

TECHNICAL SPECIFICATION

SPECIFICATION TECHNIQUE



Photovoltaic concentrator cell documentation

Documentation relative aux cellules photovoltaïques à concentration



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

TECHNICAL SPECIFICATION

SPECIFICATION TECHNIQUE



Photovoltaic concentrator cell documentation

Documentation relative aux cellules photovoltaïques à concentration

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

R

ICS 27.160

ISBN 978-2-8322-1944-7

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 and object.....	6
2 Normative references	6
3 Specifications for concentrator cells	6
4 Concentrator cell characterization	8
4.1 Overview.....	8
4.2 Product identity.....	8
4.2.1 General	8
4.2.2 Manufacturer	9
4.2.3 Model number.....	9
4.2.4 Type of cell.....	9
4.3 Product description	9
4.3.1 General	9
4.3.2 Total chip area.....	9
4.3.3 Designated illumination area.....	10
4.3.4 Nominal efficiency and design irradiance	10
4.3.5 Nominal current ratios	11
4.3.6 Temperature coefficients	11
4.3.7 Front metallization	11
4.3.8 Back metallization	11
4.3.9 Antireflection coating design	11
4.3.10 Thickness of substrate.....	11
4.4 Cell processing and use conditions	11
4.4.1 Recommended cell operating temperature	11
4.4.2 Maximum cell photocurrent.....	12
4.4.3 Recommended cell processing temperature.....	12
4.4.4 Chemical compatibilities/incompatibilities	12
4.4.5 Storage conditions.....	12
4.4.6 Recommended bonding method.....	12
4.5 Graphs and tables.....	12
4.5.1 Typical I-V curve.....	12
4.5.2 Efficiency versus irradiance	13
4.5.3 Vmp versus irradiance	13
4.5.4 Quantum efficiency	14
4.5.5 Angular responsivity	16
4.6 Cell testing.....	17
Bibliography.....	18
Figure 1 – Total cell area and designated illumination area.....	10
Figure 2 – Example current-voltage graph.....	12
Figure 3 – Example graph of efficiency as a function of irradiance	13
Figure 4 – Example graph showing voltage as a function of irradiance	13
Figure 5 – Example graph of external quantum efficiency	14
Figure 6 – Example graph showing response as a function of the angle of incidence	17

Table 1 – Specification template	7
Table 2 – Example tabulation of quantum efficiency data	14

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TS 62789:2014

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PHOTOVOLTAIC CONCENTRATOR CELL DOCUMENTATION

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.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical specification when

- the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts, or
- the subject is still under technical development or where, for any other reason, there is the future but no immediate possibility of an agreement on an International Standard.

Technical specifications are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards.

IEC TS 62789, which is a technical specification, has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

The text of this technical specification is based on the following documents:

Enquiry draft	Report on voting
82/776/DTS	82/821/RVC

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

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 website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- transformed into an International standard,
- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

PHOTOVOLTAIC CONCENTRATOR CELL DOCUMENTATION

1 Scope and object

This Technical Specification provides guidelines for the parameters to be specified for concentrator photovoltaic cells (both multijunction and single junction) and provides recommendations and references for measurement techniques. No attempt is made to determine pass/fail criteria for cells.

The purpose of this specification is to define the performance and physical characteristics of concentrator cells. This specification may also be used for describing cell assemblies and receivers, but is not written to specifically address cell packaging. It is not intended to standardize the properties of the concentrator cells, but to standardize how the properties are communicated.

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 62787, *Concentrator photovoltaic (CPV) solar cells and cell-on-carrier (COC) assemblies – Reliability qualification*¹

3 Specifications for concentrator cells

All concentrator cell datasheets complying with this specification shall provide, as part of their product marking and documentation, the information specified in Table 1 below. See subsequent clauses and subclauses of this Technical Specification for further explanation of individual specifications. In addition to the information indicated by the examples, it is required to include a sketch of the cell and the indicated graphs.

Some of the specifications are optional; however, if a concentrator cell manufacturer chooses to include optional information, it should be reported and measured using the definitions provided in this Technical specification.

¹ To be published.

Table 1 – Specification template

Characteristic	Example	Notes/Section
Product identification		4.2
Manufacturer	The XYZ Company	4.2.2
Model number	XX1090	4.2.3
Type of cell	Three junction: GaInP (1,89 eV) / GaInAs (1,39 eV) / Ge (0,67 eV) on germanium substrate	4.2.4
Product description		4.3
Total area	$(1,1 \pm 0,003) \text{ cm} \times (1 \pm 0,003) \text{ cm}$	4.3.2
Designated illumination area	$(1 \pm 0,003) \text{ cm} \times (1 \pm 0,003) \text{ cm}$ (see example Figure 1)	4.3.3
Simulator performance-defining area	$1,01 \pm 0,006 \text{ cm}^2$	
Nominal efficiency at design irradiance	$39 \% \pm 2 \%$ at 500 kW/m^2	4.3.4
Nominal current ratios	Current ratios under G173 direct spectrum (relative to top junction current): 1,89 eV cell = 1 1,39 eV cell = $1,0 \pm 0,03$ 0,67 eV = $1,7 \pm 0,03$	4.3.5
Temperature coefficients (measured at the irradiance for which the product was designed)	$\alpha = \text{dlsc}/dT = + (0,11 \% \pm 0,03 \%) / K$ when 1,89 eV-cell limited; $+ (0,07 \% \pm 0,03 \%) / K$ when 1,39 eV-cell limited $\beta = \text{dVoc}/dT = - (0,15 \% \pm 0,02 \%) / K$ $\text{dPmax}/dT = - (0,24 \% \pm 0,06 \%) / K$ Measured at $1\,000 \text{ kW/m}^2$; AM1,5 direct; temperature range of 25°C to 70°C . Other conditions may also be documented.	4.3.6
Front metallization	Silver	4.3.7
Front metallization thickness	$1 \mu\text{m}$	4.3.7
Back metallization	Gold	4.3.8
Anti-reflection coating design	Matched to index of 1.4	4.3.9
Thickness of substrate	$150 \mu\text{m}$	4.3.10
Cell processing and use conditions		4.4
Recommended operating (cell) temperature	$-20^\circ\text{C} < T < 150^\circ\text{C}$	4.4.1
Maximum photocurrent	1 A/cm^2	4.4.2
Recommended processing temperature	$< 350^\circ\text{C}$ for 10 min	4.4.3
Chemical compatibilities/ incompatibilities	Incompatible with aqua regia	4.4.4
Storage conditions (shelf life, humidity, temperature, and atmosphere)	Storage $10^\circ\text{C} < T < 30^\circ\text{C}$ $20 \% < \text{RH} < 70 \%$ Shelf life < 4 months Atmosphere = air	4.4.5
Recommended bonding method	Front side: wire bonding Back side: solder	4.4.6
Electrostatic discharge threshold		As measured in future IEC 62787

Characteristic	Example	Notes/Section
Graphs/Tables		4.5
Typical I-V curve (measured at the irradiance for which the product was designed, AM1,5 Direct spectrum, 25 °C). Isc, Imp, Vmp, Voc, FF, Efficiency specified	See example Figure 2 NOTE It is requested that irradiance be specified in units of kW/m ² , since these units also indicate the approximate concentration	4.5.1
Efficiency as function of irradiance at 25 °C	See example Figure 3 NOTE It is requested that irradiance be specified in units of kW/m ² , since these units also indicate the approximate concentration	4.5.2
Voltage at maximum power point as a function of irradiance at 25 °C	See example Figure 4 NOTE It is requested that irradiance be specified in units of kW/m ² , since these units also indicate the approximate concentration	4.5.3
Quantum efficiency (presented as either a graph or a table). One curve for each junction, measured at 25 °C	See example Figure 5	4.5.4
Angular responsivity, Isc as a function of incidence angle compared with cosine function	See example Figure 6	4.5.5
Cell testing		4.6
LIV and other characterization testing: Note conditions for testing and sampling rate	500 kW/m ² ; AM1,5D; 25 °C; 100 % of samples	Example only; refer to description in 4.6
Stress testing: Describe stress testing that is applied and sampling rate, if applicable	Certification to future IEC 62787	Example only; refer to description in 4.6

4 Concentrator cell characterization

4.1 Overview

This clause describes parameters and guidelines for characterizing concentrator cells, with one subclause for each entry in Table 1. It is useful for datasheets to present similar types of information and the primary purpose of this Technical Specification is to facilitate consistency between datasheets. However, recognizing that the information that is presented represents a typical cell rather than a specific cell, small variations in testing methodology may be unimportant. The focus of this specification is to provide consistent definitions of test conditions rather than to specify precise methods for the measurements. In the future, it may be useful to define the measurement techniques in more detail, but there is not yet consensus on all of the details of the measurements. For example, characterizing/controlling the spectrum as a function of time and location during the flash of a simulator can be quite challenging and each lab has its own method for controlling the spectrum. Some of the measurements described in this specification may have uncertainties on the order of 5 % to 10 %. Defining careful measurement techniques that can reduce these uncertainties will be useful, but is outside of the scope of this specification.

4.2 Product identity

4.2.1 General

The datasheet shall unambiguously define the identity of the product. This may become especially confusing if a different model number is used for a concentrator cell and a mounted cell.

4.2.2 Manufacturer

In some cases, multiple manufacturers may be involved for the epitaxial growth, cell processing, and cell testing. The name of the manufacturer should identify the company that is responsible for the creation of the datasheet.

4.2.3 Model number

The model number should be unique to the described product.

4.2.4 Type of cell

The description of the cell should include at a minimum:

- The number of junctions
- The material(s) used for each junction
- The band gap associated with each junction if this is not clear from the material (e.g. silicon needs no clarification)
- The substrate

Optionally, the thicknesses of each of the layers may also be included.

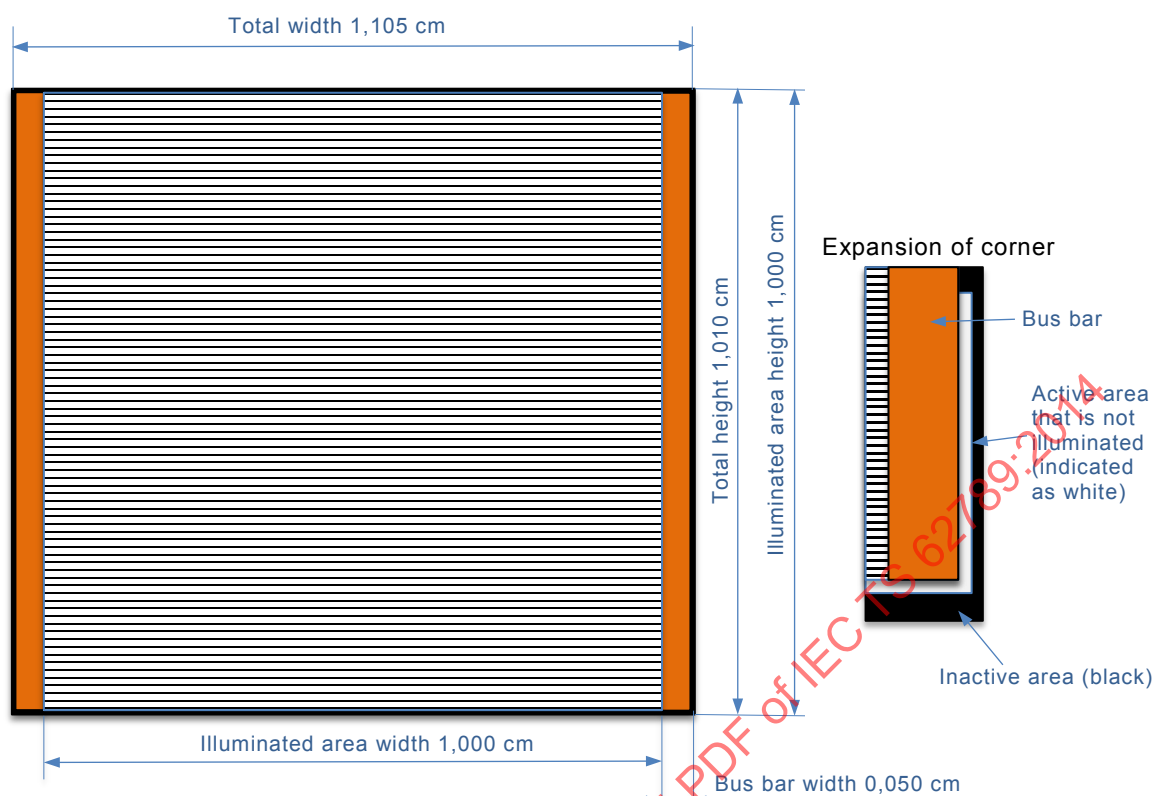
4.3 Product description

4.3.1 General

A drawing is needed to define the sample geometry.

4.3.2 Total chip area

The total cell (chip) area is needed for designing cell assemblies and how cells will be implemented into CPV modules. The total area designation should include the dimensions (e.g. 1 cm × 1,1 cm) and a sketch. The sketch should include the total chip dimensions as well as the inactive areas that are both metallized and unmetallized. Figure 1 is an example, including an expanded view of the lower right corner; the cell manufacturer may use a different method to communicate the correct geometry.



IEC

Figure 1 – Total cell area and designated illumination area

4.3.3 Designated illumination area

In contrast to flat-plate cells that are usually 100 % illuminated, the design of many concentrator systems allows for the cells' contacts to be made outside of the illuminated area. On the datasheet, the sketch should include indication of the location and dimensions of the designated illumination area, referring to the area that is designed to be illuminated, including the area of grid lines and busbars that are intended to be illuminated. The dimensions of the busbar that will be used for electrical contact should be well defined. This can be confusing because some concentrator cells include an area that responds to illumination but that is not intended to be illuminated. Specifically, to prevent shorting, busbars are often designed to leave a lip that is light active but will lie outside of the optical path. Thus, light-active areas that are not intended to be illuminated should be masked during the measurement process, or, a mathematical correction may be applied using the area on the simulator performance-definition area.

Simulator performance-definition area (area that is illuminated during test) = [area inside mesa isolation or cell edge (if no mesa)] – [busbars or bond pads].

Designated illumination area = the area designed to be illuminated between busbars and mesas or cell edge.

4.3.4 Nominal efficiency and design irradiance

The nominal efficiency should be reported for a typical cell measured under the following conditions:

- Design irradiance kW/m²
- AM1,5 Direct (as specified in IEC 60904-3), and
- 25 °C cell temperature.

The design irradiance is also specified. Methods for measuring I-V curves can be found in references listed above. The uncertainty of the measurement should be estimated and included.

4.3.5 Nominal current ratios

The photocurrents for each junction within a multijunction cell can be measured by adjusting the spectrum or by integrating the quantum efficiency curve convoluted with the spectrum of interest. The expected current ratios should be specified for the IEC 60904-3 direct reference spectrum measured at 25 °C in air (for the described package). If the product is a bare cell that will be encapsulated it could be useful to quote the values for measurement with the encapsulation, but this could become confusing since applying encapsulation, protective glass and/or secondary optics could change the optics. If such information is supplied, it should be clearly labelled as to how it was measured. By convention, the top cell will be considered to have a relative current of unity and the ratios of the currents for each of the other subcells are noted relative to the top-cell current. The ratios will apply to the same measurement conditions used to determine the nominal efficiency. The variability of these ratios should be reflected in the indication of the uncertainty. The junction identification should match the description of the cell in an unambiguous way by specifying the band gap, composition, junction number or other unique identifier.

4.3.6 Temperature coefficients

The temperature coefficients for the V_{oc} (open-circuit voltage) and P_{max} (maximum power) can be obtained by measuring the I-V curves for the cell under the irradiance for which the cell was designed and AM1,5 Direct illumination for a set of temperatures spanning a range of at least 70 °C and/or within the full operating temperature range, as specified by the manufacturer (see 4.4.1). The temperature coefficient of the I_{sc} (short-circuit current) is especially difficult to measure and may best be reported from literature values or from integration of the quantum efficiency measured at variable temperatures considering bandgap lowering with increased temperature. All temperature coefficients should be expressed in relative units (%/K) and uncertainties included. Temperature coefficients for multiple irradiance levels may be included at the discretion of the manufacturer.

4.3.7 Front metallization

The chemical composition and thickness of the front metallization should be described with enough detail to facilitate contact formation.

4.3.8 Back metallization

The chemical composition of the back metallization should be described with enough detail to facilitate contact formation.

4.3.9 Antireflection coating design

Specify the index of refraction that the antireflection coating was designed to match to (for example, to air ($n = 1$)).

4.3.10 Thickness of substrate

The thickness of the substrate should be specified.

4.4 Cell processing and use conditions

4.4.1 Recommended cell operating temperature

If the cell operating temperature is increased, it may cause premature failure of the cells. Operation at very low temperatures may become problematic if the tunnel junction function becomes limited. The manufacturer should identify a recommended operating range.

4.4.2 Maximum cell photocurrent

The performance of a multijunction cell may decrease dramatically if the local photocurrent exceeds the capacity of the tunnel junctions. Silicon cells may show reduced output if carrier concentrations reach levels causing Auger recombination. The maximum recommended cell photocurrent should be specified with units of A/cm².

4.4.3 Recommended cell processing temperature

A processing temperature and time should be specified after which the cells will still retain the properties as described in the datasheet.

4.4.4 Chemical compatibilities/incompatibilities

List common chemicals or processes that would lead to degradation of the cell performance, or that are recommended.

4.4.5 Storage conditions

Describe recommended storage conditions of the cell at least including storage temperature, humidity, atmosphere (ex. dry box, nitrogen-purged plastic bag) and shelf life. Storage conditions are important both for protection of bare cells and for preserving the surface condition of the bonding pads.

4.4.6 Recommended bonding method

The metallization configuration is typically designed to be suitable for a specific bonding method such as wire bonding, soldering, welding or gluing. This bonding method may vary between the front and back sides and, therefore, needs to be specified for both the front and the back.

4.5 Graphs and tables

4.5.1 Typical I-V curve

The I-V curve measured in 4.3.3 to determine the nominal efficiency should be shown along with the measured values for I_{sc} , I_{mp} , V_{mp} , V_{oc} , FF, and efficiency, as shown in Figure 2. Optionally, a power-voltage curve may be included.

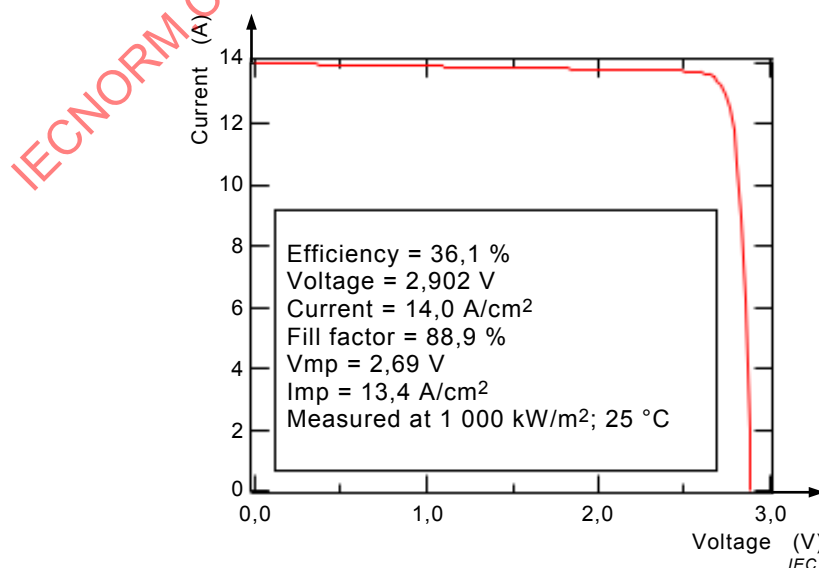


Figure 2 – Example current-voltage graph

4.5.2 Efficiency versus irradiance

The efficiency measured as a function of irradiance for the AM1,5 Direct spectrum and 25 °C cell temperature, as shown in Figure 3.

It is requested that irradiance be specified in units of kW/m^2 , since these units also indicate the approximate concentration.

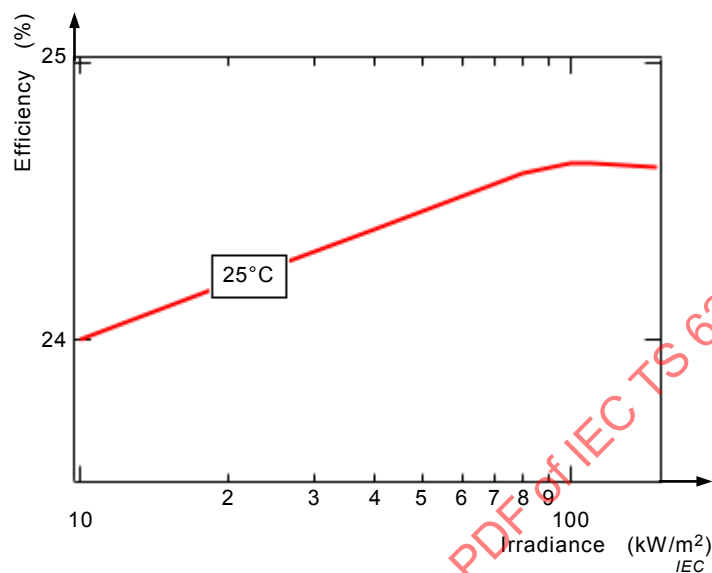


Figure 3 – Example graph of efficiency as a function of irradiance

4.5.3 V_{mp} versus irradiance

The V_{mp} measured as a function of irradiance for the AM1,5 direct spectrum and 25 °C cell temperature, as shown in Figure 4.

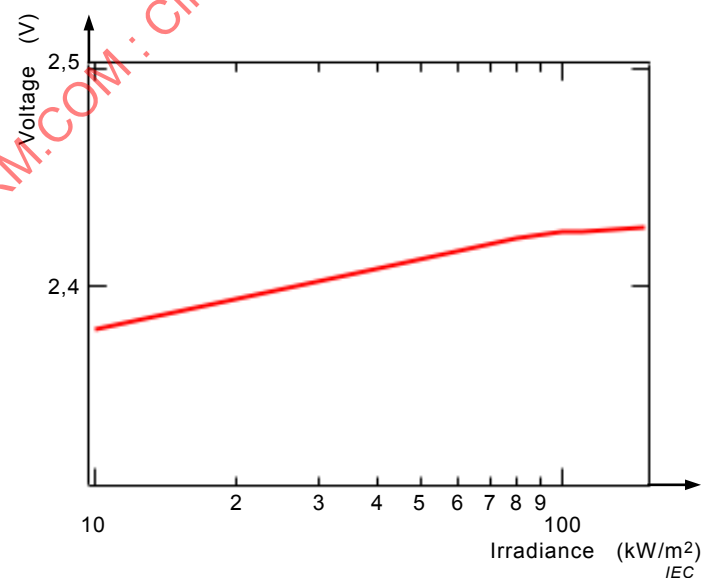


Figure 4 – Example graph showing voltage as a function of irradiance

4.5.4 Quantum efficiency

Plot or tabulate the typical external quantum efficiency as a function of wavelength for each junction as measured on a cell taken from the bin with the greatest population, as shown in Figure 5 and Table 2. It is understood that this data will vary slightly from sample to sample.

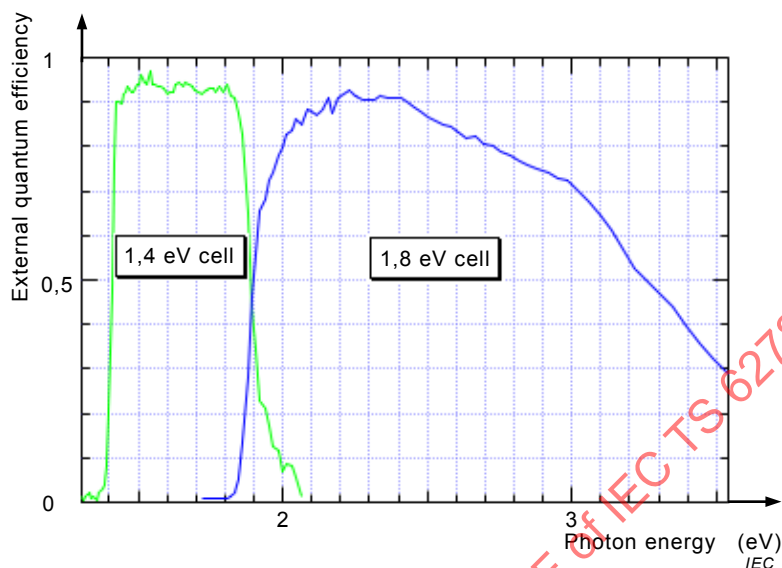


Figure 5 – Example graph of external quantum efficiency

Table 2 – Example tabulation of quantum efficiency data

Wavelength nm	Top cell response unitless	Bottom cell response unitless
350	0,288	
355	0,323	
360	0,357	
365	0,395	
370	0,438	
375	0,469	
380	0,495	
385	0,526	
390	0,570	
395	0,611	
400	0,644	
405	0,675	
410	0,700	
415	0,724	
420	0,730	
425	0,742	
430	0,750	
435	0,760	
440	0,767	
445	0,782	
450	0,789	
455	0,800	
460	0,806	
465	0,821	

Wavelength nm	Top cell response unitless	Bottom cell response unitless
470	0,819	
475	0,833	
480	0,844	
485	0,850	
490	0,857	
495	0,867	
500	0,878	
505	0,888	
510	0,900	
515	0,908	
520	0,907	
525	0,911	
530	0,908	
535	0,904	
540	0,903	
545	0,905	
550	0,915	
555	0,926	
560	0,916	
565	0,908	
570	0,875	
575	0,907	
580	0,883	
585	0,872	
590	0,879	
595	0,882	
600	0,850	
605	0,861	
610	0,834	
615	0,829	
620	0,797	
625	0,780	0,103
630	0,742	0,102
635	0,724	0,109
640	0,682	0,105
645	0,653	0,121
650	0,558	0,144
655	0,46	0,167
660	0,278	0,208
665	0,132	0,257
670	0,050	0,272
675	0,019	0,286
680	0,010	0,287
685	0,0096	0,285
690	0,009	0,274
695	0,008	0,275
700	0,004	0,269
705	0,00	0,28
710		0,286
715		0,295

Wavelength nm	Top cell response unitless	Bottom cell response unitless
720		0,296
725		0,3
730		0,291
735		0,281
740		0,278
745		0,267
750		0,269
755		0,269
760		0,28
765		0,289
770		0,299
775		0,307
780		0,308
785		0,306
790		0,295
795		0,287
800		0,274
805		0,273
810		0,263
815		0,266
820		0,268
825		0,273
830		0,282
835		0,292
840		0,298
845		0,303
850		0,308
855		0,3
860		0,286
865		0,273
870		0,265
875		0,225
880		0,131
885		0,051
890		0,0218
895		0,0126
900		0,00657
905		0,00621
910		0,00635

4.5.5 Angular responsivity

Plot or tabulate the angular dependence of the I_{sc} as measured in air for the described package, as shown in Figure 6. If the measurement applies to a bare cell that has been packaged in a way that is not part of the product, such data shall be clearly labelled. Preferably, the cosine function will be superimposed on the measured data for comparison. If preferred, the response may be presented relative to the cosine response. In this case, the deviation from cosine is more apparent, but as glancing angles are approached, the uncertainty of the relative response may be very large, resulting in a misleading graph. The angular response should be documented for rotation parallel to grids and perpendicular to grids unless these are not easily distinguished.

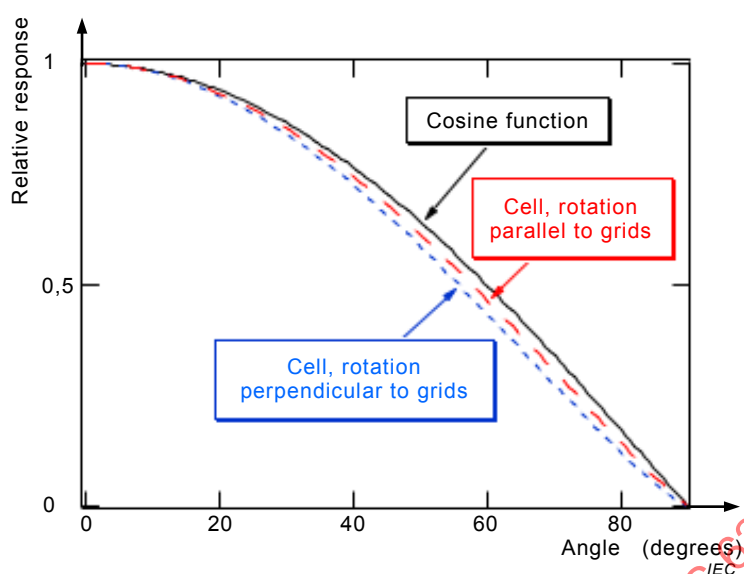


Figure 6 – Example graph showing response as a function of the angle of incidence

4.6 Cell testing

Describe types of tests, fraction of cells that are tested, and pass conditions that are applied both for performance and qualification. Understanding the test procedures helps the customer assess the consistency of the product that can be expected and/or requested.

Bibliography

IEC 61836:2007, *Solar photovoltaic energy systems – Terms, definitions and symbols*

IEC 62108, *Concentrator photovoltaic (CPV) modules and assemblies – Design qualification and type approval*

Emery K, Meusel M, Beckert R, Dimroth F, Bett A, Warta W, *Procedures for Evaluating Multijunction Concentrators*, 28th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, Anchorage, Alaska, 2000 (IEEE, New York), p. 1126

Emery KA, Osterwald CR, *Current topics in photovoltaics*, Vol. 3 (Academic Press, 1988), pp. 301-350

Emery KA, *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*, edited by A. Luque and S. Hegedus (John Wiley and Sons, West Sussex, England, 2003), pp. 701-747

Kinsey GS, Hebert P, Barbour KE, Krut DD, Cotal HL, Sherif RA, *Concentrator Multijunction Solar Cell Characteristics Under Variable Intensity and Temperature*, Prog. Photovolt. 2008, 16(503-508)

Virshup GF, Chung B-C, Ladle Ristow M, Kuryla MS, Brinker D, *Temperature coefficients of multijunction solar cells*, 21st IEEE PVSC, 1990 (IEEE), pp. 336-338

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TS 62789:2014

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TS 62789:2014

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	22
1 Domaine d'application et objet	24
2 Références normatives	24
3 Spécifications relatives aux cellules à concentration	24
4 Caractérisation des cellules à concentration	26
4.1 Aperçu	26
4.2 Identité du produit	27
4.2.1 Généralités	27
4.2.2 Fabricant	27
4.2.3 Numéro du modèle	27
4.2.4 Type de cellule	27
4.3 Description du produit	27
4.3.1 Généralités	27
4.3.2 Surface totale de la puce	27
4.3.3 Surface d'éclairement désignée	28
4.3.4 Rendement nominal et éclairage de conception	28
4.3.5 Rapports des courants nominaux	29
4.3.6 Coefficients de température	29
4.3.7 Métallisation face avant	29
4.3.8 Métallisation face arrière	29
4.3.9 Conception du revêtement anti-reflet	29
4.3.10 Epaisseur du substrat	29
4.4 Conditions de traitement et d'utilisation des cellules	30
4.4.1 Température de fonctionnement recommandée d'une cellule	30
4.4.2 Courant photoélectrique maximal d'une cellule	30
4.4.3 Température recommandée de traitement d'une cellule	30
4.4.4 Compatibilités/incompatibilités chimiques	30
4.4.5 Conditions de stockage	30
4.4.6 Méthode de câblage recommandée	30
4.5 Graphiques et tableaux	30
4.5.1 Courbe I-V type	30
4.5.2 Rendement en fonction de l'éclairement	31
4.5.3 Vmp en fonction de l'éclairement	31
4.5.4 Rendement quantique	32
4.5.5 Réponse angulaire	35
4.6 Essais sur les cellules	35
Bibliographie	36
Figure 1 – Surface totale de la cellule et surface d'éclairement désignée	28
Figure 2 – Exemple de graphique courant-tension	31
Figure 3 – Exemple de graphique du rendement en fonction de l'éclairement	31
Figure 4 – Exemple de graphique de la tension en fonction de l'éclairement	32
Figure 5 – Exemple de graphique du rendement quantique externe	32
Figure 6 – Exemple de graphique présentant la réponse en fonction de l'angle d'incidence	35

Tableau 1 – Modèle de spécification	25
Tableau 2 – Exemple de tabulation des données de rendement quantique	32

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TS 62789:2014

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DOCUMENTATION RELATIVE AUX CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES À CONCENTRATION

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 tâche principale des comités d'études de l'IEC est l'élaboration des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'une spécification technique

- lorsqu'en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale, ou
- lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou quand, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat.

Les spécifications techniques font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales.

L'IEC TS 62789, qui est une spécification technique, a été établie par le comité d'études 82 de l'IEC: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

Le texte de cette spécification technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
82/776/DTS	82/821/RVC

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

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

- transformée en Norme internationale,
- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

DOCUMENTATION RELATIVE AUX CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES À CONCENTRATION

1 Domaine d'application et objet

La présente spécification technique donne des lignes directrices concernant les paramètres à spécifier pour les cellules photovoltaïques à concentration (à la fois pour les cellules multi-jonctions et à jonction simple) et fournit des recommandations et des références relatives aux techniques de mesure. Aucun essai n'est réalisé en vue de déterminer des critères d'acceptation/de rejet pour les cellules.

Le but de la présente spécification est de définir les caractéristiques de performance et les caractéristiques physiques des cellules à concentration. Cette spécification peut également être utilisée pour décrire les ensembles et les récepteurs de cellules, mais n'est pas rédigée pour traiter spécifiquement de l'emballage des cellules. L'objectif n'est pas de normaliser les propriétés des cellules à concentration, mais de normaliser la façon de communiquer les propriétés.

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 62787, *Concentrator photovoltaic (CPV) solar cells and cell-on-carrier (COC) assemblies – Reliability qualification*¹ (disponible en anglais uniquement)

3 Spécifications relatives aux cellules à concentration

Toutes les fiches techniques des cellules à concentration conformes à la présente spécification doivent fournir, au niveau de leur marquage et de leur documentation, les informations spécifiées dans le Tableau 1 ci-dessous. Voir les articles et paragraphes ultérieurs de la présente spécification technique pour plus d'informations sur les spécifications particulières. En supplément des informations indiquées dans les exemples, il est nécessaire d'inclure un schéma de la cellule et les graphiques indiqués.

Certaines spécifications sont facultatives; cependant, si un fabricant de cellules à concentration choisit d'inclure des informations facultatives, il convient de les noter et de les mesurer à l'aide des définitions fournies dans la présente spécification technique.

¹ A publier.

Tableau 1 – Modèle de spécification

Caractéristique	Exemple	Notes/Section
Identification du produit		4.2
Fabricant	Société XYZ	4.2.2
Numéro du modèle	XX1090	4.2.3
Type de cellule	Trois jonctions: GaInP (1,89 eV) / GaInAs (1,39 eV) / Ge (0,67 eV) sur substrat de germanium	4.2.4
Description du produit		4.3
Surface totale	$(1,1 \pm 0,003) \text{ cm} \times (1 \pm 0,003) \text{ cm}$	4.3.2
Surface d'éclairement désignée	$(1 \pm 0,003) \text{ cm} \times (1 \pm 0,003) \text{ cm}$ (voir exemple Figure 1)	4.3.3
Surface de définition des performances du simulateur	$1,01 \pm 0,006 \text{ cm}^2$	
Rendement nominal à l'éclairement de conception	$39 \% \pm 2 \% \text{ à } 500 \text{ kW/m}^2$	4.3.4
Rapports des courants nominaux	Rapports des courants sous spectre direct G173 (par rapport au courant de la jonction supérieure): Cellule 1,89 eV = 1 Cellule 1,39 eV = $1,0 \pm 0,03$ 0,67 eV = $1,7 \pm 0,03$	4.3.5
Coefficients de température (mesurés sous l'éclairement pour lequel le produit a été conçu)	$\alpha = dI_{sc}/dT = + (0,11 \% \pm 0,03 \%) / K$ pour une cellule limitée à 1,89 eV; $+ (0,07 \% \pm 0,03 \%) / K$ pour une cellule limitée à 1,39 eV $\beta = dV_{oc}/dT = - (0,15 \% \pm 0,02 \%) / K$ $dP_{max}/dT = - (0,24 \% \pm 0,06 \%) / K$ Mesurés à $1\,000 \text{ kW/m}^2$; spectre direct AM 1,5; plage de températures comprise entre 25°C et 70°C . D'autres conditions peuvent également être documentées.	4.3.6
Métallisation face avant	Argent	4.3.7
Épaisseur de la métallisation face avant	$1 \mu\text{m}$	4.3.7
Métallisation face arrière	Or	4.3.8
Conception du revêtement anti-reflet	Selon l'indice du 1.4	4.3.9
Épaisseur du substrat	$150 \mu\text{m}$	4.3.10
Conditions de traitement et d'utilisation des cellules		4.4
Température de fonctionnement recommandée (de la cellule)	$-20^\circ\text{C} < T < 150^\circ\text{C}$	4.4.1
Courant photoélectrique maximal	1 A/cm^2	4.4.2
Température de traitement recommandée	$< 350^\circ\text{C}$ pendant 10 min	4.4.3
Compatibilités/incompatibilités chimiques	Incompatible avec l'eau régale	4.4.4
Conditions de stockage (durée de conservation, humidité, température et atmosphère)	Stockage $10^\circ\text{C} < T < 30^\circ\text{C}$ $20 \% < \text{HR} < 70 \%$ Durée de conservation < 4 mois Atmosphère = air	4.4.5
Méthode de câblage recommandée	Face avant: câblage filaire Face arrière: brasure	4.4.6

Caractéristique	Exemple	Notes/Section
Seuil de décharge électrostatique		Suivant la mesure de la future IEC 62787
Graphiques/Tableaux		4.5
Courbe I-V type (mesurée sous l'éclairement pour lequel le produit a été conçu, spectre direct AM 1,5, 25 °C). I_{sc} , I_{mp} , V_{mp} , V_{oc} , FF, rendement spécifiés	Voir exemple Figure 2 NOTE Il faut spécifier l'éclairement en kW/m^2 , car ces unités indiquent également la concentration approximative	4.5.1
Rendement en fonction de l'éclairement à 25 °C	Voir exemple Figure 3 NOTE Il faut spécifier l'éclairement en kW/m^2 , car ces unités indiquent également la concentration approximative	4.5.2
Tension au point de puissance maximum en fonction de l'éclairement à 25 °C	Voir exemple Figure 4 NOTE Il faut spécifier l'éclairement en kW/m^2 , car ces unités indiquent également la concentration approximative	4.5.3
Rendement quantique (présenté sous forme graphique ou tabulaire). Une courbe pour chaque jonction, mesurée à 25 °C	Voir exemple Figure 5	4.5.4
Réponse angulaire, I_{sc} en fonction de l'angle d'incidence comparé à la fonction cosinus	Voir exemple Figure 6	4.5.5
Essais sur les cellules		4.6
Essais LIV et autres essais de caractérisation: Noter les conditions d'essai et la fréquence d'échantillonnage	500 kW/m^2 ; AM1,5D; 25 °C; 100 % des échantillons	Exemple uniquement; se reporter à la description en 4.6
Essais sous contrainte: Décrire les essais sous contrainte appliqués et la fréquence d'échantillonnage, le cas échéant	Certification suivant la future IEC 62787	Exemple uniquement; se reporter à la description en 4.6

4 Caractérisation des cellules à concentration

4.1 Aperçu

Le présent article décrit les paramètres et les lignes directrices permettant la caractérisation des cellules à concentration, avec un paragraphe pour chaque entrée dans le Tableau 1. Il est utile que les fiches techniques présentent des types d'informations similaires, et le principal objectif de cette spécification technique est de favoriser la cohérence entre les fiches techniques. Cependant, étant donné que les informations présentées représentent une cellule type plutôt qu'une cellule spécifique, de légères variations dans la méthodologie d'essai peuvent être négligeables. La présente spécification vise à fournir des définitions cohérentes des conditions d'essai plutôt qu'une spécification précise des méthodes de mesure. A l'avenir, il pourra être utile de définir plus précisément les techniques de mesure, mais il n'existe encore aucun consensus sur l'ensemble des détails des mesures. Par exemple, la caractérisation/le contrôle du spectre en fonction du temps et de l'emplacement pendant le flash d'un simulateur peut être difficile, et chaque laboratoire possède sa propre méthode de contrôle du spectre. Certaines des mesures décrites dans la présente spécification peuvent présenter des incertitudes de l'ordre 5 % à 10 %. Il sera utile de définir des techniques de mesure précises susceptibles de réduire ces incertitudes, mais cette démarche ne s'inscrit pas dans le domaine d'application de la présente spécification.

4.2 Identité du produit

4.2.1 Généralités

La fiche technique doit définir sans ambiguïté l'identité du produit, ce qui peut particulièrement prêter à confusion si l'on utilise un numéro de modèle différent pour une cellule à concentration et une cellule montée.

4.2.2 Fabricant

Dans certains cas, plusieurs fabricants peuvent être impliqués dans le cadre de la croissance épitaxiale, du traitement et des essais pratiqués sur les cellules. Il convient que le nom du fabricant permette une identification de la société responsable de la création de la fiche technique.

4.2.3 Numéro du modèle

Il convient que le numéro du modèle soit unique pour le produit décrit.

4.2.4 Type de cellule

Il convient que la description de la cellule comprenne, au minimum:

- Le nombre de jonctions
- Le(s) matériau(x) utilisé(s) pour chaque jonction
- La bande interdite associée à chaque jonction, si le matériau ne l'indique pas clairement (le silicium, par exemple, ne nécessite aucune clarification)
- Le substrat

A titre facultatif, les épaisseurs de chacune des couches peuvent également être incluses.

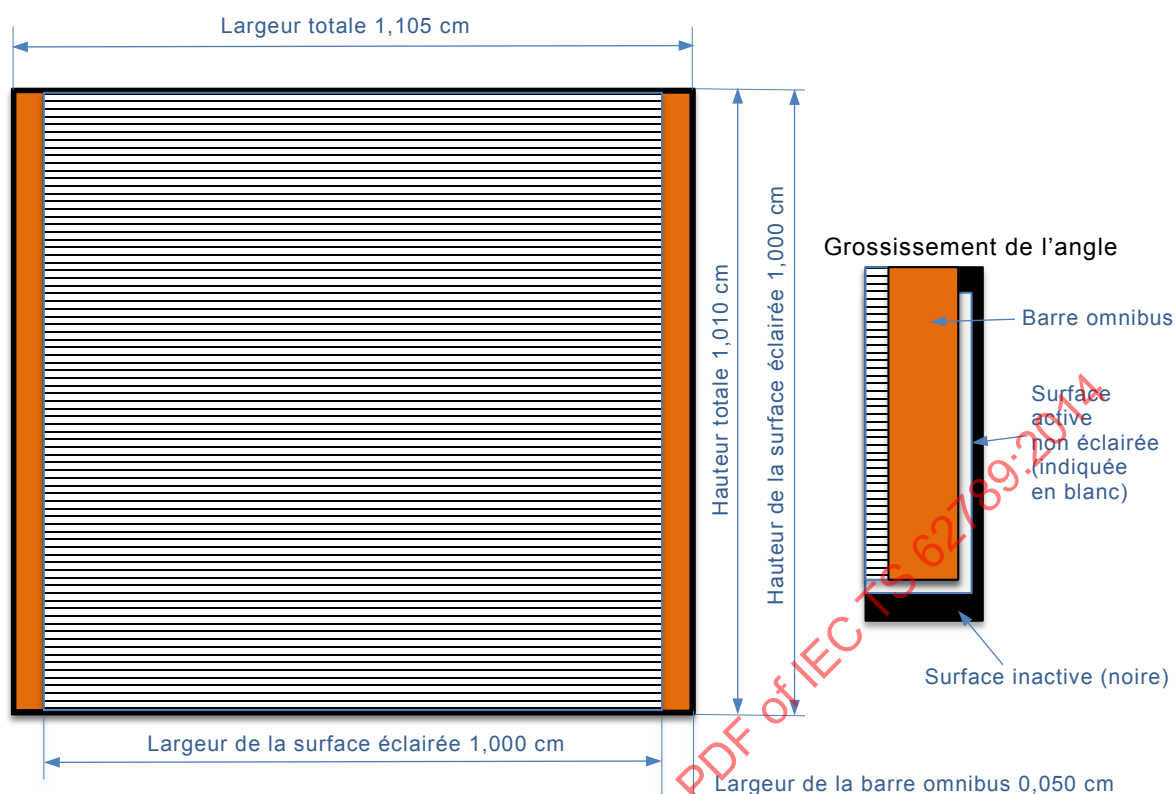
4.3 Description du produit

4.3.1 Généralités

Un schéma est nécessaire pour définir la géométrie de l'échantillon.

4.3.2 Surface totale de la puce

La surface totale de la cellule (puce) est nécessaire pour la conception des ensembles de cellules et leur mise en application dans les modules CPV. Il convient que la désignation de la surface totale comprenne les dimensions (1 cm × 1,1 cm, par exemple) ainsi qu'un schéma. Il convient que ce schéma indique les dimensions totales de la puce ainsi que les surfaces inactives, métallisées et non métallisées. La Figure 1 est un exemple, incluant une vue agrandie de l'angle à droite en bas; le fabricant de la cellule peut utiliser une méthode différente pour communiquer la géométrie correcte.



IEC

Figure 1 – Surface totale de la cellule et surface d'éclairage désignée

4.3.3 Surface d'éclairage désignée

Contrairement aux cellules à couche mince plane qui sont généralement éclairées à 100 %, la conception de nombreux systèmes à concentration permet d'établir les contacts des cellules à l'extérieur de la surface éclairée. Sur la fiche technique, il convient que le schéma donne une indication de l'emplacement et des dimensions de la surface d'éclairage désignée, indiquant la surface conçue pour être éclairée, y compris la surface des grilles de collecte et des barres omnibus destinées à être éclairées. Il convient de définir précisément les dimensions de la barre omnibus qui sera utilisée pour le contact électrique, ce qui peut prêter à confusion car certaines cellules à concentration incluent une zone qui répond à l'éclairage mais qui n'est pas destinée à être éclairée. Plus particulièrement, afin d'éviter un court-circuit, les barres omnibus sont souvent conçues pour laisser un rebord actif à la lumière mais qui se situe à l'extérieur du trajet optique. Ainsi, il convient de masquer les surfaces actives à la lumière qui ne sont pas destinées à être éclairées durant le processus de mesure, ou une correction mathématique peut être appliquée en utilisant la zone sur la surface de définition des performances du simulateur.

Surface de définition des performances du simulateur (surface éclairée durant l'essai) = [surface comprise à l'intérieur d'une isolation méso ou du bord d'une cellule (en l'absence de méso)] - [barres omnibus ou plages de câblage].

Surface d'éclairage désignée = surface conçue pour être éclairée entre les barres omnibus et les mésas ou le bord de la cellule.

4.3.4 Rendement nominal et éclairage de conception

Il convient de déclarer le rendement nominal pour une cellule type, mesuré dans les conditions suivantes:

- Eclairage de conception kW/m²

- AM1,5 Direct (tel que spécifié dans l'IEC 60904-3), et
- Température de la cellule égale à 25 °C.

L'éclairement de conception est aussi spécifié. Des méthodes de mesure des courbes I-V figurent dans les références indiquées ci-dessus. Il convient d'estimer et d'inclure l'incertitude de la mesure.

4.3.5 Rapports des courants nominaux

Les courants photoélectriques pour chacune des jonctions d'une cellule multi-jonctions peuvent être mesurés en réglant le spectre ou en intégrant la courbe de rendement quantique convolutive avec le spectre étudié. Il convient de spécifier les rapports de courants attendus pour le spectre de référence direct de l'IEC 60904-3 mesuré à 25 °C dans l'air (pour l'ensemble décrit). Si le produit est une cellule nue destinée à être encapsulée, il pourrait être utile d'indiquer les valeurs de mesure avec l'encapsulation, mais cette indication pourrait prêter à confusion car l'application de l'encapsulation, du verre de protection et/ou d'éléments d'optique secondaire pourrait modifier l'optique. Si ces informations sont fournies, il convient d'afficher clairement la méthode de mesure. Par convention, la cellule supérieure sera considérée comme présentant un courant relatif unitaire et les rapports des courants pour chacune des autres sous-cellules sont notés en fonction du courant de la cellule supérieure. Les rapports s'appliqueront aux mêmes conditions de mesure que celles utilisées pour déterminer le rendement nominal. Il convient que la variabilité de ces rapports se reflète dans l'indication de l'incertitude. Il convient que l'identification de la jonction corresponde à la description de la cellule sans aucune ambiguïté en spécifiant la bande interdite, la composition, le nombre de jonctions ou tout autre identifiant unique.

4.3.6 Coefficients de température

Les coefficients de température pour la tension en circuit ouvert (V_{oc}) et la puissance maximale (P_{max}) peuvent être obtenus en mesurant les courbes I-V pour la cellule soumise à l'éclairement pour lequel elle a été conçue et un éclairement direct AM1,5 pour des températures comprises dans un intervalle d'au moins 70 °C et/ou sur toute la plage de températures de fonctionnement, selon les spécifications du fabricant (voir 4.4.1). Le coefficient de température du courant de court-circuit (I_{sc}) est particulièrement difficile à mesurer et peut être établi de façon plus appropriée à partir de valeurs théoriques de référence ou en intégrant le rendement quantique mesuré à des températures variables tenant compte de la réduction de la bande interdite lorsque la température augmente. Il convient d'exprimer tous les coefficients de température en unités relatives (%/K) et incertitudes incluses. Les coefficients de température pour des niveaux d'éclairement multiples peuvent être inclus à la discrétion du fabricant.

4.3.7 Métallisation face avant

Il convient de décrire la composition chimique et l'épaisseur de la métallisation face avant de façon suffisamment détaillée pour faciliter la formation du contact.

4.3.8 Métallisation face arrière

Il convient de décrire la composition chimique de la métallisation face arrière de façon suffisamment détaillée pour faciliter la formation du contact.

4.3.9 Conception du revêtement anti-reflet

Spécifier l'indice de réfraction pour lequel a été conçu le revêtement anti-reflet (par exemple, dans l'air ($n = 1$)).

4.3.10 Epaisseur du substrat

Il convient de spécifier l'épaisseur du substrat.

4.4 Conditions de traitement et d'utilisation des cellules

4.4.1 Température de fonctionnement recommandée d'une cellule

Une augmentation de la température de fonctionnement d'une cellule peut provoquer une défaillance prématurée des cellules. Un fonctionnement à très basse température peut devenir problématique si la fonction de jonction tunnel est limitée. Il convient que le fabricant identifie une plage de fonctionnement recommandée.

4.4.2 Courant photoélectrique maximal d'une cellule

Les performances d'une cellule multi-jonctions peuvent se dégrader considérablement si le courant photoélectrique local dépasse la capacité des jonctions tunnels. Les cellules au silicium peuvent présenter une puissance de sortie réduite si les concentrations des porteurs atteignent des niveaux provoquant une recombinaison Auger. Il convient de spécifier le courant photoélectrique recommandé maximal d'une cellule en unités d'A/cm².

4.4.3 Température recommandée de traitement d'une cellule

Il convient de spécifier une température et une durée de traitement après laquelle les cellules pourront conserver les propriétés décrites dans la fiche technique.

4.4.4 Compatibilités/incompatibilités chimiques

Etablir une liste des produits chimiques courants ou des processus susceptibles de provoquer une dégradation des performances de la cellule, ou qui sont recommandés.

4.4.5 Conditions de stockage

Décrire les conditions de stockage recommandées de la cellule incluant au minimum la température de stockage, l'humidité, l'atmosphère (boîte sèche, sac en plastique purgé à l'azote, par exemple) et la durée de conservation. Les conditions de stockage sont importantes à la fois pour la protection des cellules nues et pour le maintien de l'état de surface des plages de câblage.

4.4.6 Méthode de câblage recommandée

La configuration de la métallisation est généralement conçue pour s'adapter à une méthode de câblage spécifique telle que le câblage filaire, le brasage, le soudage ou le collage. Cette méthode de câblage peut varier entre les faces avant et arrière et, par conséquent, nécessite d'être spécifiée à la fois pour l'avant et pour l'arrière.

4.5 Graphiques et tableaux

4.5.1 Courbe I-V type

Il convient de présenter la courbe I-V mesurée au 4.3.3 pour déterminer le rendement nominal avec les valeurs mesurées pour I_{sc} , I_{mp} , V_{mp} , V_{oc} , FF et le rendement, tel que représenté sur la Figure 2. A titre facultatif, on peut inclure une courbe d'intensité-tension.