

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Concentrator photovoltaic (CPV) solar cells and cell on carrier (CoC) assemblies – qualification

Cellules solaires photovoltaïques à concentration (PVC) et ensembles de cellules sur support (CoC) – Qualification

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62787:2021



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2021 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
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 corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 once a month by email.

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: sales@iec.ch.

IEC online collection - oc.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 18 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

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.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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 une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC online collection - oc.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Concentrator photovoltaic (CPV) solar cells and cell on carrier (CoC) assemblies – qualification

Cellules solaires photovoltaïques à concentration (PVC) et ensembles de cellules sur support (CoC) – Qualification

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.160

ISBN 978-2-8322-9326-3

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 Terms and definitions	7
4 Operating environment	9
5 Sampling	9
6 Marking	10
7 Characterization methods for measuring the performance of bare cells and CoCs subjected to qualification tests	10
7.1 General	10
7.2 Light I-V measurement	10
7.3 Dark I-V measurement	11
7.3.1 General	11
7.3.2 Procedure	11
7.4 Electroluminescence (EL) mapping	11
7.5 X-ray and Scanning Acoustic Microscope (SAM)	12
7.6 Visual inspection	12
7.7 Thermal resistance measurement	12
8 Pass criteria	13
9 Documentation and reporting	20
10 Modifications and requalification	20
11 Qualification stress tests	21
11.1 General	21
11.2 ESD damage threshold	21
11.2.1 General	21
11.2.2 Purpose	21
11.2.3 Procedure	22
11.2.4 Requirements	22
11.3 Front and back metal adhesion	22
11.3.1 Purpose	22
11.3.2 Procedure	22
11.3.3 Requirements	22
11.4 High-temperature storage	22
11.4.1 Purpose	22
11.4.2 Procedure	22
11.4.3 Requirements	23
11.5 Thermal cycling	23
11.5.1 Purpose	23
11.5.2 Procedure	23
11.5.3 Requirements	24
11.6 High temperature with current injection	24
11.6.1 Purpose	24
11.6.2 Procedure	25
11.6.3 Requirements	25
11.7 Low level light biased damp heat	25
11.7.1 Purpose	25

11.7.2	Procedure.....	25
11.7.3	Requirements	25
11.8	Solderability	26
11.8.1	Purpose.....	26
11.8.2	Procedure.....	26
11.8.3	Requirements	27
11.9	Illumination	27
11.9.1	Purpose.....	27
11.9.2	Procedure.....	27
11.9.3	Requirements	28
11.10	Wire/Ribbon bond strength.....	28
11.10.1	Purpose.....	28
11.10.2	Procedure.....	28
11.10.3	Requirements	30
11.11	Die adhesion.....	31
11.11.1	Purpose.....	31
11.11.2	Procedure.....	31
11.11.3	Requirements	31
11.12	Connector shear strength.....	32
11.12.1	Purpose.....	32
11.12.2	Procedure.....	32
11.12.3	Pass/fail criteria.....	33
11.13	Bypass diode shear strength.....	33
11.13.1	Purpose.....	33
11.13.2	Procedure.....	33
11.13.3	Requirements	33
Figure 1 – Schematics and photos of Cells on Carrier and bare cell test assembly		8
Figure 2 – Representative samples of CPV systems, where cells and CoCs are deployed.....		9
Figure 3 – Flow chart of qualification tests for bare solar cells		18
Figure 4 – Flow chart of qualification tests for CoCs		19
Figure 5 – Thermal Cycle Diagram for the CoC test and TCO-1		24
Figure 6 – Force diagram in the bond strength test (taken from IEC 60749-22:2002, Annex A, Method B).....		29
Figure 7 – Minimum bond pull limits (normal to die) (taken from IEC 60749-22:2002, Annex A, Method B).....		30
Figure 8 – Schematic of the test set up for the die adhesion test.....		31
Figure 9 – Die shear strength criteria (minimum force versus die attach area) (taken from MIL-STD-883-K)		32
Figure 10 – Schematics of the position of the pushing tool (taken from IEC 62137-1-2:2007)		33
Table 1 – Qualification tests description for bare solar cells.....		14
Table 2 – Qualification tests description for CoCs.....		16
Table 3 – Thermal Cycle Options (TCO) of test 11.5 for CoCs		23
Table 4 – Minimum pulling forces, PW (taken from IEC60749-22:2002, Method B).....		29

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

CONCENTRATOR PHOTOVOLTAIC (CPV) SOLAR CELLS AND CELL ON CARRIER (CoC) ASSEMBLIES – QUALIFICATION

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 62787 has been prepared by subcommittee 82: Solar photovoltaic energy systems.

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
82/1818/FDIS	82/1834/RVD

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

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

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

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

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62787:2021

CONCENTRATOR PHOTOVOLTAIC (CPV) SOLAR CELLS AND CELL ON CARRIER (CoC) ASSEMBLIES – QUALIFICATION

1 Scope

This document specifies the minimum requirements for the qualification of concentrator photovoltaic (CPV) cells and Cell on Carrier (CoC) assemblies for incorporation into CPV receivers, modules and systems.

The object of this qualification standard is to determine the optoelectronic, mechanical, thermal, and processing characteristics of CPV cells and CoCs to show that they are capable of withstanding assembly processes and CPV application environments. The qualification tests of this document are designed to demonstrate that cells or CoCs are suitable for typical assembly processes, and when properly assembled, are capable of passing IEC 62108.

This document defines qualification testing for two levels of concentrator photovoltaic device assembly:

- a) cell, or bare cell; and
- b) cell on carrier (CoC).

NOTE Note that a variety of alternate names are used within the industry, such as solar cell assembly, receiver, etc.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60721-2-1:2013, *Classification of environmental conditions – Part 2-1: Environmental conditions appearing in nature – Temperature and humidity*

IEC 60749-3:2017, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 3: External visual examination*

IEC 60749-6:2017, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 6: Storage at high temperature*

IEC 60749-14:2003, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 14: Robustness of terminations (lead integrity)*

IEC 60749-21:2011, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 21: Solderability*

IEC 60749-22:2002, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 22: Bond strength*

IEC 60904-1-1:2017, *Photovoltaic devices – Part 1-1: Measurement of current-voltage characteristics of multi-junction photovoltaic (PV) devices*

IEC 61000-4-2:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61193-2:2007, *Quality assessment systems – Part 2 selection and use of sampling plans for inspection of electronic components and packages*

IEC TS 61836:2016, *Solar photovoltaic energy systems – Terms, definitions and symbols*

IEC 62108:2016, *Concentrator photovoltaic (CPV) modules and assemblies – Design qualification and type approval*

IEC 62137-1-2:2007, *Surface mounting technology – Environmental and endurance test methods for surface mount solder joint – Part 1-2: Shear strength test*

IEC 62670-1:2013, *Photovoltaic concentrators (CPV) – Performance testing – Part 1: Standard conditions*

IEC TS 62789:2014, *Photovoltaic concentrator cell documentation*

IEC 63202-2, *Photovoltaic cells – Part 2: Electroluminescence image for crystalline silicon solar cells*

ECSS-E-ST-20-08C Rev 1, 18 July 2012, *Space engineering – Photovoltaic assemblies and components – Part 7.5.8: Coating adherence (CA)*

MIL-STD-883-K, *Test Method Standard – Microcircuits Method 2019.9 Die shear strength*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC TS 61836 and IEC 62108 apply, as well as the following.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.1

bare cell

refers to a semiconductor die level. The physical form during a commercial transaction may be a separated solar cell, a diced wafer on tape, or even a processed wafer. The one common denominator is that the qualified configuration is completely unprotected and not ready for interconnection with the rest of a CPV module

Note 1 to entry: For this qualified configuration, the customer is responsible for all integration and assembly.

Note 2 to entry: For some qualification tests, bare cells are mounted on a substrate, heatsink, or other type of carrier (see Figure 1c). This provides mechanical stability, robust electrical contacts, and appropriate thermal management, but it is not considered in the bare solar cell qualification.

3.2

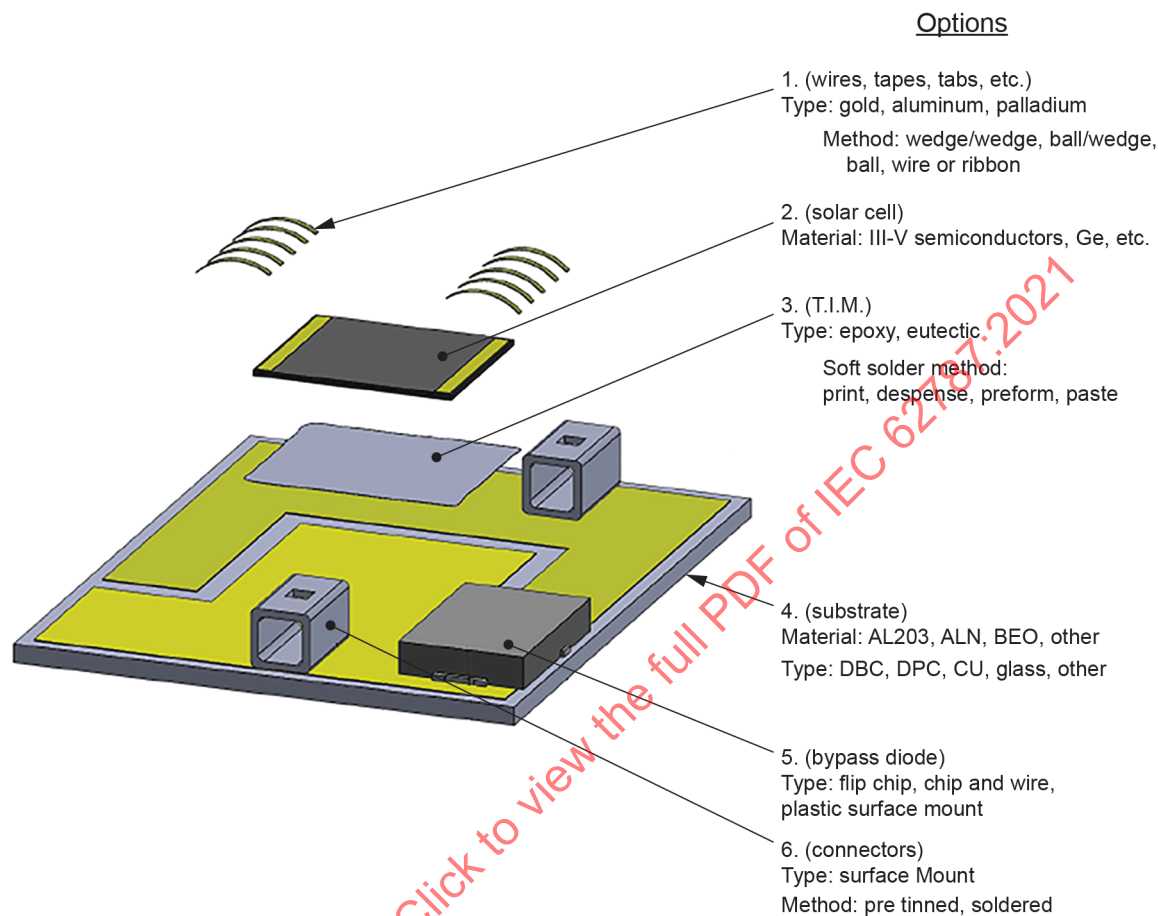
Cell on Carrier

CoC

cell bonded and interconnected with a cell carrier, at a minimum (see Figure 1b). This is a relatively small, assembled unit in a relatively complete and rugged package

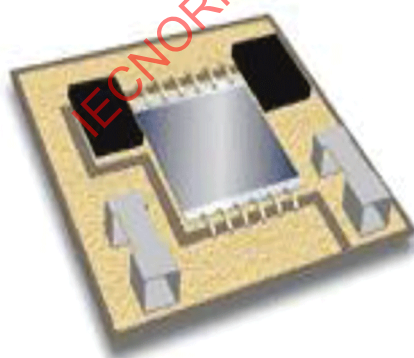
Note 1 to entry: A cell on carrier can optionally include a bypass diode, encapsulation of the cell and/or interconnects and a connector to simplify series or parallel connection. Alternatively, a CoC can also include multiple cells. A CoC does not include any optical element.

Note 2 to entry: Figure 1 shows an expanded schematic of common components in a CoC, along with two photos. Note that these photos illustrate relatively simple packages containing one primary photovoltaic device.



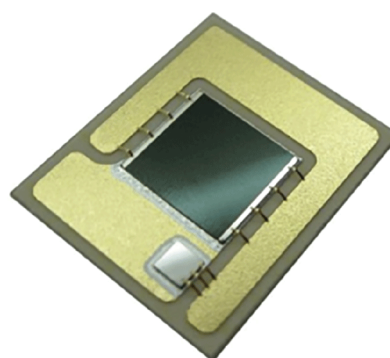
IE

a) CoC exploded schematic



IEC

b) Cell on Carrier (CoC) with connectors and 2x packaged diodes. Intended for sale in this configuration.



IEC

c) Bare cell test assembly is intended to provide a test vehicle for bare cell qualification. Bypass diodes can be included or not. Not a CoC offered for sale.

Figure 1 – Schematics and photos of Cells on Carrier and bare cell test assembly

3.3

supplier

any entity that supplies CPV wafers (diced or undiced), CPV solar cells (separated on foils in sawing frames, single cells in trays or in reel) or CoCs to a customer

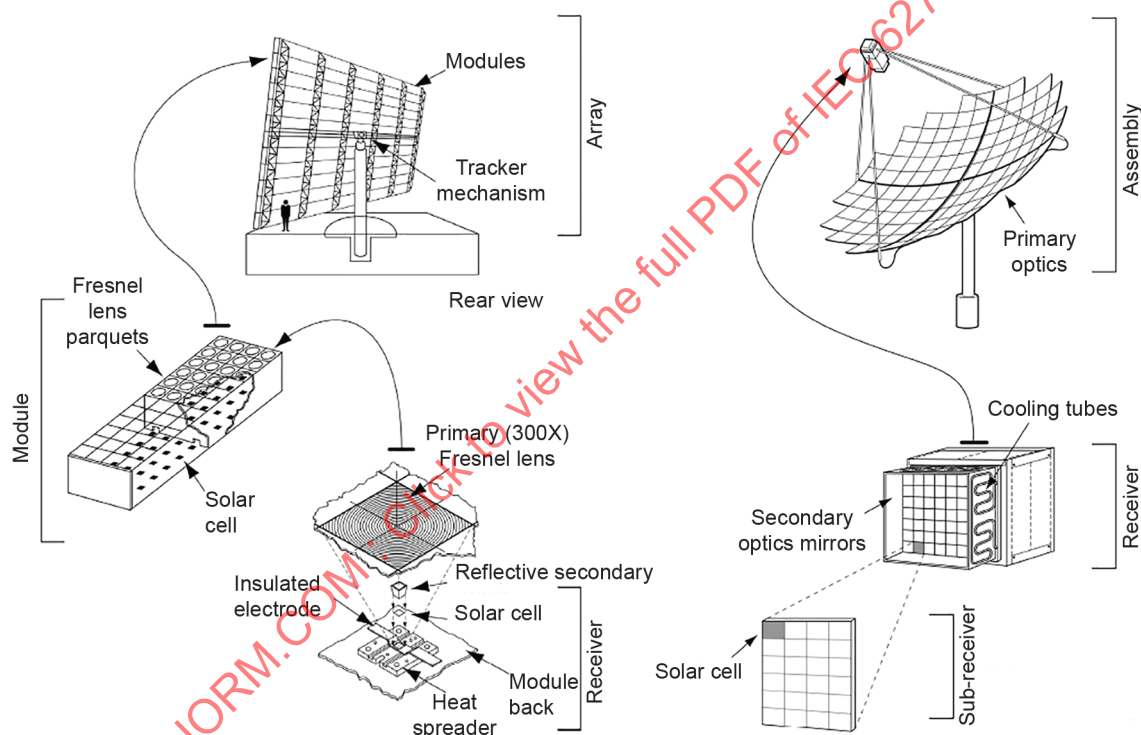
3.4

customer

any entity that buys some of these products from the supplier

4 Operating environment

CPV systems are typically designed to be operated in the “open-air climates” defined in IEC 60721-2-1 except the Polar one. Depending on the details of the system design, the bare solar cells and CoCs may or may not be protected from exposure to damp heat, freezing, condensation, and other elements of the CPV application environment. Figure 2 shows schematics of two CPV system designs.



IEC

Figure 2 – Representative samples of CPV systems, where cells and CoCs are deployed

Regardless of the specific design approach taken, the high incident irradiance impinging on the solar cells in CPV systems will cause them to operate at (local) temperatures that can be significantly higher than the maximum ambient temperature specified for the system as a whole.

5 Sampling

Device samples used in qualification testing shall be selected randomly in accordance with IEC 61193-2 from a minimum of two manufacturing batches and subjected to the defined Process Identification Document (PID) manufacturing and screening steps.

The number of devices to be tested in each qualification test shall not be less than the sample sizes specified in Clause 8. In order to provide statistical meaning to the number of devices, IEC 61193-2 has been used since it assigns a defect probability as a function of number of samples.

The samples for each test of Table 1 and Table 2 shall be chosen randomly from the qualification lot. The qualification lot shall be a production lot of at least 1 000 bare cells/CoCs. The production lot shall be formed from at least two epitaxial runs and three metal/ARC depositions carried out in different weeks.

6 Marking

Due to the very small bare solar cell dimensions any marking on cell is usually not possible. Therefore, an ID mapping needs to be applied. Regarding CoC under test, they shall be clearly marked or identified for later tracking of data records. The required information for both bare cells and CoCs are:

- name, monogram, or symbol of manufacturer;
- type or model number;
- serial number;
- polarity of terminals or leads;
- the date, place of manufacture, and cell materials should be marked, or be traceable from the serial number.

7 Characterization methods for measuring the performance of bare cells and CoCs subjected to qualification tests

7.1 General

The optoelectronic performance characterization based on illumination I-V curves tries to identify optoelectronic performance degradation of test samples caused by the required qualification tests. Therefore, illumination I-V curve has to be performed before and after qualification tests. The goal of the illumination I-V curve is on the relative power degradation, not on the absolute power output. Scanning Acoustic Microscopy (SAM) is also required but only for CoCs.

In addition, electroluminescence mapping and dark I-V curve can provide diagnostic information about defects and changes within the device. Before and after qualification testing, dark I-V curve can be carried out for the voltage and current ranges of interest. Electroluminescence images are not explicitly suggested through this document, but they could be of great help when captured for each device at different current injection levels before and after some qualification tests.

7.2 Light I-V measurement

This is a compulsory characterization method. All test samples shall be measured at 25 °C, under AM1.5D spectrum as specified in IEC 62670-1, and at an overall light intensity representative of the intended application. For the purposes of this characterization method, 1 sun equivalent of the AM1.5D spectrum will have a total power density (irradiance) of 0,1 W/cm², so that a light intensity of 100 W/cm² = 1 000 suns. The parameters and measurement methods for the light I-V measurement are defined in IEC 60904-1-1:2017.

Illumination I-V curve has to be performed before and after qualification tests. The focus of the illumination I-V curve is on the relative power degradation, not on the absolute power output. The relative power degradation, P_d , is defined as follows:

$$P_d(\%) = \frac{P_i - P_f}{P_i} 100 \quad (1)$$

where

P_f is the maximum power measured after the given test, and

P_i is the maximum power measured before the given test.

At a minimum, J_{sc} (short circuit current density), V_{oc} (open circuit voltage), FF (fill factor), P_{max} (maximum power) and efficiency should be used in this document and have to be included in the qualification report for pre/post stress test evaluation.

7.3 Dark I-V measurement

7.3.1 General

This is a compulsory characterization method for the Electrostatic Discharge (ESD) Damage Threshold test while is optional for the rest. The high operating current density of CPV devices, can sometimes mask detection of low level defects or the onset of degradation. Dark I-V measurements performed before and after a qualification test can provide a more sensitive measure of damage or degradation.

The dark I-V measurement is a cost-effective method to monitor and diagnose power degradation of bare solar cells and CoCs following intermediate stress tests, or to monitor the electric performance stability of the control samples.

7.3.2 Procedure

If the dark I-V is used for diagnostic purpose, it should be measured during initial measurements to establish a reference for later dark I-Vs.

- Choose a suitable power source, which could be a conventional DC power supply, as long as it will generate current up to 1,5 times the rated current point corresponding to the photocurrent at the specified maximum concentration. The current should be adjustable so that there are at least 30 separate points in the range of 10^{-4} to 1,5 times rated I_{sc} at the specified maximum concentration. The interval of the points should be nearly equal-spaced with a lower pitch around I_{sc} ;
- For CoCs, short the blocking diode by placing a jumper lead across the leads of the blocking diode, if there is one installed;
- Connect the power source's positive lead to sample's positive lead, and the power source's negative lead to sample's negative lead;
- Block completely the light impinging the cells;
- Temperature shall be controlled and repetitive in order to comparing measured I-V results;
- Apply current to the device and record current, voltage and temperature. Complete this procedure as quickly as possible to avoid significant heating of the devices during the test.

7.4 Electroluminescence (EL) mapping

This is an optional characterization method. Forward bias current injected into the cells can recombine at defects, or recombine radiatively. To capture the full range of information, EL images are recommended to be taken with current injection within the range from 1 % to 10 % of I_{sc} at maximum concentration in order to prevent false failures. No matter this recommendation, other current injection levels are allowed as well as to capture EL maps at different injected current levels. When characterizing bare solar cells they have to be properly heat sunk in order to avoid thermal runaway. Any spiking due to power source or circuit connection/disconnection has to be avoided. See IEC 63202-2 for guidance.

7.5 X-ray and Scanning Acoustic Microscope (SAM)

SAM is the characterization method preferred to know the state of the joint between the back of the solar cell and the carrier. So, its use is compulsory only for CoCs. Since the availability of SAM is not as widespread as X-ray, the following protocol is recommended:

- To measure by x-ray before the qualification test in order to measure the voids area. Only <5 % voids in total area and <1 % for the biggest void are allowed.
- After the qualification test, SAM is performed and no cracks are allowed.

In order to know the scientific background of SAM, some references¹ can be followed.

7.6 Visual inspection

In several tests of Table 1 and Table 2 the pass criteria is the absence of Major Visual Defects (MVD). Optical devices with magnification between 3x and 10x and large vision field shall be used. For the purposes of design qualification and type approval, the following are considered to be major visual defects:

- broken, cracked, bent, misaligned or torn external surfaces, terminals and contacts;
- broken or cracked solar cells;
- voids, pits, visible corrosion, contamination or delamination;
- loss of mechanical integrity;
- plate of CoC delaminated, peeling, dented or with detachments;
- hot spots and burnt parts;
- non-uniformity of the antireflection coating.

For additional details about visual defects consider IEC 60749-3:2017 and also check the product specifications in the supplier brochure.

Furthermore, some CoC qualification tests require the visual confirmation of some defects such as dice displacement, wire breakage, area of solder coverage, etc.

7.7 Thermal resistance measurement

This is a characterization method for CoC test at high temperature with current injection for identifying thermal defects that shall be carried out before and after test. The procedure is:

- Place the CoC in good thermal contact onto a carrier with a programmable temperature controller, under natural convection. Place a very thin thermocouple between the CoC and the carrier just beneath the solar cell location. The programmable temperature can be achieved by Peltier cooling module, liquid chiller, etc. Set the temperature at $(40 \pm 0,4) ^\circ\text{C}$.
- Forward bias the CoC at $0,5 I_{sc}$ (achieved at maximum concentration). After a transient period the steady state solar cell temperature is achieved where the voltage of the CoC is measure so, the dissipated power of CoC (P_{CoC}) can be determined.
- Measure the backplate CoC temperature (T_{bp}) by the thermocouple.
- Take a picture of the solar cell with an Infrared Thermographic Camera (ITC), at the normal direction to the CoC surface. This ITC shall have a pixel resolution well below the solar cell size. Take the maximum solar cell temperature (T_c) shown by infrared picture.

¹ M. Yazdan Mehr, A. Bahrami, H. Fischer, S. Gielen, R. Corbei, W.D. van Driel, G. Q. Zhang, "An Overview of Scanning Acoustic Microscope, a Reliable Method for Non-destructive Failure Analysis of Microelectronic Components", 2015 16th international Conference on Thermal, Mechanical and Multi-Physics Simulation and Experiments in Microelectronics and Microsystems, DOI: 10.1109/EuroSimE.2015.7103077.

- Calculate the thermal resistance between the cell and the back plate of the CoC ($R_{th,c-bp}$) with formula (2).

$$R_{th,c-bp} = \frac{T_c - T_{bp}}{P_{CoC}} \quad (2)$$

8 Pass criteria

A bare cell type should be judged to have passed the qualification tests and therefore to be IEC 62787 type approved, if all test samples meet the requirements of all tests shown in Table 1. Similarly, a CoC type should be judged to have passed the qualification tests and therefore to be IEC 62787 type approved, if all test samples meet the requirements of all tests shown in Table 2. Besides, bare solar cells used in manufacturing CoCs shall be previously qualified following this document.

Unless otherwise specified in the applicable test procedure, all failures observed in stress tests shall be documented regardless of the failure mode. Omission of any failures from the test analysis and results shall be clearly justified and the information related to those failures shall be available for review upon request (NCR – non-conformance report).

If there are some failures observed during the tests, the following judgment and re-test procedure shall apply:

- Three or more tests failed of Table 1 or Table 2 are not allowed, the device shall be deemed not to have met the qualification requirements.
- When one or two test types fail because of two or more samples do not meet the pass criteria of the same test of Table 1 (for bare cells) or Table 2 (for CoCs), the device shall be deemed not to have met the qualification requirements.
- When one or two test types fail because one sample fails the same test, another two samples meeting the requirements could be subjected to test from the beginning.
- In case c), if all samples pass the test, the device shall be judged to have met the qualification requirements.
- In case c), if one or more of these samples also fails, the device shall be deemed not to have met the qualification requirements.
- In case a), b) or e), all the tests described in Table 1 (for bare cells) or in Table 2 (for CoCs) shall be re-performed, usually after some design or processing improvement. A non-conformance report shall be required.

Table 1 – Qualification tests description for bare solar cells

Test name	Subclause	Reference standards	Test description	Number of samples	Pass criteria	Remarks
ESD damage threshold	11.2	IEC 61000-4-2	Incremental voltage tests to establish ESD damage threshold.	5 (on representative carriers)	<10 % dark voltage loss at the current point corresponding to the photocurrent at the specified maximum concentration.	Dark I-V measurement before and after. Report passing and failing voltage levels.
Front and back metal adhesion	11.3	ECSS-E-ST-20-08C Rev 1	To introduce solar cells 24 h in a climatic chamber at 95 °C / 90 %RH (pure water and no condensation)	32	No contact material on the adhesive tape	
High temperature storage	11.4	IEC 60749-6 customized to 80 °C	1 000 h at 80 °C (climatic chamber temperature) and <40 % RH	32	- No MVD¹ <5 % illumination power degradation for each individual	The test shall be carried out on solar cells/wafer inside their packaging
Thermal cycling	11.5	IEC 62108	300 cycles within a T ranging from –40 °C to 125 °C, dwell > 5 min within ±3 °C of extremes. No current injection	32	- No cell cracks. - No MVD (with 10x magnification) <5 % nominal power degradation for each individual.	Dark I-V (info only) and light I-V before and after test
High temperature with current injection	11.6	N/A	1 000 h at 130 °C (solar cell temperature, i.e. <i>pn</i> junction temperature) with a simultaneous current injection of 0.5 <i>I_{sc}</i> . <i>I_{sc}</i> is the achieved at the maximum concentration specified in the manufacturer brochure	20 (on representative carriers)	- No MVD <5 % nominal power degradation for each individual	Dark I-V (info only) recommendable before and after test. The way to know the <i>pn</i> junction temperature is by measuring voltage variations at a given current injection.
Low level light biased damp heat	11.7	N/A	Light biased to 150 suns, 65 °C / 65 % RH for 500 h	5 (on representative carriers)	- No MVD, <5 % power degradation.	Dark I-V (info only) and Light I-V before and after test

Test name	Subclause	Reference standards	Test description	Number of samples	Pass criteria	Remarks
Solderability	11.8	IEC 60749-21	Two alternative methods: - Reflow process at a temperature of 240 °C for 10 s. Alternatively, apply the time and temperature suggested by the supplier - Application of flux, solder dip in a solder bath and flux removal	5	- Evidence of proper solder wetting: The areas to be inspected of shall have a minimum of 95 % solder coverage minimum. Pinholes, voids, porosity, nonwetting, or dewetting shall not exceed 5 % of the total area to be inspected. - No MVD <3 % nominal power degradation for each individual	Dark I-V (info only) and Light I-V before and after test
Illumination	11.9	- N/A for indoor test. - For outdoor test: to follow the specs of IEC 62108 (outdoor exposure test) that do not infringe the rest of this test.	200 h continuous illumination (at maximum specified concentration ratio) and at open circuit condition with a solar cell temperature (i.e. <i>p_n</i> junction temperature) of 120 °C	2 (on representative carriers)	- No MVD <5 % nominal power degradation for each individual	Cell temperature determined from open circuit voltage measurements. Cell temperature is externally controlled

The conditions shown correspond to minimum acceptable levels of stress, and higher levels of stress may be used (with technical justification included in the final report) in some situations.

Supplier of bare cells shall provide solar cells on representative carriers when required.

All bare cell tests with injected electrical load need interconnectors or mounting on carrier.

MVD means Major Visual Defects.

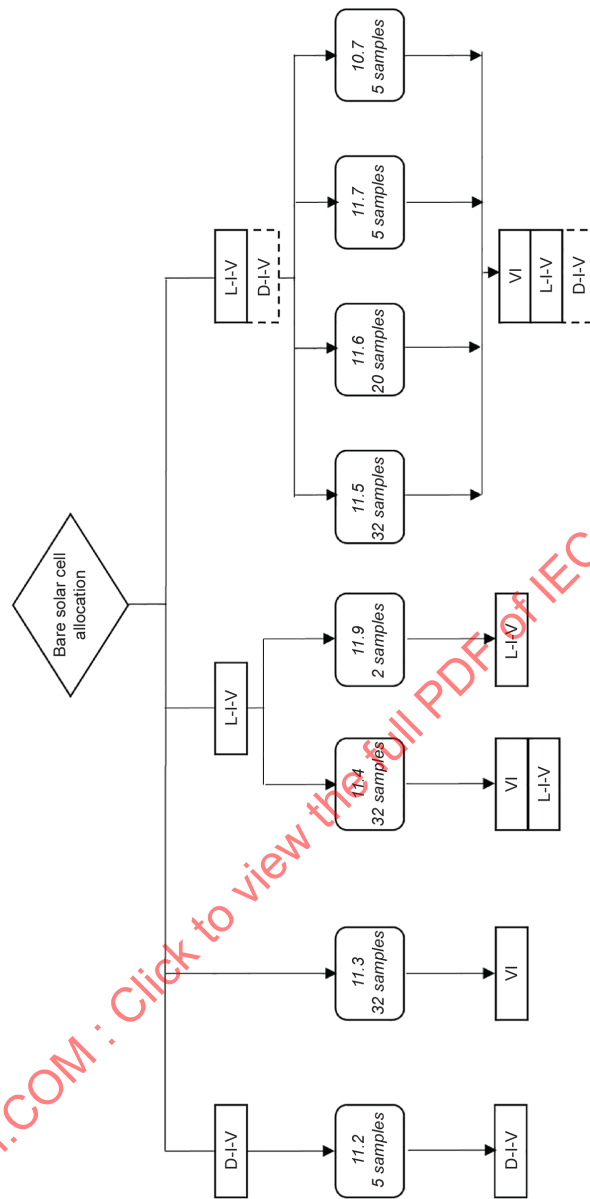
Table 2 – Qualification tests description for CoCs

Test name	Subclause	Reference standards	Test description	Number of samples	Pass criteria	Remarks
ESD damage threshold	11.2	IEC 61000-4-2	Incremental voltage tests to establish HBM ESD damage threshold.	5	<10 % dark voltage loss at the operation point determined by dark I-V curve.	Dark I-V measurement before and after. Report with passing and failing voltage levels. Applicable to the whole CoC
High temperature storage	11.4	IEC 60749-6 customized to 80°C	1 000 h at 80 °C (climatic chamber temperature) and <40 % RH.	32	- No MVD¹ <5 % illumination power degradation for each individual	The test shall be carried out on CoCs inside their packaging. Light I-V before and after test
Thermal cycling	11.5	IEC 62108	300 cycles within a T ranging from -40 °C to 125 °C, while 500 cycles within a T ranging from -40 °C to 110 °C. Both options limit the maximum number of cycles within a 24 h period as 18 (80 min minimum). dwell > 5 min within ± 3 °C of extremes temperatures. With current injection ($1,25 I_{sc}$) for $T > 25$ °C while temperature is not decreasing. I_{sc} is the achieved at the maximum concentration specified in the manufacturer brochure.	20	- No MVD (with 10x magnification) <5 % nominal power degradation for each individual. - To measure by X-ray before the qualification test in order to measure the voids area of the die attach. Only < 5 % voids in total area and <1 % for the biggest void are allowed. - After the qualification test, SAM is performed and no cracks are allowed.	Dark I-V (info only). Light I-V and X-ray before and after test. SAM performed after the test.
High temperature with current injection	11.6	N/A	400 h for 130 °C or 2 500 h for 110 °C with simultaneous current injection $0,5 I_{sc}$. I_{sc} is the achieved at the maximum concentration specified in the manufacturer brochure. Above temperatures are those inside the climatic chamber	20	- No MVD <5 % nominal power degradation for each individual - Increase of thermal resistance ($R_{th,c-bp}$) less than 10 %	Dark I-V (info only) and Light I-V before and after test.
Solderability	11.8	IEC 60749-21	Two alternative methods: Reflow process at a temperature of 240 °C for 10 s. Alternatively, apply the time and temperature suggested by the supplier. Application of flux, solder dip in a solder bath and flux removal	5	- Evidence of proper solder wetting: solder coverage: The areas to be inspected of shall have a minimum of 95 % solder coverage minimum. Pinholes, voids, porosity, nonwetting, or dewetting shall not exceed 5 % of the total area to be inspected. - No MVD	

Test name	Subclause	Reference standards	Test description	Number of samples	Pass criteria	Remarks
Wire/ribbon bond strength	11.10	IEC 60749-22 (method B)	Wire or ribbon bond, pull until failure, record mode and yield force	32	Pull force should be higher than the minimum specified in the IEC-60749-22. All wires of the CoC should pass the test	
Die adhesion	11.11	MIL.ST-883-K	Die attach, pull or shear to failure, record mode and yield force.	32	Pass/fail criteria are proportional to device size and are specified in the MIL.ST-883-K	
Connectors shear strength	11.12	IEC 60749-14	Pull tool applied to all connectors/lead of CoC, A tension of $(2.2 \pm 0.1) N \times (220 \pm 10) g$ shall be applied without shock to each lead for 30 s.	13	- No MVD - Any evidence of breakage, loosening, or relative motion between the lead and the device body shall be considered a device failure.	
Bypass diode (If present) shear strength	11.13	IEC 60749-22	Shear tool. Record mode and yield force.	13	- No MVD - Any evidence of breakage, loosening, or relative motion between the lead and the device body shall be considered a device failure.	

The conditions shown correspond to minimum acceptable levels of stress, and higher levels of stress may be used (with technical justification included in the final report) in some situations.

1 MVD means Major Visual Defects.



IEC

Key

D-I-V Dark I-V measurement

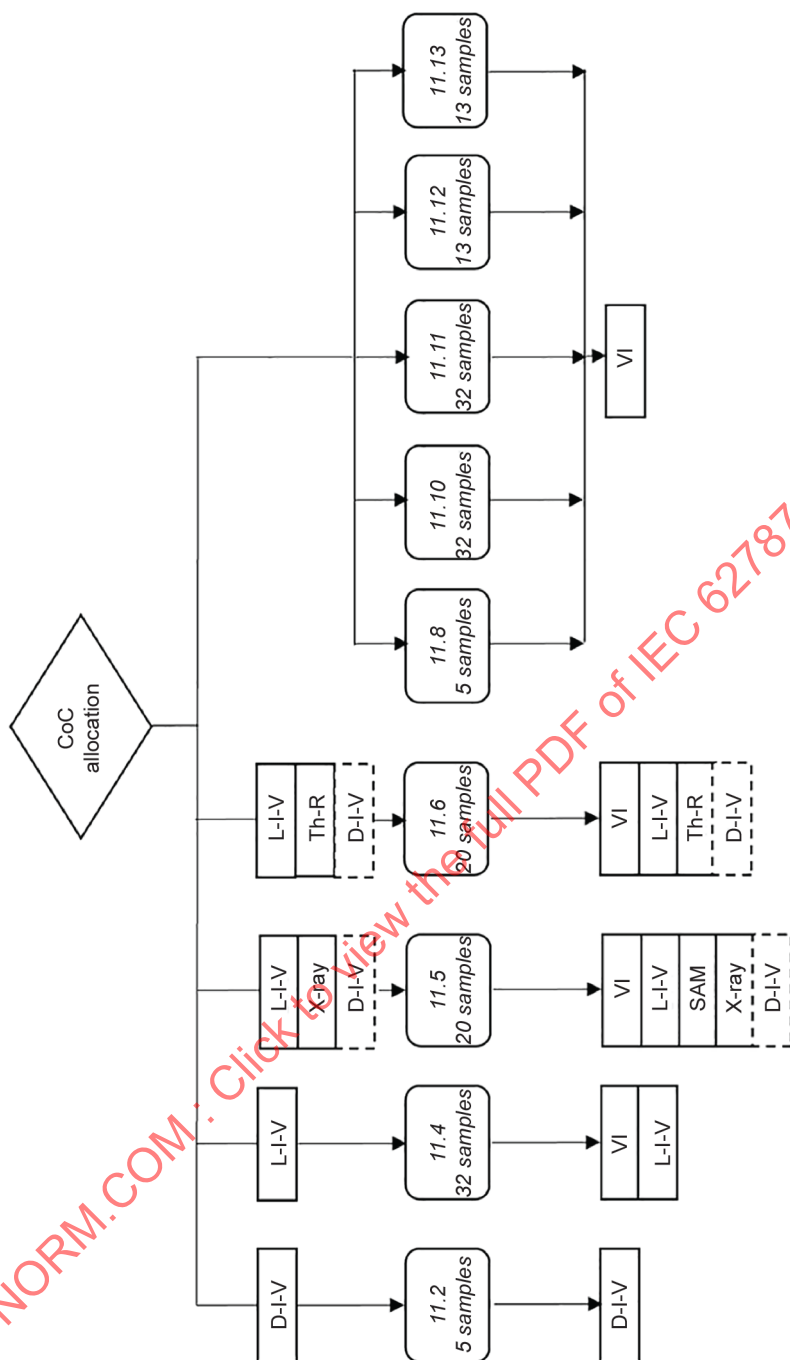
L-I-V Light I-V

VI Visual Inspection

Dotted boxes indicate measurements not required but recommended.

Electroluminescence images before and after some tests are not explicitly recommended but could be used in a similar way as D-I-V.

Figure 3 – Flow chart of qualification tests for bare solar cells



IEC

Key

D-I-V Dark I-V measurement

L-I-V Light I-V

VI Visual Inspection

SAM Scanning Acoustic Microscopy

Th-R Thermal Resistance

Dotted boxes indicate measurements not required but recommended.

Electroluminescence images before and after some tests are not explicitly recommended but could be used in a similar way as D-I-V.

Figure 4 – Flow chart of qualification tests for CoCs

9 Documentation and reporting

Prior to qualification test campaign, the manufacturer will supply the device characteristics according to IEC TS 62789 including the minimum threshold voltage.

Following type approval, a certified report of the qualification tests, with measured performance characteristics and details of any failures and re-tests, shall be prepared by the test agency. The carrier type used in some tests for the bare solar cell qualification (if any) shall be reported. Conversely, full description about the CoC configuration shall be reported.

10 Modifications and requalification

Any changes in design, materials, components, or processing of the bare cells and CoCs which has succeeded in the qualification tests may require a repetition of some or all of the qualification tests to maintain type approval. Manufacturers shall report to and discuss with the certifying body and testing agency every change they made.

Those bare solar cells of CoCs meeting the requirements of IEC 62787 after retesting are considered to be compliant and will be issued an amended CB Conformity Assessment Certificate and an Amended Technical Report Form.

For the modifications listed below the certification body testing laboratory (CBTL) shall use the tests in IEC 62787 as a guideline.

For modifications in bare cells such as:

- Metallization materials, thicknesses and/or process,
- Order of bare cell processing if the change involves the metallization system,

Repeat:

- Front and back metal adhesion (11.3)
- High temperature with current injection (11.6)
- Solderability (11.8)

- Type of epitaxial process,
- Semiconductor layer materials and/or process,
- Change major than 25 % of cell thickness,
- Change major than 25 % in cell area,
- Change greater than 10 % in output power,
- Cutting or dicing conditions.

Repeat:

- Thermal cycling (11.5)
- High temperature with current injection (11.6)
- Damp heat test (11.7)

- Anti-reflective coating material,

Repeat:

- High temperature storage (11.4)
- Thermal cycling (11.5)
- High temperature with current injection (11.6)
- Low level light biased damp heat (11.7)
- Illumination (11.9)

For modifications in CoCs such as:

- Change of manufacturing site not under the same quality assurance system,
- Change greater than 10 % in output power,
- Different manufacturer,
- Different interconnect material,
- Different thickness/diameter of interconnect material, more than 10 % change,
- Different bonding technique,
- Different number of solder bonds,
- Different solder material or flux,

Repeat:

- High temperature storage (11.4)
- Thermal cycling (11.5)
- High temperature with current injection (11.6)
- Wire ribbon/bond strength (11.10)
- Die adhesion (11.11)
- Connector lead straight tensile loading (11.12)

11 Qualification stress tests

11.1 General

Table 1 and Table 2 list the stress tests that each bare solar cell or CoC type shall pass, respectively to be considered IEC 62787 type approved. The tables also include the technical reference(s) for the test methods, a summary of the stress conditions, the sample size, pass/fail criteria, and some critical remarks. Figure 3 and Figure 4 present the same information in flow chart format.

11.2 ESD damage threshold

11.2.1 General

In general, ESD tests are performed at room temperature (25 °C) on completed devices that have been subjected to the normal incoming or source inspection and screening procedures.

11.2.2 Purpose

The purpose of ESD damage threshold testing is to establish the allowable range of ESD events that will not cause irreversible damage to the photovoltaic device. The test shall be applied to both bare solar cells and CoCs.

11.2.3 Procedure

Firstly, the manufacturer shall supply the minimum threshold voltage of the device. A detailed test procedure for measuring ESD damage thresholds of cells and packages is given in IEC 61000-4-2, which also provides instructions for verifying the ESD pulse waveform. In determining a device's ESD threshold, pulses of a particular voltage are applied to the terminals, and then selected parametric measurements are performed. If the parametric measurements do not indicate that the device has failed, then the voltage is increased and the process is repeated. While significant information could be obtained using only voltages up to (or slightly above) the device's minimum specified threshold (which preferably would be at least 500 V), the voltage should continue to be increased until failure occurs, namely a voltage loss >10 % in the dark I-V curve at the current point corresponding to the operation photocurrent at the specified maximum concentration. All measurements will be recorded in the final qualification report.

11.2.4 Requirements

All samples are required to pass the test for the declared minimum threshold voltage. The pass criterion is that device shall exhibit a voltage loss <10 % in the dark I-V at the current point corresponding to the operation photocurrent at the specified maximum concentration.

11.3 Front and back metal adhesion

11.3.1 Purpose

This test is performed to verify the durability of the contacts of the bare solar cell after humidity test consisting of 24 h in a climatic chamber at 95 °C / 90 % RH (pure water and no condensation).

11.3.2 Procedure

The samples shall be tested by applying an adhesive tape which shall be clear in colour with an adhesive strength on steel of at least 0,28 N/mm to both, front and rear surfaces of the solar cell. The tape shall be pressed to transparency and then pulled away with a pull direction of < 45°. The tape is then placed on the form sheet. Additional details can be found in ECSS-E-ST-20-08C Rev.1

11.3.3 Requirements

No delaminated parts on tape. All requirements of the visual inspection shall be fulfilled.

11.4 High-temperature storage

11.4.1 Purpose

The main purpose of this test is to determine whether bare solar cells and CoCs can withstand the high temperatures encountered during transportation and storage within their packaging. Thus, the devices do not operate during these tests, but appropriate functionality measurements need to be made before and after the tests. A relatively long-term test (i.e., 1 000 h at +80 °C) is specified for high-temperature storage. The reason for this is that in some cases this test has been found to stimulate failure modes in much the same manner as a high-temperature operations test.

11.4.2 Procedure

The basic procedure for this test is to soak the sample set in an oven or climatic chamber at 80 °C for 1 000 h. The relative humidity inside the oven or chamber should not exceed 40 %. This test follows the IEC 60749-6 but customized to a temperature of 80 °C. The product shall be in its shipping packaging. Visual inspections and performance tests pre and post stress are required.

11.4.3 Requirements

- a) No evidence of major visual defects.
- b) Power degradation shall be less than 5 % when tested on a solar simulator at specified concentration.

11.5 Thermal cycling

11.5.1 Purpose

The purpose of the thermal cycling test is to determine the bare cells and CoCs ability to withstand thermal mismatch, fatigue and other stresses caused by rapid, non-uniform or repeated changes of temperature. Possible failure mechanisms for thermal cycling in a CoC could include weak mechanical strength of cells, poor solder joints, solder fatigue, incorrect design based on thermal expansion coefficient, adhesive failure or poor workmanship. In order to avoid false failure in bare solar cells caused by unappropriated solder joints, adhesive failure, etc., bare solar cells will be cycled without representative carriers and therefore, without current injection. On the contrary, CoCs will be tested with current injection.

11.5.2 Procedure

- Bare solar cells

The minimum temperature is $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ while the maximum one is $125\text{ }^{\circ}\text{C}$. 300 cycles are required for the qualification with a limit for the maximum number of cycles within a 24 h period as 18 (80 min minimum). A dwell time of at least 5 min within $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ of the high and low temperatures is required. This test has no current injection.

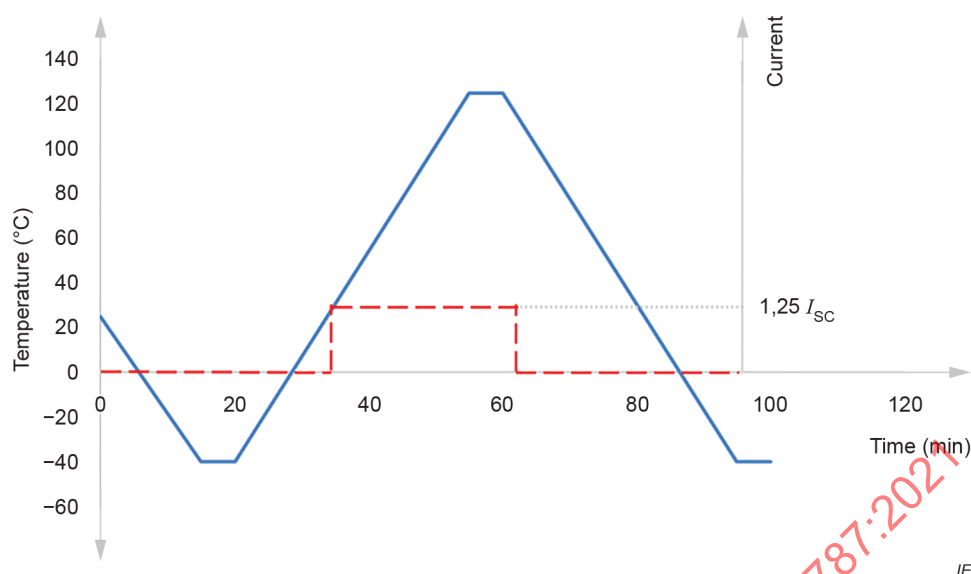
- CoC

The minimum temperature is $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Two options are given in Table 3 for the maximum temperature selected for use. Either $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ or $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ are acceptable as maximum temperatures. If $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ is selected only 300 cycles are required for the qualification while if $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ is selected, 500 cycles are required. Both options limit the maximum number of cycles within a 24 h period as 18 (80 min minimum). In both cases, temperatures are those of the solar cells and not of the climatic chamber as consequence of the current injection described in the next paragraph. Therefore, a previous calibration based on voltage variation, in order to determine the temperature increase as consequence of current injection has to be done. A dwell time of at least 5 min within $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ of the high and low temperatures is required (see Figure 5).

Table 3 – Thermal Cycle Options (TCO) of test 11.5 for CoCs

Option	Maximum cell temperature $^{\circ}\text{C}$	Total cycles	Applied current
TCO-1	125	300	• $1,25 \cdot I_{sc}$ for $T > 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ and temperature is not decreasing. • Zero for $T < 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ or temperature is decreasing
TCO-2	110	500	• $1,25 \cdot I_{sc}$ for $T > 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ and temperature is not decreasing. • Zero for $T < 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ or temperature is decreasing

Current of $1,25 \cdot I_{sc}$ (at the maximum concentration) shall be applied when the cell temperature is greater than $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ and removed at the start of cooling as shown in Figure 5. There will be one current cycle for each temperature cycle. Current is applied to the CoC in forward bias using an external DC power supply (blocking diodes, if present, should be shorted). Special care shall be paid in order to avoid voltage spikes in the current switching that could damage the solar cell. Chamber temperature shall be as close to the solar cell as possible so carriers on which placing the CoCs are recommendable to act as heat sinks. The chamber shall be controlled based on cell temperature and not on the temperature of the chamber.



The schematics for bare solar cells is the same but without current injection (in red).

Figure 5 – Thermal Cycle Diagram for the CoC test and TCO-1

11.5.3 Requirements

- No evidence of major visual defects, as defined in IEC 60749-3:2017 (for both bare solar cells and CoCs).
- Power degradation shall be less than 5 % (for both bare solar cells and CoCs).
- To measure by X-ray before the qualification test in order to measure the voids area in the die attach. Only <5 % voids in total area and <1 % for the biggest void are allowed after qualification test (for CoCs);
- After the qualification test SAM is performed and no cracks are allowed (for both bare solar cells and CoCs).

11.6 High temperature with current injection

11.6.1 Purpose

The purpose of this test is to determine whether bare cells and CoCs can withstand the high temperatures encountered during operation inside CPV modules. Since illumination at the required concentration at high temperatures and for weeks is a very tricky test to be managed, the devices in this test shall not be illuminated but forward biased in order to emulate the photocurrent flowing in operation.

A relatively long-term test for bare solar cells (i.e., 1 000 h) is specified for high-temperature operation (130 °C) while longer term test for CoCs (i.e., 2 500 h) is specified as consequence of a lower temperature of 110 °C while for 130 °C a duration of 400 h is stated. The injected current is $0,5 I_{sc}$ in order to avoid false failures as a consequence of the opposite current flow direction in some parts of the cell when the device is forward biased in comparison with the illumination operation. The test temperature of 130 °C for bare solar cells shall be at the device level so self-heating because of injected current has to be taken into account in order to properly decrease the climatic chamber temperature. Also a temperature of 130 °C (chamber temperature) is proposed for CoCs or alternatively a lower temperature of 110 °C for CoCs which can experiment an important overheating as consequence of the current injection.

Possible failure mechanisms for the high temperature with current injection test in bare solar cells could include degradation of semiconductor layers, corrosion of metals, electromigration of contacts, chemical reactions at the perimeter regions, etc., while delamination and chemical degradation of thermal interfaces, chemical reactions at the metallic interfaces, etc., could appear in CoCs.

For electrical power connection to bare solar cells they need to be mounted on a carrier or have interconnector tabs.

11.6.2 Procedure

The tests shall be carried out with the following severities:

- Test temperature:
 - Bare solar cells: $(130 \pm 2) ^\circ\text{C}$ measured at the solar cell (i.e. *pn* junction temperature) by voltage variations as a function of temperature.
 - CoCs: $130 ^\circ\text{C}$ or $110 ^\circ\text{C} \pm 2 ^\circ\text{C}$ measured at the climatic chamber.
- Test duration:
 - Bare solar cells: 1 000 h
 - CoCs: 400 h for $130 ^\circ\text{C}$ or 2 500 h for $110 ^\circ\text{C}$.
- Current: $0,5 I_{\text{sc}}$ being I_{sc} the achieved at the maximum concentration specified in the manufactured brochure.

11.6.3 Requirements

- a) No evidence of major visual defects.
- b) Power degradation shall be less than 5 %.
- c) Since the test can cause delamination of some layers beneath the solar cell that the illumination I-V curve could not be able to detect, the measurement of the thermal resistance between the solar cell and the CoC backplate is proposed to detect this delamination. Accordingly, thermal resistance shall be measured before and after the test and an increase less than 10 % is proposed (only for CoCs).

11.7 Low level light biased damp heat

11.7.1 Purpose

The purpose of the light biased damp heat test is to reveal any failure modes (such as blistering or degradation of AR coating, corrosion of metals, chemical reaction generating degradation products, etc.) as consequence of long-term exposure to environmental moisture as well as types of failures appearing as a consequence of the addition of light (as exfoliation, electromigration, etc.).

11.7.2 Procedure

The devices will be soaked in an environmental chamber capable of maintaining the specified temperature and relative humidity conditions for the duration of the test. Means for applying a broad-spectrum light bias to each of the devices under test will be provided. Possibilities include external lamps shining through a window in the chamber or damp-heat resistant lamps internal to the chamber. The level of irradiance should be sufficient to achieve 150 suns. Bare solar cells on suitable carriers to avoid overheating have to be stressed in open circuit condition.

The following severities shall be applied.

- Test temperature: $(65 \pm 2) ^\circ\text{C}$
- Relative humidity: $65 \% \pm 5 \%$
- Light bias: Full spectrum at an irradiance level 150 suns
- Test duration: 500 h

11.7.3 Requirements

- a) No major visual defects.
- b) Power degradation shall be less than 5 % at specified concentration level.

11.8 Solderability

11.8.1 Purpose

The primary purpose of this test is to evaluate the solderability of the terminations provided by bare solar cell and CoC that are intended to be joined by soldering operations to another surface. In addition, it is used to help assure that the soldering process does not affect the mechanical integrity of the bare solar cell or CoC (e.g., due to thermal shock, thermal cycling). Furthermore, this test should ensure that the solder layer has a close to 100 % cell contact area coverage (effectively void free) to avoid hot spots caused by improper heat transport to carriers and back plates.

11.8.2 Procedure

The procedure for this test is as described in IEC 60749-21. There are two main test methods permitted:

- Dip, observe and document (soldering in a solder bath).
- Reflow process (solder paste printing and reflow).

In general, the procedure calls for cleaning of the terminations (if desired), a flux-application step, a solder- procedure (solder dip or reflow process) and an examination of the terminations.

If soldering is used for any part of the assembly of the package or subassembly (such as cell or bypass diode attachment), the solder flux shall be non-corrosive unless effective cleaning is performed. Cleanliness tests include insulation resistance and solvent extract conductivity. Additional reliability tests might be required if flux is used in a non-hermetic package.

a) Dip and observe

The test flow is defined to:

- Preparation of the terminations, if applicable
- Application of flux
- Solder dip in a solder bath
- Flux removal
- Inspection at 10x to 20x magnification

Materials:

- Flux shall be a standard activated rosin flux
- Solder shall be lead free with 3 % to 4 % silver to avoid contact leakage.

A detailed equipment description and a detailed solder process (parameter) definition is given in IEC 60749-21.

b) Reflow process

The test flow is defined as:

- Preparation of the terminations, if applicable
- Stencil or screen printing of solder paste (including flux)
- Soldering in a reflow furnace at a temperature of 240 °C for 10 s. Alternatively, apply the time and temperature suggested by the supplier
- Flux removal
- Inspection at 10x to 20x magnification

Materials:

- Solder paste shall be lead free with 3 % to 4 % silver to avoid contact leakage
- Flux is a part of the solder paste.

A detailed equipment description and a detailed solder process (parameter) definition is given in IEC 60749-21.

c) Alternative solder process

An alternative to the above described processes are vacuum solder processes.

The test flow is similar to the solder process but instead of a reflow furnace, a vacuum soldering chamber is used.

d) Alternative solder

Alternative to the solder bath or the solder paste a solder preform (solid) may be used.

Both alternatives shall meet the material and inspection criteria defined in IEC 60749-21.

11.8.3 Requirements

The devices under test shall meet the minima specified in IEC 60749-21 as follows:

- Solder coverage: The areas to be inspected of each lead shall have a minimum of 95 % solder coverage.
- Pinholes, voids, porosity, nonwetting, or dewetting shall not exceed 5 % of the total area to be inspected.

The area to be inspected is the designed solder interface area (back side for bare solar cells and contact pad area for CoCs).

Information to be given:

- Test method and test plan
- Testing procedure and equipment
- Detailed process parameter
- Documented test results.

In addition to no MVD, due to the stresses induced by soldering bare solar cells, the performance under illumination should not be decreased higher than 3 %.

11.9 Illumination

11.9.1 Purpose

Illumination tests are performed on bare solar cells (not on CoCs) in representative carriers. Means for applying a broad-spectrum light to each of the devices under test will be provided. They can be performed indoor or outdoor depending on the facilities of the qualification laboratory. The goal is to operate the solar cells in real conditions of photovoltaic generation at the maximum concentration specified in the manufacturer brochure but by stressing in temperature at 120 °C (*pn* junction temperature) together with open circuit condition. The purpose is to reveal failures degradation appearing in real operation conditions such as degradation of AR coating, electromigration of metals, chemical reaction generating degradation products, bad performance of tunnel junctions and any synergistic degradation effects that may not be detected by the rest of qualification tests.

11.9.2 Procedure

The test for both outdoor and indoor will last 200 h. Two bare solar cells on representative carrier shall be at 120 °C so a suitable thermal management in order to heat or to cool down will be required considering that the cells will operate at open circuit conditions with the subsequent overheating.

At indoor conditions a solar simulator providing a continuous illumination at the maximum specified concentration no matter the variation of the spectrum lamp for the 200 h test period. An optical train can be adapted in order to achieve the required concentration.

At outdoor conditions the solar cells shall be inserted in concentrator monomodules producing an average concentration at least such as the maximum concentration. An accumulated period of 200 h achieved through several testing days. Additional details that do not infringe any of the conditions specified in this procedure can be found in IEC 62108:2016, 10.15.

11.9.3 Requirements

- No major visual defects.
- Power degradation shall be less than 5 % at specified concentration level.

11.10 Wire/Ribbon bond strength

11.10.1 Purpose

Wire/ribbon bond strength tests are performed at room temperature on CoCs. The purpose of this test is to evaluate the bonds holding the wires/ribbons that are used to provide electrical connections between the solar cell and the other components to which the cell is attached (protection diode, board). The test is performed on CoC level. This test provides the secondary benefit of verifying contact metal adhesion to the underlying semiconductor of the bare cell and the bondability of its front metal contacts.

11.10.2 Procedure

Following the IEC 60749-22 (Method B), wires and ribbons of aluminium or gold with different diameters can be tested. All the wires/ribbons of the CoC shall be tested. The test method is destructive. Test samples shall be compliant with the mechanical requirements for the qualification lot, but do not have to meet electrical requirements. The forces pull applied are shown in Figure 5. The minimum force P to the wire/ribbon applied normally to the die is:

$$P = \frac{4P_W}{A} \left(h + \frac{d}{2} \right) \quad (3)$$

where P_W values are stated in Table 4 for gold and aluminium wires of different dimensions. For wire diameters not specified in Table 4, the minimum force P is shown in Figure 6.

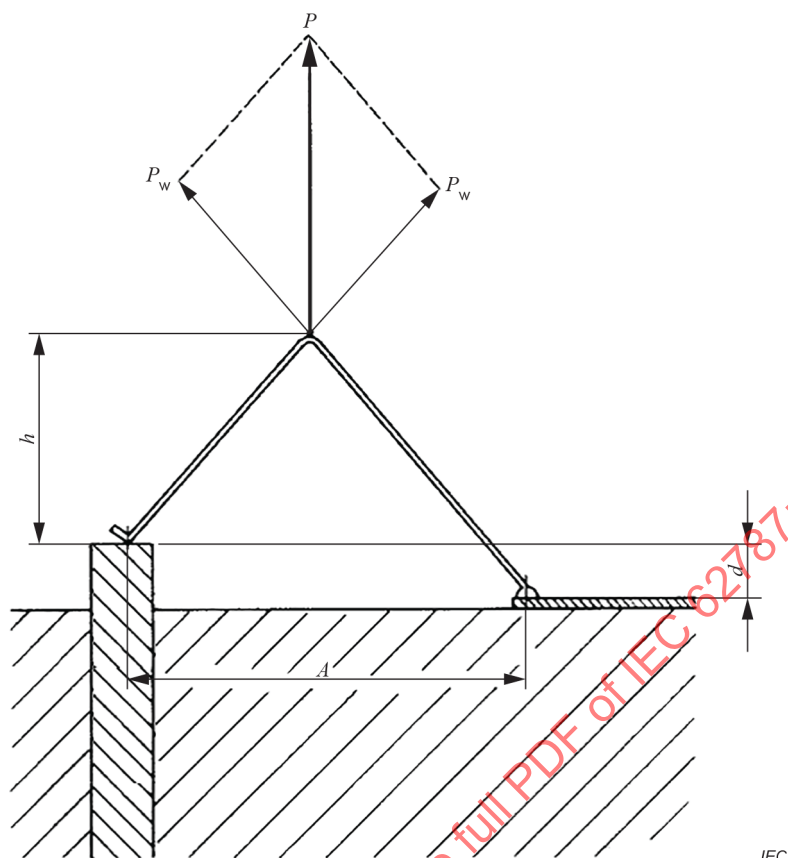
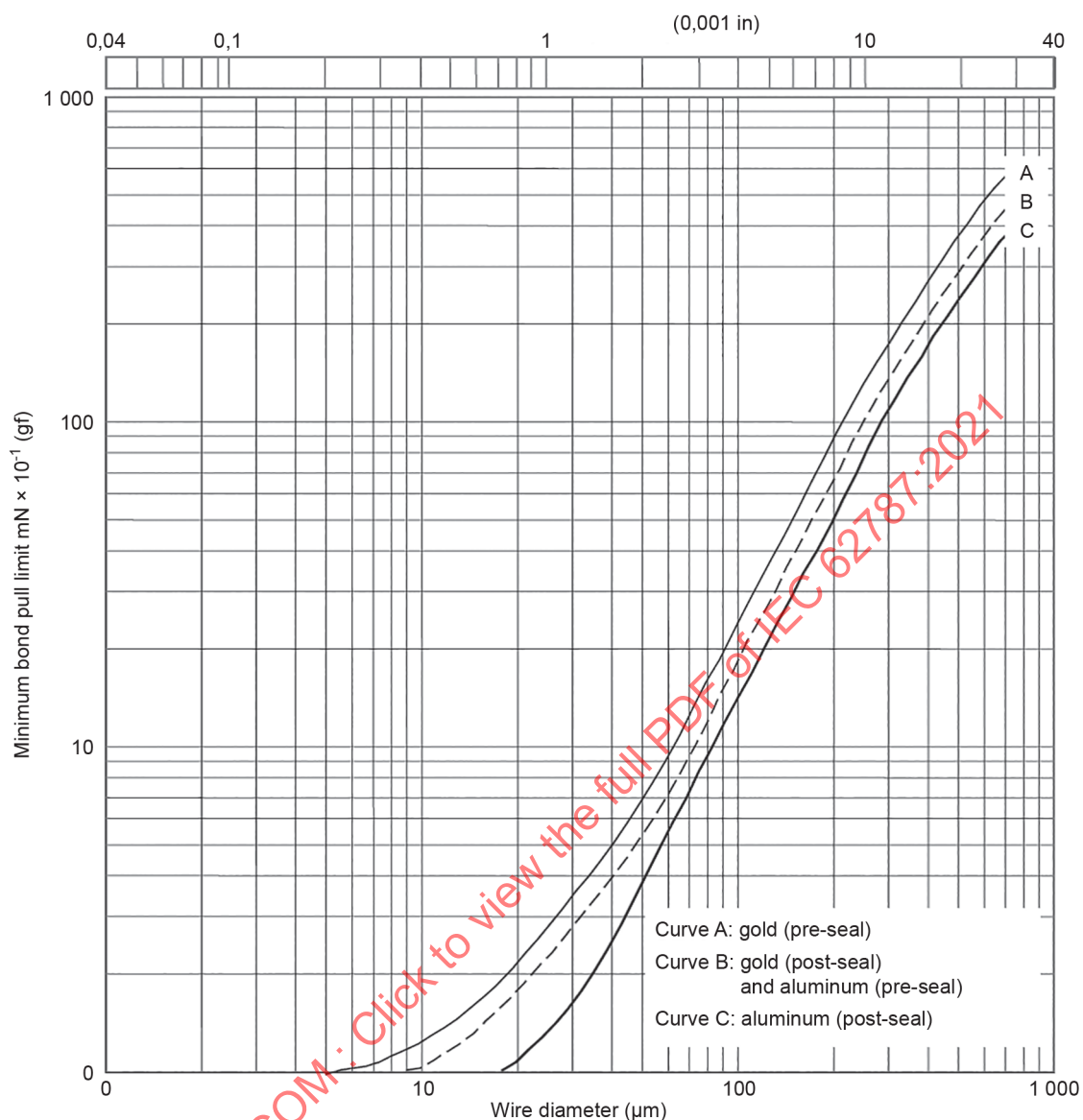


Figure 6 – Force diagram in the bond strength test
(taken from IEC 60749-22:2002, Annex A, Method B)

Table 4 – Minimum pulling forces, P_w (taken from IEC 60749-22:2002, Method B)

Test method	Wire composition and diameter	Minimum pulling for P_w			
		mN			
		Pre-seal		Post-seal and any other processing or screening when applicable	
	mm	Normal to die	Parallel to die	Normal to die	Parallel to die
A or B	Al 0,018	15	25	10	20
	Au 0,018	20	30	15	25
A or B	Al 0,025	25	35	15	25
	Au 0,025	30	40	25	35
A or B	Al 0,033	30	40	20	30
	Au 0,033	40	50	30	40
A or B	Al 0,038	35	45	25	35
	Au 0,038	50	60	35	45
A or B	Al 0,075	120	130	80	90
	Au 0,075	150	160	120	130



IEC

This graph may be used for wire diameters not specified in Table 4.

Figure 7 – Minimum bond pull limits (normal to die)
 (taken from IEC 60749-22:2002, Annex A, Method B)

11.10.3 Requirements

The front surface of bare cells shall meet the shear force requirements specified in IEC 60749-22 and summarized here by means of formula (3), Figure 6, Figure 7 and Table 4. All wires/ribbons of the CoC shall pass the test.

Information to be given:

- Test method and test plan
- Testing procedure and equipment
- Detailed process parameters including the pull force causing failure
- Documented test results.

11.11 Die adhesion

11.11.1 Purpose

The purpose of this test is to determine the integrity of materials and procedures used to attach the solar cell into the CoC. This determination takes into account the measure of applied force as well as, in the case of failure, the failure mechanism.

11.11.2 Procedure

The procedure for the test appears in MIL.ST-883-K. The test set up can be seen in Figure 8 and is comprised of a load applying instrument with a high accuracy and a holder for the CoC. According to that procedure, the shear or pull force that a device shall be able to withstand is generally proportional to the area of contact between it and the surface upon which it is mounted.

11.11.3 Requirements

Pass/fail criteria for cell adhesion are proportional to device size and are specified in the MIL.ST-883-K procedures. The specification or technical data sheet shall report the minimum die strength, the sample size of tested devices, the acceptance criteria of the test, and the data recording requirement.

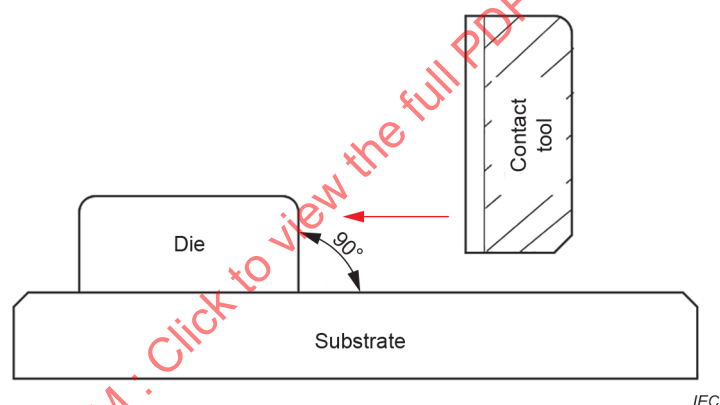


Figure 8 – Schematic of the test set up for the die adhesion test

Depending on the procedure used to join the dice to the CoC, the following criteria are applied:

- a) Epoxy attach: The test is failed if the CoC fails the die strength requirements for 1X of Figure 9 or if separation occurs with a strength greater than the minimum (1X) specified in Figure 9 but with less than 2,0 times that strength and evidence that less than 75 % of the die to substrate contact area contained attach medium coverage. Evidence of adhesion will be in the form of attach medium to the intended area on the substrate, the element or combination of both.
- b) Eutectic, solder, and other attach: The test is failed if the CoC fails the die strength requirements for 1X of Figure 9 or if separation occurs with a strength greater than or equal to the minimum (1,0 X) specified in Figure 9 but with less than 1,25 times that strength and evidence that less than 50 % of the die to substrate contact area contained attach medium coverage or if separation occurs with a strength greater than or equal to the 1,25 X specified in Figure 9, but with less than 2,0 times that strength and evidence that less than 10 % of the die to substrate contact area contained attach medium coverage. Evidence of adhesion will be in the form of attach medium to the intended area on the substrate, the element or combination of both.

For other attachment systems, see MIL.ST-883-K. When specified the failure mode of the test shall be recorded. Possible failures consist of, but are not limited to:

- Shearing of die with residual adhesive remaining on die or on substrate.
- Separation of die from adhesive medium.
- Separation of die and adhesive medium from substrate.

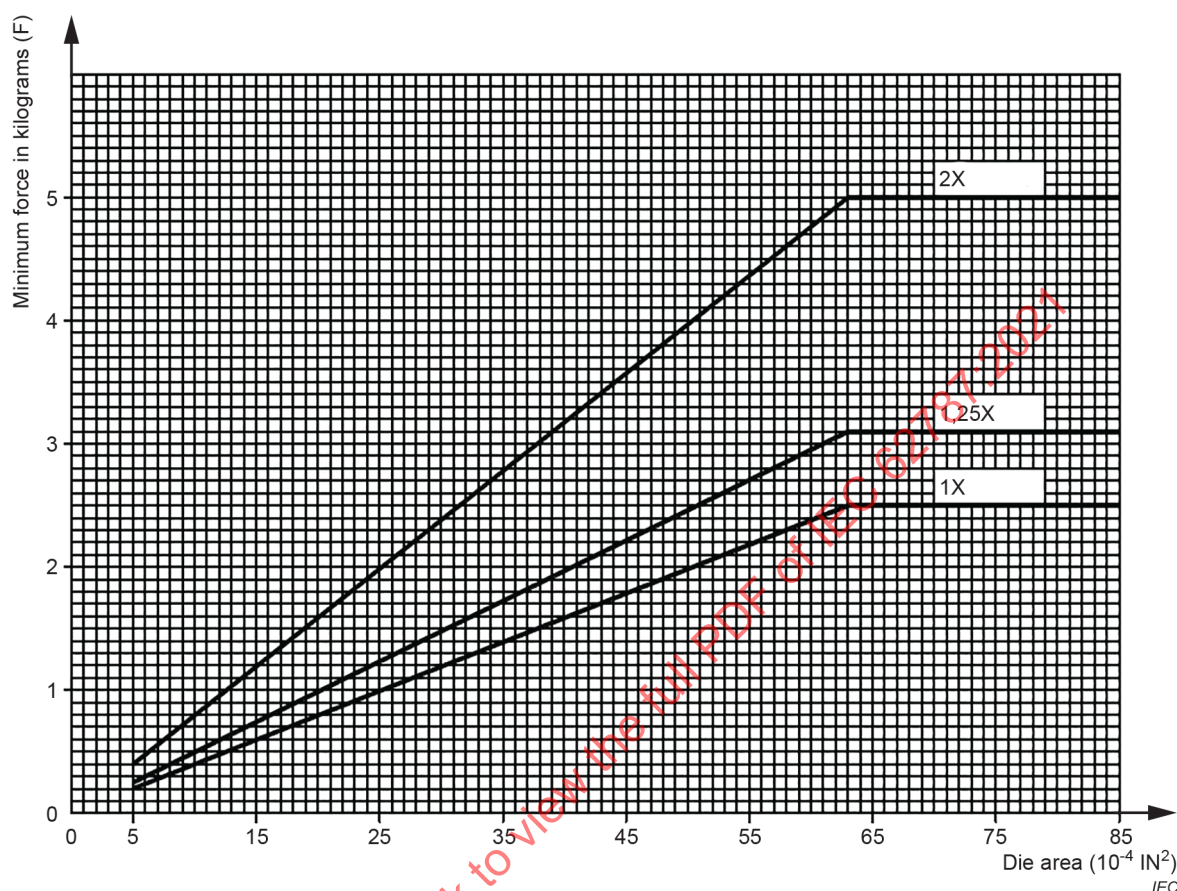


Figure 9 – Die shear strength criteria (minimum force versus die attach area)
(taken from MIL-STD-883-K)

11.12 Connector shear strength

11.12.1 Purpose

This test condition provides for the application of straight tensile loading. It is designed to check the capabilities of the connectors, leads, welds, and seals to withstand a straight pull.

11.12.2 Procedure

The procedure for the test appears in IEC 60749-14. The device shall be subjected to the stress described in the specified test condition and the specified end point measurements and inspections shall be made except for initial conditioning unless otherwise specified. The same leads shall not be used for more than one test condition. The test shall be applied to all external connectors/lead of CoC.

A tension of $(2,2 \pm 0,1) \text{ N} \times (220 \pm 10) \text{ g}$ shall be applied without shock to each lead to be tested in a direction parallel to the axis of the lead or terminal and the tension shall be maintained for 30 s minimum. For leads with a diameter of less than 0,25 mm (or cross-sectional area of less than $0,05 \text{ mm}^2$) a tension of $(1 \pm 0,1) \text{ N} \times (100 \pm 10) \text{ g}$ shall be applied. The tension shall be applied as close to the end of the lead as practicable.

11.12.3 Pass/fail criteria

After the removal of the stress, examine the device using a magnification between 10× and 20×. Any evidence of breakage, loosening, or relative motion between the lead and the device body shall be considered a device failure.

11.13 Bypass diode shear strength

11.13.1 Purpose

To identify possible weakness on the adhesion of bypass diode to CoC.

11.13.2 Procedure

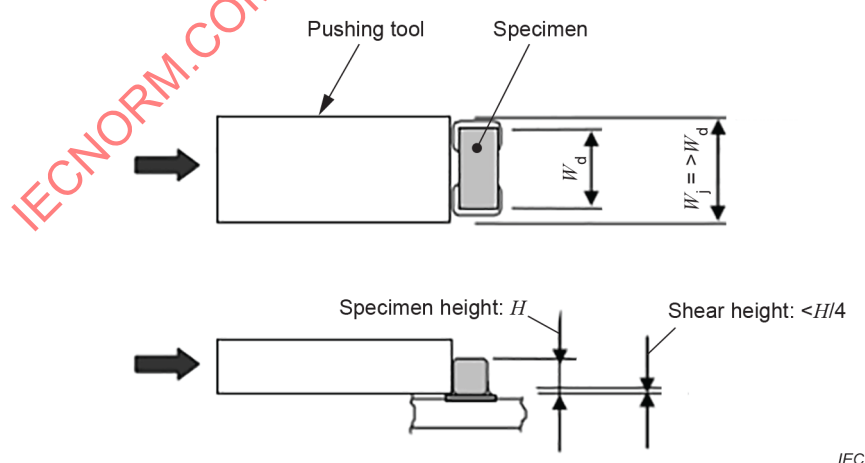
The procedure of the tests appears in IEC 62137-1-2:2007. According to those procedures, the shear or pull force that a bypass diode shall be able to withstand is generally proportional to the area of contact between it and the surface upon which it is mounted (see Figure 10).

11.13.3 Requirements

The time required to break a joint (time required from contact of the pushing tool to the specimen until breaking of the joint) should be in the range between several tens of seconds to several minutes as follows:

- Recommended values of displacement rates are in the range between 0,0083 mm/s to 0,15 mm/s (0,5 mm/min to 9 mm/min).
- Displacement rate should be constant to measure the joint strength, as the strength of solder alloys depends on strain rate. Thickness of solder that determines the shear strain rate is almost constant for most devices, so that same displacement rate should be applied to the test. The displacement rate of 0,0083 mm/s (0,5 mm/min) is recommended in this document. The displacement rate of 0,0083 mm/s (0,5 mm/min) corresponds to strain rate of $10^{-1}/s$ for most devices, which is the maximum speed for measuring degradation of solder joint.

After the removal of the stress, examine the device using a magnification between 10× and 20×. Any evidence of breakage, loosening, or relative motion between the lead and the device body shall be considered a device failure.



**Figure 10 – Schematics of the position of the pushing tool
(taken from IEC 62137-1-2:2007)**

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	37
1 Domaine d'application	39
2 Références normatives	39
3 Termes et définitions	40
4 Environnement de fonctionnement	42
5 Echantillonnage	43
6 Marquage	44
7 Méthodes de caractérisation pour la mesure des performances des cellules nues et des CoC soumises aux essais de qualification	44
7.1 Généralités	44
7.2 Mesure I-V à la lumière	44
7.3 Mesure I-V d'obscurité	45
7.3.1 Généralités	45
7.3.2 Procédure	45
7.4 Cartographie d'électroluminescence (EL)	45
7.5 Rayons X et microscopie acoustique (SAM)	46
7.6 Examen visuel	46
7.7 Mesure de la résistance thermique	46
8 Critères d'acceptation	47
9 Documentation et consignation	55
10 Modifications et requalification	55
11 Essais de contraintes de qualification	56
11.1 Généralités	56
11.2 Seuil de dommage aux décharges électrostatiques	56
11.2.1 Généralités	56
11.2.2 Objet	56
11.2.3 Procédure	57
11.2.4 Exigences	57
11.3 Adhérence du métal avant et arrière	57
11.3.1 Objet	57
11.3.2 Procédure	57
11.3.3 Exigences	57
11.4 Stockage à haute température	57
11.4.1 Objet	57
11.4.2 Procédure	58
11.4.3 Exigences	58
11.5 Cyclage thermique	58
11.5.1 Objet	58
11.5.2 Procédure	58
11.5.3 Exigences	60
11.6 Haute température avec injection de courant	60
11.6.1 Objet	60
11.6.2 Procédure	60
11.6.3 Exigences	61
11.7 Chaleur humide à faible niveau de lumière polarisée	61
11.7.1 Objet	61

11.7.2	Procédure.....	61
11.7.3	Exigences.....	61
11.8	Brasabilité.....	61
11.8.1	Objet	61
11.8.2	Procédure.....	62
11.8.3	Exigences.....	63
11.9	Eclairement.....	63
11.9.1	Objet	63
11.9.2	Procédure.....	63
11.9.3	Exigences.....	64
11.10	Robustesse des contacts soudés à fil/fil méplat	64
11.10.1	Objet	64
11.10.2	Procédure.....	64
11.10.3	Exigences.....	66
11.11	Adhérence de la pastille.....	67
11.11.1	Objet	67
11.11.2	Procédure.....	67
11.11.3	Exigences.....	67
11.12	Résistance au cisaillement du connecteur.....	68
11.12.1	Objet	68
11.12.2	Procédure.....	68
11.12.3	Critères de réussite/d'échec	69
11.13	Résistance au cisaillement de la diode de dérivation	69
11.13.1	Objet	69
11.13.2	Procédure.....	69
11.13.3	Exigences.....	69
Figure 1 – Schéma et représentations tridimensionnelles d'une cellule sur support et d'un ensemble d'essai de cellule nue.....		42
Figure 2 – Echantillons représentatifs de systèmes CPV dans lesquels les cellules et les CoC sont déployées		43
Figure 3 – Schéma de principe des essais de qualification des cellules solaires nues.....		53
Figure 4 – Schéma de principe des essais de qualification des CoC		54
Figure 5 – Graphique de cyclage thermique pour l'essai de la CoC avec TCO-1		59
Figure 6 – Diagramme des forces dans le cadre de l'essai de robustesse des contacts soudés (issue de l'IEC 60749-22:2002, Annexe A, Méthode B)		65
Figure 7 – Limites minimales de traction des contacts soudés (normalement (perpendiculairement) à la pastille) (issue de l'IEC 60749-22:2002, Annexe A, Méthode B)		66
Figure 8 – Schéma du montage d'essai d'adhérence de la pastille.....		67
Figure 9 – Critères de résistance au cisaillement de la pastille (force minimale/surface de fixation de pastille) (issue du document MIL.ST-883-K).....		68
Figure 10 – Schéma de la position de l'outil de poussée (issue de l'IEC 62137-1-2:2007).....		70

Tableau 1 – Description des essais de qualification pour les cellules solaires nues	48
Tableau 2 – Description des essais de qualification pour les CoC	51
Tableau 3 – Options de cyclage thermique (TCO, Thermal Cycle Option) de l'essai 11.5 pour les CoC	59
Tableau 4 – Forces de traction minimales, PW (issu de l'IEC 60749-22:2002, Méthode B)	65

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62787:2021

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CELLULES SOLAIRES PHOTOVOLTAÏQUES À CONCENTRATION (PVC)
ET ENSEMBLES DE CELLULES SUR SUPPORT (CoC) –
QUALIFICATION****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 62787 a été établie par le sous-comité 82: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
82/1818/FDIS	82/1834/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 internationale.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de ce document 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 au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62787:2021

CELLULES SOLAIRES PHOTOVOLTAÏQUES À CONCENTRATION (PVC) ET ENSEMBLES DE CELLULES SUR SUPPORT (CoC) – QUALIFICATION

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les exigences minimales relatives à la qualification des cellules photovoltaïques à concentration (CPV) et des assemblages de cellules sur support (CoC) pour intégration dans les récepteurs, modules et systèmes CPV.

La présente norme de qualification a pour objet de déterminer les caractéristiques optoélectroniques, mécaniques, thermiques et de traitement des cellules CPV et des CoC afin de montrer qu'elles sont capables de résister aux processus de l'assemblage et aux environnements d'application des CPV. Les essais de qualification du présent document visent à démontrer que les cellules ou les CoC sont adaptées à des processus d'assemblage classiques, et qu'elles sont capables de satisfaire à l'IEC 62108 si elles sont correctement assemblées.

Le présent document définit les essais de qualification pour deux niveaux d'un ensemble de dispositifs photovoltaïques à concentration:

- a) cellule (ou cellule nue), et
- b) cellule sur support (CoC).

NOTE D'autres dénominations sont utilisées dans le secteur d'activité, telles qu'ensemble de cellules solaires, récepteur, etc.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. 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 60721-2-1:2013, *Classification des conditions d'environnement – Partie 2-1: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Température et humidité*

IEC 60749-3:2017, *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 3: Examen visuel externe*

IEC 60749-6:2017, *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 6: Stockage à haute température.*

IEC 60749-14:2003, *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 14: Robustesse des sorties (intégrité des connexions).*

IEC 60749-21:2011, *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 21: Brasabilité*

IEC 60749-22:2002, *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 22: Robustesse des contacts soudés*

IEC 60904-1-1:2017, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 1-1: Mesurage des caractéristiques courant-tension des dispositifs photovoltaïques (PV) multijonctions*

IEC 61000-4-2:2008, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux décharges électrostatiques*

IEC 61193-2:2007, *Système d'assurance de la qualité – Partie 2: Choix et utilisation des plans d'échantillonnages pour le contrôle des composants électroniques et des boîtiers*

IEC TS 61836:2016, *Solar photovoltaic energy systems – Terms, definitions and symbols* (disponible en anglais seulement)

IEC 62108:2016, *Modules et ensembles photovoltaïques à concentration – Qualification de la conception et homologation*

IEC 62137-1-2:2007, *Technologie de montage en surface - Méthodes d'essais d'environnement et d'endurance des joints brasés montés en surface – Partie 1-2: Essai de résistance au cisaillement*

IEC 62670-1:2013, *Concentrateurs photovoltaïques (CPV) – Essai de performance – Partie 1: Conditions normales*

IEC TS 62789:2014, *Documentation relative aux cellules photovoltaïques à concentration*

IEC 63202-2, *Photovoltaic cells – Part 2: Electroluminescence image for crystalline silicon solar cells* (disponible en anglais seulement)

ECSS-E-ST-20-08C Rév. 1, 18 juillet 2012, *Space engineering – Photovoltaic assemblies and components – Part 7.5.8: Coating adherence (CA)* (disponible en anglais seulement)

MIL-STD-883-K, *Test Method Standard – Microcircuits Method 2019.9 Die shear strength* (disponible en anglais seulement)

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC TS 61836 et l'IEC 62108, ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>;
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>.

3.1

cellule nue

fait référence à un niveau de puce semiconductrice. Lors d'une transaction commerciale, sa forme physique peut être une cellule solaire séparée, une plaquette découpée en dés sur bande, voire même une plaquette traitée. Le point commun est que la configuration qualifiée est totalement dépourvue de protection et n'est pas prête à être interconnectée avec le reste d'un module CPV

Note 1 à l'article: Pour cette configuration qualifiée, le client est chargé de toute l'intégration et de tout l'assemblage.

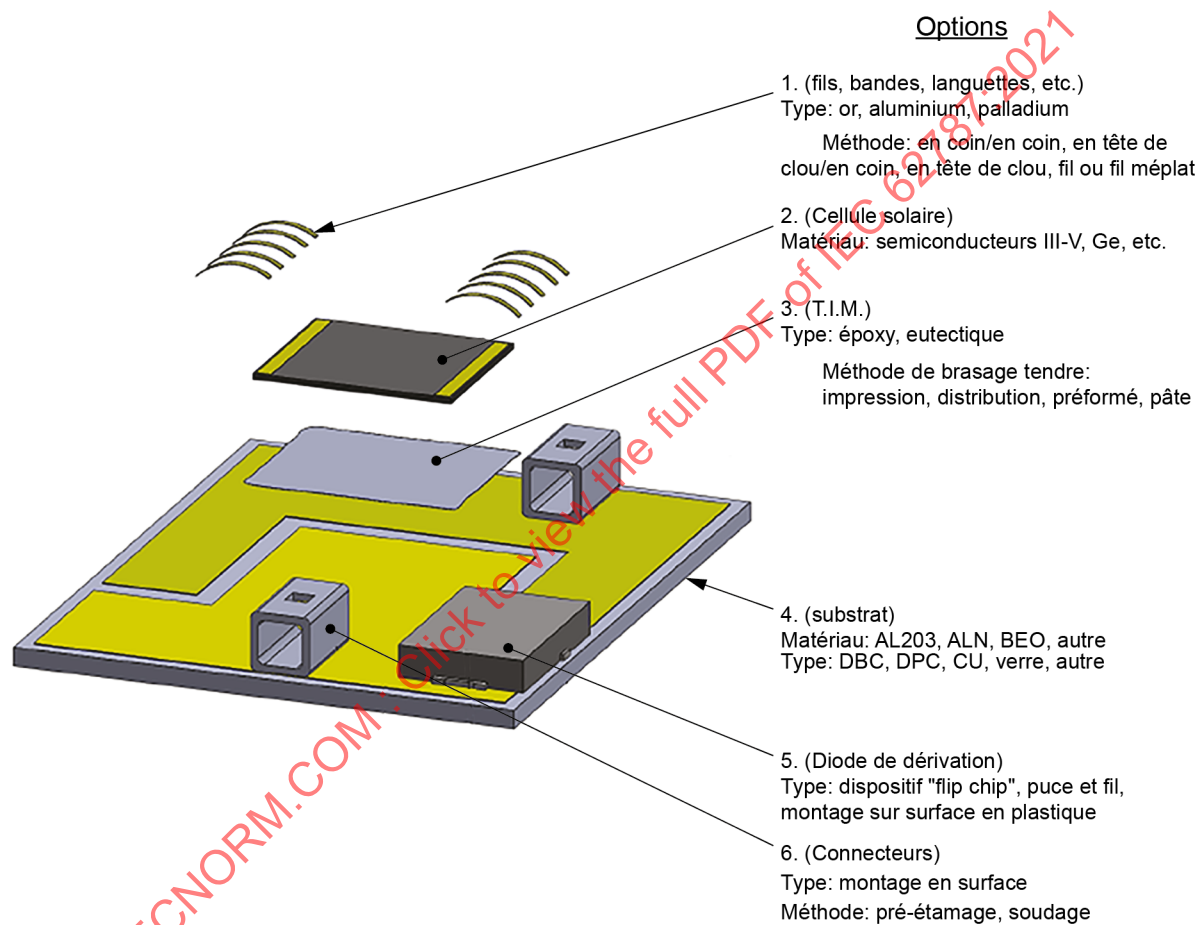
Note 2 à l'article: Pour certains essais de qualification, les cellules nues sont montées sur un substrat, un dissipateur thermique ou un autre type de support (voir la Figure 1c). Cela assure une stabilité mécanique, des contacts électriques robustes et une gestion thermique appropriée, mais cela n'est pas pris en considération dans la qualification de la cellule solaire nue.

3.2 cellule sur support CoC

cellule reliée et interconnectée à au moins un support de cellule (voir la Figure 1b). Il s'agit d'une unité assemblée relativement petite et placée dans un boîtier relativement complet et robuste

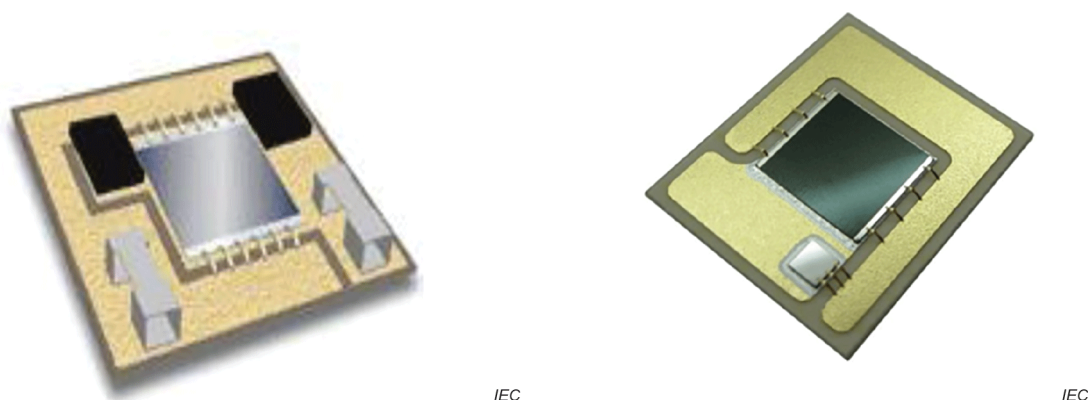
Note 1 à l'article: Une cellule sur support peut éventuellement contenir une diode de dérivation, une encapsulation de la cellule et/ou des interconnexions, et un connecteur pour faciliter la connexion en série ou en parallèle. En variante, une CoC peut également contenir plusieurs cellules. Une CoC ne comporte pas d'élément optique.

Note 2 à l'article: La Figure 1 représente un schéma éclaté des principaux composants d'une CoC, accompagnée de deux représentations tridimensionnelles. Il est à noter qu'elles représentent des boîtiers relativement simples contenant un dispositif photovoltaïque primaire.



IE

a) Schéma éclaté de la CoC



b) Cellule sur support (CoC) avec connecteurs et 2 diodes encapsulées. Destinée à la vente dans cette configuration.

c) L'ensemble d'essai de cellule nue est destiné à fournir un véhicule d'essai pour la qualification de la cellule nue. Les diodes de dérivation peuvent être incluses ou pas. CoC non proposée à la vente.

Figure 1 – Schéma et représentations tridimensionnelles d'une cellule sur support et d'un ensemble d'essai de cellule nue

Note 3 à l'article: L'abréviation "CoC" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Cell on Carrier".

3.3

fournisseur

entité qui fournit les plaquettes CPV (en dés ou pas), les cellules solaires CPV (séparées sur des feuilles dans des châssis de sciage, des cellules simples sur des plateaux ou en bobine) ou les CoC à un client

3.4

client

entité qui achète certains de ces produits au fournisseur

4 Environnement de fonctionnement

Les systèmes CPV sont typiquement conçus pour fonctionner dans des "climats à l'air libre", tels qu'ils sont définis dans l'IEC 60721-2-1, à l'exception du climat Polaire. En fonction des caractéristiques de conception du système, les cellules solaires nues et les CoC peuvent ou non être protégées contre l'exposition à la chaleur humide, au gel, à la condensation et à d'autres éléments de l'environnement d'application des CPV. La Figure 2 représente les schémas de deux conceptions de système CPV.

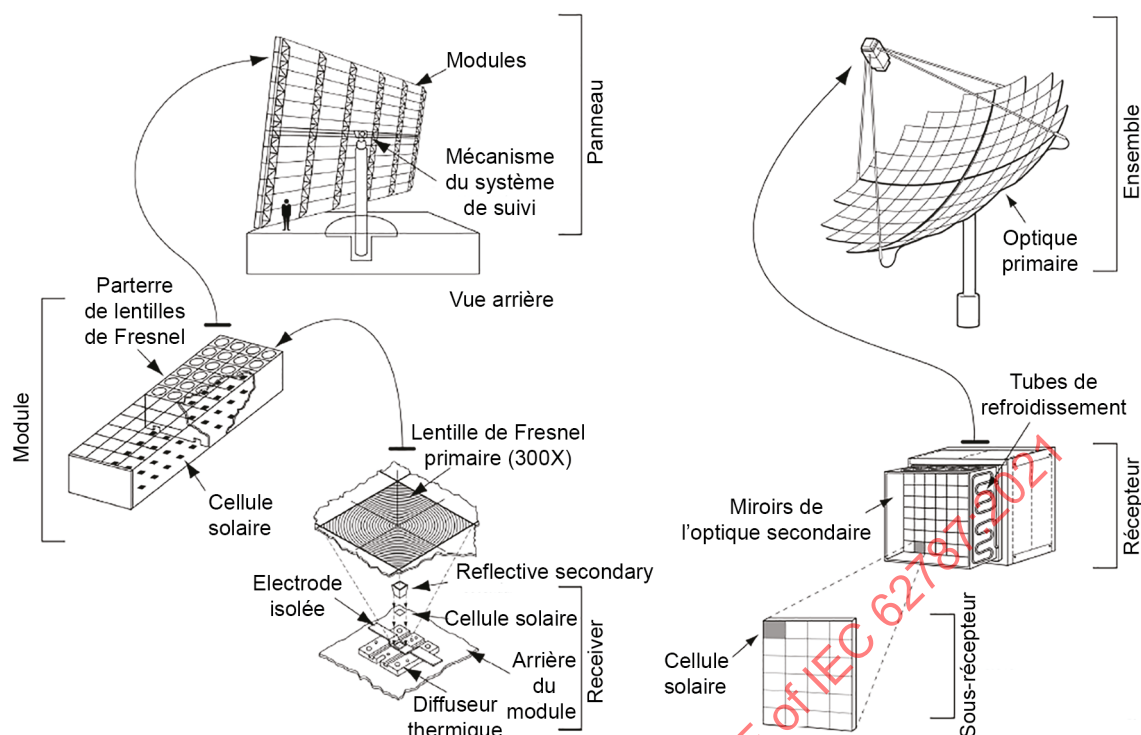


Figure 2 – Echantillons représentatifs de systèmes CPV dans lesquels les cellules et les CoC sont déployées

Quelle que soit l'approche de conception spécifique adoptée, l'important éclairage énergétique incident qui frappe les cellules solaires des systèmes CPV les mène à fonctionner à des températures (locales) qui peuvent être bien supérieures à la température ambiante maximale spécifiée pour l'ensemble du système.

5 Echantillonnage

Les échantillons de dispositif utilisés dans les essais de qualification doivent être choisis au hasard conformément à l'IEC 61193-2 parmi au moins deux lots de fabrication, et faire l'objet des procédures de fabrication et de tri définies dans le document d'identification de procédé (PID, Process Identification Document).

Le nombre de dispositifs à soumettre à essai dans chaque essai de qualification ne doit pas être inférieur aux tailles d'échantillons spécifiées à l'Article 8. L'IEC 61193-2 a été utilisée pour donner une signification statistique au nombre de dispositifs, car elle attribue une probabilité de défaut en fonction du nombre d'échantillons.

Les échantillons pour chaque essai du Tableau 1 et du Tableau 2 doivent être choisis au hasard dans un lot de qualification. Le lot de qualification doit être un lot de production d'au moins 1 000 cellules nues/CoC. Le lot de production doit être composé d'au moins deux films épitaxiaux et de trois dépôts de métal par arc réalisés au cours de semaines différentes.

6 Marquage

Aucun marquage n'est en général possible sur les cellules solaires nues compte tenu de leurs très petites dimensions. Par conséquent, il est nécessaire d'appliquer un mapping d'ID. Les CoC soumises à essai doivent être clairement marquées ou identifiées pour un suivi ultérieur des enregistrements de données. Les informations exigées pour les cellules nues et les CoC sont les suivantes:

- nom, monogramme ou symbole du fabricant;
- type ou numéro de modèle;
- numéro de série;
- polarité des bornes ou des fils;
- il convient d'indiquer la date, le lieu de fabrication et les matériaux de la cellule, ou d'assurer la traçabilité de ces informations à partir du numéro de série.

7 Méthodes de caractérisation pour la mesure des performances des cellules nues et des CoC soumises aux essais de qualification

7.1 Généralités

La caractérisation des performances optoélectroniques reposant sur les courbes I-V d'éclairement tente de déterminer la dégradation des performances optoélectroniques des échantillons d'essai provoquée par les essais de qualification exigés. Par conséquent, la courbe I-V d'éclairement est à tracer avant et après les essais de qualification. L'objectif de la courbe I-V d'éclairement concerne la dégradation de puissance relative, pas la puissance restituée absolue. La microscopie acoustique (SAM, Scanning Acoustic Microscopy) est également exigée, mais uniquement pour les CoC.

De plus, une cartographie d'électroluminescence et une courbe I-V d'obscurité peuvent donner des informations de diagnostic relatives aux défauts et aux modifications au sein du dispositif. Avant et après les essais de qualification, la courbe I-V d'obscurité peut être tracée pour les plages de tensions et de courants à l'étude. Le présent document ne suggère pas explicitement d'images d'électroluminescence, lesquelles peuvent toutefois être d'une aide précieuse lorsqu'elles sont capturées pour chaque dispositif à différents niveaux d'injection de courant avant et après certains essais de qualification.

7.2 Mesure I-V à la lumière

Il s'agit d'une méthode de caractérisation obligatoire. Tous les échantillons d'essai doivent être mesurés à 25 °C, sous spectre AM1.5D (voir l'IEC 62670-1) et à une intensité lumineuse globale représentative de l'application prévue. Pour les besoins de cette méthode de caractérisation, l'équivalent d'un soleil du spectre AM1.5D présente une densité de puissance totale (éclairage énergétique) de 0,1 W/cm², de sorte qu'une intensité lumineuse de 100 W/cm² = 1 000 soleils. Les paramètres et méthodes de mesure des caractéristiques courant-tension à la lumière sont définis dans l'IEC 60904-1-1:2017.

La courbe I-V d'éclairement est à tracer avant et après les essais de qualification. L'objectif de la courbe I-V d'éclairement concerne la dégradation de puissance relative, pas la puissance restituée absolue. La dégradation de puissance relative, P_d , est définie comme suit:

$$P_d(\%) = \frac{P_i - P_f}{P_i} 100 \quad (1)$$

Où:

P_f désigne la puissance maximale mesurée après l'essai indiqué; et

P_i désigne la puissance maximale mesurée avant l'essai indiqué.

Il convient d'utiliser au moins J_{sc} (densité de courant de court-circuit), V_{oc} (tension en circuit ouvert), FF (coefficient de remplissage), P_{max} (puissance maximale) et le rendement dans le présent document, ces valeurs étant à inclure dans le rapport de qualification pour l'évaluation d'essai pré/post-contrainte.

7.3 Mesure I-V d'obscurité

7.3.1 Généralités

Il s'agit d'une méthode de caractérisation obligatoire pour l'essai de seuil de dommage aux décharges électrostatiques (DES), alors qu'elle est par ailleurs facultative. La densité de courant de fonctionnement élevée des dispositifs CPV peut parfois masquer la détection de défauts de faible niveau ou le début d'une dégradation. Les mesures I-V d'obscurité réalisées avant et après un essai de qualification peuvent donner une mesure plus précise d'un dommage ou d'une dégradation.

La mesure I-V d'obscurité constitue une méthode économique pour surveiller et diagnostiquer la dégradation de puissance des cellules solaires nues et des CoC, suite aux essais de contrainte intermédiaires, ou pour surveiller la stabilité des performances électriques des échantillons de contrôle.

7.3.2 Procédure

Si la mesure I-V d'obscurité est utilisée à des fins de diagnostic, il convient de la déterminer pendant les mesures initiales, afin de définir une valeur de référence pour les mesures I-V d'obscurité ultérieures.

- Choisir une source d'alimentation appropriée, qui peut être une source d'alimentation en courant continu conventionnelle, sous réserve qu'elle génère un courant pouvant représenter jusqu'à 1,5 fois la valeur assignée au point de courant correspondant au courant photoélectrique à la concentration maximale spécifiée. Il convient que le courant soit réglable, de sorte qu'il existe au moins 30 points distincts dans la plage de 10^{-4} à 1,5 fois la valeur assignée I_{sc} à la concentration maximale spécifiée. Il convient que l'intervalle entre deux points reste quasiment identique, avec un pas inférieur au voisinage de I_{sc} .
- Pour les CoC, placer la diode antiretour en court-circuit en plaçant un cavalier entre les connexions de la diode antiretour, si une telle diode est installée.
- Relier la connexion positive de la source d'alimentation à la connexion positive de l'échantillon, et la connexion négative de la source d'alimentation à la connexion négative de l'échantillon.
- Obstruer complètement la lumière qui frappe les cellules.
- La température doit être régulée et répétable afin de comparer les résultats des mesures I-V.
- Appliquer le courant au dispositif et consigner les valeurs de courant, de tension et de température. Effectuer cette procédure aussi rapidement que possible afin d'éviter un échauffement significatif des dispositifs au cours de l'essai.

7.4 Cartographie d'électroluminescence (EL)

Il s'agit d'une méthode de caractérisation facultative. Le courant de polarisation directe injecté dans les cellules peut se recombiner au niveau des défauts ou se recombiner par rayonnement. Pour capturer toute la plage d'informations, il est recommandé de prendre les images d'électroluminescence avec une injection de courant comprise entre 1 % et 10 % de I_{sc} à concentration maximale, afin d'éviter les fausses défaillances. Malgré cette recommandation, d'autres niveaux d'injection de courant sont également admis pour capturer les cartes d'électroluminescence aux différents niveaux de courant injecté. Lors de la caractérisation des cellules solaires nues, ces dernières sont à soumettre à une dissipation thermique correcte afin d'éviter l'emballement thermique. Tout transitoire de tension dû à la source d'alimentation ou à la connexion/déconnexion du circuit est à éviter. Voir l'IEC 63202-2 pour obtenir des recommandations.

7.5 Rayons X et microscopie acoustique (SAM)

La microscopie acoustique (SAM) est la méthode de caractérisation préférentielle permettant de connaître l'état du joint entre l'arrière de la cellule solaire et le support. Son utilisation est donc obligatoire uniquement pour les CoC. Etant donné que la disponibilité de la microscopie acoustique n'est pas aussi répandue que les rayons X, le protocole suivant est recommandé:

- Procéder à un mesurage par rayons X avant l'essai de qualification afin de mesurer la zone de vide. Seuls des vides < 5 % dans la zone totale et < 1 % pour le vide le plus important sont admis.
- Après l'essai de qualification, la microscopie acoustique est réalisée et aucune fissure n'est admise.

Afin de connaître le contexte scientifique de la microscopie acoustique, certaines références¹ peuvent être consultées.

7.6 Examen visuel

Dans plusieurs essais du Tableau 1 et du Tableau 2, le critère d'acceptation est l'absence de défauts visuels majeurs (MVD, Major Visual Defect). Des dispositifs optiques dont le grossissement est compris entre 3x et 10x et ayant un large champ de vision doivent être utilisés. Pour les besoins de la qualification et de l'homologation de la conception, les éléments suivants sont considérés comme étant des défauts visuels majeurs:

- surfaces externes, bornes et contacts brisés, fissurés, pliés, mal alignés ou déchirés;
- cellules solaires brisées ou fissurées;
- vides, creux, corrosion visible, contamination ou délamination;
- perte d'intégrité mécanique;
- plaque de CoC délaminee, pelée, dentée ou avec des détachements;
- points chauds et parties brûlées;
- pas d'uniformité de la couche antireflet.

Pour plus de détails sur les défauts visuels, voir la norme IEC 60749-3:2017 et consulter les spécifications de produit dans la documentation du fournisseur.

De plus, certains essais de qualification de CoC exigent la confirmation visuelle de certains défauts comme le déplacement de puce, la rupture d'un fil, la zone de couverture brasée, etc.

7.7 Mesure de la résistance thermique

Il s'agit d'une méthode de caractérisation pour l'essai de CoC à haute température avec injection de courant pour identifier les défauts thermiques, et qui doit être réalisée avant et après l'essai. La procédure est la suivante.

- Placer la CoC en bon contact thermique sur un support avec un régulateur thermique programmable, sous convection naturelle. Placer un thermocouple très fin entre la CoC et le support, juste sous l'emplacement de cellule solaire. La température programmable peut être obtenue par un module de refroidissement de Peltier, un refroidisseur de liquide, etc. Régler la température à $(40 \pm 0,4) ^\circ\text{C}$.

¹ M. Yazdan Mehr, A. Bahrami, H. Fischer, S. Gielen, R. Corbei, W.D. van Driel, G. Q. Zhang, "An Overview of Scanning Acoustic Microscope, a Reliable Method for Non-destructive Failure Analysis of Microelectronic Components", 2015 16th international Conference on Thermal, Mechanical and Multi-Physics Simulation and Experiments in Microelectronics and Microsystems, DOI: 10.1109/EuroSimE.2015.7103077.

- Soumettre la CoC à une polarisation directe à $0,5 I_{sc}$ (obtenue à concentration maximale). Après une période de transition, la température en régime établi de la cellule solaire est atteinte lorsque la tension de la CoC est mesurée, la puissance dissipée de la CoC (P_{CoC}) pouvant donc être déterminée.
- Mesurer la température de la plaque arrière de la CoC (T_{bp}) à l'aide du thermocouple.
- Prendre une image de la cellule solaire avec une caméra de thermographie infrarouge (ITC, Infrared Thermographic Camera), à la perpendiculaire de la surface de la CoC. La résolution en pixels de cette ITC doit être bien inférieure à la taille de la cellule solaire. Relever la température maximale (T_c) de la cellule solaire indiquée par l'image infrarouge.
- Calculer la résistance thermique entre la cellule et la plaque arrière de la CoC ($R_{th,c-bp}$) à l'aide de la Formule (2).

$$R_{th,c-bp} = \frac{T_c - T_{bp}}{P_{CoC}} \quad (2)$$

8 Critères d'acceptation

Il convient de considérer que le type de cellule nue a satisfait aux essais de qualification et qu'il est homologué selon l'IEC 62787 si tous les échantillons d'essai satisfont aux exigences de tous les essais présentés dans le Tableau 1. De la même manière, il convient de considérer que le type de CoC a satisfait aux essais de qualification et qu'il est homologué selon l'IEC 62787 si tous les échantillons d'essai satisfont aux exigences de tous les essais présentés dans le Tableau 2. Par ailleurs, les cellules solaires nues utilisées pour fabriquer les CoC doivent être préalablement qualifiées conformément au présent document.

Sauf spécification contraire dans la procédure d'essai applicable, toutes les défaillances observées lors des essais de contraintes doivent être documentées quel que soit le mode de défaillance. L'omission de défaillances dans l'analyse et les résultats d'essai doit être clairement justifiée, et les informations relatives à ces défaillances doivent être mises à disposition en vue d'un examen sur demande (rapport de non-conformité (NCR, Non-Conformance Report)).

Si certaines défaillances sont observées pendant les essais, la procédure suivante de jugement et de contre-essai doit s'appliquer:

- a) Si au moins trois essais du Tableau 1 ou du Tableau 2 ne sont pas concluants, le dispositif doit être considéré comme ne satisfaisant pas aux exigences de qualification.
- b) Si un ou deux essais de type ne sont pas concluants parce qu'au moins deux échantillons ne satisfont pas aux critères d'acceptation du même essai du Tableau 1 (pour les cellules nues) ou du Tableau 2 (pour les CoC), le dispositif doit être considéré comme n'ayant pas satisfait aux exigences de qualification.
- c) Si un ou deux essais de type ne sont pas concluants parce qu'un échantillon n'a pas réussi le même essai, deux autres échantillons satisfaisant aux exigences peuvent être soumis à essai depuis le début.
- d) Dans le cas c), si tous les échantillons réussissent l'essai, le dispositif doit être considéré comme ayant satisfait aux exigences de qualification.
- e) Dans le cas c), si au moins un de ces échantillons ne réussit pas l'essai également, le dispositif doit être considéré comme n'ayant pas satisfait aux exigences de qualification.
- f) Dans le cas a), b) ou e), tous les essais décrits dans le Tableau 1 (pour les cellules nues) ou dans le Tableau 2 (pour les CoC) doivent être de nouveau réalisés, en général après avoir apporté certaines améliorations à la conception ou au traitement. Un rapport de non-conformité doit être exigé.

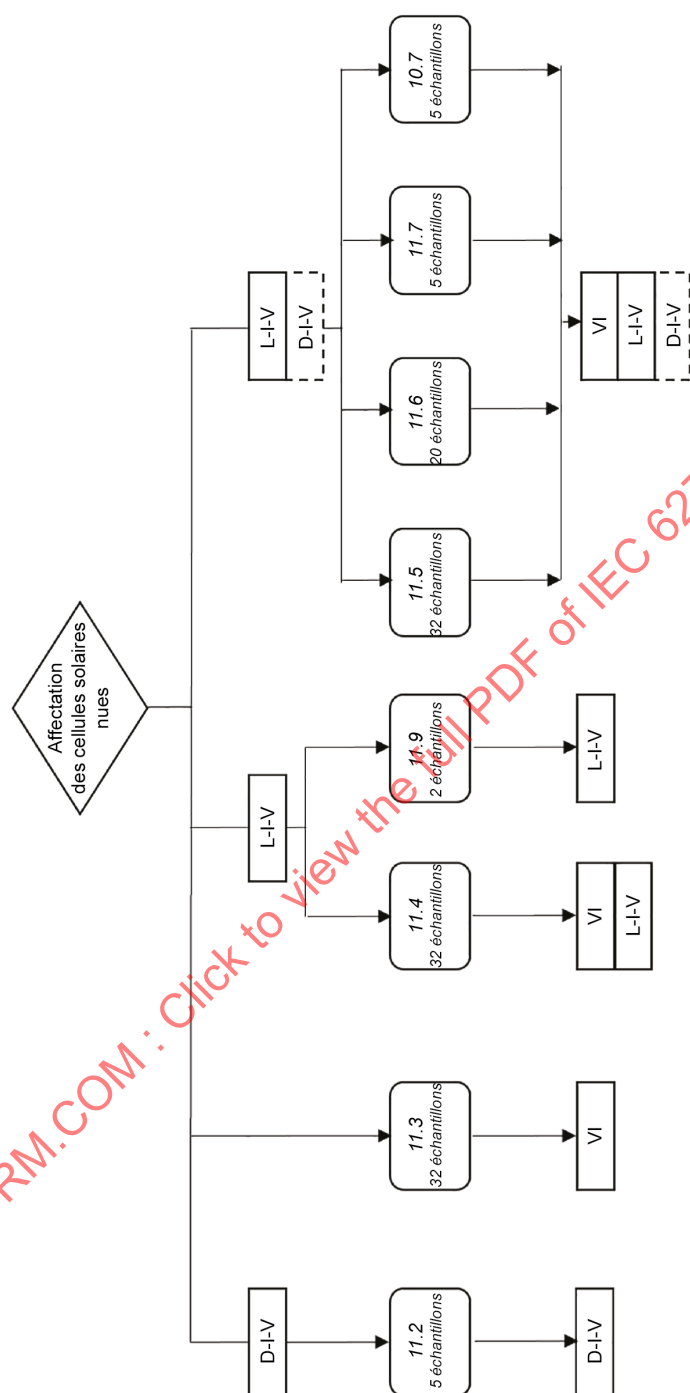
Tableau 1 – Description des essais de qualification pour les cellules solaires nues

Nom de l'essai	Paragraphe	Norme de référence	Description de l'essai	Nombre d'échantillons	Critères d'acceptation	Remarques
Seuil de dommage aux décharges électrostatiques	11.2	IEC 61000-4-2	Essai de tension incriminatoire visant à établir le seuil de dommage aux décharges électrostatiques.	5 (sur des supports représentatifs)	Perte de tension d'obscurité < 10 % au point de courant correspondant au courant photoélectrique à la concentration maximale spécifiée.	Mesure I-V d'obscurité avant et après. Consigner les niveaux de tension de réussite et d'échec.
Adhérence du métal avant et arrière	11.3	ECSS-E-ST-20-08C Rév. 1	Introduire des cellules solaires pendant 24 h dans une chambre climatique à 95 °C/90 % d'humidité relative (eau douce et pas de condensation)	32	Pas de matériau de contact sur la bande adhésive	
Stockage à haute température	11.4	IEC 60749-6 avec une personnalisation à 80 °C	1 000 h à 80 °C (température de la chambre climatique) et humidité relative < 40 %	32	- Pas de MVD¹ - Dégradation de la puissance d'éclairement < 5 % pour chaque élément individuel	L'essai doit être réalisé sur des cellules solaires/plaquettes à l'intérieur de leur emballage
Cyclage thermique	11.5	IEC 62108	300 cycles à une température T comprise entre -40 °C et 125 °C, palier > 5 min dans les limites de ±3 °C des extrêmes. Pas d'injection de courant	32	- Pas de fissure de la cellule. - Pas de MVD (avec grossissement 10x) - Dégradation de la puissance nominale < 5 % pour chaque élément individuel	Mesure I-V d'obscurité (pour information uniquement) et mesure I-V à la lumière avant et après l'essai

Nom de l'essai	Paragraphe	Norme de référence	Description de l'essai	Nombre d'échantillons	Critères d'acceptation	Remarques
Haute température avec injection de courant	11.6	N/A	1 000 h à 130 °C (température de cellule solaire, c'est-à-dire température de jonction p_n) avec une injection de courant simultanée de $0,5 I_{sc} - I_{sc}$ est obtenue à la concentration maximale spécifiée dans la documentation du fabricant.	20 (sur des supports représentatifs)	- Pas de MVD - Dégradation de la puissance nominale < 5 % pour chaque élément individuel	Mesure I-V d'obscurité (pour information uniquement) recommandable avant et après l'essai La manière de déterminer la température de jonction p_n consiste à mesurer les variations de tension à une injection de courant donnée.
Chaleur humide à faible niveau de lumière polarisée	11.7	N/A	Lumière polarisée à 150 soleils, 65 °C/65 % d'humidité relative pendant 500 h.	5 (sur des supports représentatifs)	- Pas de MVD - Dégradation de puissance < 5 %	Mesure I-V d'obscurité (pour information uniquement) et mesure I-V à la lumière avant et après l'essai
Brasabilité	11.8	IEC 60749-21	Deux méthodes en variante: - Procédé de refusion à une température de 240 °C pendant 10 s. En variante, appliquer la durée et la température suggérées par le fournisseur. - Application du flux, immersion dans un bain de brasage et retrait du flux.	5	- Preuve d'un mouillage de brasure correct: couverture de brasure; les zones à examiner doivent présenter une couverture de brasure d'au moins 95 %. Les piqûres, les vides, la porosité, le non-mouillage ou le démouillage ne doivent pas dépasser 5 % de la surface totale à examiner. - Pas de MVD - Dégradation de la puissance nominale < 3 % pour chaque élément individuel	Mesure I-V d'obscurité (pour information uniquement) et mesure I-V à la lumière avant et après l'essai

Tableau 2 – Description des essais de qualification pour les CoC

Nom de l'essai	Paragraphe	Norme de référence	Description de l'essai	Nombre d'échantillons	Critères d'acceptation	Remarques
Seuil de dommage aux décharges électrostatiques	11.2	IEC 61000-4-2	Essai de tension incrémentielle visant à établir le seuil de dommage aux décharges électrostatiques (DES) dans le cadre du modèle du corps humain (HBM, Human Body Model).	5	Perte de tension d'obscurité $< 10\%$ au point de fonctionnement déterminé par la courbe I-V d'obscurité.	Mesure I-V d'obscurité avant et après. Consigner les niveaux de tension de réussite et d'échec. Applicable à l'ensemble de la CoC
Stockage à haute température	11.4	IEC 60749-6 avec une personnalisation à 80 °C	1 000 h à 80 °C (température de la chambre climatique) et humidité relative $< 40\%$.	32	- Pas de MVD - Dégradation de la puissance d'éclairement $< 5\%$ pour chaque élément individuel	L'essai doit être réalisé sur des CoC à l'intérieur de leur emballage. Mesure I-V à la lumière avant et après l'essai
Cyclage thermique	11.5	IEC 62108	300 cycles à une température T comprise entre -40 °C et 125 °C , et 500 cycles à une température T comprise entre -40 °C et 110 °C . Les deux options limitent à 18 le nombre maximal de cycles (d'au moins 80 min) dans les limites d'une période de 24 h. Palier > 5 min dans les limites de $\pm 3\text{ °C}$ des températures extrêmes. Avec injection de courant ($1,25 I_{sc}$) pour $T > 25\text{ °C}$, alors que la température ne diminue pas. I_{sc} est obtenue à la concentration maximale spécifiée dans la documentation du fabricant.	20	- Pas de MVD (avec grossissement 10x) - Dégradation de la puissance nominale $< 5\%$ pour chaque élément individuel - Mesurer par rayons X avant l'essai de qualification afin de mesurer la zone de vide de la fixation de pastille. Seuls des vides $< 5\%$ dans la zone totale et $< 1\%$ pour le vide le plus important sont admis. - Après l'essai de qualification, la microscopie acoustique est réalisée et aucune fissure n'est admise.	Mesure I-V d'obscurité (pour information uniquement), mesure I-V à la lumière et rayons X avant et après l'essai. SAM réalisée après l'essai.
Haute température avec injection de courant	11.6	N/A	400 h pour 130 °C ou 2 500 h pour 110 °C avec injection de courant simultanée à $0,5 I_{sc}$. I_{sc} est obtenue à la concentration maximale spécifiée dans la documentation du fabricant. Les températures indiquées ci-dessus sont celles de la chambre climatique.	20	- Pas de MVD - Dégradation de la puissance nominale $< 5\%$ pour chaque élément individuel - Augmentation de la résistance thermique ($R_{th,c-bp}$) inférieure à 10%	Mesure I-V d'obscurité (pour information uniquement) et mesure I-V à la lumière avant et après l'essai.



IEC

Légende

D-I-V Mesure I-V d'obscurité (Dark I-V)

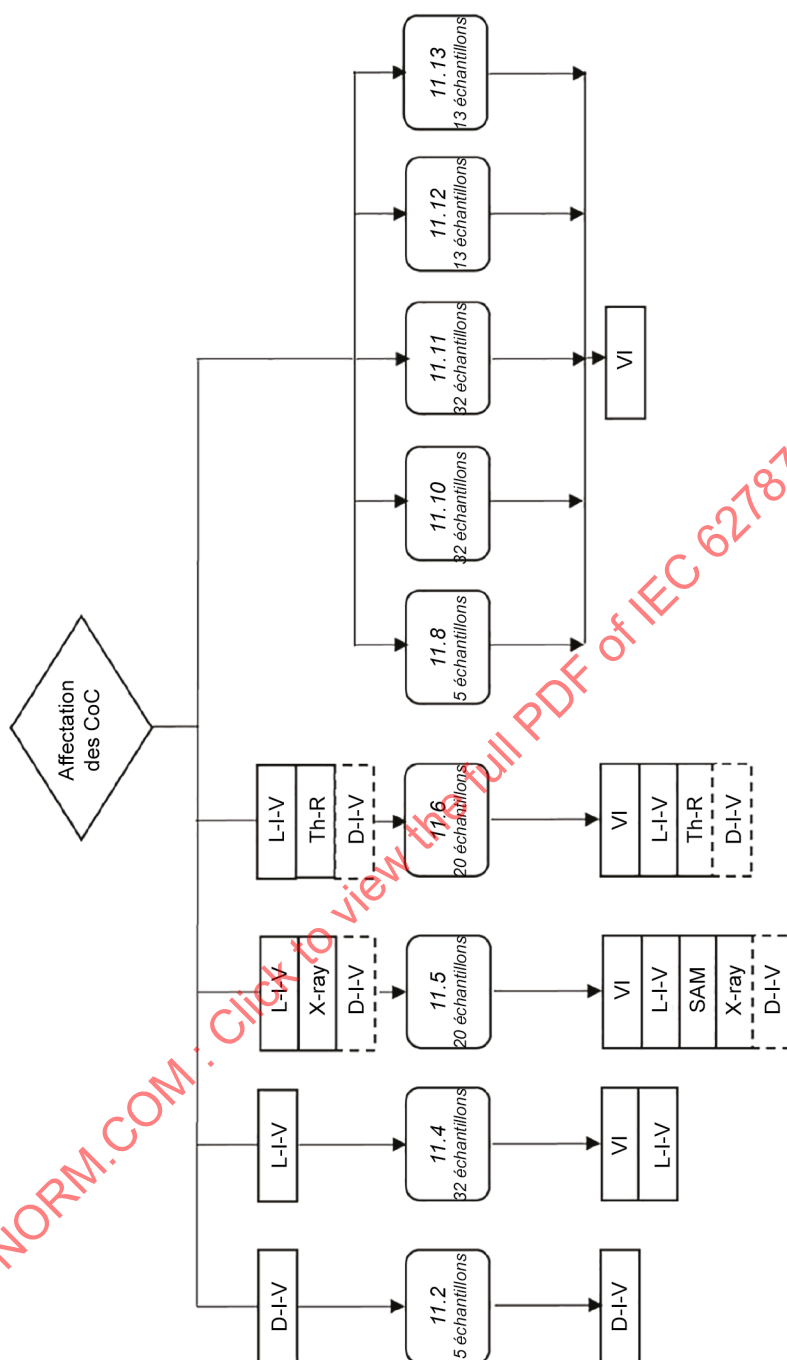
L-I-V Mesure I-V à la lumière (Light I-V)

VI Examen visuel (Visual Inspection)

Les cadres en pointillés indiquent les mesures qui ne sont pas exigées, mais qui sont recommandées.

Les images d'électroluminescence avant et après certains essais ne sont pas explicitement recommandées, mais elles peuvent être utilisées de la même manière que la D-I-V.

Figure 3 – Schéma de principe des essais de qualification des cellules solaires nues



IEC

Légende

- D-I-V Mesure I-V d'obscurité (Dark I-V)
- L-I-V Mesure I-V à la lumière (Light I-V)
- VI Examen visuel (Visual Inspection)
- SAM Microscopie acoustique (Scanning Acoustic Microscopy)
- Th-R Résistance thermique (Thermal Resistance)

Les cadres en pointillés indiquent les mesures qui ne sont pas exigées, mais qui sont recommandées.

Les images d'électroluminescence avant et après certains essais ne sont pas explicitement recommandées, mais elles peuvent être utilisées de la même manière que la D-I-V.

Figure 4 – Schéma de principe des essais de qualification des CoC

9 Documentation et consignation

Avant la campagne d'essais de qualification, le fabricant fournit les caractéristiques du dispositif conformément à l'IEC TS 62789, y compris la tension de seuil minimale.

Pour l'homologation, un rapport certifié des essais de qualification incluant les caractéristiques de performance mesurées ainsi que le détail de chaque défaillance et contre-essai doit être élaboré par l'organisme d'essai. Le type de support utilisé dans certains essais de qualification de cellule solaire nue (le cas échéant) doit être consigné. Inversement, une description complète de la configuration de la CoC doit être consignée.

10 Modifications et requalification

Toutes les modifications apportées à la conception, aux matériaux, aux composants ou au traitement des cellules nues et des CoC ayant satisfait aux essais de qualification peuvent exiger la répétition de tout ou partie des essais de qualification afin de conserver l'homologation. Les fabricants doivent signaler et justifier toutes les modifications apportées auprès de l'organisme de certification et de l'organisme d'essai.

Les cellules solaires nues des CoC satisfaisant aux exigences de l'IEC 62787 après contre-essai sont considérées comme étant conformes et se voient délivrer un Certificat d'évaluation de la conformité CB ainsi qu'un Formulaire de rapport technique amendé.

Pour les modifications répertoriées ci-dessous, le laboratoire d'essai de l'organisme de certification (CBTL, Certification Body Testing Laboratory) doit utiliser les essais de l'IEC 62787 comme ligne directrice.

Pour les modifications apportées aux cellules nues, telles que:

- Matériaux, épaisseurs et/ou processus de métallisation;
- Ordre du traitement des cellules nues si la modification implique le système de métallisation;
Répéter:
 - Adhérence du métal avant et arrière (11.3)
 - Haute température avec injection de courant (11.6)
 - Brasabilité (11.8)
- Type de processus épitaxial,
- Matériaux et/ou processus de la couche semiconductrice,
- Modification importante supérieure à 25 % de l'épaisseur de cellule,
- Modification importante supérieure à 25 % de la surface de cellule,
- Modification importante supérieure à 10 % de la puissance de sortie,
- Conditions de coupe ou de découpage en dés.
Répéter:
 - Cyclage thermique (11.5)
 - Haute température avec injection de courant (11.6)
 - Essai de chaleur humide (11.7)
- Matériau de revêtement antiréflexion;
Répéter:
 - Stockage à haute température (11.4)
 - Cyclage thermique (11.5)
 - Haute température avec injection de courant (11.6)
 - Chaleur humide à faible niveau de lumière polarisée (11.7)
 - Eclairement (11.9)

Pour les modifications apportées aux CoC, telles que:

- Changement du site de fabrication non couvert par le même système d'assurance de la qualité,
- Modification importante supérieure à 10 % de la puissance de sortie,
- Fabricant différent,
- Matériaux d'interconnexion différents,
- Variation de plus de 10 % de l'épaisseur/du diamètre des matériaux d'interconnexion,
- Technique de liaison différente,
- Nombre différent de liaisons de brasage,
- Matériau ou flux de brasage différent,

Répéter:

- Stockage à haute température (11.4)
- Cyclage thermique (11.5)
- Haute température avec injection de courant (11.6)
- Robustesse des contacts soudés à fil/fil méplat (11.10)
- Adhérence de la pastille (11.11)
- Charge de traction rectiligne du fil de connexion (11.12)

11 Essais de contraintes de qualification

11.1 Généralités

Le Tableau 1 et le Tableau 2 répertorient les essais de contraintes que chaque type de cellules solaires nues ou CoC doit réussir, respectivement, pour être homologué selon l'IEC 62787. Les tableaux contiennent également la ou les références techniques correspondant aux méthodes d'essai, un récapitulatif des conditions de contrainte, la taille d'échantillon, les critères de réussite/d'échec et certaines remarques essentielles. La Figure 3 et la Figure 4 présentent les mêmes informations sous forme de schéma de principe.

11.2 Seuil de dommage aux décharges électrostatiques

11.2.1 Généralités

En règle générale, les essais de décharges électrostatiques sont réalisés à température ambiante (25 °C) sur des dispositifs complets qui ont fait l'objet de procédures normales de contrôle de réception et de tri.

11.2.2 Objet

L'essai de seuil de dommage aux décharges électrostatiques consiste à établir la plage admissible d'événements DES ne provoquant aucun dommage irréversible au dispositif photovoltaïque. L'essai doit être réalisé tant sur les cellules solaires nues que sur les CoC.

11.2.3 Procédure

En premier lieu, le fabricant doit fournir la tension de seuil minimale du dispositif. Une procédure d'essai détaillée pour la mesure des seuils de dommage aux décharges électrostatiques des cellules et boîtiers est donnée dans l'IEC 61000-4-2, qui donne également des instructions pour la vérification de la forme d'onde d'impulsion des DES. Lors de la détermination des seuils DES d'un dispositif, les impulsions d'une tension particulière sont appliquées aux bornes, puis les mesures paramétriques choisies sont réalisées. Si les mesures paramétriques n'indiquent pas la défaillance du dispositif, la tension est augmentée et le processus répété. Si des informations pertinentes peuvent être obtenues à l'aide uniquement de tensions inférieures (ou légèrement supérieures) au seuil minimal spécifié du dispositif (qui est de préférence d'au moins 500 V), il convient que la tension continue d'augmenter tant qu'une défaillance ne s'est pas produite, à savoir une perte de tension > 10 % dans la courbe I-V d'obscurité au point de courant correspondant au courant photoélectrique de fonctionnement à la concentration maximale spécifiée. Toutes les mesures sont consignées dans le rapport de qualification final.

11.2.4 Exigences

Il est exigé que tous les échantillons réussissent l'essai de tension de seuil minimale déclarée. Le critère d'acceptation est que le dispositif doit présenter une perte de tension < 10 % dans la mesure I-V d'obscurité au point de courant correspondant au courant photoélectrique de fonctionnement à la concentration maximale spécifiée.

11.3 Adhérence du métal avant et arrière

11.3.1 Objet

Cet essai est réalisé pour vérifier la durabilité des contacts de la cellule solaire nue après un essai d'humidité de 24 h dans une chambre climatique à 95 °C / 90 % d'humidité relative (eau douce et pas de condensation).

11.3.2 Procédure

Les échantillons doivent être soumis à essai en appliquant une bande adhésive qui doit être de couleur claire avec un pouvoir adhésif sur l'acier d'au moins 0,28 N/mm sur les surfaces avant et arrière de la cellule solaire. La bande doit faire l'objet d'une pression jusqu'à la transparence, puis être détachée selon un angle < 45°. La bande est ensuite placée sur la feuille de forme. Des détails supplémentaires peuvent être consultés dans l'ECSS-E-ST-20-08C Rév. 1.

11.3.3 Exigences

Pas de partie délamée sur la bande. Toutes les exigences de l'examen visuel doivent être satisfaites.

11.4 Stockage à haute température

11.4.1 Objet

Cet essai a pour principal objet de déterminer si les cellules solaires nues et les CoC peuvent résister aux températures élevées rencontrées pendant le transport et le stockage dans leur emballage. Par conséquent, les dispositifs ne fonctionnent pas pendant ces essais, mais il est nécessaire de procéder aux mesures de fonctionnalité appropriées avant et après les essais. Un essai à relativement long terme (c'est-à-dire 1 000 h à +80 °C) est spécifié pour le stockage à haute température. En effet, dans certains cas, cet essai s'est révélé simuler les modes de défaillance de la même façon que l'essai de fonctionnement à haute température.