

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Endurance test methods for die attach materials –
Part 2: Temperature cycling test method for die attach materials applied to
discrete type power electronic devices**

**Méthodes d'essai d'endurance pour les matériaux de fixation de puce –
Partie 2: Méthode d'essai de cycle thermique pour les matériaux de fixation de
puce, appliquée aux dispositifs électroniques de puissance de type discret**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2023 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 Secretariat
3, rue de Varembé
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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 Products & Services Portal - products.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 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 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 Products & Services Portal - products.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 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Endurance test methods for die attach materials –
Part 2: Temperature cycling test method for die attach materials applied to
discrete type power electronic devices**

**Méthodes d'essai d'endurance pour les matériaux de fixation de puce –
Partie 2: Méthode d'essai de cycle thermique pour les matériaux de fixation de
puce, appliquée aux dispositifs électroniques de puissance de type discret**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.190

ISBN 978-2-8322-7677-8

**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, definitions and abbreviated terms	7
3.1 Terms and definitions	7
3.2 Abbreviated terms	7
4 General	7
5 Test apparatus	8
5.1 Die bonding equipment	8
5.2 Temperature cycling chamber	8
5.3 Thermal resistance measuring equipment	8
5.4 Ultrasonic flaw inspection equipment	8
6 Specimen	8
6.1 General	8
6.2 Preparation of specimen	9
7 Evaluation test	9
7.1 Test method	9
7.1.1 General	9
7.1.2 Temperature cycling test	9
7.1.3 Test conditions	10
7.1.4 End of test criteria	10
7.2 Inspection and measurement	10
7.2.1 Visual inspection	10
7.2.2 Thermal resistance measurement	10
7.2.3 Ultrasonic flaw inspection	11
7.3 Test procedure	11
7.3.1 Test preparation	11
7.3.2 Preconditioning	11
7.3.3 Initial measurement	11
7.3.4 Test	11
7.3.5 Intermediate measurement	11
7.3.6 Post-test treatment	11
7.3.7 Final judgment	11
8 Failure cycle	12
9 Items to be specified in the product specification	12
Annex A (normative) Thermal resistance measuring method at die attach region	13
A.1 Thermal resistance measuring method	13
A.1.1 General	13
A.1.2 Temperature characteristics measurement for TEG chip	13
A.1.3 Thermal resistance measurement method for TEG chip	14
A.2 Correction of thermal resistance criteria	15
Annex B (informative) Discrete type specimen preparation using a heating resistor	
TEG chip	18
B.1 Power electronic device specimen	18
B.1.1 General	18
B.1.2 Power electronic device chip	18

B.1.3	Base substrate	18
B.1.4	Package mould	19
B.1.5	Surface treatment	19
B.2	Die attach materials	19
B.3	Specimen preparation	19
Annex C (informative) Reliability performance index for die attach joint – Discrete type power electronic device		22
Bibliography		23
Figure 1 – Regions for evaluation for discrete type power electronic device		8
Figure 2 – Temperature cycling test		9
Figure A.1 – Example of the structure of the specimen using a TEG chip		13
Figure A.2 – Example of temperature characteristics – TEG chip		14
Figure A.3 – Example of structure for thermal resistance measurement for a power electronic device		15
Figure A.4 – Example of relationship between thermal resistance and die attach damage		16
Figure A.5 – Example of ultrasonic flaw inspection result		17
Figure B.1 – Example of TEG chip		18
Figure B.2 – Typical reflow soldering profile for Sn96,5Ag3Cu,5 solder alloy		20
Figure B.3 – Example of specimen – TEG chip		21
Table 1 – Temperature cycling test conditions		10
Table A.1 – Example of thermal resistance value (R_{th}) result		16
Table C.1 – Reliability performance index for die attach joint – Discrete type power electronic device		22

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ENDURANCE TEST METHODS FOR DIE ATTACH MATERIALS –**Part 2: Temperature cycling test method for die attach materials applied to discrete type power electronic devices****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) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 63215-2 has been prepared by IEC technical committee 91: Electronics assembly technology. It is an International Standard.

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

Draft	Report on voting
91/1895/FDIS	91/1912/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

A list of all parts in the IEC 63215 series, published under the general title *Endurance test methods for die attach materials*, can be found on the IEC website.

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

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

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 63215-2:2023

ENDURANCE TEST METHODS FOR DIE ATTACH MATERIALS –

Part 2: Temperature cycling test method for die attach materials applied to discrete type power electronic devices

1 Scope

This part of IEC 63215 applies to the die attach materials and joining system applied to discrete type power electronic devices.

This document specifies the temperature cycling test method which takes into account the actual usage conditions of discrete type power electronic devices to evaluate reliability of the die attach joint materials and joining system, and establishes a classification level for joining reliability (reliability performance index).

The test method specified in this document is not intended to evaluate power semiconductor devices themselves.

The test method specified in this document is not regarded as the one for use to guarantee the reliability of the power semiconductor device packages.

NOTE The test result obtained using this document will not be used as absolute quantitative data, but for intercomparison with the other die attach materials results using the same setup.

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 60068-2-14, *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*

IEC 60194-1, *Printed boards design, manufacture and assembly – Vocabulary – Part 1: Common usage in printed board and electronic assembly technologies*

IEC 60194-2, *Printed boards design, manufacture and assembly – Vocabulary – Part 2: Common usage in electronic technologies as well as printed board and electronic assembly technologies*

IEC 60747-15, *Semiconductor devices – Discrete devices – Part 15: Isolated power semiconductor devices*

3 Terms, definitions and abbreviated terms

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, terms and definitions given in IEC 60194-1, IEC 60194-2, and the following apply.

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

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

3.1.1

TEG chip

chip with test patterns for process and device evaluation and control

Note 1 to entry: In this document, the heating resistor chip is as in 6.1.

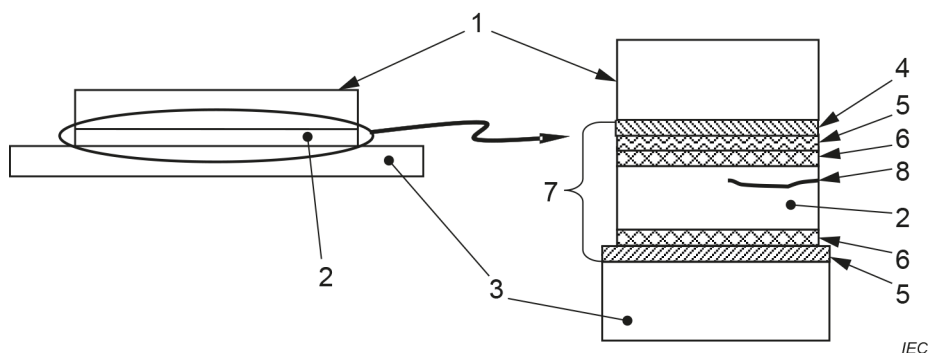
3.2 Abbreviated terms

C-SAM	constant-depth mode scanning acoustic microscope
SAT	scanning acoustic tomography
TCT	temperature cycling test
TEG	test element group

4 General

The regions of the die attach materials and joining systems to be evaluated are shown in Figure 1. The test method in this document is applicable to evaluate the durability of the die attach materials against thermal stress to the power electronic devices but not to test the mechanical strength of the power electronic devices themselves.

Therefore, the conditions for accelerated stress conditioning by a cycling test can exceed the maximum allowable temperature range for the power electronic devices.



Key

- 1 power electronic device chip
- 2 die attach material
- 3 base substrate
- 4 device termination
- 5 plating layers
- 6 inter-metallic compound layers
- 7 regions for evaluation
- 8 crack

Figure 1 – Regions for evaluation for discrete type power electronic device

5 Test apparatus

5.1 Die bonding equipment

The die bonding equipment shall be able to realize the die bonding conditions.

5.2 Temperature cycling chamber

The temperature cycling chamber shall be able to realize the temperature cycling profile specified in Figure 2 and Table 1. The general requirements for the temperature cycling chamber shall be in accordance with test Na of IEC 60068-2-14.

5.3 Thermal resistance measuring equipment

The thermal resistance measuring equipment shall be able to measure thermal conductivity in accordance with IEC 60747-15, and also be able to calculate the thermal resistance value of the specimen as in Annex A.

5.4 Ultrasonic flaw inspection equipment

Ultrasonic flaw inspection equipment such as scanning acoustic tomography (SAT) or constant-depth mode scanning acoustic microscope (C-SAM) shall be able to detect cracks and voids in the die attach joint by non-destructive inspection of the ultrasonic scanning, and be able to calculate the crack propagation area ratio in die attach joint as in Annex A.

6 Specimen

6.1 General

The specimen shall be a heating element chip which is bonded using die attach material under evaluation on the base substrate. The heating element chip which is able to realize the test conditions specified in Clause 7, can be either a heating resistor chip (heater TEG chip, hereafter referred to as "TEG chip") or a power semiconductor device chip.

An example of the specimen structure is described in Annex B.

6.2 Preparation of specimen

The die attach joint is made by the reflow soldering method or sintering method, for example. Depending on the die attach material, a press joint system, or reduced pressure reflow or formic acid atmosphere reflow for oxidation/reduction operation, may be used to secure the joint.

The preparation process for an example structure of the power electronic device specimen is described in Annex B.

7 Evaluation test

7.1 Test method

7.1.1 General

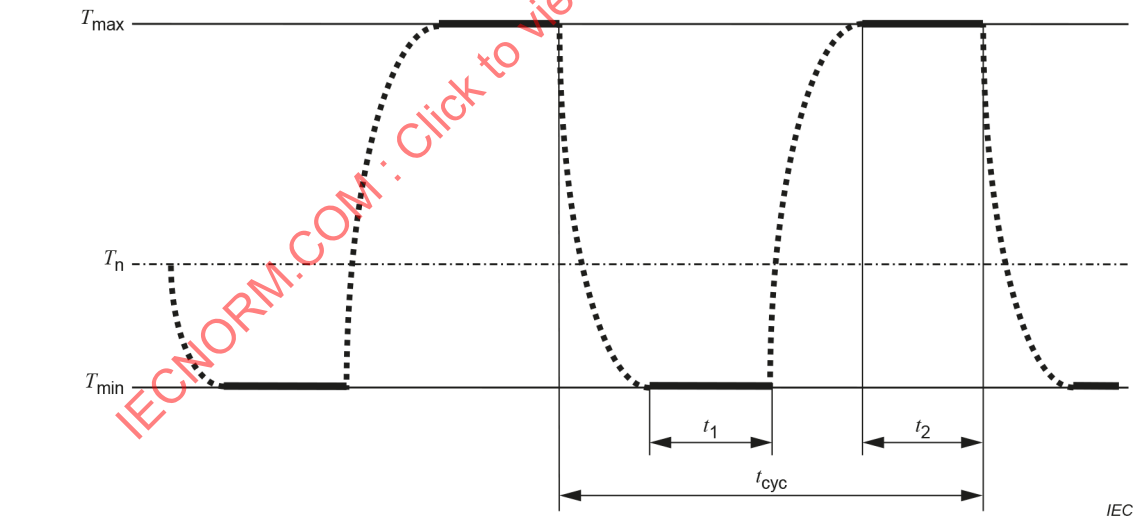
The test method for evaluation shall be done by the temperature cycling test.

7.1.2 Temperature cycling test

The test shall be made in accordance with test Na of IEC 60068-2-14 and the following details.

Place the specimen in the temperature cycling chamber specified in 5.2 where the best airflow is obtained and where there is sufficient airflow around the specimen.

The temperature cycle shall be started from the low temperature side as shown in Figure 2. The test cycles shall be as specified in the product specification.



Key

$T_{\max}$	maximum storage temperature	t_1	hold time at $T_{\min}$
T_n	normal ambient temperature	t_2	hold time at $T_{\max}$
$T_{\min}$	minimum storage temperature	t_{cyc}	one temperature cycle

Figure 2 – Temperature cycling test

7.1.3 Test conditions

The product specification shall specify the temperature cycling test conditions selected from Table 1.

Table 1 – Temperature cycling test conditions

Step	Test conditions		
	TA	TB	TC
$T_{\min}$ °C	-40 ± 5	-40 ± 5	-40 ± 5
$T_{\max}$ °C	150 ± 5	175 ± 5	200 ± 5
t_1, t_2	20 min or more		
Intermediate measurement	Unless otherwise specified in the product specification, the specified measurements shall be made at the following cycles: 0 (initial), 500, 1 000, 1 500		
Number of specimens	5 or more for each test condition		
Key $T_{\min}$: minimum storage temperature, $T_{\max}$: minimum storage temperature, t_1 and t_2 start when the temperature of the specimen reaches the specified temperature. The transition time from $T_{\min}$ to $T_{\max}$ and reverse transfer shall be within 3 min and include a cycle time with the duration to reach the thermal stabilizing time of the specimen (refer to IEC 60068-2-14).			

7.1.4 End of test criteria

Each evaluation test shall be terminated if the thermal resistance value (R_{th}) of the specimen increases by 20 % from the initial measurement, unless otherwise specified in the product specification.

Each evaluation test shall continue up to the test cycles specified in the product specification, except if the end of the test criteria specified above is reached.

7.2 Inspection and measurement

7.2.1 Visual inspection

The specimen shall be subjected to visual inspection. There shall be no defect which would impair validity of the test result.

7.2.2 Thermal resistance measurement

Thermal resistance of the specimen shall be measured using thermal resistance measuring equipment specified in 5.3 and the adopted measuring method referred to as the static heating method specified in Annex A, to determine the degree of deterioration.

The thermal resistance measurement method such as the static heating method (heating method or cooling method) or dynamic heating method (thermal transient characterization method) which are used in the marketplace, may be used based upon the agreement between trading partners.

The thermal resistance shall be recorded so that the change in the thermal resistance value of one of the specimens can be traced.

7.2.3 Ultrasonic flaw inspection

The image of die attach conditions of the same specimen crack and the other defects shall be taken using ultrasonic flaw inspection equipment specified in 5.4, to determine the degree of deterioration.

The image of ultrasonic flaw inspection and crack propagation area ratio shall be recorded for the die attach damage data recognized by two-valued image processing.

7.3 Test procedure

7.3.1 Test preparation

If the residue flux on the specimen has to be cleaned, the cleaning method should be specified in the product specification.

The mounting for the evaluation test shall be ensured.

7.3.2 Preconditioning

If required, the preconditioning conditions shall be specified in the product specification.

7.3.3 Initial measurement

All specimens shall be subjected to initial measurement in accordance with 7.2.

The measuring condition for the initial measurement should be specified in the product specification.

7.3.4 Test

All specimens shall be subjected to the test in accordance with 7.1.

7.3.5 Intermediate measurement

The specimen shall be taken from the temperature cycling chamber at the intermediate measuring cycle specified in Table 1.

All specimens shall be subjected to the thermal resistance measurement for intermediate measurement in accordance with 7.2.2.

All specimens shall be subjected to the ultrasonic flaw inspection for intermediate measurement in accordance with 7.2.3.

7.3.6 Post-test treatment

After the evaluation test, if it is necessary to align the measurement condition, the specimen shall be subjected to post-test conditioning specified in the product specification under the final measurement conditions. The product specification may specify the recovery period to cool down and the stabilizing temperature for the specimen.

7.3.7 Final judgment

The specimen shall be taken from the temperature cycling chamber at the end of the test.

At least one specimen shall be observed in the cross section to check the damage conditions of the die attach region. The specimen for the cross section should be selected by the result of ultrasonic inspection in accordance with 7.2.3.

The test results should be evaluated in conjunction with the intermediate measurement results.

The recorded thermal resistance data and the crack propagation area ratio (die attach damage data) should be analysed in correlation with each specimen individually.

If the thermal resistance value (R_{th}) increased up to 20 %, then the failure cycles shall be determined.

Once the test is completed, if the thermal resistance value (R_{th}) is not reached to 20 %, the specimen shall be evaluated by ultrasonic flaw inspection. If the horizontal crack propagation area ratio reaches up to 30 %, then it is necessary to determine the failure cycles.

Once the test has finished up to 1 500 cycles, if the thermal resistance value (R_{th}) is not reached to 20 % and the crack propagation area ratio is not reached up to 30 %, the specimen is judged to have performance index "Level 1" as shown in Annex C.

If the crack propagation area ratio at the end of the test criteria is significantly too small, the increased rate of thermal resistance value (R_{th}) of 20 % should be re-defined to a decreased value (e.g. 30 %) to determine the failure cycles.

The measuring condition for the final measurement should be specified in the product specification.

8 Failure cycle

The failure cycle of the specimen shall be the test cycles for which the end of the test criteria specified in 7.1.4 or failure criteria specified in the product specification are reached, due to crack propagation area at the die attach joint (interface).

The failure cycles for the temperature cycling test should be extrapolated from the thermal resistance change during the test to reach the end of the test criteria in 7.1.4.

The representative failure cycles of the specimens under the same test conditions shall be decided based on the statistical failure rate specified in the product specification. If the product specification does not specify the details, then the shortest failure cycle number shall be taken.

As a reference of the reliability performance for the specimen, the reliability performance index corresponding to the failure cycles in the temperature cycling test is as shown in Annex C.

9 Items to be specified in the product specification

The product specification shall specify the following items if applicable:

- | | |
|---|------------|
| a) specification of the discrete type power electronic device | (Clause 6) |
| b) evaluation test conditions, if other than specified in Table 1 | (7.1.3); |
| c) end of test criteria (increasing ratio limit for thermal resistance) | (7.1.4) |
| d) test preparation, if required | (7.3.1) |
| e) preconditioning, if required | (7.3.2) |
| f) initial measurement items and conditions | (7.3.3) |
| g) post-test treatment | (7.3.6) |
| h) final judgment items and conditions | (7.3.7) |
| i) failure cycle and reliability performance level | (Clause 8) |

Annex A (normative)

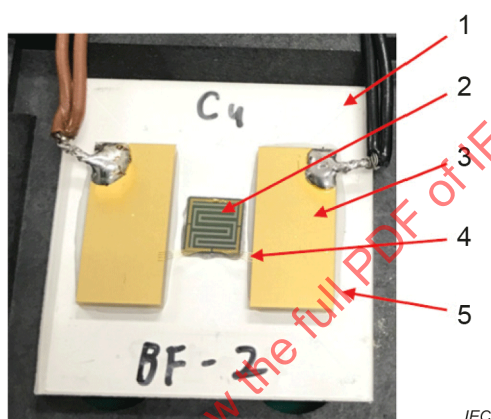
Thermal resistance measuring method at die attach region

A.1 Thermal resistance measuring method

A.1.1 General

For the temperature cycling test, the specimen specified in 6.1 is used. If the specimen which is made of a TEG chip (refer to Figure B.1) is used, the top surface temperature of the TEG chip can be estimated from the temperature characteristics of the heating resistor.

Figure A.1 shows an example of the structure of the specimen using a TEG chip.



Key

- | | |
|------------------|-----------------|
| 1 base substrate | 2 TEG chip |
| 3 terminal | 4 bonding wires |
| 5 adhesive | |

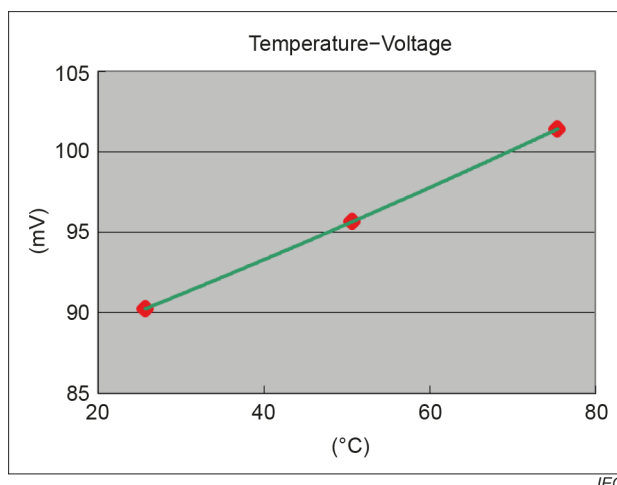
Figure A.1 – Example of the structure of the specimen using a TEG chip

A.1.2 Temperature characteristics measurement for TEG chip

The thermal characteristics of the heat resistance of the TEG chip specimen are obtained by the following procedure:

- put the specimen into the constant temperature chamber;
- apply measuring current, for example 1 mA;
- measure the temperature (T_C) and voltage drop between terminals (U);
- repeat b) and c) for at least three (3) different temperatures.

Figure A.2 shows an example of the measurement.



Set temperature °C	Measuring current: 1mA	
	T_c °C	V mV
25	25,7	90,263 9
50	50,7	95,680 0
75	75,4	101,430 1

Figure A.2 – Example of temperature characteristics – TEG chip

A.1.3 Thermal resistance measurement method for TEG chip

If the specimen is made of a TEG chip, using the thermal resistance along with the thickness measurement method as described in IEC TR 61189-3-914:2017, 6.3 and 6.4.6, and the thermal resistance measuring equipment using a cold plate, the thermal resistance of the power electronic device chip along with the thickness which represents the die attach region can be obtained from the temperature of the TEG chip (T_j) and the base plate temperature (T_b).

The thermal resistance along the whole thickness of the TEG chip (R_{th}) is calculated by Formula (A.1).

$$R_{th} = \frac{T_j - T_b}{W} \quad (A.1)$$

where

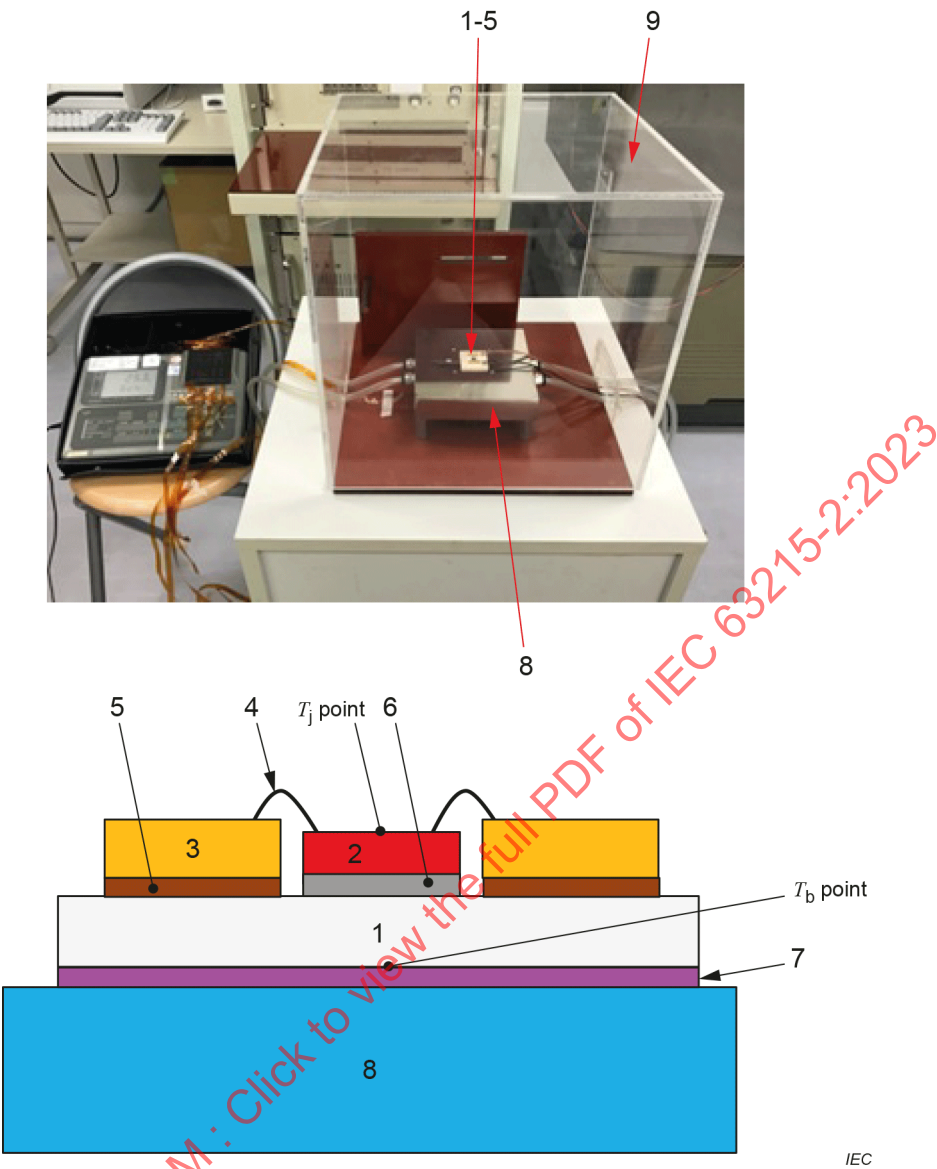
R_{th} is the thermal resistance along the thickness between T_j and T_s (K /W)

T_j is the surface temperature of the TEG chip (°C)

T_b is the bottom surface temperature of the base plate (°C)

W is the TEG chip power (W)

Figure A.3 shows an example of the structure for the thermal resistance measurement for power electronic device.



Key

1	base substrate	2	TEG chip
3	terminal	4	bonding wires
5	adhesive	6	die attach material
7	Thermal interface material (TIM) (thermal conductivity: $\geq 1 \text{ W/m}\cdot\text{K}$)	8	base plate
9	wind shield box		

Figure A.3 – Example of structure for thermal resistance measurement for a power electronic device

A.2 Correction of thermal resistance criteria

The relationship between the thermal resistance value and the crack propagation area ratio (die attach damage) can depend on the die attach material. The characteristics of the thermal resistance and the crack propagation area ratio are roughly compared with the die attach materials.

An example of the relationship between the thermal resistance value and the crack propagation area ratio (die attach damage) which is dependent on the die attach materials is shown in Figure A.4.

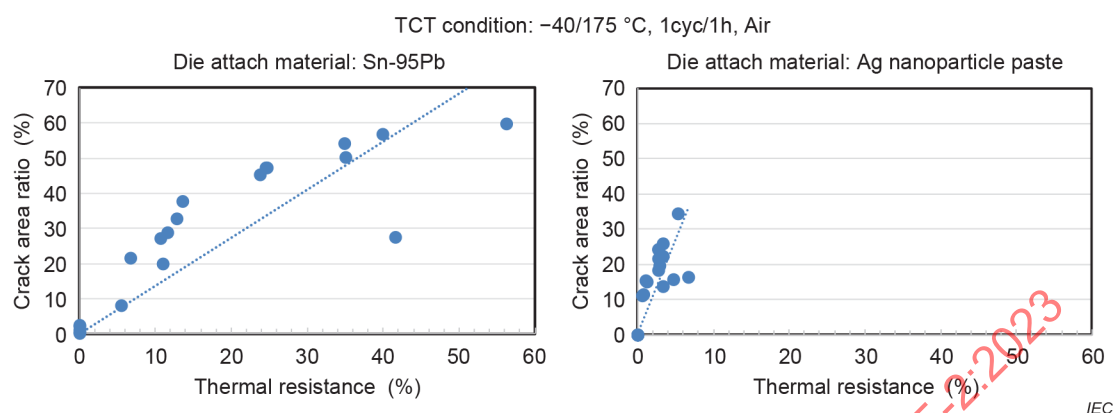


Figure A.4 – Example of relationship between thermal resistance and die attach damage

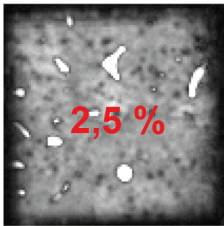
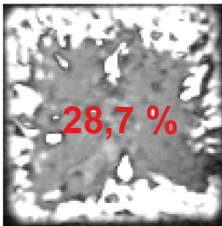
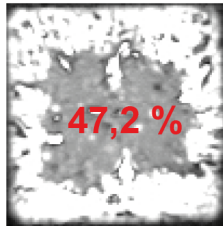
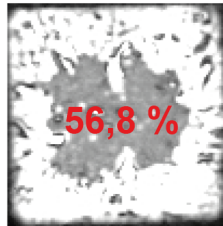
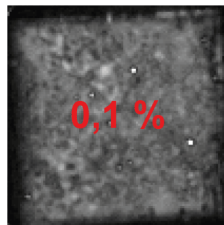
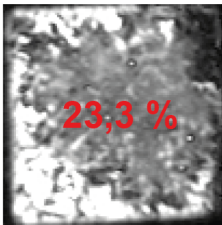
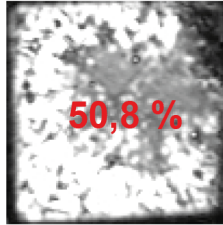
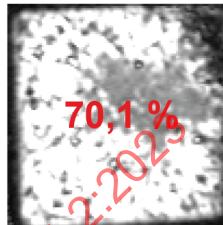
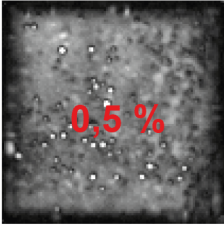
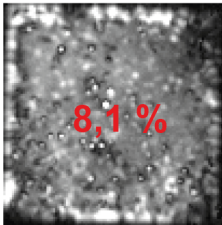
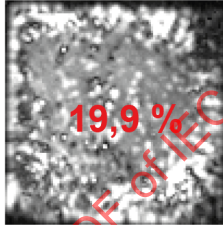
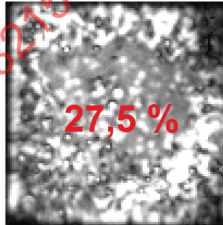
An example of the thermal resistance value and of the crack propagation area ratio (die attach damage) examination result is shown in Table A.1 and Figure A.5, respectively.

Table A.1 – Example of thermal resistance value (R_{th}) result

Unit in °C/W

Test	0 cycle	500 cycles		1 000 cycles		1 500 cycles	
	R_{th}	R_{th}	ΔR_{th}	R_{th}	ΔR_{th}	R_{th}	ΔR_{th}
a	0,937	1,046	12 %	1,168	25 %	1,311	40 %
b	0,950	1,065	12 %	1,246	31 %	1,575	66 %
c	0,972	1,026	6 %	1,079	11 %	1,376	42 %

TCT condition: -40 °C to 175 °C, 1 cycle/h, air
Vase substrate: 60Cu-40Mo
Die attach material: Sn-95Pb
 ΔR_{th} is the increased ratio from 0 cycle.

Test	0 cycle	500 cycles	1 000 cycles	1 500 cycles
a	 2,5 %	 28,7 %	 47,2 %	 56,8 %
b	 0,1 %	 23,3 %	 50,8 %	 70,1 %
c	 0,5 %	 8,1 %	 19,9 %	 27,5 %

IEC

Figures are the crack propagation area ratio.

Figure A.5 – Example of ultrasonic flaw inspection result

The crack propagation area ratio of each TEG chip should be calculated by Formula (A.2).

$$B = \frac{A_1}{A_0} \times 100 \tag{A.2}$$

where

B is the crack propagation area ratio, expressed in percent (%);

A_0 is the original die attach joint area;

A_1 is the crack propagation area.

The crack propagation area shall be measured using ultrasonic flaw inspection equipment. In addition, the image data should be processed by a two-value image recognition.

Annex B (informative)

Discrete type specimen preparation using a heating resistor TEG chip

B.1 Power electronic device specimen

B.1.1 General

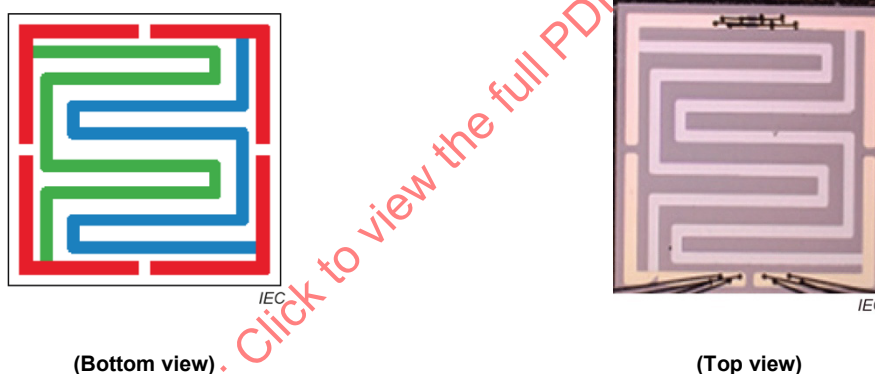
Unless otherwise specified in the product specification, the power electronic device specimen is as follows.

B.1.2 Power electronic device chip

The power electronic device chip is made of Si (silicon) and has the following characteristics:

- dimensions: 5 mm × 5 mm, 400 µm thickness;
- surface treatment: metallization of Ti-Ni-Au (titanium-nickel-gold) or Ag (silver) on the die attach (bottom) side.

An example of a TEG chip simulating power electronic device chip is shown in Figure B.1.



Key

Red colour pattern: bonding pad (0,3 mm thick Au)

Blue colour pattern: resistor circuit 1 (heater and thermal sensor)

Green colour pattern: resistor circuit 2 (heater and thermal sensor)

Figure B.1 – Example of TEG chip

B.1.3 Base substrate

The details of the base substrate are as follows:

- material: Cu (copper), Cu-W (copper-tungsten) or Cu-Mo (copper-molybdenum) used as lead frame;
- dimensions: 30 mm × 30 mm, 2 mm thickness;
- surface treatment: Ni/Ag (nickel/silver) or Ni/Au (nickel / gold) on die attach side, unless otherwise specified by the product specification.

B.1.4 Package mould

The evaluation test can affect the resin mould used for package sealing of the power electronic device and can cause damage or deterioration to the wire bonding other than the die attach joint. Therefore, the specimen should not have any mould or the resin mould should be removed.

B.1.5 Surface treatment

If required by the product specification, the specified surface treatment is applied to the power electronic device chip as in B.1.2 and to the base substrate as in B.1.3.

B.2 Die attach materials

Solder paste, sintered material made of Ag (silver) or Cu (copper) or conductive adhesive are used as a die attach material.

NOTE Solder paste is made of flux, finely divided particles of solder and additives to promote wetting and to control viscosity, tackiness, slumping, drying rate, etc.

Unless otherwise specified in the product specification, one of the solder alloys listed below (as specified in IEC 61190-1-3) is used:

- 5 % mass fraction of Sn (tin) and 95 % mass fraction of Pb (lead);
- from 3,0 % to 4,0 % mass fraction of Ag (silver), from 0,5 % to 1,0 % mass fraction of Cu (copper) and the remainder of Sn (tin).

EXAMPLE Sn-Ag-Cu ternary alloy such as Sn96,5Ag3Cu,5 alloy is used.

The product specification specifies the details of the solder paste.

B.3 Specimen preparation

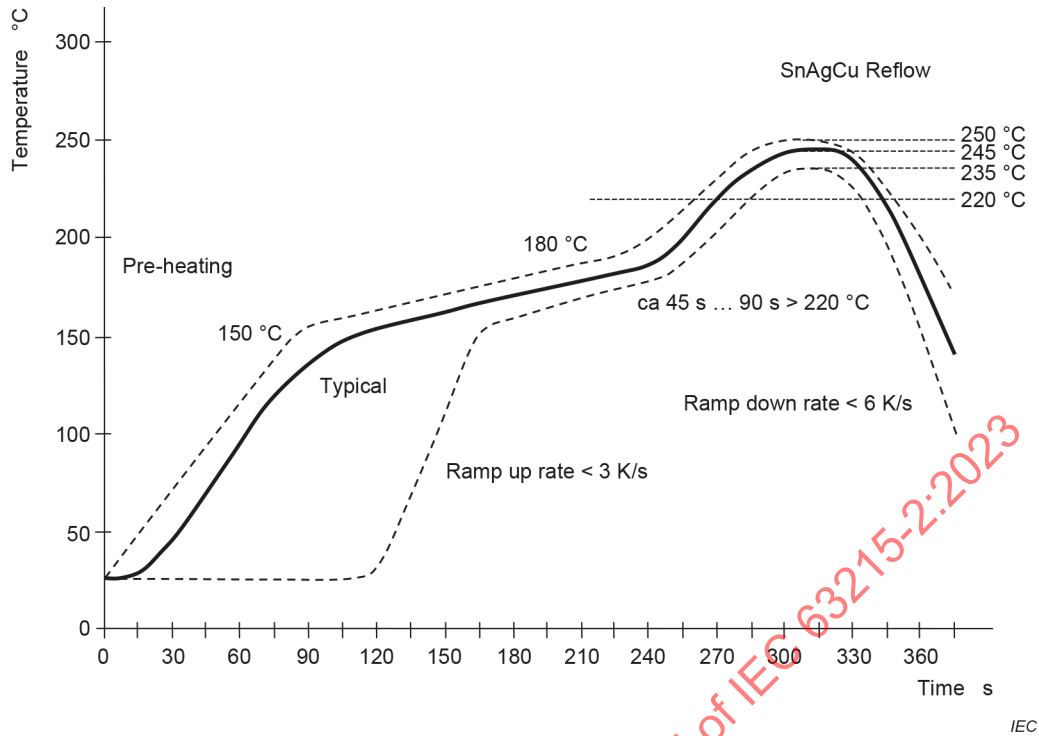
For example, the die attach joint is made by reflow soldering. Depending on the die attach material, a press joint system, or reduced pressure reflow or formic acid atmosphere reflow for oxidation/reduction operation may be used to secure the joint.

An example of the specimen preparation procedure is as follows:

- a) Unless otherwise specified in the product specification, the die attach material described in Clause B.2 is printed on the test substrate described in B.1.3, with 50 µm to 100 µm thickness for soldering or 20 µm to 50 µm thickness for sintering, and is of the same dimensions, shape and arrangement as the power electronic device chip.
- b) The power electronic device chip is placed onto the printed die attach material.
- c) The die bonding equipment specified in 5.1 is used to melt and join the die attach material with the temperature profile shown in Figure B.2, for example. The measuring point of the temperature is the die attach region.

Figure B.2 shows an example of a typical reflow soldering profile for Sn96,5Ag3Cu,5 solder alloy, as in IEC 61760-1:2020, Figure 14.

- d) Wire bonding to make the connection for the power supply to the power electronic device chip, if necessary.

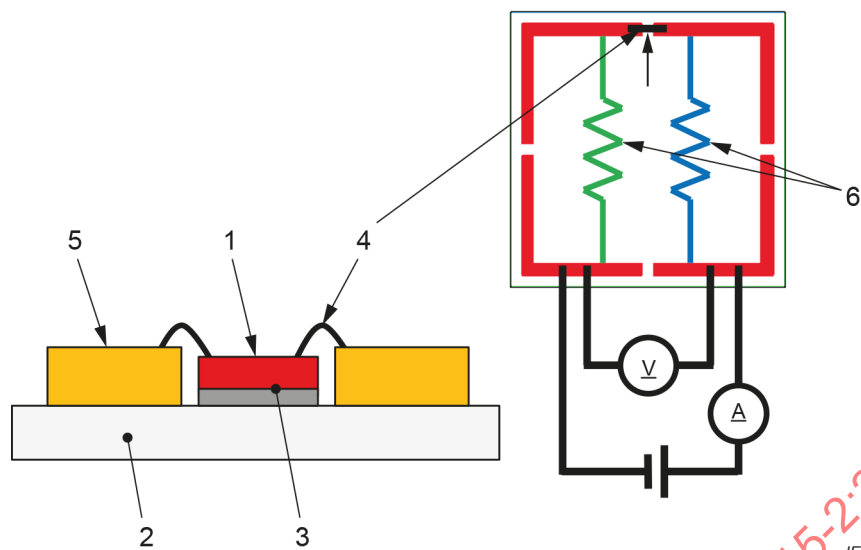


Continuous line: typical process (terminal temperature)

Dotted line: process limits. Bottom process limit (terminal temperature). Upper process limit (top surface temperature)

Figure B.2 – Typical reflow soldering profile for Sn96,5Ag3Cu,5 solder alloy

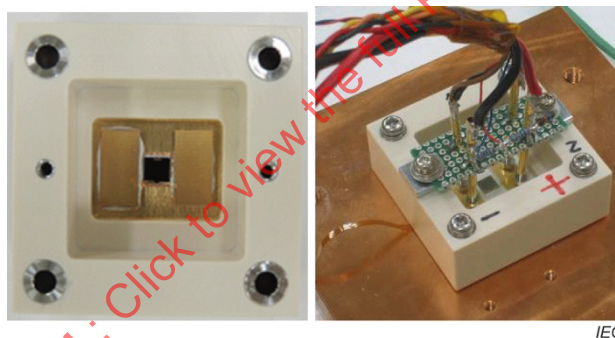
Figure B.3 shows an example of the TEG chip specimen for the evaluation test.



IEC

Key

1	TEG chip	2	base substrate
3	die bonding material	4	bonding wire
5	terminal	6	resistor element



IEC

Figure B.3 – Example of specimen – TEG chip

Annex C

(informative)

Reliability performance index for die attach joint – Discrete type power electronic device

The reliability performance index corresponding to the failure cycles in the temperature cycling test is shown in Table C.1. For die attach materials applied to discrete type power electronic device, this classification gives an index of applicability.

**Table C.1 – Reliability performance index for die attach joint –
Discrete type power electronic device**

$T_{\min} / T_{\max}$ °C	Temperature range °C	TCT reliability performance index	Failure cycles
–40/150	190	190-Level1	1 500≤
		190-Level2	1 000≥, <1 500
		190-Level3	<1 000
–40/175	215	215-Level1	1 500≤
		215-Level2	1 000≥, <1 500
		215-Level3	<1 000
–40/200	240	240-Level1	1 500≤
		240-Level2	1 000≥, <1 500
		240-Level3	<1 000

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63215-2:2023

Bibliography

IEC TR 61189-3-914:2017, *Test methods for electrical materials, printed boards and other interconnection structures and assemblies – Part 3-914: Test method for thermal conductivity of printed circuit boards for high-brightness LEDs – Guidelines*

IEC 61190-1-3, *Attachment materials for electronic assembly – Part 1-3: Requirements for electronic grade solder alloys and fluxed and non-fluxed solid solder for electronic soldering applications*

IEC 61760-1:2020, *Surface mounting technology – Part 1: Standard method for the specification of surface mounting components (SMDs)*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63215-2:2023

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	26
1 Domaine d'application	28
2 Références normatives	28
3 Termes, définitions et termes abrégés	29
3.1 Termes et définitions	29
3.2 Termes abrégés	29
4 Généralités	29
5 Appareillage d'essai	30
5.1 Équipement de liaison de puce	30
5.2 Chambre pour cycle de température	30
5.3 Équipement de mesure de résistance thermique	30
5.4 Équipement d'inspection ultrasonique des défauts	30
6 Specimen	31
6.1 Généralités	31
6.2 Préparation des spécimens	31
7 Essai d'évaluation	31
7.1 Méthode d'essai	31
7.1.1 Généralités	31
7.1.2 Essai de cycle thermique	31
7.1.3 Conditions d'essai	32
7.1.4 Critères de fin d'essai	33
7.2 Inspection et mesure	33
7.2.1 Examen visuel	33
7.2.2 Mesure de la résistance thermique	33
7.2.3 Inspection ultrasonique des défauts	33
7.3 Procédure d'essai	33
7.3.1 Préparation aux essais	33
7.3.2 Préconditionnement	33
7.3.3 Mesure initiale	34
7.3.4 Essai	34
7.3.5 Mesure intermédiaire	34
7.3.6 Traitement post-essai	34
7.3.7 Décision finale	34
8 Cycle de défaillance	35
9 Éléments à stipuler dans la spécification de produit	35
Annexe A (normative) Méthode de mesure de résistance thermique au niveau de la région de fixation de puce	36
A.1 Méthode de mesure de résistance thermique	36
A.1.1 Généralités	36
A.1.2 Mesure des caractéristiques de température pour la puce TEG	36
A.1.3 Méthode de mesure de résistance thermique pour la puce TEG	37
A.2 Correction des critères de résistance thermique	38
Annexe B (informative) Préparation du spécimen de type discret à l'aide d'une puce TEG à résistance chauffante	41
B.1 Puce de dispositif électronique de puissance	41
B.1.1 Généralités	41

B.1.2	Puce de dispositif électronique de puissance	41
B.1.3	Substrat de base	41
B.1.4	Moule du boîtier	42
B.1.5	Traitement de surface	42
B.2	Matériaux de fixation de puce	42
B.3	Préparation du spécimen	42
Annexe C (informative) Indice de performance de fiabilité pour joint de fixation de puce – dispositif électronique de puissance de type discret		45
Bibliographie		46
Figure 1	– Régions d'évaluation pour dispositif électronique de puissance de type discret	30
Figure 2	– Essai de cycle thermique	32
Figure A.1	– Exemple de structure du spécimen utilisant une puce TEG	36
Figure A.2	– Exemple de caractéristique de température – puce TEG	37
Figure A.3	– Exemple de structure pour la mesure de la résistance thermique effectuée sur le dispositif électronique de la puissance	38
Figure A.4	– Exemple de relation entre la résistance thermique et les dommages occasionnés à la fixation de puce	39
Figure A.5	– Exemple de résultat d'inspection ultrasonique des défauts	40
Figure B.1	– Exemple de puce TEG	41
Figure B.2	– Profil type de brasage par refusion pour un alliage de brasage Sn96,5Ag3Cu,5	43
Figure B.3	– Exemple de spécimen – puce TEG	44
Tableau 1	– Conditions de l'essai de cycle thermique	32
Tableau A.1	– Exemple de résultat pour la valeur de résistance thermique (R_{th})	39
Tableau C.1	– Indice de performance de fiabilité pour joint de fixation de puce – dispositif électronique de puissance de type discret	45

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MÉTHODES D'ESSAI D'ENDURANCE POUR LES MATÉRIAUX DE
FIXATION DE PUCE –****Partie 2: Méthode d'essai de cycle thermique pour les matériaux de
fixation de puce, appliquée aux dispositifs électroniques de puissance de
type discret**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique 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. À 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'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de propriété revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse <https://patents.iec.ch>. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 63215-2 a été établie par le comité d'études 91 de l'IEC: Techniques d'assemblage des composants électroniques. Il s'agit d'une Norme internationale.

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

Projet	Rapport de vote
91/1895/FDIS	91/1912/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 63215, publiées sous le titre général *Méthode d'essai d'endurance pour les matériaux de fixation de puce*, se trouve sur le site Web de l'IEC.

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 webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera:

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de ce document 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.

MÉTHODES D'ESSAI D'ENDURANCE POUR LES MATÉRIAUX DE FIXATION DE PUCE –

Partie 2: Méthode d'essai de cycle thermique pour les matériaux de fixation de puce, appliquée aux dispositifs électroniques de puissance de type discret

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 63215 concerne les matériaux de fixation de puce et le système d'assemblage appliqués aux dispositifs électroniques de puissance de type discret.

Le présent document spécifie le procédé d'essai de cycle thermique qui prend en compte les conditions d'usage réelles des dispositifs électroniques de puissance de type discret pour apprécier la fiabilité des matériaux de joint de fixation de puce et du système d'assemblage, et elle établit le niveau de classification concernant la fiabilité des assemblages (indice de performance de fiabilité).

La méthode d'essai spécifiée dans le présent document n'a pas pour objectif d'évaluer les dispositifs à semiconducteurs de puissance eux-mêmes.

La méthode d'essai spécifiée dans le présent document n'est pas considérée comme étant celle à utiliser pour garantir la fiabilité des boîtiers de dispositifs à semiconducteurs de puissance.

NOTE Le résultat d'essai obtenu à l'aide du présent document ne sera pas utilisé comme des données quantitatives absolues, mais comme comparaison entre les résultats des autres matériaux de fixation de puces utilisant le même montage.

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 60068-2-14, *Essais d'environnement – Partie 2-14: Essais – Essai N: Variation de température*

IEC 60194-1, *Conception, fabrication et assemblage de cartes imprimées – Vocabulaire – Partie 1: Usage commun des techniques d'assemblage des composants électroniques et des cartes imprimées*

IEC 60194-2, *Conception, fabrication et assemblage de cartes imprimées – Vocabulaire – Partie 2: Common usage in electronic technologies as well as printed board and electronic assembly technologies* (disponible en anglais seulement)

IEC 60747-15, *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets – Partie 15: Dispositifs de puissance à semiconducteurs isolés*

3 Termes, définitions et termes abrégés

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 60194-1, l'IEC 60194-2, 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 <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

3.1.1

puce TEG

puce avec motifs d'essai pour l'évaluation et la commande de processus et de dispositif

Note 1 à l'article: Dans le présent document, la puce à résistance de chauffage est telle que décrite en 6.1.

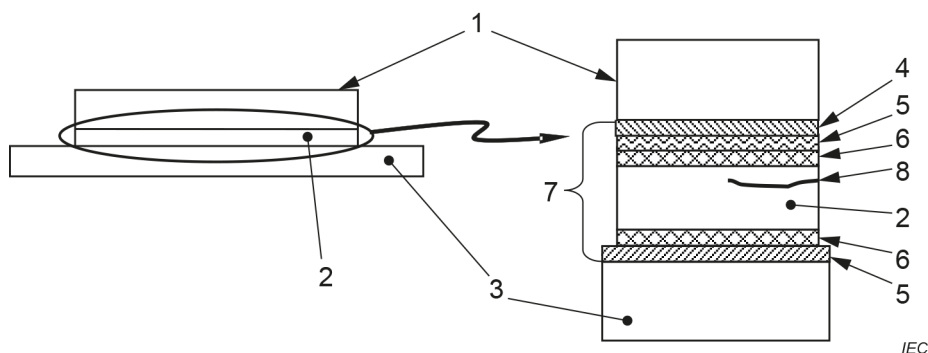
3.2 Termes abrégés

C-SAM	constant-depth mode scanning acoustic microscope (microscope acoustique à balayage en mode de profondeur constante)
SAT	scanning acoustic tomography (tomographie acoustique à balayage)
TCT	temperature cycling test (essai de cycle thermique)
TEG	test element group (groupe d'éléments d'essai)

4 Généralités

Les régions des matériaux de fixation de puce et des systèmes d'assemblage à évaluer sont représentées à la Figure 1. La méthode d'essai du présent document peut être utilisée pour apprécier la durabilité des matériaux de fixation de puce face aux contraintes thermiques subies par les dispositifs électroniques de puissance, mais pas pour soumettre à essai la robustesse mécanique des dispositifs électroniques de puissance à proprement parler.

Les conditions d'application accélérée d'une contrainte par un essai cyclique peuvent par conséquent dépasser la plage de température maximale admissible des dispositifs électroniques de puissance.



Légende

- 1 puce de dispositif électronique de puissance
- 2 matériau de fixation de puce
- 3 substrat de base
- 4 connexion de dispositif
- 5 couches de métallisation
- 6 couches composites intermétalliques
- 7 régions pour l'évaluation
- 8 craquelure

Figure 1 – Régions d'évaluation pour dispositif électronique de puissance de type discret

5 Appareillage d'essai

5.1 Équipement de liaison de puce

L'équipement de liaison de puce doit être capable de réaliser les conditions de liaison de puce.

5.2 Chambre pour cycle de température

La chambre pour cycle de température doit être capable de réaliser le profil de cycle de température spécifié à la Figure 2 et dans le Tableau 1. Les exigences générales relatives à la chambre pour cycle de température doivent être conformes à l'essai Na spécifié dans l'IEC 60068-2-14.

5.3 Équipement de mesure de résistance thermique

L'équipement de mesure de résistance thermique doit être capable de mesurer la conductivité thermique conformément à l'IEC 60747-15, et être également capable de calculer la valeur de résistance thermique du spécimen, comme indiqué à l'Annexe A.

5.4 Équipement d'inspection ultrasonique des défauts

L'équipement d'inspection ultrasonique des défauts tel que celui appelé tomographie acoustique à balayage (SAT) ou microscope acoustique à balayage en mode de profondeur constante (C-SAM) doit être capable de détecter des craquelures et des vides dans le joint de fixation de puce au moyen d'une inspection non destructive par balayage ultrasonique, et être capable de calculer le rapport de surface de propagation de craquelure dans le joint de fixation de puce, comme indiqué à l'Annexe A.

6 Spécimen

6.1 Généralités

Le spécimen doit être une puce à élément chauffant qui est collée à l'aide d'un matériau de fixation de puce en cours d'évaluation sur le substrat de base. La puce à élément chauffant qui est capable de réaliser les conditions d'essai spécifiées à l'Article 7 peut soit être une puce à résistance chauffante (puce TEG à élément chauffant, appelée puce "TEG" dans ce qui suit), soit être une puce de dispositif à semiconducteurs de puissance.

Un exemple de la structure du spécimen est décrit à l'Annexe B.

6.2 Préparation des spécimens

Le joint de fixation de puce est réalisé par une méthode de brasage par refusion ou une méthode de frittage, par exemple. En fonction du matériau de fixation de puce, un système de joint par pression, une refusion à pression réduite, une refusion sous atmosphère d'acide formique pour une opération d'oxydation/réduction et autres peuvent être utilisés pour réaliser le joint.

Le processus de préparation pour un exemple de structure du spécimen de dispositif à semiconducteurs de puissance est décrit à l'Annexe B.

7 Essai d'évaluation

7.1 Méthode d'essai

7.1.1 Généralités

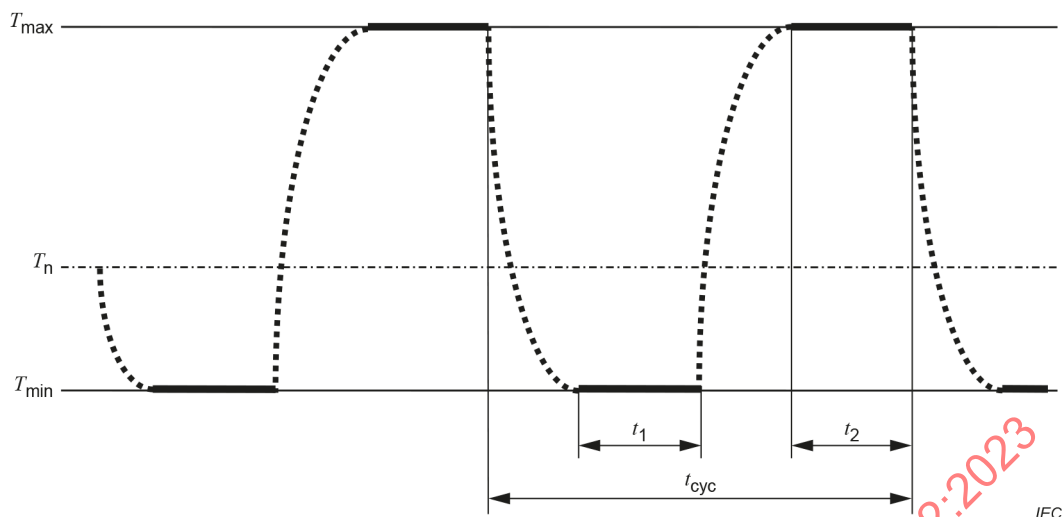
La méthode d'essai d'évaluation doit être effectuée par l'essai de cycle thermique.

7.1.2 Essai de cycle thermique

L'essai doit être réalisé conformément à l'essai Na de l'IEC 60068-2-14 et aux détails suivants.

Placer le spécimen dans la chambre de cycle thermique spécifiée en 5.2, à l'endroit présentant la meilleure circulation d'air, de telle façon que la circulation d'air soit suffisante autour du spécimen.

Le cycle thermique doit commencer par le côté à basse température, comme représenté à la Figure 2. Les cycles d'essai doivent être indiqués dans la spécification de produit.



Légende

$T_{\max}$ température maximale de stockage
 T_n température ambiante normale
 $T_{\min}$ température minimale de stockage

t_1 temps de maintien à $T_{\min}$
 t_2 temps de maintien à $T_{\max}$
 t_{cyc} un cycle de température

Figure 2 – Essai de cycle thermique

7.1.3 Conditions d'essai

La spécification de produit doit spécifier les conditions de l'essai de cycle thermique, choisies dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Conditions de l'essai de cycle thermique

Étape	Conditions d'essai		
	TA	TB	TC
$T_{\min}$ °C	-40 ± 5	-40 ± 5	-40 ± 5
$T_{\max}$ °C	150 ± 5	175 ± 5	200 ± 5
t_1, t_2	20 min ou plus		
Mesure intermédiaire	Sauf indication contraire dans la spécification de produit, les mesures spécifiées doivent être réalisées avec les cycles suivants: 0 (initial), 500, 1 000, 1 500		
Nombre de spécimens	5 ou plus pour chaque condition d'essai		

Légende

$T_{\min}$: température minimale de stockage;

$T_{\max}$: température maximale de stockage;

t_1 et t_2 commencent lorsque la température du spécimen atteint la valeur de température spécifiée.

Le temps de transition de $T_{\min}$ à $T_{\max}$ et inversement ne doit pas dépasser 3 min et doit contenir un temps de cycle d'une durée permettant d'atteindre le temps de stabilisation thermique du spécimen (voir IEC 60068-2-14).

7.1.4 Critères de fin d'essai

Chaque essai d'évaluation doit être terminé si la valeur de résistance thermique (R_{th}) du spécimen augmente de 20 % par rapport à la mesure initiale, sauf indication contraire dans la spécification de produit.

Chaque essai d'évaluation doit se poursuivre jusqu'aux cycles d'essai spécifiés dans la spécification de produit, sauf si la fin des critères d'essai ci-dessus est atteinte.

7.2 Inspection et mesure

7.2.1 Examen visuel

Le spécimen doit faire l'objet d'un examen visuel. Il ne doit présenter aucun défaut susceptible d'entraver la validité du résultat de l'essai.

7.2.2 Mesure de la résistance thermique

La résistance thermique du spécimen doit être mesurée à l'aide de l'équipement de mesure de résistance thermique spécifié en 5.3, la méthode de mesure adoptée étant celle appelée méthode de chauffage statique spécifiée à l'Annexe A, servant à déterminer le degré de détérioration.

La méthode de mesure de résistance thermique telle que la méthode de chauffage statique (méthode de chauffage ou méthode de refroidissement) ou la méthode de chauffage dynamique (méthode de caractérisation transitoire thermique), qui sont utilisées sur le marché, peuvent être utilisées après accord entre les partenaires commerciaux.

La résistance thermique doit être enregistrée pour pouvoir tracer la variation de la valeur de la résistance thermique de l'un des spécimens.

7.2.3 Inspection ultrasonique des défauts

L'image des conditions de fixation de puce pour la même craquelure et autres défauts du spécimen doit être prise au moyen de l'équipement d'inspection ultrasonique des défauts spécifié en 5.4, pour déterminer le degré de détérioration.

L'image de l'inspection ultrasonique des défauts et le rapport de surface de propagation de craquelure doivent être enregistrés pour les données de dommage de fixation de puce reconnues par le traitement d'image à deux valeurs.

7.3 Procédure d'essai

7.3.1 Préparation aux essais

S'il faut nettoyer le flux résiduel présent sur le spécimen, il convient que la méthode de nettoyage soit spécifiée dans la spécification de produit.

Le montage pour l'essai d'évaluation doit être assuré.

7.3.2 Préconditionnement

Si cela est exigé, les conditions de preconditionnement doivent être indiquées dans la spécification de produit.

7.3.3 Mesure initiale

Tous les spécimens doivent être soumis à la mesure initiale conformément à 7.2.

Il convient que la condition de mesure pour la mesure initiale soit spécifiée dans la spécification de produit.

7.3.4 Essai

Tous les spécimens doivent être soumis à l'essai conformément à 7.1.

7.3.5 Mesure intermédiaire

Le spécimen doit être pris dans la chambre de cycle thermique au cours du cycle de mesure intermédiaire spécifié dans le Tableau 1.

Tous les spécimens doivent être soumis à la mesure de résistance thermique comme mesure intermédiaire conformément à 7.2.2.

Tous les spécimens doivent être soumis à l'inspection ultrasonique des défauts comme mesure intermédiaire conformément à 7.2.3.

7.3.6 Traitement post-essai

Après l'essai d'évaluation, s'il est nécessaire d'aligner les conditions de mesure, le spécimen doit être soumis à un conditionnement post-essai spécifié dans la spécification de produit, dans les conditions de mesure finales. La spécification de produit peut spécifier la période de récupération jusqu'à refroidissement et la température de stabilisation pour le spécimen.

7.3.7 Décision finale

Le spécimen doit être pris dans la chambre de cycle thermique à la fin de l'essai.

Au moins un spécimen doit être observé en coupe transversale pour vérifier les conditions de dommage de la région de fixation de puce. Il convient que le spécimen destiné à l'examen de la coupe transversale soit choisi par le résultat de l'inspection ultrasonique, conformément à 7.2.3.

Il convient que les résultats des essais soient évalués conjointement aux résultats de la mesure intermédiaire.

Il convient que les données de résistance thermique enregistrées et le rapport de surface de propagation de craquelure (données de dommage de fixation de puce) soient analysés par corrélation avec chaque spécimen individuellement.

Si la valeur de résistance thermique (R_{th}) a augmenté jusqu'à 20 %, les cycles de défaillance doivent être déterminés.

Une fois l'essai terminé, si la valeur de résistance thermique (R_{th}) n'a pas atteint les 20 %, le spécimen doit être évalué par inspection ultrasonique des défauts. Si le rapport de surface de propagation de craquelure horizontale atteint les 30 %, il est nécessaire de déterminer les cycles de défaillance.

Une fois l'essai terminé en ayant atteint 1 500 cycles, si la valeur de résistance thermique (R_{th}) n'a pas atteint les 20 % et que le rapport de surface de propagation de craquelure n'a pas atteint les 30 %, le spécimen est déterminé comme ayant l'indice de performance « Niveau 1 », comme représenté à l'Annexe C.

Si le rapport de surface de propagation de craquelure à la fin des critères d'essai est beaucoup trop faible, il convient que le taux d'augmentation de valeur de résistance thermique (R_{th}) de 20 % soit redéfini à une valeur diminuée (par exemple 30 %) pour déterminer les cycles de défaillance.

Il convient que la condition de mesure pour la mesure finale soit spécifiée dans la spécification de produit.

8 Cycle de défaillance

Le cycle de défaillance du spécimen doit correspondre aux cycles d'essai dont la fin des critères d'essai spécifiés en 7.1.4 ou des critères de défaillance spécifiés dans la spécification de produit est atteinte, du fait de la présence d'une zone de propagation de craquelure au niveau du joint de fixation de puce (interface).

Il convient que les cycles de défaillance de l'essai de cycle thermique soient extrapolés à partir de la variation de résistance thermique au cours de l'essai pour obtenir les critères de fin d'essai indiqués en 7.1.4.

Les cycles de défaillance représentatifs des spécimens, sous les mêmes conditions d'essai, doivent être déterminés d'après le taux de défaillance statistique spécifié dans la spécification de produit. Si la spécification de produit ne spécifie pas les détails, c'est le nombre de cycles de défaillance le plus petit qui doit être pris.

À titre de référence pour les performances de fiabilité du spécimen, l'indice de performance de fiabilité qui correspond aux cycles de défaillance dans l'essai de cycle thermique est tel que représenté dans l'Annexe C.

9 Éléments à stipuler dans la spécification de produit

La spécification de produit doit spécifier les éléments suivants, le cas échéant:

- a) spécification du dispositif électronique de puissance de type discret (Article 6);
- b) conditions d'essai d'évaluation, si différentes de celles spécifiées dans le Tableau 1 (7.1.3);
- c) critères de fin d'essai (limite d'augmentation du rapport pour la résistance thermique) (7.1.4);
- d) préparation d'essai, si cela est exigé (7.3.1);
- e) préconditionnement, si cela est exigé (7.3.2);
- f) éléments et conditions de la mesure initiale (7.3.3);
- g) traitement post-essai (7.3.6);
- h) éléments et conditions de la décision finale (7.3.7);
- i) cycle de défaillance et niveau de performance de fiabilité (Article 8).

Annexe A (normative)

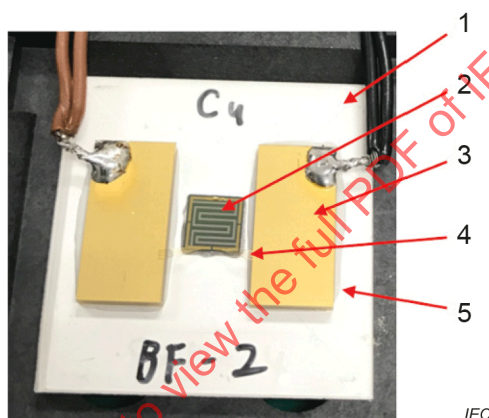
Méthode de mesure de résistance thermique au niveau de la région de fixation de puce

A.1 Méthode de mesure de résistance thermique

A.1.1 Généralités

Pour l'essai de cycle thermique, le spécimen spécifié en 6.1 est utilisé. Si le spécimen que constitue la puce TEG (voir Figure B.1) est utilisé, la température de surface supérieure de la puce TEG peut être estimée d'après la caractéristique de température de la résistance chauffante.

La Figure A.1 représente un exemple de structure du spécimen utilisant une puce TEG.



Légende

- | | | | |
|---|------------------|---|----------------|
| 1 | substrat de base | 2 | puce TEG |
| 3 | borne | 4 | fil de liaison |
| 5 | adhésif | | |

Figure A.1 – Exemple de structure du spécimen utilisant une puce TEG

A.1.2 Mesure des caractéristiques de température pour la puce TEG

Les caractéristiques thermiques de la résistance chauffante du spécimen que constitue la puce TEG sont obtenues par la procédure suivante:

- placer le spécimen dans la chambre à température constante;
- appliquer le courant de mesure, par exemple 1 mA;
- mesurer la température (T_C) et la chute de tension entre les bornes (U);
- répéter b) et c) à au moins trois (3) températures différentes.

La Figure A.2 représente un exemple de la mesure.

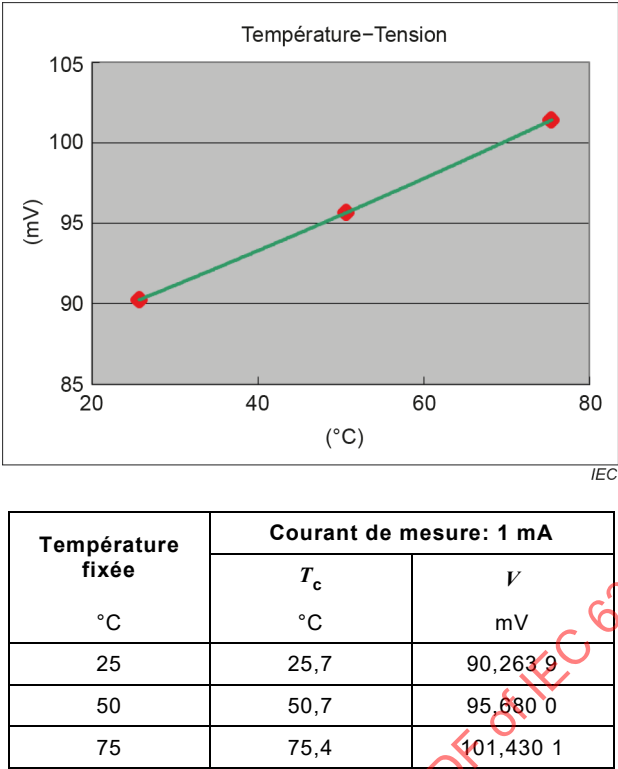


Figure A.2 – Exemple de caractéristique de température – puce TEG

A.1.3 Méthode de mesure de résistance thermique pour la puce TEG

Si le spécimen est constitué d’une puce TEG, utilisant la résistance thermique dans la méthode de mesure d’épaisseur décrite dans l’IEC TR 61189-3-914:2017, 6.3 et 6.4.6, et l’équipement de mesure de résistance thermique équipé d’une plaque froide, la résistance thermique de la puce de dispositif électronique de puissance le long de l’épaisseur qui représente la région de fixation de puce peut être obtenue à partir de la température de la puce TEG (T_j) et de la température de plaque de base (T_b).

La résistance thermique sur toute l’épaisseur de la puce TEG (R_{th}) est calculée par la Formule (A.1).

$$R_{th} = \frac{T_j - T_b}{W} \tag{A.1}$$

où

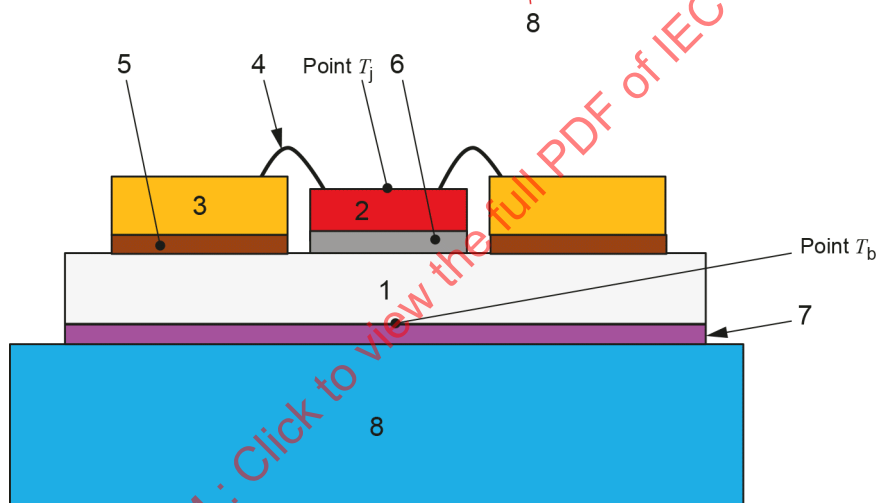
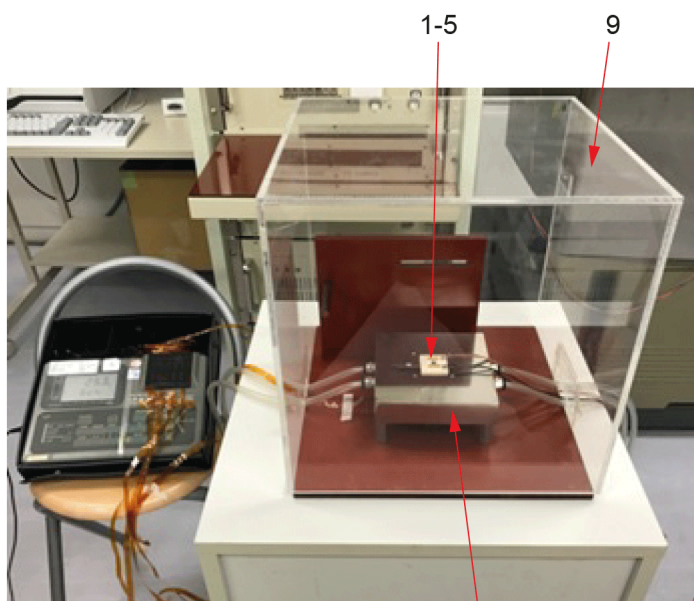
R_{th} est la résistance thermique le long de l’épaisseur entre T_j et T_s (K/W);

T_j est la température de surface de la puce TEG (°C);

T_b est la température de la surface inférieure de la plaque de base (°C);

W est la puissance de puce TEG (W).

La Figure A.3 représente un exemple de structure pour la mesure de résistance thermique d’un dispositif électronique de puissance.



IEC

Légende

1	substrat de base	2	puce TEG
3	borne	4	fils de liaison
5	adhésif	6	matériau de fixation de puce
7	Matériau d'interface thermique (TIM) (conductivité thermique: $\geq 1 \text{ W/m}\cdot\text{K}$)	8	plaque de base
9	capot anticourants d'air		

Figure A.3 – Exemple de structure pour la mesure de la résistance thermique effectuée sur le dispositif électronique de la puissance

A.2 Correction des critères de résistance thermique

La relation entre la valeur de résistance thermique et le rapport de surface de propagation de craquelure (dommages occasionnés à la fixation de puce) peut dépendre du matériau de fixation de puce. Les caractéristiques de la résistance thermique et le rapport de surface de propagation de craquelure sont comparés sommairement aux matériaux de fixation de puce.