2.310\text{E}+016$	992.75
3.5730	11.9	$2.141\text{E}+016$	994.30
3.7650	9.8	$1.858\text{E}+016$	996.38
4.0450	7.5	$1.527\text{E}+016$	998.79
			1 000.00

## 附加说明:

本标准由南开大学、机械电子工业部第18研究所负责起草。

本标准主要起草人李长健、赵建国、于培诺、周耀宗。