

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Photovoltaic devices –

Part 8: Measurement of spectral responsivity of a photovoltaic (PV) device

Dispositifs photovoltaïques –

Partie 8: Mesure de la sensibilité spectrale d'un dispositif photovoltaïque (PV)

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.160

ISBN 978-2-8322-1530-2

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.

Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Marking	6
4 Testing	7
4.1 General.....	7
4.2 Special considerations	7
4.3 Measurement under white bias light	7
4.4 Applying a bias voltage to the device under test.....	7
5 General description of spectral responsivity measurement.....	7
6 Apparatus.....	9
6.1 General.....	9
6.2 Monochromatic light source	11
6.3 PV device holder and temperature control.....	12
6.4 PV device contacts	12
6.5 Bias light.....	12
6.6 DC measurements	12
6.7 AC measurements in the presence of bias light.....	13
6.8 Reference device	13
7 Measurement of spectral responsivity using a constant light source	13
7.1 General method with a grating monochromator or filter wheel	13
7.2 Measurement of the reference device for setup calibration.....	13
7.3 Measurement of the device under test	14
7.4 Calculation of spectral responsivity	15
7.5 Simplifications	16
8 Measurement of spectral responsivity under pulsed light	16
8.1 Additional apparatus	16
8.2 Test procedure.....	17
9 Measurements of series-connected modules	17
9.1 General.....	17
9.2 Additional apparatus	17
9.3 Test procedure.....	17
9.4 Calculation of spectral responsivity	20
10 Report	20
Figure 1 – Example block diagram of a differential spectral responsivity measuring instrument using a continuous light source and a grating monochromator	10
Figure 2 – Example block diagram of a differential spectral responsivity measuring instrument using a continuous light source and bandpass filters	11
Figure 3 – Example block diagram of a spectral responsivity measuring instrument using a pulsed light source and bandpass filters	17
Figure 4 – Example of the measurement setup for the differential spectral responsivity measurement of a target cell in a PV module, where the supplemental bias light is applied on all the cells in the module other than the target cell	18

Figure 5 – Example of the measurement setup for the differential spectral responsivity measurement of a target cell in a PV module, where the supplemental bias light is applied on all the cells in a string of the module other than the target cell.....	19
Figure 6 – Determination of the bias voltage V_b to set the voltage across the target cell to the short-circuit condition (see 9.3).....	19

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PHOTOVOLTAIC DEVICES –**Part 8: Measurement of spectral responsivity
of a photovoltaic (PV) device**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60904-8 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 1998 and constitutes a technical revision.

The main technical changes with respect to the previous edition are listed below:

- Re-writing of the clause on testing
- Addition of a new clause for the measurement of series-connected modules
- Addition of the requirements of ISO/IEC 17025
- Additional figures

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
82/822/FDIS	82/843/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

A list of all parts in the IEC 60904 series, published under the general title *Photovoltaic devices*, can be found on the IEC website.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

PHOTOVOLTAIC DEVICES –

Part 8: Measurement of spectral responsivity of a photovoltaic (PV) device

1 Scope

This International Standard specifies the requirements for the measurement of the spectral responsivity of both linear and non-linear photovoltaic devices. It is only applicable to single-junction devices. The spectral responsivity of a photovoltaic device is used in cell development and cell analysis, as it provides a measure of recombination and other processes occurring inside the semiconductor or cell material system.

The spectral responsivity of a photovoltaic device is used for the correction of the spectral mismatch if a PV device is calibrated in a setup where the measurement spectrum is different from the reference spectral irradiance data given in IEC 60904-3 and a reference device with a different spectral responsivity to the device under test is used. This procedure is given in IEC 60904-7.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60904-3, *Photovoltaic devices – Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data*

IEC 60904-7, *Photovoltaic devices – Part 7: Computation of the spectral mismatch correction for measurements of photovoltaic devices*

IEC 60904-9, *Photovoltaic devices – Part 9: Solar simulator performance requirements*

IEC 61215, *Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval*

IEC 61646, *Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval*

IEC/TS 61836, *Solar photovoltaic energy systems – Terms, definitions and symbols*

ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	24
1 Domaine d'application	26
2 Références normatives	26
3 Marquage	27
4 Essais	27
4.1 Généralités	27
4.2 Considérations spéciales	27
4.3 Mesure sous une pseudolumière blanche	27
4.4 Application d'une tension de polarisation au dispositif en essai	27
5 Description générale de la mesure de la sensibilité spectrale	28
6 Appareillage	29
6.1 Généralités	29
6.2 Source de lumière monochromatique	32
6.3 Support du dispositif photovoltaïque et contrôle de température	33
6.4 Contacts du dispositif photovoltaïque	33
6.5 Pseudolumière	33
6.6 Mesures en courant continu	33
6.7 Mesures en courant alternatif en présence de pseudolumière	34
6.8 Dispositif de référence	34
7 Mesure de la sensibilité spectrale sous une source de lumière constante	34
7.1 Méthode générale avec un monochromateur à réseau ou une roue à filtres	34
7.2 Mesure du dispositif de référence pour l'étalonnage de l'installation	35
7.3 Mesure du dispositif en essai	36
7.4 Calcul de la sensibilité spectrale	36
7.5 Simplifications	37
8 Mesure de la sensibilité spectrale sous lumière pulsée	38
8.1 Appareillage complémentaire	38
8.2 Procédure d'essai	38
9 Mesures de modules raccordés en série	40
9.1 Généralités	40
9.2 Appareillage complémentaire	40
9.3 Procédure d'essai	40
9.4 Calcul de la sensibilité spectrale	43
10 Rapport	44
Figure 1 – Exemple de schéma fonctionnel pour l'équipement de mesure de la sensibilité spectrale différentielle avec une source de lumière continue et un monochromateur à réseau	31
Figure 2 – Exemple de schéma fonctionnel pour l'équipement de mesure de la sensibilité spectrale différentielle avec une source de lumière continue et des filtres passe-bande	32
Figure 3 – Exemple de schéma fonctionnel pour l'équipement de mesure de la sensibilité spectrale avec une source de lumière pulsée et des filtres passe-bande	39

Figure 4 – Exemple de montage pour la mesure de la sensibilité spectrale différentielle d'une cellule cible d'un module photovoltaïque, où la pseudolumière supplémentaire est appliquée sur toutes les cellules du module autres que la cellule cible	41
Figure 5 – Exemple de montage pour la mesure de la sensibilité spectrale différentielle d'une cellule cible d'un module photovoltaïque, où la pseudolumière supplémentaire est appliquée sur toutes les cellules d'une chaîne du module autres que la cellule cible	42
Figure 6 – Détermination de la tension de polarisation V_b pour régler la tension traversant la cellule cible en condition de court-circuit (voir 9.3)	43

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS PHOTOVOLTAÏQUES –

Partie 8: Mesure de la sensibilité spectrale d'un dispositif photovoltaïque (PV)

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 60904-8 a été établie par le comité d'études 82 de l'IEC: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 1998. Cette édition constitue une révision technique.

Les modifications techniques majeures par rapport à l'édition précédente sont indiquées ci-dessous:

- Réécriture de l'article dédié aux essais
- Ajout d'un nouvel article relatif aux mesures des modules raccordés en série
- Ajout des exigences de l'ISO/IEC 17025

- Figures supplémentaires

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
82/822/FDIS	82/843/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60904, publiées sous le titre général *Dispositifs photovoltaïques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

DISPOSITIFS PHOTOVOLTAÏQUES –

Partie 8: Mesure de la sensibilité spectrale d'un dispositif photovoltaïque (PV)

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les exigences relatives à la mesure de la sensibilité spectrale des dispositifs photovoltaïques, linéaires et non linéaires. Cette norme s'applique uniquement aux dispositifs à jonction unique. La sensibilité spectrale d'un dispositif photovoltaïque est utilisée dans le développement et l'analyse des cellules, car elle permet de mesurer la recombinaison, ainsi que d'autres processus internes aux semi-conducteurs ou au système des matériaux des cellules.

La sensibilité spectrale d'un dispositif photovoltaïque est utilisée pour corriger la désadaptation spectrale si un dispositif photovoltaïque est étalonné dans une configuration où le spectre de mesure est différent des données de l'éclairement spectral de référence fournies dans l'IEC 60904-3, et où un dispositif de référence ayant une sensibilité spectrale différente par rapport au dispositif en essai est utilisé. Cette procédure est indiquée dans l'IEC 60904-7.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60904-3, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 3: Principes de mesure des dispositifs solaires photovoltaïques (PV) à usage terrestre incluant les données de l'éclairement spectral de référence*

IEC 60904-7, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 7: Calcul de la correction de désadaptation des réponses spectrales dans les mesures de dispositifs photovoltaïques*

IEC 60904-9, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 9: Exigences pour le fonctionnement des simulateurs solaires*

IEC 61215, *Modules photovoltaïques (PV) au silicium cristallin pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation*

IEC 61646, *Modules photovoltaïques (PV) en couches minces pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation*

IEC/TS 61836, *Solar photovoltaic energy systems – Terms, definitions and symbols* (disponible en anglais seulement)

ISO/IEC 17025, *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*