

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Test methods for electrical materials, printed board and other interconnection structures and assemblies –

Part 2-808: Thermal resistance of an assembly by thermal transient method

Méthodes d'essai pour les matériaux électriques, les cartes imprimées et autres structures et assemblages d'interconnexion –

Partie 2-808 : Résistance thermique d'un assemblage par la méthode du transitoire thermique



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2024 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 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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews, graphical symbols and the glossary. 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 22 500 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 25 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, symboles graphiques et le glossaire. 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 22 500 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 25 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Test methods for electrical materials, printed board and other interconnection structures and assemblies –

Part 2-808: Thermal resistance of an assembly by thermal transient method

Méthodes d'essai pour les matériaux électriques, les cartes imprimées et autres structures et assemblages d'interconnexion –

Partie 2-808 : Résistance thermique d'un assemblage par la méthode du transitoire thermique

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.180

ISBN 978-2-8322-8804-7

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

FOREWORD	3
1 Scope	5
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	5
4 Objective	5
5 Test specimen	6
6 Test equipment and procedures	7
6.1 Test method and recommended test parameters	7
6.2 Test equipment	7
6.3 Test procedure	8
7 Test result	8
8 Report	9
Annex A (informative) Additional test methods for thermal resistance	11
Annex B (informative) Thermal resistance of die attach materials	13
B.1 Test specimen	13
B.2 Die attach materials	13
B.3 Test result	14
Annex C (informative) Uncertainty and repeatability for thermal resistance test	16
C.1 Test specimen	16
C.2 Test result	16
Annex D (informative) Thermostat equipment	18
Bibliography	20
Figure 1 – Structure of an assembly	6
Figure 2 – The fabricated test sample	6
Figure 3 – Test structure for measuring thermal resistance	8
Figure 4 – Test result for thermal resistance of an assembly	9
Figure B.1 – Structure of test sample using die attach material	13
Figure B.2 – The fabricated test sample using die attach material	13
Figure B.3 – Test graph for die attach materials	15
Figure C.1 – Test structure for measuring thermal resistance	16
Figure C.2 – Test result for thermal resistance of assembly	16
Figure D.1 – Connection of the thermostat unit to the T3Ster® main system unit	18
Figure D.2 – Calibration diagram recorded by the T3Ster® thermostat	19
Table 1 – Test result for thermal resistance of an assembly	9
Table A.1 – ASTM C1113	11
Table A.2 – ASTM E1461	11
Table A.3 – ASTM D5470	12
Table B.1 – Properties for die attach materials	14
Table B.2 – Test result for die attach materials	15
Table C.1 – Test result for thermal resistance of assembly	17

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**TEST METHODS FOR ELECTRICAL MATERIALS, PRINTED BOARD AND
OTHER INTERCONNECTION STRUCTURES AND ASSEMBLIES –****Part 2-808: Thermal resistance of an assembly
by thermal transient method**

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 61189-2-808 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
91/1935/FDIS	91/1955/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 61189 series, published under the general title *Test methods for electrical materials, printed board and other interconnection structures and assemblies*, 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.

TEST METHODS FOR ELECTRICAL MATERIALS, PRINTED BOARD AND OTHER INTERCONNECTION STRUCTURES AND ASSEMBLIES –

Part 2-808: Thermal resistance of an assembly by thermal transient method

1 Scope

This part of IEC 61189 describes the thermal transient method to characterize the thermal resistance of an assembly consisting of a heat source (e.g. power device), an attachment material (e.g. solder) and a dielectric layer with electrode. This method is suitable to determine the thermal resistance of materials and assembly methods as well as to optimize the thermal flux to a heat sink.

NOTE This method is not intended to measure and specify the value of the thermal resistance of a dielectric material. For that purpose, other standards exist. Examples are given in Annex A.

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 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*

3 Terms and definitions

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

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

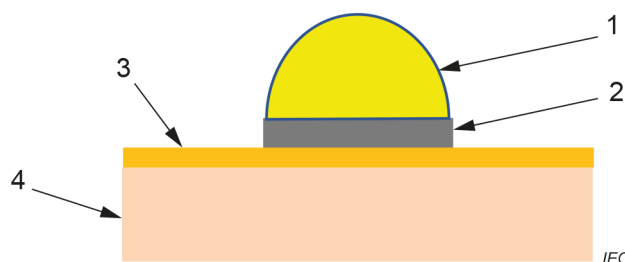
- IEC Electropedia: available at <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <https://www.iso.org/obp>

4 Objective

The increasing power consumption of devices such as LED require a close examination of the heat dissipating path within thermal conductive printed circuit boards (Annex A). Therefore, effective removal of heat to maintain a safe junction temperature is the key to meeting the heat flux by using thermal conductive material for printed circuit boards. Thermal resistance is the crucial factor of heat dissipation dielectric materials in printed circuit board. Therefore, with the aim to reduce the thermal resistance in circuit boards, it is proposed to determine the thermal resistance by measuring the thermal transient characteristics of an assembly.

5 Test specimen

To test the thermal resistance of an assembly, at first a test specimen shall be built, which consists of a heat source (e.g. power device), an attachment material (e.g. solder) and a dielectric layer with metal electrode. See Figure 1 for the structure. In the next step, the thermal resistance of the assembly can be determined by comparison of the thermal transient characteristics obtained when testing the assembly attached to a thermostat with or without a thermal interface material (TIM). See Figure 3 and Clause 6 for the test description.

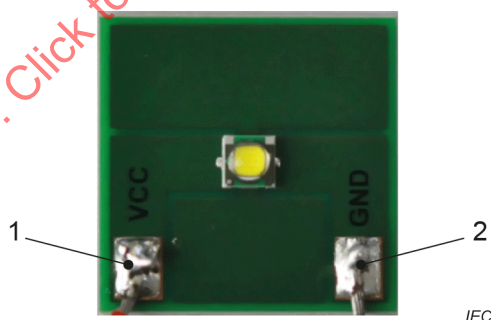


Key

- 1 Heat source
- 2 Solder
- 3 Electrode layer
- 4 Dielectric layer

Figure 1 – Structure of an assembly

To obtain an adequate thermal resistance, a layer of around 200 µm thick solder shall be used for the die attach. The power source is a chip type device of the size 3,45 mm × 3,45 mm, powered with 1 W through voltage common collector (VCC) and ground (GND). The dielectric layer is a 2 cm × 2 cm substrate of 1 mm thickness. Figure 2 shows an example of such a test specimen.



Key

- 1 Voltage common collector (VCC)
- 2 Ground (GND)

Figure 2 – The fabricated test sample

6 Test equipment and procedures

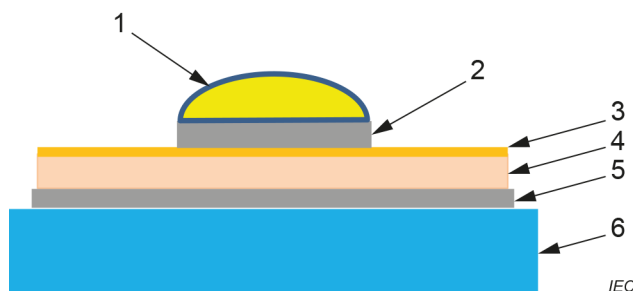
6.1 Test method and recommended test parameters

The thermal transient test equipment is a unique equipment for performing thermal measurements on semiconductor devices like ICs, transistors, diodes, etc. The thermal transient test equipment is most suitable for analyzing their thermal behavior, evaluating packages and device mounting, and detecting defects. This equipment is a computer-controlled equipment that can be used along with a PC hosting a special control and evaluation software. This equipment as a mandatory part of configuration can apply programmed thermal excitations and record complex thermal responses and provides built-in results evaluation procedures. Results of these post-processing procedures include the pulse thermal resistance diagram, time-constant spectrum, complex locus of the thermal impedance, differential and integral structure or profile function (Annex B).

6.2 Test equipment

The thermal transient measurements can be performed using a commercially available test equipment and specifically built test fixtures (Annex C). The test sample is mounted on the temperature-controlled heat sink. The heat sink is maintained at a temperature of 25 °C and controlled by a Keithley temperature controller. Initially, a junction-to-case thermal equilibrium is ensured by applying a drive current (I_{drive}) for a sufficiently long duration; then the I_{drive} is switched off and a small sense current (I_{sense}) is applied. When the system shifts to its new thermal equilibrium, the cooling down of the junction is measured.

From the transient time curves, the duration of cooling down can be taken to be how long the heating current I_{drive} needs to be applied to load the thermal capacities. The same time must be measured applying I_{sense} to resolve the thermal path downstream to the respective capacity. One approach to determine the required measurement time is to modify the thermal interface between the heat sink and the module. The time value at which the curve with the best possible thermal interface and one with a bad thermal interface separate is approximately the appropriate time duration for I_{drive} and I_{sense} when the thermal path upstream of the varied thermal interface is to be investigated. One can stepwise shorten the heat-up and cool-down time afterward and observe at what setting, and at which time, values change in the logarithmic time-derived curve. The shortest time for which the deviation of the time curves is still within the signal-to-noise range of the curve with long heating and cooling times is still acceptable. The thermal response at initial '0' cycles and after 'n' cycles was measured. The measurement time of 40 s is unnecessarily long. For the second test run with test samples B, the measurement time was reduced to 5 s. In principle, this allowed us to reduce the heating up and cooling down time further to 0,5 s, because data later than 300 ms are not included for data analysis. The shape of the transient signal does not change when the cycle of heating up and cooling down times is shortened. In this experiment, the thermal tape (thermal conductivity: 6,5 W/mK) with the thickness of 500 µm is used. Thermal tape as a thermal interface material is used for separating the interface of the test sample through the comparison of thermal transient characteristics depending on whether or not the test sample has thermal interface material.



Key

- 1 Heat source (1 W)
- 2 SAC305 solder (T: 200 µm)
- 3 Electrode layer (T: 35 µm)
- 4 Dielectric layer (T: 500 µm)
- 5 Thermal interface material (T: 500 µm)
- 6 Thermostat

NOTE The thermostat is the temperature-controlled system (Annex D). The thermostat has the thermocouples inside system.

Figure 3 – Test structure for measuring thermal resistance

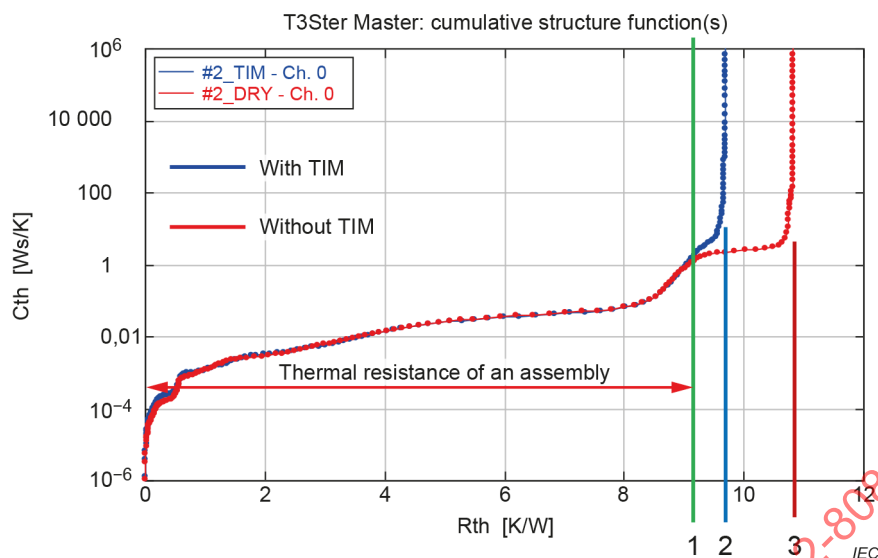
6.3 Test procedure

The test sequences to test the thermal resistance of an assembly are as follows:

- 1) cleaning the contamination on the thermostat;
- 2) firstly, attaching the test sample on the thermostat without the thermal interface material;
- 3) testing the thermal transient characteristics of the test sample by biasing the power;
 - driving current (I_{drive}): 1 500 mA
 - sensor current (I_{sense}) for test: 10 mA
 - total power: 4,548 W
 - TIM: thermal pad (thickness: 500 µm)
 - temperature coefficient: $-1,272 \text{ mV/}^{\circ}\text{C}$
- 4) repeat the sequence 1);
- 5) secondly, attaching the test sample on the thermostat by using thermal interface material;
- 6) testing the thermal transient characteristics of the test sample by biasing the power;
- 7) comparing the thermal transient characteristics of the test sample depending on with or without the thermal interface material;
- 8) extracting the thermal resistance value of an assembly with test results.

7 Test result

From the cumulative structure function of the thermal transient characteristics, after converting to the cumulative structure function because it is eased to look for the separation point, the thermal resistance value is extracted by looking for the separated point from the measurement excel sheet instead of the visible graph (see Figure 4 and Table 1). Detailed information can be found in JESD-51-14(Published: Nov 2010), clause 4, Junction-to-Case Thermal Resistance Measurement (Test Method).



Key

- 1 The measured of thermal resistance of an assembly
- 2 The measured thermal resistance of assembly without TIM
- 3 The measured thermal resistance of assembly with TIM

NOTE C_{th} is thermal capacitance and K is temperature (Kelvin).

Figure 4 – Test result for thermal resistance of an assembly

In order to extract value for thermal resistance of assembly, the separated value from the measurement results, depending on with TIM and without TIM, should be looked for.

Table 1 – Test result for thermal resistance of an assembly

Total thermal resistance (without TIM) K/W	Total thermal resistance (with TIM) K/W	Thermal resistance of an assembly K/W
10,86	9,68	9,2

8 Report

This test report shall include:

- a) structure of the test specimen;
- b) thermal tape used as TIM;
- c) the used power sources;
- d) the date of the test;
- e) the room temperature under which the test was conducted;
- f) the test sequences;
- g) the graph of the cumulative structure function;
- h) the total thermal resistance of the test specimen with or without TIM;
- i) the thermal resistance of an assembly.

The result value of an assembly separated differently from the measurement results, depending on the presence or absence of TIM, is defined as the thermal resistance and assembly. Detailed information can be found in JESD-51-14 (Published: Nov 2010), clause 4, Junction-to-Case Thermal Resistance Measurement (Test Method).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61189-2-808:2024

Annex A
(informative)

Additional test methods for thermal resistance

Table A.1, Table A.2 and Table A.3 show additional test methods for thermal resistance.

Table A.1 – ASTM C1113

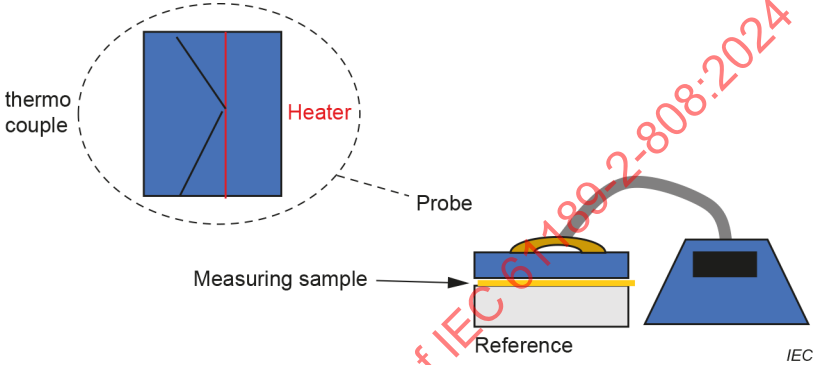
Measuring method	Hot wire type (ASTM C1113)
Principle of measurement	 $\lambda = (q / 4\pi) \ln(t_2 - t_1) / (T_2 - T_1)$ where λ thermal conductivity t time q heat value T temperature
Features	Thin film sample : > 300 μm Contact measuring (Low precision because of the contact thermal resistance at probe/sample)

Table A.2 – ASTM E1461

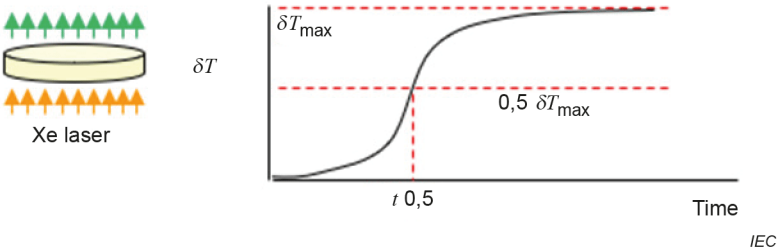
Measuring method	Laser flash type (ASTM E1461)
Principle of measurement	 Calculate the thermal conductivity from temperature rising curve by simulation fitting.
Features	Thin film sample OK Non-contact measuring (high precision) Multi-layer sample OK (CCL etc.)

Table A.3 – ASTM D5470

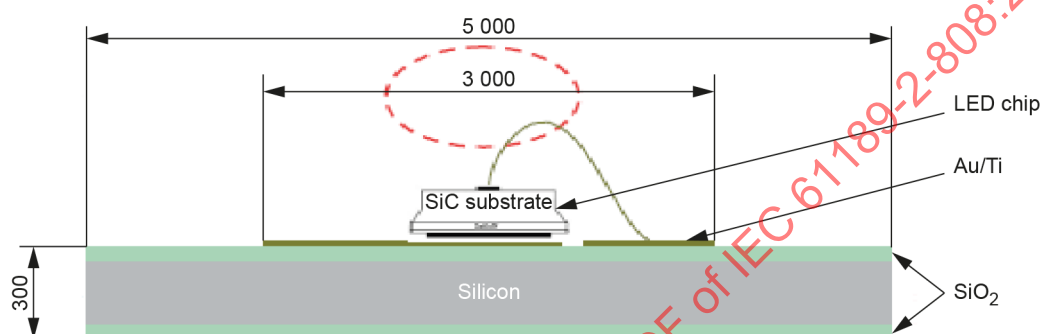
Measuring method	Thermal resistance type (ASTM D5470)
Principle of measurement	IEC Calculate the thermal resistance from amount of heat (W) and temperature rising (ΔT) at heat insulating box. Convert the thermal conductivity: $\lambda = h / (R \cdot A)$ Where h thickness R thermal resistance A sample area
Features	Standard for thermal resistance measuring (Have a tendency to show high thermal conductivity)

Annex B (informative)

Thermal resistance of die attach materials

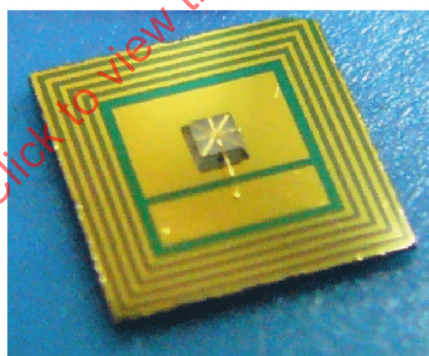
B.1 Test specimen

As shown in Figure B.1, high power packages largely consist of high-power source chip (size: 3.45 mm × 3.45 mm), die attach material and Si heat slug. This package was designed to be used in checking die attach quality. The width of top electrode was 300 µm and the whole package was 500 µm. High power packages have a sandwich-like heat removal path of different materials ending in the cooling slug. Table B.2 shows the fabricated test sample.



IEC

Figure B.1 –Structure of test sample using die attach material



IEC

Figure B.2 –The fabricated test sample using die attach material

B.2 Die attach materials

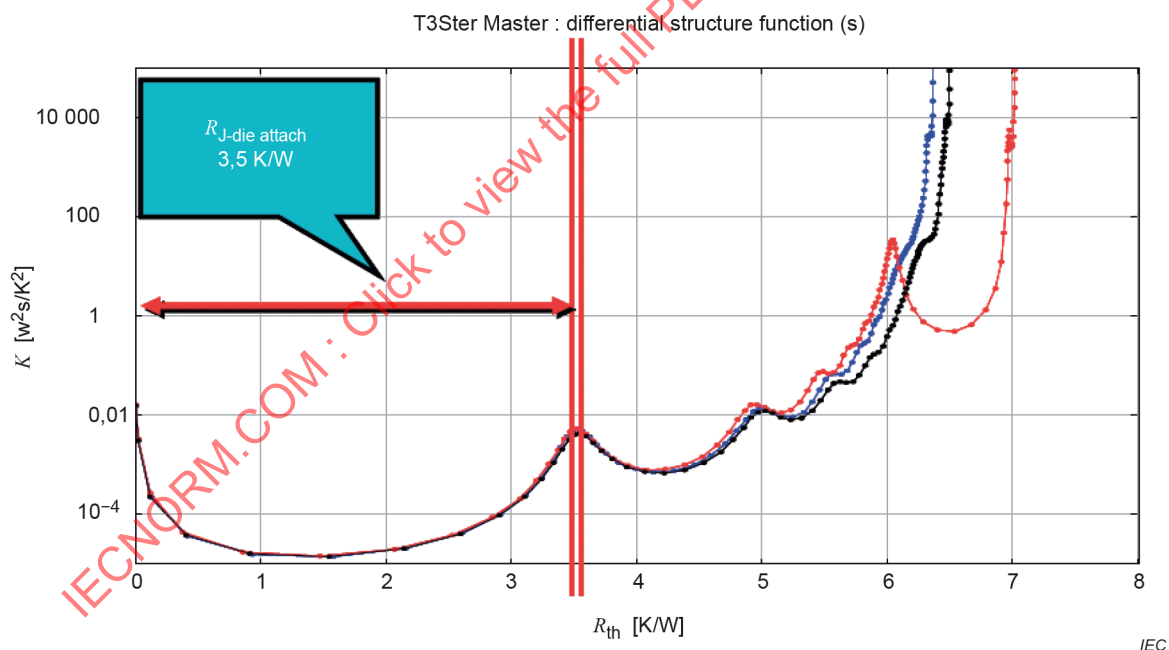
The material specification used in the fabricated high-power package is presented in Table B.1. Here, thermal conductivity is a property of materials that expresses the heat that will flow through the material if a certain temperature gradient exists over the material. The thermal conductivity is usually expressed in W/m K. It is so very difficult to measure thermal conductivity because it usually requires a carefully planned laboratory experiment and a lot of time to get to equilibrium. In Table B.1, the thermal conductivity of structures is the crucial value in the thermal transient. In this experiment, high power packages are fabricated with die attach materials such as Ag paste, SAC305 type solder paste and 80Au–20Sn eutectic alloy by using E-beam evaporator.

Table B.1 – Properties for die attach materials

Material	Thickness (μm)	Thermal Conductivity (W/mK)
Au/Sn eutectic bonding	5	28
Solder paste	10	4,2
Ag paste	10	0,616

B.3 Test result

Figure B.3 shows measured differential structure functions of high-power packages for the good case of three different die attach materials. As shown in Figure B.3, we know that the measurements of the thermal resistance of die attach materials take into account the difference of die attach quality by using the differential structure functions. The measurement principle is based on the shift of peaks in the differential structure function for die attach materials as illustrated by Figure B.3. In Figure B.3, among die attach materials we can see the result that die attach quality of Au/Sn eutectic bonding is much better than that of Ag paste and solder paste, and that the thermal resistance of Au/Sn eutectic bonding is about 1 K/W and 8 K/W less than that of solder paste and Ag paste, respectively. The summary for simulated and measured thermal transient characteristics of die attach in high power packages is presented in Table B.2. We know that all the die attach quality and reliability can be done with the cumulative and differential structure functions using the thermal transient analysis in high power packages.



a) Au/Sn eutectic bonding

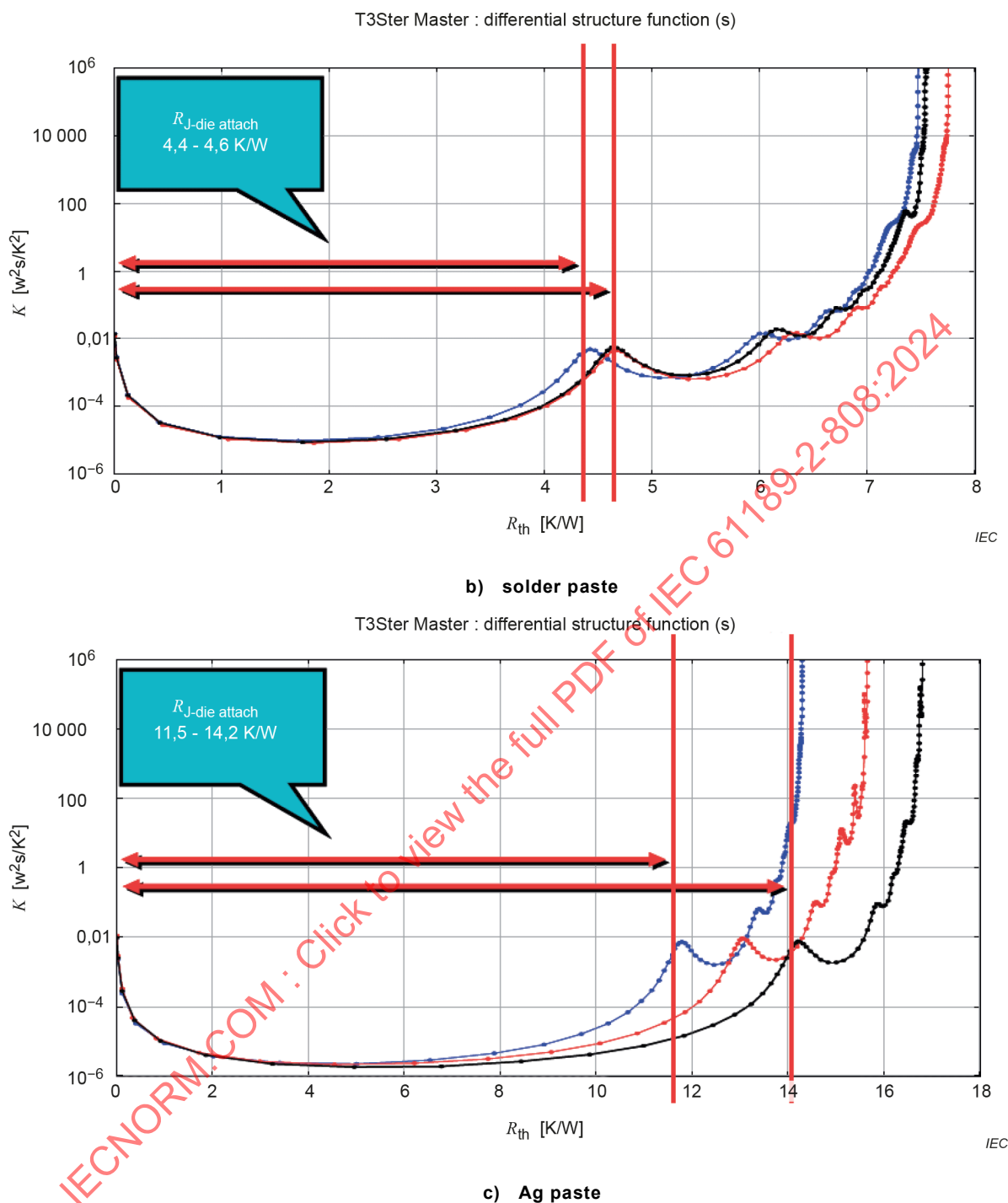


Figure B.3 – Test graph for die attach materials

Table B.2 – Test result for die attach materials

Structure	Simulation result (K/W)	Measured result (K/W)
Au/Sn eutectic bonding	3,56	3,5
Solder paste	4,49	4,4 to 4,6
Ag paste	11,9	11,5 to 14,2

Annex C (informative)

Uncertainty and repeatability for thermal resistance test

C.1 Test specimen

As shown in Figure C.1, the test specimen shall be prepared with the other assembly with the different dielectric layer for checking the uncertainty and repeatability for the thermal resistance test.

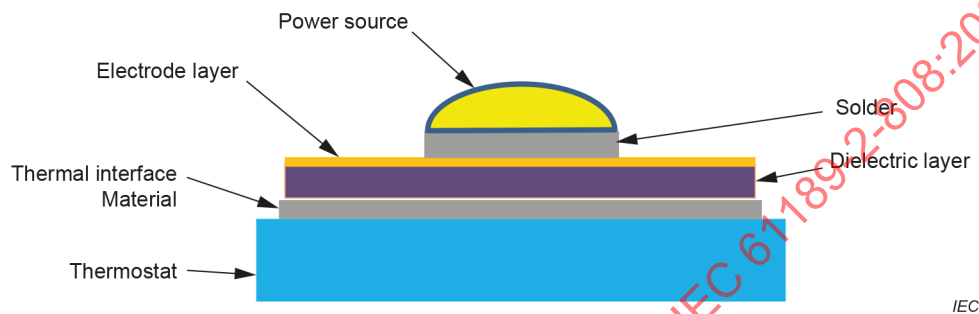


Figure C.1 – Test structure for measuring thermal resistance

C.2 Test result

Figure C.2 and Table C.1 show the test results of the thermal resistance for a test specimen with the other assembly. It shall be easy to check the thermal resistance of an assembly depending on the structure of the assembly with the different dielectric material.

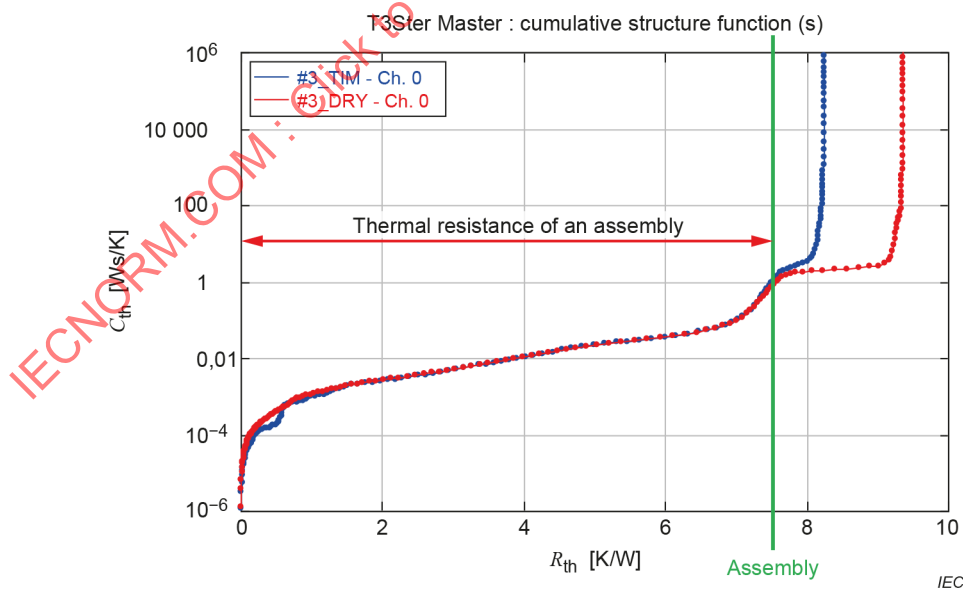


Figure C.2 – Test result for thermal resistance of assembly

Table C.1 – Test result for thermal resistance of assembly

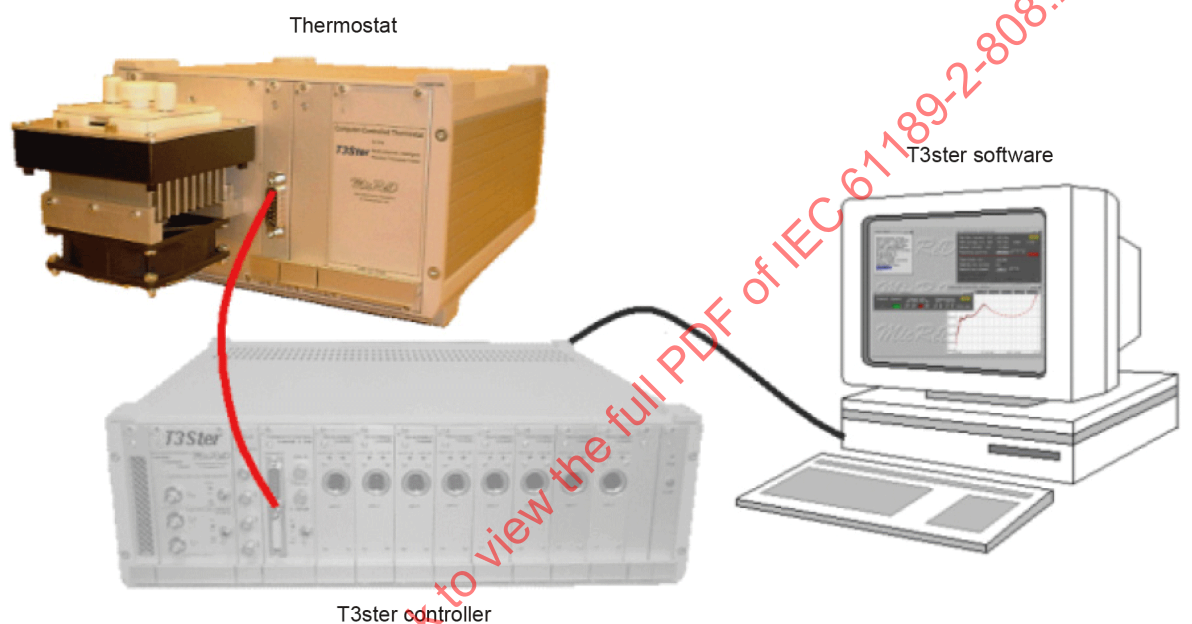
Total thermal resistance (without TIM)	Total thermal resistance (with TIM)	Thermal resistance of assembly
K/W	K/W	K/W
7,65	8,24	7,65

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61189-2-808:2024

Annex D (informative)

Thermostat equipment

A Peltier-cell cooled, dry thermostat (Figure D.1) is available for the thermal transient equipment as an add-on option. The thermostat unit is controlled by the thermostat control port of the thermal transient main system unit. The thermostat connection cable has to be connected to the socket on the T3Ster®¹ controller. The T3Ster® Measurement Control & Evaluation software performs simultaneous control of the thermostat unit and the entire thermal transient equipment. The thermostat unit is suitable to calibrate temperature sensors used for steady-state and transient thermal testing semiconductor devices and packages, and to be used as a "cold plate" for thermal testing as well.



IEC

Figure D.1 – Connection of the thermostat unit to the T3Ster® main system unit

The temperature of the thermostat – when properly connected and switched on – is controlled by the thermal transient software. That is why the thermostat temperature may run away if the thermostat is switched on without software control, thus switch on the thermostat only if the thermal is transient. The main system unit is switched on and the thermal transient software is in the position to control the thermostat.

Major parameters:

- Temperature range: 5 to 90 °C;
- Accuracy: $\pm 0,2$ °C;
- Settling time: 90 s for $\Delta T = +10$ °C (in case of an empty cavity);
- Cavity size: $46 \times 46 \times 10$ mm³ (extendable to $46 \times 46 \times 15$ mm³);
- Power sinking capability: min 10 W (above 30 °C);
- Overheating protection: above 95 °C;
- Size (w/h/d): 24 cm $\times$ 16 cm $\times$ 37 cm;

¹ T3Ster® is an example of a suitable product(s) available commercially. This information is given for the convenience of users of this document and does not constitute an endorsement by IEC of this product.

- Weight: approximately 4 kg;
- Supply: own 110 V to 230 V / 50 Hz to 60 Hz power mains.

The thermostat module of the thermal transient measurement control and evaluation tool provides automatic temperature excursion and calculation of the sensitivity parameter of diode or resistance sensors. The recorded calibration diagrams can be saved for later use (Figure D.2).

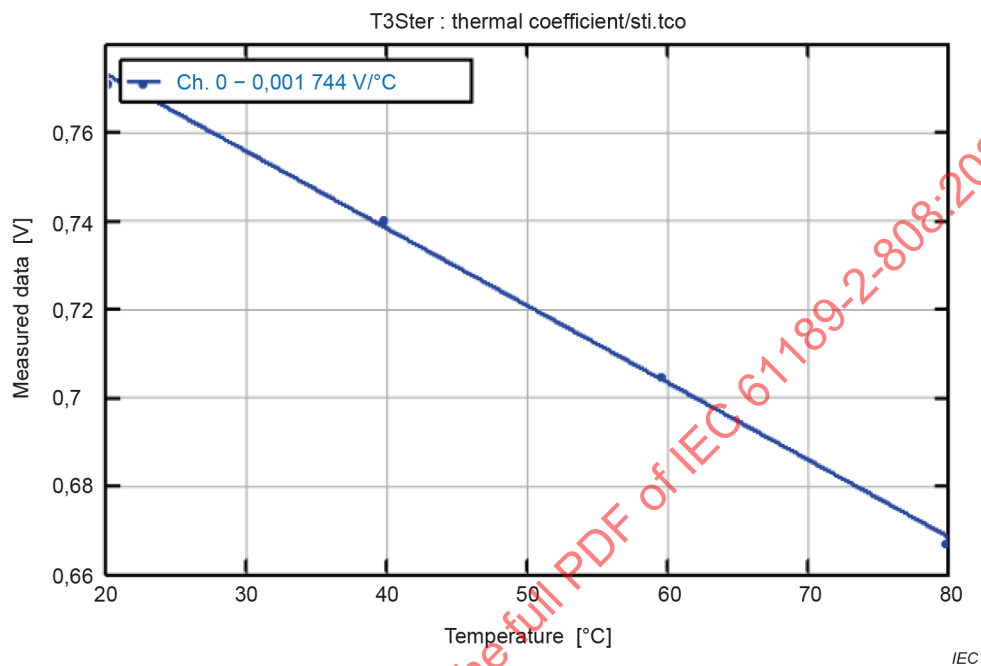


Figure D.2 –Calibration diagram recorded by the T3Ster® thermostat

Bibliography

JESD51-14, *Transient Dual Interface Test Method for the Measurement of the Thermal Resistance Junction-to-Case of Semiconductor Devices with Heat Flow Through a Single Path*

JESD-51-50, *Overview of Methodologies for the Thermal Measurement of Single- and Multi-Chip, Single- and Multi-PN-Junction Light-Emitting Diodes (LEDs)*

JESD-51-51, *Implementation of the Electrical Test Method for the Measurement of the Real Thermal Resistance and Impedance of Light-emitting Diodes with Exposed Cooling Surface*

JEDEC JESD51-1, *Integrated circuit thermal measurement method - electrical test method (single semiconductor device)*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61189-2-808:2024

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61189-2-808:2024

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	23
1 Domaine d'application	25
2 Références normatives	25
3 Termes et définitions	25
4 Objectif	25
5 Échantillon d'essai	26
6 Équipement d'essai et modes opératoires	27
6.1 Méthode d'essai et paramètres d'essai recommandés	27
6.2 Équipement d'essai	27
6.3 Procédure d'essai	28
7 Résultat d'essai	29
8 Rapport	30
Annexe A (informative) Méthodes d'essai supplémentaires de la résistance thermique	31
Annexe B (informative) Résistance thermique des matériaux de fixation de puce	33
B.1 Échantillon d'essai	33
B.2 Matériaux de fixation de puce	34
B.3 Résultat d'essai	34
Annexe C (informative) Incertitude et répétabilité pour l'essai de résistance thermique	37
C.1 Échantillon d'essai	37
C.2 Résultat d'essai	37
Annexe D (informative) Thermostat de l'équipement	38
Bibliographie	40
Figure 1 – Structure d'un assemblage	26
Figure 2 – Échantillon d'essai fabriqué	26
Figure 3 – Structure d'essai pour la mesure de la résistance thermique	28
Figure 4 – Résultat d'essai pour la résistance thermique d'un assemblage	29
Figure B.1 – Structure de l'échantillon d'essai avec matériau de fixation de puce	33
Figure B.2 – Échantillon d'essai fabriqué avec matériau de fixation de puce	33
Figure B.3 – Graphique d'essai pour les matériaux de fixation de puces	36
Figure C.1 – Structure d'essai pour la mesure de la résistance thermique	37
Figure C.2 – Résultat d'essai pour la résistance thermique d'un assemblage	37
Figure D.1 – Connexion de l'unité thermostatique à l'unité principale du système T3Ster®	38
Figure D.2 – Diagramme d'étalonnage enregistré par le thermostat T3Ster®	39
Tableau 1 – Résultat d'essai pour la résistance thermique d'un assemblage	29
Tableau A.1 – ASTM C1113	31
Tableau A.2 – ASTM E1461	31
Tableau A.3 – ASTM D5470	32
Tableau B.1 – Propriétés des matériaux de fixation de puce	34
Tableau B.2 – Résultat d'essai pour les matériaux de fixation de puces	36
Tableau C.1 – Résultat d'essai pour la résistance thermique d'un assemblage	37

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MÉTHODES D'ESSAI POUR LES MATÉRIAUX ÉLECTRIQUES,
LES CARTES IMPRIMÉES ET AUTRES STRUCTURES
ET ASSEMBLAGES D'INTERCONNEXION –****Part 2-808: Résistance thermique d'un assemblage
par la méthode du transitoire thermique**

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'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à la portée de ces droits de propriété. À la date de publication du présent document, l'IEC n'a reçu aucune déclaration relative à des droits de brevets, qui pourraient être exigés pour la mise en œuvre du présent document. Toutefois, il est rappelé aux responsables de cette mise en œuvre qu'il ne s'agit peut-être pas des informations les plus récentes, qui peuvent être obtenues dans la base de données 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 61189-2-808 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
91/1935/FDIS	91/1955/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 61189, publiées sous le titre général, *Méthodes d'essai pour les matériaux électriques, les cartes imprimées et autres structures et assemblages d'interconnexion*, 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 ce document en utilisant une imprimante couleur.

MÉTHODES D'ESSAI POUR LES MATÉRIAUX ÉLECTRIQUES, LES CARTES IMPRIMÉES ET AUTRES STRUCTURES ET ASSEMBLAGES D'INTERCONNEXION –

Part 2-808: Résistance thermique d'un assemblage par la méthode du transitoire thermique

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61189 décrit la méthode du transitoire thermique pour caractériser la résistance thermique d'un assemblage constitué d'une source de chaleur (par exemple, un dispositif de puissance), d'un matériau de fixation (par exemple, une brasure) et d'une couche diélectrique avec électrode. Cette méthode permet de déterminer la résistance thermique des matériaux et des méthodes d'assemblage ainsi que d'optimiser le flux thermique vers un dissipateur thermique.

NOTE Cette méthode n'est toutefois pas destinée à mesurer et à spécifier la valeur de la résistance thermique d'un matériau diélectrique. Il existe d'autres normes à cet effet. Des exemples sont donnés à l'Annexe A.

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 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* (disponible en anglais seulement)

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'IEC 60194-2 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:

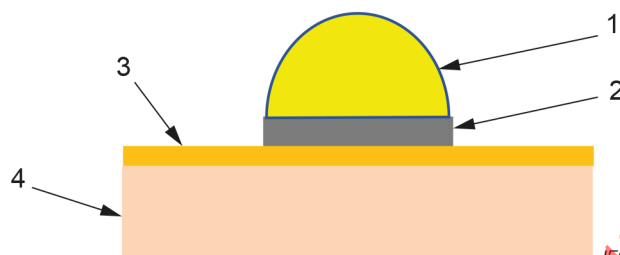
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

4 Objectif

L'augmentation de la puissance consommée de dispositifs tels que les LED exige un examen attentif du chemin de dissipation de la chaleur dans les cartes thermoconductrices à circuits imprimés (Annexe A). Par conséquent, l'élimination efficace de la chaleur pour maintenir une température de jonction sûre constitue l'élément clé qui permet de satisfaire au flux de chaleur par l'utilisation d'un matériau thermoconducteur pour les cartes à circuits imprimés. La résistance thermique est le facteur crucial des matériaux diélectriques de dissipation de la chaleur dans les cartes à circuits imprimés. Par conséquent, afin de réduire la résistance thermique des circuits imprimés, le présent document propose de déterminer la résistance thermique par la mesure des caractéristiques du transitoire thermique d'un assemblage.

5 Échantillon d'essai

Pour vérifier par essai la résistance thermique d'un assemblage, il faut tout d'abord constituer un échantillon d'essai, composé d'une source de chaleur (par exemple, un dispositif de puissance), d'un matériau de fixation (par exemple, une brasure) et d'une couche diélectrique avec une électrode métallique. Voir la Figure 1 pour la structure. Dans l'étape suivante, la résistance thermique de l'assemblage peut être déterminée par comparaison des caractéristiques du transitoire thermique obtenues en soumettant à l'essai ledit assemblage fixé à un thermostat avec ou sans matériau d'interface thermique (TIM – *thermal interface material*). Voir la Figure 3 et l'Article 6 pour la description de l'essai.

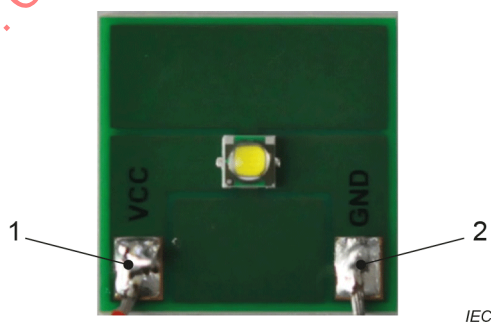


Légende

- 1 Source de chaleur
- 2 Brasure
- 3 Couche d'électrode
- 4 Couche diélectrique

Figure 1 – Structure d'un assemblage

Pour obtenir une résistance thermique adéquate, une couche de brasure d'environ 200 μm d'épaisseur doit être utilisée pour la fixation de puce. La source de puissance est un dispositif de type puce d'une taille de 3,45 mm $\times$ 3,45 mm, alimenté avec 1 W par un collecteur commun de tension (VCC – *voltage common collector*) et la masse (GND – *ground*). La couche diélectrique est un substrat de 2 cm $\times$ 2 cm d'une épaisseur de 1 mm. La Figure 2 représente un exemple de ce type d'échantillon d'essai.



Légende

- 1 Collecteur commun de tension (VCC)
- 2 Masse (GND)

Figure 2 – Échantillon d'essai fabriqué

6 Équipement d'essai et modes opératoires

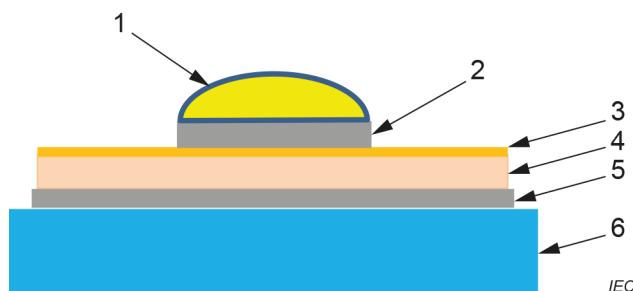
6.1 Méthode d'essai et paramètres d'essai recommandés

L'équipement d'essai par la méthode du transitoire thermique est un équipement unique qui permet de réaliser des mesurages thermiques sur des dispositifs à semi-conducteurs tels que les circuits intégrés, les transistors, les diodes, etc. Cet équipement est le plus adapté pour analyser leur comportement thermique, évaluer les boîtiers et le montage des dispositifs, et détecter les défauts. Cet équipement, qui est contrôlé par ordinateur, peut être utilisé avec un PC qui héberge un logiciel spécial de contrôle et d'évaluation. Cet équipement, qui fait partie intégrante de la configuration, peut appliquer des excitations thermiques programmées et enregistrer des réponses thermiques complexes. Il fournit également des procédures intégrées d'évaluation des résultats. Les résultats de ces procédures de post-traitement comprennent le diagramme de résistance thermique des impulsions, le spectre de la constante de temps, le lieu complexe de l'impédance thermique, la structure différentielle et intégrale ou la fonction de profil (Annexe B).

6.2 Équipement d'essai

Les mesurages du transitoire thermique peuvent être réalisés à l'aide d'un équipement d'essai disponible sur le marché et de montages d'essai spécialement conçus (Annexe C). L'échantillon d'essai est monté sur le dissipateur thermique à température contrôlée. Le dissipateur thermique est maintenu à une température de 25 °C et contrôlé par un régulateur thermique Keithley. Dans un premier temps, un équilibre thermique entre la jonction et le boîtier est assuré par l'application d'un courant d'attaque (I_{drive}) pendant une durée suffisamment longue. Ensuite, I_{drive} est désactivé et un léger courant de détection (I_{sense}) est appliqué. Lorsque le système passe à son nouvel équilibre thermique, le refroidissement de la jonction est mesuré.

Les courbes de temps transitoires permettent de déterminer la durée du refroidissement pendant laquelle il est nécessaire d'appliquer le courant de chauffage I_{drive} pour charger les capacités thermiques. La même durée doit être mesurée en appliquant I_{sense} pour résoudre le chemin thermique en aval de la capacité respective. Une approche qui permet de déterminer le temps de mesure exigé consiste à modifier l'interface thermique entre le dissipateur thermique et le module. La valeur de temps à laquelle se séparent la courbe avec la meilleure interface thermique possible et celle avec une mauvaise interface thermique, constitue approximativement la durée pour I_{drive} et I_{sense} lorsque le chemin thermique en amont de l'interface thermique variée doit être étudié. Les temps de chauffage et de refroidissement peuvent ensuite être raccourcis progressivement et il peut être observé à quel réglage, et à quel moment, une variation des valeurs de la courbe logarithmique dérivée en temps se produit. Le temps le plus court pour lequel l'écart des courbes de temps se situe toujours dans la plage signal/bruit de la courbe avec des temps de chauffage et de refroidissement longs est encore acceptable. La réponse thermique aux cycles initiaux '0' et après 'n' cycles a été mesurée. Le temps de mesure de 40 s est inutilement long. Pour la seconde série d'essais avec les échantillons B, le temps de mesure a été réduit à 5 s. En principe, cette réduction a permis de réduire davantage les temps d'échauffement et de refroidissement jusqu'à 0,5 s, car les données postérieures à 300 ms sont exclues de l'analyse des données. La forme du signal transitoire ne varie pas lorsque le cycle des temps de chauffage et de refroidissement est raccourci. Dans cette expérimentation, le film thermique (conductivité thermique: 6,5 W/mK) d'une épaisseur de 500 µm est utilisé. Le film thermique en tant que matériau d'interface thermique permet de séparer l'interface de l'échantillon d'essai par la comparaison des caractéristiques du transitoire thermique selon que ledit échantillon est composé ou non d'un matériau d'interface thermique.



Légende

- 1 Source de chaleur (1 W)
- 2 Brasure SAC305 (T: 200 μm)
- 3 Couche d'électrode (T: 35 μm)
- 4 Couche diélectrique (T: 500 μm)
- 5 Matériau d'interface thermique (T: 500 μm)
- 6 Thermostat

NOTE Le thermostat est le système à température contrôlée (Annexe D). Les couples thermoélectriques du thermostat se situent à l'intérieur du système.

Figure 3 – Structure d'essai pour la mesure de la résistance thermique

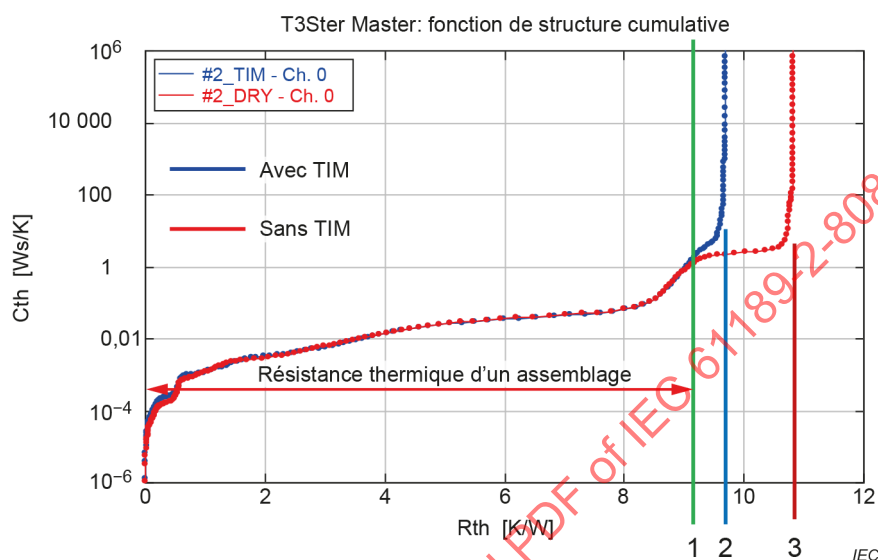
6.3 Procédure d'essai

Les séquences d'essais destinées à vérifier la résistance thermique d'un assemblage sont les suivantes:

- 1) nettoyage de l'encrassement du thermostat;
- 2) fixer l'échantillon d'essai, dans un premier temps, sur le thermostat sans le matériau d'interface thermique;
- 3) vérifier par essai les caractéristiques du transitoire thermique de l'échantillon d'essai en injectant de la puissance;
 - courant d'attaque (I_{drive}): 1 500 mA
 - courant de détection (I_{sense}) pour les essais: 10 mA
 - puissance totale: 4,548 W
 - TIM: film thermique (épaisseur: 500 μm)
 - coefficient de température: $-1,272 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$
- 4) répéter la séquence 1);
- 5) fixer ensuite l'échantillon d'essai sur le thermostat à l'aide du matériau d'interface thermique;
- 6) vérifier par essai les caractéristiques du transitoire thermique de l'échantillon d'essai en injectant de la puissance;
- 7) comparer les caractéristiques du transitoire thermique de l'échantillon d'essai selon que le matériau d'interface thermique est utilisé ou non;
- 8) extraire la valeur de la résistance thermique d'un assemblage avec les résultats d'essai.

7 Résultat d'essai

À partir de la fonction de structure cumulative des caractéristiques du transitoire thermique et après conversion en ladite fonction, ce qui facilite la recherche du point de séparation, la valeur de la résistance thermique est extraite par recherche dudit point dans la feuille Excel de mesure en lieu et place du graphique visible (voir la Figure 4 et le Tableau 1). Des informations détaillées peuvent être consultées dans la norme JESD-51-14 (parue en novembre 2010), Article 4, Mesurage de la résistance thermique de la jonction au boîtier (méthode d'essai).



Légende

- 1 Résistance thermique mesurée d'un assemblage
- 2 Résistance thermique mesurée d'un assemblage sans TIM
- 3 Résistance thermique mesurée d'un assemblage avec TIM

NOTE C_{th} est la capacité thermique et K est la température (Kelvin).

Figure 4 – Résultat d'essai pour la résistance thermique d'un assemblage

Pour extraire la valeur de la résistance thermique de l'assemblage, il convient de rechercher la valeur séparée à partir des résultats de mesure selon que le matériau d'interface thermique est utilisé ou non.

Tableau 1 – Résultat d'essai pour la résistance thermique d'un assemblage

Résistance thermique totale (sans TIM) K/W	Résistance thermique totale (avec TIM) K/W	Résistance thermique d'un assemblage K/W
10,86	9,68	9,2

8 Rapport

Ce rapport d'essai doit inclure:

- a) la structure de l'échantillon d'essai;
- b) le film thermique utilisé comme TIM;
- c) les sources de puissance employées;
- d) la date de l'essai;
- e) la température ambiante de réalisation de l'essai;
- f) les séquences d'essais;
- g) le graphique de la fonction de structure cumulative;
- h) la résistance thermique totale de l'échantillon d'essai avec ou sans TIM;
- i) la résistance thermique d'un assemblage.

La valeur du résultat d'un assemblage séparé différemment des résultats de mesure selon la présence ou l'absence de TIM est définie comme la résistance thermique et l'assemblage. Des informations détaillées peuvent être consultées dans la norme JESD-51-14 (parue en novembre 2010), Article 4, Mesurage de la résistance thermique de la jonction au boîtier (méthode d'essai).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61189-2-808:2024

Annexe A
(informative)

Méthodes d'essai supplémentaires de la résistance thermique

Le Tableau A.1 le Tableau A.2 et le Tableau A.3 présentent des méthodes d'essai supplémentaires de la résistance thermique.

Tableau A.1 – ASTM C1113

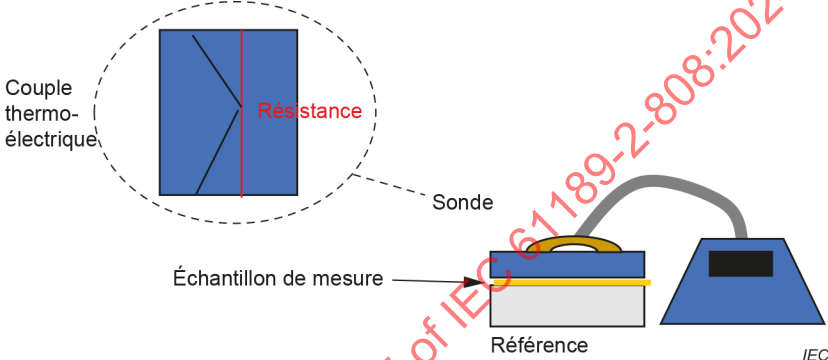
Méthode de mesure	Au fil chaud (ASTM C1113)
Principe de mesure	 $\lambda = (q / 4\pi) \ln(t_2 - t_1) / (T_2 - T_1)$ où λ conductivité thermique t temps q valeur thermique T température
Caractéristiques	Échantillon de couche mince: > 300 µm Mesure de contact (Faible précision en raison de la résistance thermique de contact à la sonde/l'échantillon)

Tableau A.2 – ASTM E1461

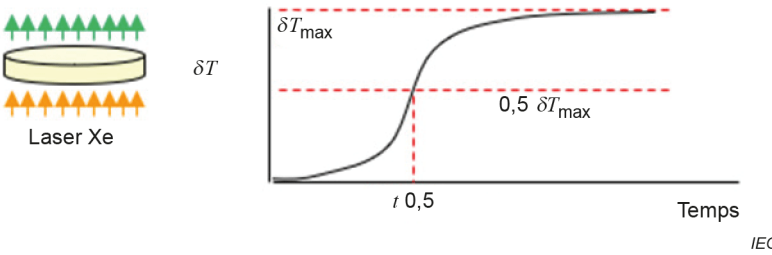
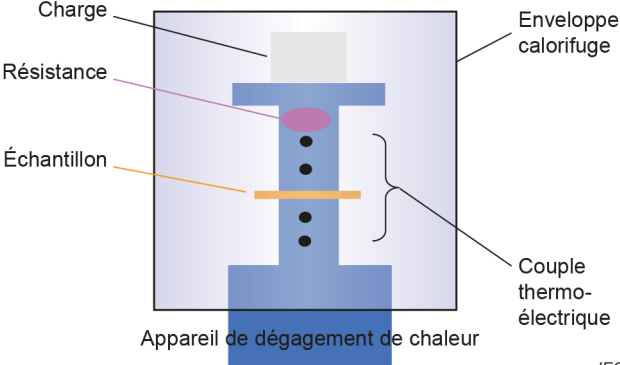
Méthode de mesure	Au flash laser (ASTM E1461)
Principe de mesure	 Calculer la conductivité thermique à partir de la courbe de montée en température par ajustement de simulation.
Caractéristiques	Échantillon de couche mince OK Mesure sans contact (haute précision) Échantillon multicouche OK (CCL, etc.)

Tableau A.3 – ASTM D5470

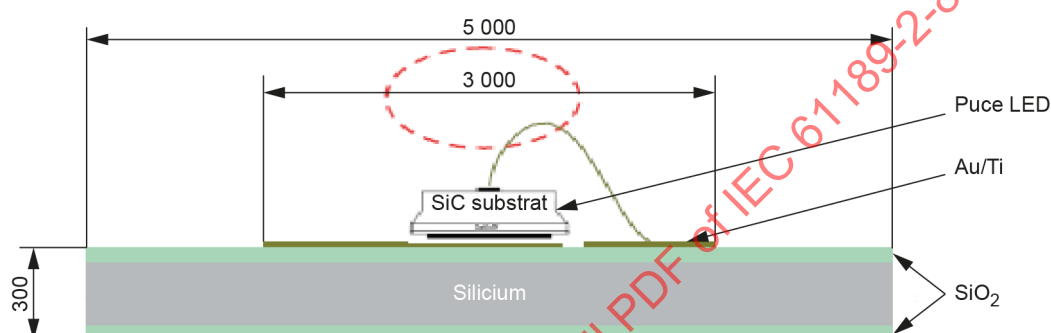
Méthode de mesure	A résistance thermique (ASTM D5470)
Principe de mesure	 Calculer la résistance thermique à partir de la quantité de chaleur (W) et de l'échauffement (ΔT) au niveau de la boîte d'isolation thermique. Convertir la conductivité thermique $\lambda = h / (R \cdot A)$ où h épaisseur R résistance thermique A zone d'échantillonnage
Caractéristiques	Étalon de mesure de la résistance thermique (Tendance à présenter une conductivité thermique élevée)

Annexe B (informative)

Résistance thermique des matériaux de fixation de puce

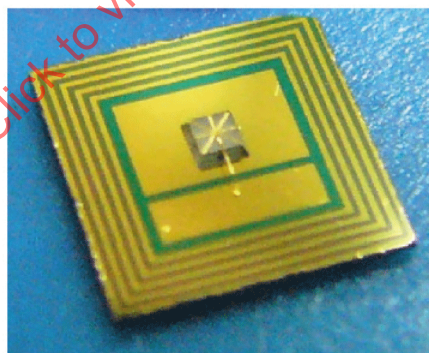
B.1 Échantillon d'essai

Comme le représente la Figure B.1, un boîtier de haute puissance est en grande partie constitué d'une puce source de haute puissance (taille: 3,45 mm × 3,45 mm), d'un matériau de fixation de puce et d'un dissipateur thermique Si. Ce boîtier a été conçu pour être utilisé dans le contrôle de la qualité de la fixation de puce, avec une largeur de l'électrode supérieure de 300 µm et une largeur de l'ensemble du boîtier de 500 µm. Les boîtiers de haute puissance comportent un circuit d'évacuation de la chaleur en sandwich composé de différents matériaux qui aboutissent dans la plaque froide. Le Tableau B.2 présente l'échantillon d'essai fabriqué.



IEC

Figure B.1 – Structure de l'échantillon d'essai avec matériau de fixation de puce



IEC

Figure B.2 – Échantillon d'essai fabriqué avec matériau de fixation de puce