

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

Part 5-503: General test method for materials and assemblies – Conductive anodic filaments (CAF) testing of circuit boards

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

Partie 5-503: Méthode d'essai générale pour les matériaux et les assemblages – Essais des filaments anodiques conducteurs (CAF) des cartes à circuits



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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.

Electropedia - www.electropedia.org

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

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

Part 5-503: General test method for materials and assemblies – Conductive anodic filaments (CAF) testing of circuit boards

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

Partie 5-503: Méthode d'essai générale pour les matériaux et les assemblages – Essais des filaments anodiques conducteurs (CAF) des cartes à circuits

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.180

ISBN 978-2-8322-7362-3

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

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

CONTENTS

FOREWORD	4
1 Scope	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Testing condition	7
4.1 Standard condition	7
4.2 Judgment state	8
5 Specimen	8
5.1 Outline of CAF test vehicle design	8
5.1.1 Evaluation design for the glass cloth direction	8
5.1.2 Design between plated through hole (PTH)	9
5.2 CAF test board	10
5.2.1 Example A	10
5.2.2 Example B	11
5.3 Number of specimens	13
6 Equipment/Apparatus or material	13
6.1 Environmental test chamber	13
6.2 Measuring equipment	13
6.3 Power supply	13
6.4 Current limiting resistors	14
6.5 Connecting wire	14
6.6 Other dedicated fixtures	14
7 Resistance measurement method	14
7.1 Manual insulation resistance measurement method	14
7.2 Automatic insulation resistance measurement method	15
8 Test method	16
8.1 Test method selection	16
8.2 Steady-state temperature and humidity test	16
8.2.1 Object	16
8.2.2 Test condition	16
8.3 Temperature and humidity (12 h + 12 h) cycle test	16
8.3.1 Object	16
8.3.2 Test condition	17
8.3.3 Number of cycles of the test	17
8.4 Temperature and humidity cyclic test with and without low temperature exposure	17
8.4.1 Object	17
8.4.2 Test condition	17
8.5 Steady-state high temperature and high humidity (unsaturated pressurized vapour) test	17
8.5.1 Object	17
8.5.2 Test condition	18
9 Procedure	18
9.1 Test specimen preparation	18
9.1.1 General	18
9.1.2 Sample identification	18

9.1.3	Prescreen for opens and shorts	18
9.1.4	Cleaning	19
9.1.5	Connecting wire	19
9.1.6	Cleaning after attachment	19
9.1.7	Dry	19
9.2	Precondition	19
9.3	Test procedure	19
9.3.1	Setting of the specimen	19
9.3.2	Test voltage and measuring voltage	19
9.3.3	Temperature and humidity condition at the start time of the test	20
9.3.4	Measurement	20
9.3.5	Procedure in test interruption	21
9.3.6	End of test	21
9.4	Visual inspection	21
9.4.1	General	21
9.4.2	Shape of electrochemical migration	21
Annex A (informative)	Forms of electrochemical migration	22
A.1	Example of dendrite-shaped migration	22
A.2	CAF (Example of migration along the glass fibre)	22
Bibliography		23
Figure 1	– Schematic of in-line test comb, with possible failure site	8
Figure 2	– Schematic of staggered test comb, with possible failure site	9
Figure 3	– Manhattan distance	9
Figure 4	– Schematic section of via pair with bias	10
Figure 5	– Example of inner layer via pads and layer patterns	10
Figure 6	– Example of no inner layer via pads and layer patterns	10
Figure 7	– Insulation evaluation pattern for through-holes and via holes	11
Figure 8	– Layouts of the two versions of the CAF test boards	12
Figure 9	– Measurement with insulation resistance meter	15
Figure 10	– Temperature and humidity in a test	20
Figure A.1	– Example which is generated on the board surface	22
Figure A.2	– Example of CAF	22
Table 1	– Dimension of insulation evaluation pattern for through-holes	11
Table 2	– Test structures A1 through A4 design rules	12
Table 3	– Test structures B1 through B4 design rules	13
Table 4	– Test condition	16
Table 5	– Number of cycles of the test	17
Table 6	– Test condition	17
Table 7	– Test condition (IEC 60068-2-66)	18

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**TEST METHODS FOR ELECTRICAL MATERIALS, PRINTED BOARD
AND OTHER INTERCONNECTION STRUCTURES AND ASSEMBLIES –****Part 5-503: General test method for materials and assemblies –
Conductive anodic filaments (CAF) testing of circuit boards**

FOREWORD

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

International Standard IEC 61189-5-503 been prepared by IEC technical committee 91: Electronics assembly technology.

This bilingual version (2019-09) corresponds to the monolingual English version, published in 2017-05.

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

FDIS	Report on voting
91/1433/FDIS	91/1443/RVD

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

The French version of this standard has not been voted upon.

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

A list of all parts in the IEC 61189 series, published under the general title *Test methods for electrical materials, printed boards 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 "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

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

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

Part 5-503: General test method for materials and assemblies – Conductive anodic filaments (CAF) testing of circuit boards

1 Scope

This part of IEC 61189 specifies the conductive anodic filament (hereafter referred to as CAF) and specifies not only the steady-state temperature and humidity test, but also a temperature-humidity cyclic test and an unsaturated pressurized vapour test (HAST).

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 60068-1:2013, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60068-2-30, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)*

IEC 60068-2-38, *Environmental testing – Part 2-38: Tests – Test Z/AD: Composite temperature/humidity cyclic test*

IEC 60068-2-66, *Environmental testing – Part 2: Test methods – Test Cx: Damp heat, steady state (unsaturated pressurized vapour)*

IEC 60068-2-67, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Cy: Damp heat, steady state, accelerated test primarily intended for components*

IEC 60068-2-78, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

IEC 60194, *Printed board design, manufacture and assembly – Terms and definitions*

IPC-TM-650 No.2.6.14.1, *Electrochemical Migration Resistance Test* [viewed 2017-01-31]. Available at: https://www.ipc.org/TM/2-6_2-6-14-1.pdf

IPC-TM-650 No.2.6.25, *Conductive Anodic Filament (CAF) Resistance Test: X-Y Axis* [viewed 2017-01-31]. Available at: https://www.ipc.org/4.0_Knowledge/4.1_Standards/test/2-6-25.pdf

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60194 and IEC 60068-1 as well as the following apply.

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

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

3.1

electrochemical migration

degradation of insulation characteristics between conductors due to eletrochemical elution of ions in a humid environment when voltage is applied to conductors of a printed wiring board

Note 1 to entry: In addition, ionic impurities present in the insulations contribute to their degradation.

Note 2 to entry: Electrochemical migration may take the forms of dendrite (3.2) and CAF(3.3).

3.2

dendrite

metal migration

Note 1 to entry: Dendrite is visible in that it creates a branching and tree like structure on the surface, on the interface between layers, etc. of a printed wiring board.

3.3

CAF

conductive anodic filament

migration which occurs along the monofilament of reinforcing material such as glass cloth in an inner layer part of a printed wiring board

3.4

HAST

highly accelerated temperature and humidity stress test

stress test under unsaturated pressurized vapour test

Note 1 to entry: See IEC 60068-2-66.

3.5

automatic insulation resistance measurement

measurement to take continuous or predetermined periodic test data using an automatic measurement system without an operator

3.6

manual insulation resistance measurement

measurement to take predetermined periodic test data using measurement equipment by an operator

Note 1 to entry: Measurement can be done with or without taking out a specimen from the test chamber.

3.7

test voltage

voltage to apply on the specimen as a stress in the testing environment

3.8

measuring voltage

voltage to apply on the specimen in order to measure the insulation resistance

4 Testing condition

4.1 Standard condition

Measurement is performed under the standard atmospheric condition which is specified in Clause 4 of IEC 60068-1:2013.

It depends on a reference condition stated in 4.2 when an ambiguity is found for the judgment in the standard atmospheric condition or when it is required in particular.

It may be performed under other conditions than the standard atmospheric condition, when no doubt about the judgment subsists and when measuring in standard condition proves difficult, or when specified in particular specifications.

4.2 Judgment state

Reference condition is the standard atmospheric condition for measurement as stated in 4.2 of IEC 60068-1:2013.

5 Specimen

5.1 Outline of CAF test vehicle design

5.1.1 Evaluation design for the glass cloth direction

The in-line test combs are comprised of a series of alternate rows of via holes with a voltage applied across the comb. They represent the most common failure sites where CAF can occur: between via hole walls. The via holes are in line with one another and in alignment with the woven glass fibre reinforcement. The closest point between each via pair is the most likely point for CAF growth (example highlighted in Figure 1). The black spots represent the drilled hole, and the copper pads associated with the via holes are in orange.

The construction of staggered combs is similar to that of the in-line combs, however, the via pairs are arranged at 45°. This means that the most likely route for potential CAF growth is longer since the orientation of the glass fibres may only permit growth in the horizontal and vertical directions (as represented by the white ellipses in Figure 2).

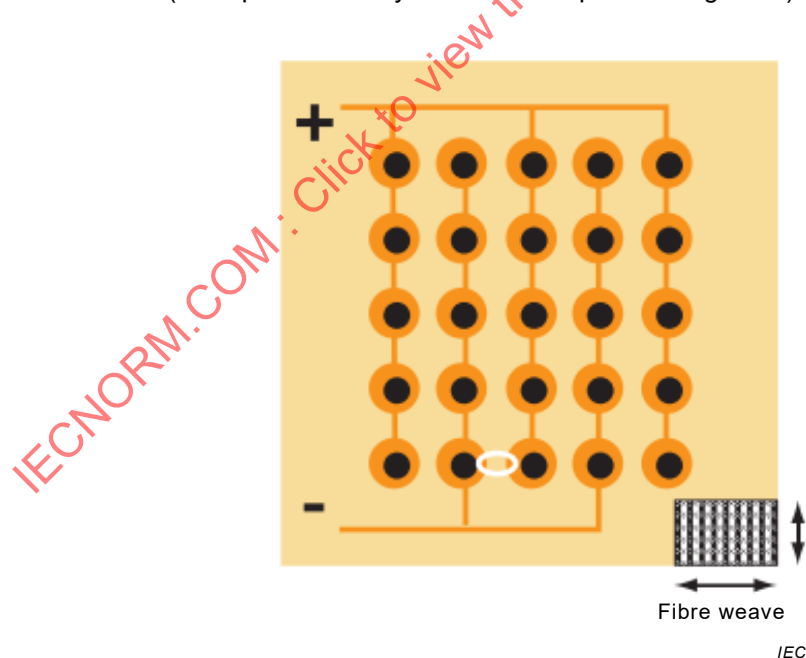


Figure 1 – Schematic of in-line test comb, with possible failure site

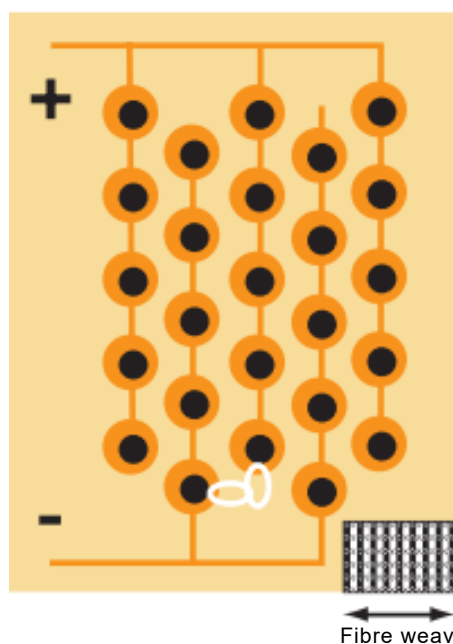
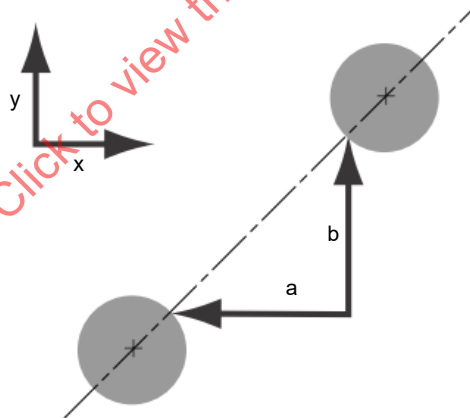


Figure 2 – Schematic of staggered test comb, with possible failure site

"Manhattan distance" is the shortest orthogonal distance along the X- and/or Y- axes lines between adjacent drilled hole features (corresponds to the orthogonal nature of the laminate material's woven glass fibre reinforcement (Figure 3).



"Manhattan distance" = $a + b$

IEC

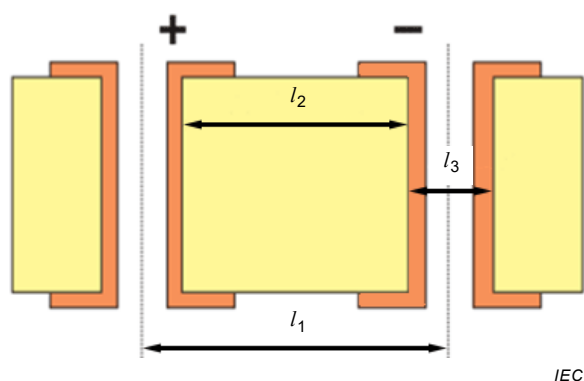
Figure 3 – Manhattan distance

5.1.2 Design between plated through hole (PTH)

a) Without inner layer pattern

Example design between PTH without inner layer pattern is shown in Figure 4, which is a schematic cross-section of a via pair.

NOTE The gap is taken from the edge of the copper. Copper thickness on the hole wall is approximately 50 µm per side.



Key

- l_1 via pitch
- l_2 via to via distance
- l_3 via diameter

Figure 4 – Schematic section of via pair with bias

b) With inner layer pattern

There are two designs. One is the design of inner layer via pads and layers as shown in Figure 5. The other is the design of no inner layer via pads and layer patterns as shown in Figure 6.

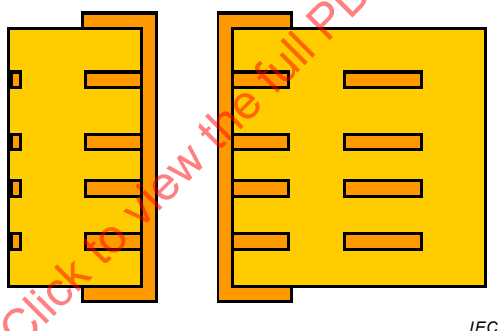


Figure 5 – Example of inner layer via pads and layer patterns

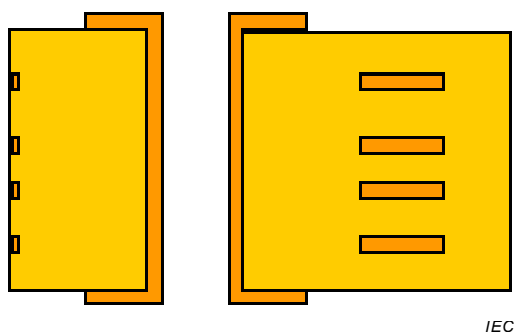


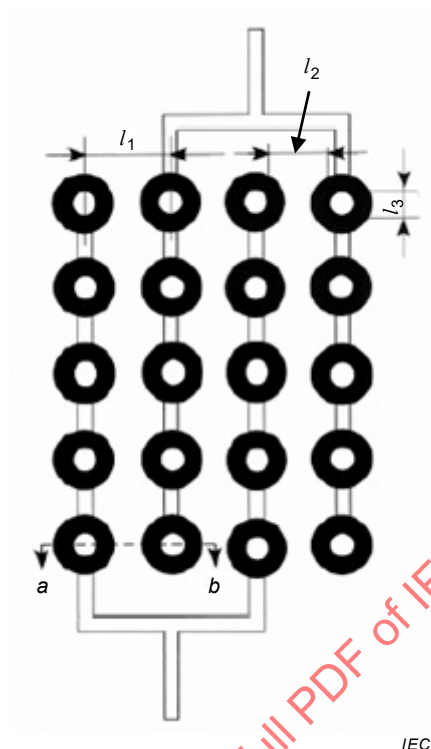
Figure 6 – Example of no inner layer via pads and layer patterns

5.2 CAF test board

5.2.1 Example A

This design is based on 5.1. Evaluation of insulation between through-holes is made using the lattice-like pattern of through-holes as illustrated in Figure 7. The diameter of holes is kept

constant. Dimensions of the holes are specified in Table 1. There should be more than five holes on a line in the pattern. The number depends on an agreement between the user and supplier concerned.



IEC

Key

- l_1 via pitch
- l_2 via to Via distance
- l_3 via diameter
- a and b cross-section

Figure 7 – Insulation evaluation pattern for through-holes and via holes

Table 1 – Dimension of insulation evaluation pattern for through-holes

Via diameter (l_3) (μm)	300					
Via to via distance (l_2) (μm)	150	200	250	300	350	400
Via pitch (l_1) (μm)	450	500	550	600	650	700
Pattern arrangement	n holes $\times$ 4 rows ($n \geq 5$)					

5.2.2 Example B

The IPC-9253 and IPC-9254 have 10 layers, and dimensions are approximately 125 mm $\times$ 175 mm. Test board designs for evaluating CAF resistance shall have varying drilled hole wall to drilled hole wall distances for plated holes. These distances can range from as low as 0,15 mm separation for alternate laminate materials expected to have very high CAF resistance and minimal copper wicking out from the plated-through hole (PTH), to as high as 0,89 mm separation for evaluating press-fit connector applications. The drilled hole size, rather than the finished hole size, is specified in the chart on the bare board fabrication drawing to ensure consistent spacing.

Internal layer thieving may be added to plane layers around the perimeter. Test boards should be manufactured so that the machine/grain direction of the woven fibre reinforcement is

perpendicular to the rows of same-net daisy chain vias for A1 to A4 (machine/grain direction tends to fail first).

Test board designs shall have sufficient minimum spacings on outer layers to ensure that surface insulation resistance failures do not occur. Layouts of the IPC-9253 and IPC-9254 test board structures (CAF test boards) are shown in Figure 8. The test board design rules are listed in Table 2 and Table 3.

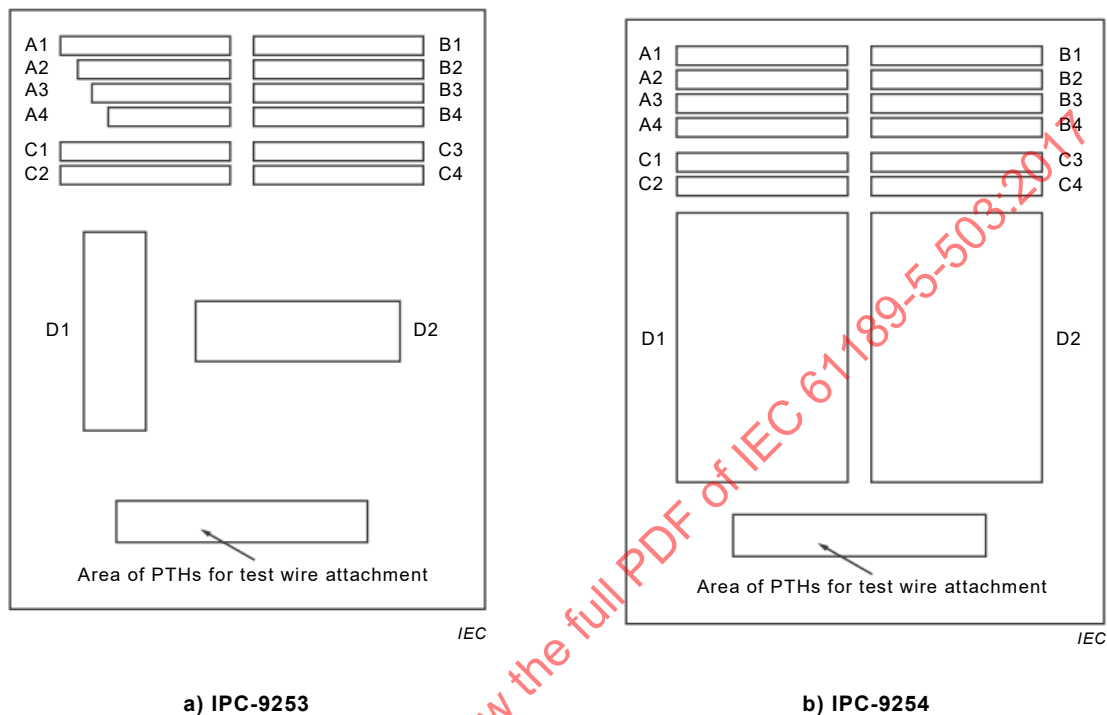


Figure 8 – Layouts of the two versions of the CAF test boards

Table 2 – Test structures A1 through A4 design rules

	A1	A2	A3	A4
Outer layer pad size	0,86 mm (0,033 9 in)	0,81 mm (0,031 9 in)	0,75 mm (0,029 5 in)	0,69 mm (0,027 2 in)
Inner layer pad size	0,86 mm (0,033 9 in)	0,81 mm (0,031 9 in)	0,75 mm (0,029 5 in)	0,69 mm (0,027 2 in)
Drilled hole size	0,74 mm (0,029 1 in)	0,63 mm (0,024 8 in)	0,51 mm (0,020 1 in)	0,37 mm (0,025 6 in)
Via edge to via edge (shortest distance)	0,27 mm (0,010 6 in)	0,38 mm (0,015 0 in)	0,51 mm(0,020 1 in)	0,65 mm (0,025 6 in)
Via edge to via edge (Manhattan distance)	0,27 mm (0,010 6 in)	0,38 mm (0,015 0 in)	0,51 mm (0,020 1 in)	0,65 mm (0,025 6 in)
On IPC-9254 only, bias applied between:	J1, J5	J2, J5	J3, J5	J4, J5

Table 3 – Test structures B1 through B4 design rules

	B1	B2	B3	B4
Outer layer pad size	0,94 mm (0,037 0 in)	0,89 mm (0,035 0 in)	0,84 mm (0,033 0 in)	0,75 mm (0,030 0 in)
Inner layer pad size	0,94 mm (0,037 0 in)	0,89 mm (0,035 0 in)	0,84 mm (0,033 1 in)	0,75 mm (0,029 5 in)
Drilled hole size	0,81 mm (0,031 9 in)	0,71 mm (0,028 0 in)	0,57 mm (0,022 4 in)	0,46 mm (0,018 1 in)
Via edge to via edge (shortest distance)	0,26 mm (0,010 2 in)	0,37 mm (0,014 6 in)	0,51 mm(0,020 1 in)	0,62 mm (0,024 4 in)
Via edge to via edge (Manhattan Distance)	0,37 mm (0,014 6 in)	0,52 mm (0,020 5 in)	0,72 mm (0,028 3 in)	0,88 mm (0,034 6 in)
On IPC-9254 only, bias applied between:	J7, J11	J8, J11	J9, J11	J10, J11

5.3 Number of specimens

Number of specimens, test boards or coupons required in a test depends on the purpose of the test, for example for prototypes or for mass produced products. For CAF testing of circuit boards for mass production, a minimum quantity of 25 is needed for statistical reliability analysis. More than 25 specimens may be needed for a test lot in order to provide at least as many opportunities-for-failure as a single production board (see IPC-9691B).

6 Equipment/Apparatus or material

6.1 Environmental test chamber

- A clean test chamber capable of producing and recording an environment of $65\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ or $85\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ at $87\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ \% RH}$, and that is equipped with cable access to facilitate measurement cables to be attached to the specimens under test.
- The temperature and humidity in the chamber can be continuously supplied and not reused, and independently controlled to prevent condensation.
- Humidification water in the chamber can be continuously supplied and not reused.
- The condensation water does not drop from the wall and the ceiling in the chamber.
- Impurities and the residual substances of the previous test shall be removed so as to not affect the test.
- The chamber should be made of the materials which do not have any influence on the specimen and humidification water.

6.2 Measuring equipment

A high resistance meter equivalent to that described in ASTM D257, with a range up to $10^{12}\text{ }\Omega$ and capable of yielding an accuracy of $\pm 5\text{ \%}$ at $10^{10}\text{ }\Omega$ with a DC applied voltage of $100\text{ V} \pm 2\text{ V}$, or an ammeter capable of reading 10^{-10} A and capable of yielding an accuracy of $\pm 5\text{ \%}$ in combination with $100\text{ V} \pm 2\text{ V}$ DC power supply. The values of resistors used shall be verified by reference resistors traceable to known industry or national standards.

6.3 Power supply

A power supply capable of producing a standing bias potential of 5 V DC up to 100 V DC with a $\pm 2\text{ \%}$ tolerance, and current supply capacity of at least 1 A .

6.4 Current limiting resistors

Tight control of the total current limiting resistance value is critical for this test method. 1 M Ω resistor in series shall be used for each current path. Insert the current limiting resistors in series with the terminating leads going to each test pattern. Note that some test equipment has current limiting resistors built into the testing systems. For the purposes of this standard test, excluding the current limiting resistor and for each CAF test circuit, the total series resistance of the measuring equipment and wires shall not be more than 200 Ω . A lower total resistance value will increase potential for damage to the test board when a CAF failure occurs. A higher total current limiting resistance value for each test net removes test conditions further from actual field conditions and is not recommended.

6.5 Connecting wire

Use PTFE- or PFE-insulated copper wires and solder the copper wire directly to the board to connect test points for each test board to the measurement apparatus.

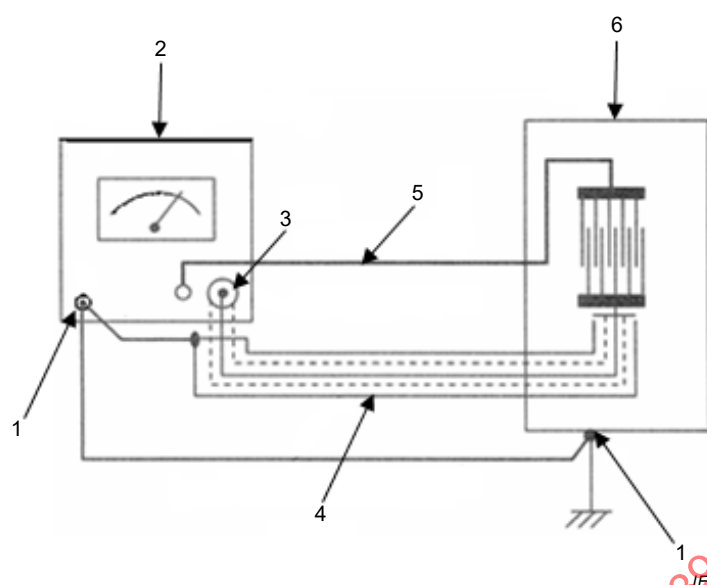
6.6 Other dedicated fixtures

Hard-wiring is the default connection method. Other dedicated fixtures may be used, provided that the fixture does not change the resistance by more than 0.1 decade compared to a comparable hard-wired system when measured at the test conditions. These fixtures should be checked for their resistance values frequently. The colour of the leads connected to plus and minus electrodes of the measuring equipment should be changed. Usually red is used for the cable connected to the plus terminal and black to the minus terminal.

7 Resistance measurement method

7.1 Manual insulation resistance measurement method

The resistance measuring unit can measure the resistance range of 10⁶ Ω to 10¹² Ω . Figure 9 illustrates an example of a manual measuring system in the chamber, using an insulation resistance meter. This measuring system has a built-in power source, can select the test voltage and the measuring voltage arbitrary, and is capable of resistance measurement of up to 10¹³ Ω using double shielded cables and a shielded test chamber.



Key

- 1 guard
- 2 insulation resistance meter
- 3 active guard
- 4 double shield cable
- 5 power supply
- 6 chamber

Figure 9 – Measurement with insulation resistance meter

7.2 Automatic insulation resistance measurement method

The insulation resistance generally decreases as temperature and relative humidity increase. The volume resistance is sensitive to the change of the temperature, but the surface resistance changes rapidly with the change of the relative humidity. As for both cases, the change is exponential. Since insulation resistance is dependent on both volume resistance and surface resistance, it is necessary to hold temperature and humidity to the specified values as much as possible. For this reason, it is desirable to perform the measurement of insulation resistance within the chamber (measurement in the chamber). In taking out the specimen from the chamber to measure, the time to shift to room temperature (measurement conditions) and leaving time in the room temperature should be decided. In principle, this measurement shall be made within 24 h. The condition other than stated here should be provided in an individual specification.

The automatic insulation resistance equipment can control automatically the applied voltage and measurement by a computer, and generate an alarm when anomaly is generated in the measurement without taking out the specimen under test from the test chamber. The test voltage is applied to each specimen and leak electric current is monitored so that the generation and time of electrochemical migration can be measured precisely. Tests of many specimens can be carried out efficiently.

A test should be continued when such phenomena as a momentary low resistance state or a temporary short in the measurement using an automatic insulation resistance measurement equipment do not occur frequently.

8 Test method

8.1 Test method selection

The ECM test method is used as a lifetime evaluation test of substrate materials and electronic parts and acceptance test at the order source. The former is required to obtain the time to failure, which is the standard for calculating the useful life. In the latter, the temperature/humidity condition, the applied voltage, and the test time are determined, and the process is completed in a predetermined time. Selection of the various ECM test methods described here is left to the user.

8.2 Steady-state temperature and humidity test

8.2.1 Object

This test is implemented to ensure or verify the ability to maintain the service life if the specimen is used under constant temperature and humidity conditions. This test is an accelerated test which is set at a higher temperature and humidity than when the specimen is used. It is important that linearity can be achieved for the Arrhenius plot obtained from the fault time to temperature changes to evaluate the lifetime. If the linearity is not obtained, it is necessary to review the test conditions and to pay sufficient attention to high temperature conditions. On the basis of the results of the life test, the test conditions of the confirmation test are determined.

8.2.2 Test condition

The steady-state temperature and humidity test conditions follows in Table 4. These may be used in the absence of any defined test specification. Test condition of temperature/humidity is specified in IEC 60068-2-78 and IEC 60068-2-67 except 60 °C/90 % RH, which is added as one of the temperature humidity steady-state conditions because it has been used as one of the standard environmental test conditions for the integrated circuits.

Table 4 – Test condition

Specification	Temperature	Humidity	Test time			
	°C	% RH	h			
STD	40 ± 2	93 ± 3	168 + 24 -0	500 ± 48	1 000 ± 96	(2 000 ± 192)
	60 ± 2	90 ± 3				
	85 ± 2	85 ± 3				
IPC-TM-650 (2.6.25)	65 ± 2	87+ 3/-2	- Test boards to stabilize for 96 h (±30 min). After the 96 h (±30 min) stabilization period, insulation resistance measurements shall be made between each daisy chain net and ground. - Additional temperature/humidity/bias conditioning may be performed after 500 h of bias, sometimes up to 1 000 h or more.			
	85 ± 2					
IPC-TM-650 (2.6.14.1)	40 ± 2	93 ± 2				
	65 ± 2	88,5 ± 3,5				
	85 ± 2	88,5 ± 3,5				

8.3 Temperature and humidity (12 h + 12 h) cycle test

8.3.1 Object

This test examines the insulation degradation, resistance to electrochemical migration, and other performance degradations for printed wiring boards under the 12 h + 12 h cyclic damp heat condition with an applied voltage to the specimen in which dew is generated on the surface.

8.3.2 Test condition

The 12 h + 12 h cyclic damp heat test condition is specified in IEC 60068-2-30.

8.3.3 Number of cycles of the test

The combination of the upper temperature and the number of cycles define the severity of the test. The upper temperature and the number of cycles shall be chosen from Table 5.

Table 5 – Number of cycles of the test

Condition	Upper temperature	Number of cycles
a)	40 °C	5, 10, 20, 30, (50)
b)	55 °C	5, 10, 20, (30)
Condition a) or b) shall be selected based on individual specifications.		

8.4 Temperature and humidity cyclic test with and without low temperature exposure

8.4.1 Object

This test evaluates the resistance of the board to electrical insulation degradation and resistance to migration under the temperature and humidity cyclic test with and without low temperature exposure. It is an effective test to confirm the durability of the products in environments with varying temperature and humidity.

8.4.2 Test condition

The test condition for the steady-state temperature and humidity test is given in Table 6 unless there is any additional condition.

Table 6 – Test condition

1)	The test condition of temperature/humidity is specified in IEC 60068-2-38.
2)	Test severities: 10 cycles.
3)	Tolerance for temperature: ± 2 °C (in chamber)
4)	Tolerance for relative humidity: ± 3 % RH (during the periods constant or rising temperature) 80 % to 96 % RH (during the falling temperature)
5)	Test severities (unless ten cycles): depending on individual specification
6)	Measuring time: depending on individual specification
7)	Test voltage: depending on individual specification
8)	Measuring voltage: depending on individual specification.

8.5 Steady-state high temperature and high humidity (unsaturated pressurized vapour) test

8.5.1 Object

This test enables an accelerated evaluation of insulation deterioration of material by forced moisture absorption, resistance to migration, comparison of material characteristics, lot reliability, moisture proof reliability for insulating film (solder resist, etc.) and other performance degradations.

This test enables the evaluation of material characteristics in a short time. It was originally developed to assess semiconductor devices in a package. Note that the relation between the glass transition temperature of an organic resin and the test temperature has an important influence on the estimated lifetime.

If the acceleration factor of lifetime between this test method and the actual operating condition is not clear, this test method is suitable for test comparison purposes, but may not be used as a guarantee for the material.

8.5.2 Test condition

Unless a specific condition is specified, the test condition shall be selected from the conditions given in Table 7, which is specified in IEC 60068-2-66. However, the application of Table 7 depends on individual specifications.

Table 7 – Test condition (IEC 60068-2-66)

Test temperature °C	Humidity % RH	Test time h		Vapour pressure MPa
110 ± 2	85 ± 5	96, 192, 408	-0	0,12
120 ± 2	85 ± 5	48, 96, 192	~	0,17
130 ± 2	85 ± 5	24, 48, 96	+2	0,23
1) The testing time represents the test end time and does not mean the time to extract the test specimen.. 2) The testing voltage is selected between 5 V DC and 100 V DC. 3) The measuring voltage is selected between 5 V DC and 100 V DC. 4) Items to be specified by individual specification a) Different conditions from this test conditions and severity of the specified condition (mandatory). b) Initial measurement (mandatory). c) Jig to be used for the test.				

9 Procedure

9.1 Test specimen preparation

9.1.1 General

A specimen is inspected using a magnifying glass with a 5 to 10× magnification. Check observable foreign materials, for example extraneous coppers, peeling of solder resist, grimes, and the condition of the surface of metal plating. If any defects are found, the specimen should not be used in the testing.

9.1.2 Sample identification

Use a method to identify each test board which does not cause contamination, such as a scribe and making marks away from the biased area(s) of the specimen. Test boards shall be handled by the edges of the board only, and the use of non-contaminating gloves is recommended.

9.1.3 Prescreen for opens and shorts

Perform as-received insulation resistance measurements using a multimeter by connecting to each net, and check for gross defects. Check for shorts at a 1,0 MΩ setting. No opens are allowed in connected nets.

9.1.4 Cleaning

Clean the specimen with water or alcohol to remove dirt, dust and adhered flux. Set the specimen in the chamber and start the test without handling, packaging or storage which may affect the test result.

9.1.5 Connecting wire

Use PTFE- or PFE-insulated copper wires and solder, and apply the copper wire directly to the board to connect test points for each test board to the measurement apparatus. Cover the test board with non-contaminating film to prevent flux spattering during the wire attach process. Ensure that PWB laminate material adjacent to the plated holes does not get damaged during soldering by using appropriate time/temperature parameters for the soldering iron.

9.1.6 Cleaning after attachment

Perform appropriate local cleaning and rinsing after the attachment of the connecting wires. Isolation resistance between connecting wire attachment sites should remain excellent during 96 h conditioning. Note that each CAF test failure that occurs during subsequent testing should be checked, to determine whether the connecting wire attach area is the low resistance site. If the connecting wire attach area rather than the daisy chain area is the low insulation resistance site, then that test sample is no longer valid for data analysis.

9.1.7 Dry

Bake sample boards for 6 h in a clean oven at $(105 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

9.2 Precondition

Precondition test board samples in a bias-free state (no electrical potential applied to any test pattern) for 24 h minimum at $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ and $(50 \pm 5) \%$ relative humidity prior to any initial insulation resistance measurements (measuring insulation resistance of each daisy-chain net on each test board before starting the first 96 h (± 30 min) of bias-free temperature and humidity conditioning).

9.3 Test procedure

9.3.1 Setting of the specimen

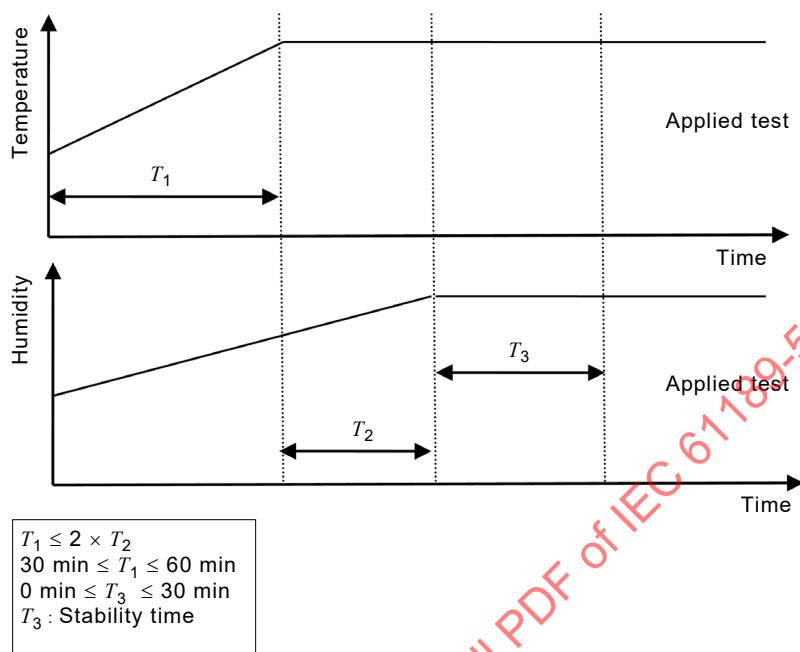
- The ventilation direction and a specimen side should be parallel. The specimen may be hung from the ceiling of the chamber or is put up with a test fixture. Specimens should be installed in parallel to the air flow direction wind and be separated 15 mm or more so that the air flow in the chamber may not be disturbed.
- Avoid cable routing and dips which may allow condensed water to drop on the test specimen.
- Specimens should not be placed close to the heat source and wall of a chamber. The working space where the specified testing conditions can be controlled within specified tolerance is specified in IEC 60068-3-5.

9.3.2 Test voltage and measuring voltage

- The recommended voltage range of test and measuring voltage is 5 V DC to 100 V DC. The voltage range exceeding this range may be used depending on individual specification.
- The test voltage and the measuring voltage shall always have the same polarity, and as a general rule shall be assumed to have the same DC voltage value.
- For tests of multilayer boards the method to supply test voltage between each layers depends on individual specifications.

9.3.3 Temperature and humidity condition at the start time of the test

- First the temperature is raised and then the humidity is increased with a suitable time lag, as shown in Figure 10, so as to avoid dew formation on the surfaces of the specimen and the wall in the chamber.
- The test voltage should be applied as soon as the chamber is in stable condition.



IEC

Figure 10 – Temperature and humidity in a test

- The starting condition of the test is shown in Figure 10 in the case of a steady-state test.
- The cycle test condition depends on the individual specification.
- Application of a test condition other than specified here, is described in the individual specification.

9.3.4 Measurement

9.3.4.1 Initial measurement

- After observing the specimen visually or using a magnifying glass with a 5 to 10× magnification according to 9.4, the measurement of the insulation resistance shall be carried out.
- The insulation resistance of the test board in standard condition shall be confirmed to be more than $10^{12} \Omega$, but it should be larger than $10^{10} \Omega$ if phenol resin is used. When the resistance is stated in an individual specification, observe the resistance.

9.3.4.2 Intermediate measurement

Checks shall be carried out to ensure data being measured using automatic insulation resistance measurement equipment. The test may be interrupted and output data should be checked in detail if necessary.

9.3.4.3 Final measurement

The specimen is taken out of the chamber as soon as the temperature in the chamber is back to room temperature at the end of the test.

The visual inspection of a specimen with a magnifying glass with a 5 to 10× magnification is executed according to 9.4.

The insulation resistance measurement is carried out under the standard atmospheric condition according to 4.1.

A fault analysis should be made if necessary. Observe any condition if specified in individual specifications.

9.3.4.4 Evaluation criteria

A failure should be recorded if the resistance becomes less than $10^6 \Omega$ in case of measurement inside of the chamber, or less than $10^7 \Omega$ in case of measurement outside of the chamber.

9.3.5 Procedure in test interruption

- a) If the test is interrupted, the specimen is carefully handled to avoid
 - 1) handling of the specimen with bare hands,
 - 2) storing in a place which has a large temperature/humidity difference to the test environment, and
 - 3) adhesion of dirt and dust.
- b) During a test interruption the period when the environmental conditions are not stable should not be included in the test time.

9.3.6 End of test

The test is finished after the prescribed examination time.

If test ends with the malfunction of the test equipment or abnormal insulation resistance, this status is recorded clearly in order to obtain any required information for later analysis.

9.4 Visual inspection

9.4.1 General

The inspection process is described below. For effective observations ensure the illumination of the sample allows for viewing of both of reflectance and transmission components of the light.

9.4.2 Shape of electrochemical migration

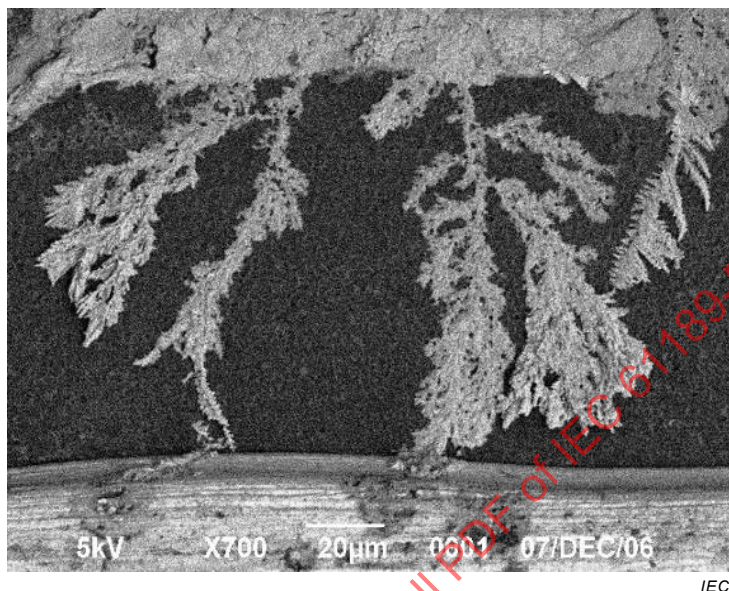
Representative shapes of migration are shown in a) and b) and photographs are also included in Annex A.

- a) Shape A (see Figure A.1): The observed example that dendrite-shaped migration occurred on the board surface.
- b) Shape B (see Figure A.2): CAF (an example of migration along the glass fibre).

Annex A (informative)

Forms of electrochemical migration

A.1 Example of dendrite-shaped migration



Specimen: the FPC which did Sn-Pb surface finishing of copper patterns.

Pattern gap is 0,3 mm.

Test condition: water dropped method: 5 V DC applied.

Figure A.1 – Example which is generated on the board surface

A.2 CAF (Example of migration along the glass fibre)

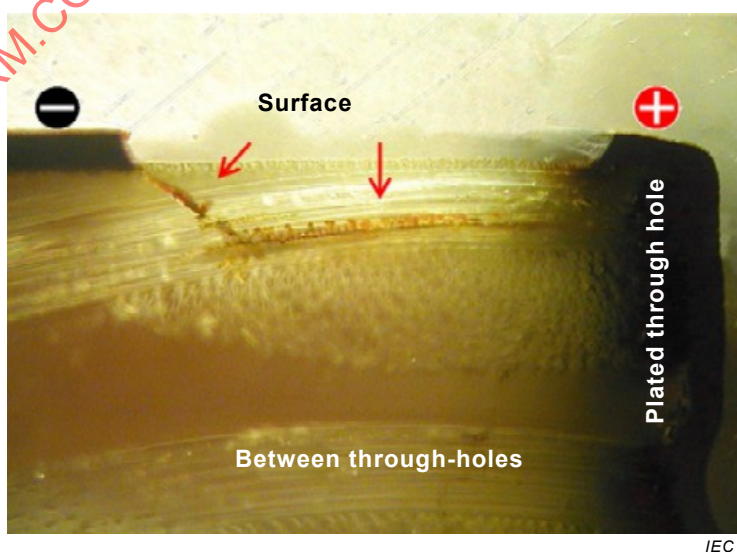


Figure A.2 – Example of CAF

Bibliography

IEC 60068-3-4, *Environmental testing – Part 3-4: Supporting documentation and guidance – Damp heat tests*

IEC 60068-3-5, *Environmental testing – Part 3-5: Supporting documentation and guidance – Confirmation of the performance of temperature chambers*

IEC 60721-1, *Classification of environmental conditions – Part 1: Environmental parameters and their severities*

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

IEC 60721-3-0, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Introduction*

IEC TR 62866, *Electrochemical migration in printed wiring boards and assemblies – Mechanisms and testing*

ASTM D257, *Standard Test Methods for DC Resistance or Conductance of Insulating Materials*

IPC-TM-650 No.2.6.19, *Environmental and Insulation Resistance Test of Hybrid Ceramic Multilayer Substrate Boards*

IPC-9691B, User Guide for the IPC-TM-650, Method 2.6.25, *Conductive Anodic Filament (CAF) Resistance and Other Internal Electrochemical Migration Testing*

SOMMAIRE

SOMMAIRE	24
AVANT-PROPOS	26
1 Domaine d'application	28
2 Références normatives	28
3 Termes et définitions	29
4 Condition d'essai	30
4.1 Condition normale	30
4.2 Analyse raisonnée	30
5 Spécimen	30
5.1 Grandes lignes de conception du véhicule d'essai CAF	30
5.1.1 Evaluation de la conception de la direction du tissu de verre	30
5.1.2 Conception entre trous traversants métallisés (PTH)	32
5.2 Carte d'essai CAF	33
5.2.1 Exemple A	33
5.2.2 Exemple B	34
5.3 Nombre de spécimens	36
6 Equipement/appareillage ou matériel	36
6.1 Chambre d'essai d'environnement	36
6.2 Matériel de mesure	36
6.3 Alimentation électrique	37
6.4 Résistances de limitation de courant	37
6.5 Fils de connexion	37
6.6 Autres montages dédiés	37
7 Méthode de mesure de la résistance	37
7.1 Méthode de mesure manuelle de la résistance d'isolement	37
7.2 Méthode de mesure automatique de la résistance d'isolement	38
8 Méthode d'essai	39
8.1 Choix de la méthode d'essai	39
8.2 Essai continu de température et d'humidité	39
8.2.1 Objet	39
8.2.2 Condition d'essai	39
8.3 Essai cyclique de température et d'humidité (12 h + 12 h)	39
8.3.1 Objet	39
8.3.2 Condition d'essai	40
8.3.3 Nombre de cycles d'essai	40
8.4 Essai cyclique de température et d'humidité avec et sans exposition à basse température	40
8.4.1 Objet	40
8.4.2 Condition d'essai	40
8.5 Essai continu de haute température et d'humidité élevée (vapeur pressurisée non saturée)	41
8.5.1 Objet	41
8.5.2 Condition d'essai	41
9 Procédure	41
9.1 Préparation du spécimen	41
9.1.1 Généralités	41

9.1.2	Identification des échantillons	42
9.1.3	Détection des circuits ouverts et des courts-circuits	42
9.1.4	Nettoyage	42
9.1.5	Fils de connexion	42
9.1.6	Nettoyage après fixation	42
9.1.7	Essai à sec	42
9.2	Pré-conditionnement	42
9.3	Procédure d'essai	42
9.3.1	Mise en place du spécimen	42
9.3.2	Tensions d'essai et de mesure	43
9.3.3	Condition de température et d'humidité en début d'essai	43
9.3.4	Mesure	43
9.3.5	Procédure d'interruption d'essai	44
9.3.6	Fin d'essai	44
9.4	Inspection visuelle	44
9.4.1	Généralités	44
9.4.2	Forme de migration électrochimique	45
Annexe A (informative)	Formes de migration électrochimique	46
A.1	Exemple de migration en forme de dendrite	46
A.2	CAF (exemple de migration le long de la fibre de verre)	46
Bibliographie		47
Figure 1	– Représentation schématique d'un peigne d'essai en ligne, avec site de défaillance possible	31
Figure 2	– Représentation schématique d'un peigne d'essai en quinconce, avec site de défaillance possible	31
Figure 3	– Distance de Manhattan	32
Figure 4	– Coupe schématique d'une paire de trous d'interconnexion avec polarisation	32
Figure 5	– Exemple de pastilles de trous d'interconnexion avec couche interne et de tracés de couches	33
Figure 6	– Exemple de pastilles de trous d'interconnexion sans couche interne et de tracés de couches	33
Figure 7	– Tracé d'évaluation de l'isolement pour trous traversants et trous d'interconnexion	34
Figure 8	– Dispositions des deux versions des cartes d'essai CAF	35
Figure 9	– Mesure avec un mesureur de résistance d'isolement	38
Figure 10	– Température et humidité pendant un essai	43
Figure A.1	– Exemple généré à la surface de la carte	46
Figure A.2	– Exemple de CAF	46
Tableau 1	– Dimension du tracé d'évaluation de l'isolement pour les trous traversants	34
Tableau 2	– Règles de conception des structures d'essai A1 à A4	35
Tableau 3	– Règles de conception des structures d'essai B1 à B4	36
Tableau 4	– Condition d'essai	39
Tableau 5	– Nombre de cycles d'essai	40
Tableau 6	– Condition d'essai	40
Tableau 7	– Condition d'essai (IEC 60068-2-66)	41

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

Partie 5-503: Méthode d'essai générale pour les matériaux et les assemblages – Essais des filaments anodiques conducteurs (CAF) des cartes à circuits

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 61189-5-503 a été établie par le IEC comité d'études 91 de l'IEC: Techniques d'assemblage des composants électroniques.

La présente version bilingue (2019-09) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2017-05.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 91/1433/FDIS et 91/1443/RVD.

Le rapport de vote 91/1443/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61189, publiée sous le titre général *Méthodes d'essai pour les matériaux électriques, les cartes imprimées et autres structures d'interconnexion et ensembles*, peut être consultée sur le site internet 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 "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, le document sera

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61189-5-503:2017

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

Partie 5-503: Méthode d'essai générale pour les matériaux et les assemblages – Essais des filaments anodiques conducteurs (CAF) des cartes à circuits

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61189 spécifie le filament anodique conducteur (ci-après appelé CAF) et spécifie non seulement l'essai continu de température et d'humidité, mais aussi un essai cyclique de température-humidité et un essai de vapeur pressurisée non saturée (HAST).

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 60068-1:2013, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et lignes directrices*

IEC 60068-2-30, *Essais d'environnement – Partie 2-30: Essais – Essai Db: Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 h + 12 h)*

IEC 60068-2-38, *Essais d'environnement – Partie 2-38: Essais – Essai Z/AD: Essai cyclique composite de température et d'humidité*

IEC 60068-2-66, *Essais d'environnement – Partie 2: Méthodes d'essai – Essai Cx: Essai continu de chaleur humide (vapeur pressurisée non saturée)*

IEC 60068-2-67, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Cy: Essai continu de chaleur humide, essai accéléré applicable en premier lieu aux composants*

IEC 60068-2-78, *Essais d'environnement – Partie 2-78: Essais – Essai Cab: Chaleur humide, essai continu*

IEC 60194, *Conception, fabrication et assemblage des cartes imprimées – Termes et définitions*

IPC-TM-650 No.2.6.14.1, *Electrochemical Migration Resistance Test* [consultée le 31 janvier 2017]. Disponible à l'adresse: https://www.ipc.org/TM/2-6_2-6-14-1.pdf (disponible en anglais seulement)

IPC-TM-650 No.2.6.25, *Conductive Anodic Filament (CAF) Resistance Test: X-Y Axis* [consultée le 31 janvier 2017]. Disponible à l'adresse: https://www.ipc.org/4.0_Knowledge/4.1_Standards/test/2-6-25.pdf https://www.ipc.org/TM/2-6_2-6-14-1.pdf (disponible en anglais seulement)

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 60194 et l'IEC 60068-1 ainsi que les suivants s'appliquent.

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

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

3.1

migration électrochimique

dégradation des caractéristiques d'isolement entre conducteurs, due à l'élution électrochimique des ions dans un environnement humide lorsqu'une tension est appliquée aux conducteurs d'une carte à circuit imprimé

Note 1 à l'article: En outre, les impuretés ioniques présentes dans les isolations contribuent à leur dégradation.

Note 2 à l'article: La migration électrochimique peut se présenter sous forme de dendrite (3.2) ou de CAF (3.3).

3.2

dendrite

migration métallurgique

Note 1 à l'article: La dendrite est visible car elle crée une structure ramifiée et arborescente en surface, à l'interface entre les couches, etc., d'une carte à circuit imprimé.

3.3

CAF

filament anodique conducteur

migration qui se produit le long du monofilament d'un matériau de renfort tel que du tissu de verre dans une partie de couche interne d'une carte à circuit imprimé

Note 1 à l'article: L'abréviation CAF est dérivée du terme anglais développé correspondant "conductive anodic filament."

3.4

HAST

essai fortement accéléré de contrainte de température et d'humidité

essai de contrainte réalisé dans le cadre de l'essai de vapeur pressurisée non saturée

Note 1 à l'article: Voir l'IEC 60068-2-66.

Note 2 à l'article: L'abréviation HAST est dérivée du terme anglais développé correspondant "highly accelerated temperature and humidity stress test."

3.5

mesure automatique de la résistance d'isolement

mesure destinée à acquérir des données d'essais périodiques continus ou prédéterminés en utilisant un système de mesure automatique sans opérateur

3.6

mesure manuelle de la résistance d'isolement

mesure destinée à acquérir des données d'essais périodiques prédéterminés en utilisant un matériel de mesure piloté par un opérateur

Note 1 à l'article: La mesure peut être réalisée avec ou sans extraction d'un spécimen hors de la chambre d'essai.

3.7

tension d'essai

tension de contrainte à appliquer au spécimen dans l'environnement d'essai

3.8

tension de mesure

tension à appliquer au spécimen afin de mesurer la résistance d'isolement

4 Condition d'essai

4.1 Condition normale

La mesure est réalisée dans la condition atmosphérique normale qui est spécifiée à l'Article 4 de l'IEC 60068-1:2013.

Elle dépend d'une condition de référence stipulée en 4.2 lorsqu'une ambiguïté est détectée pour le jugement concernant la condition atmosphérique normale ou lorsqu'une condition particulière est exigée.

Elle peut être effectuée dans d'autres conditions que la condition atmosphérique normale, lorsqu'il ne subsiste aucun doute sur le jugement et lorsque la mesure en condition normale s'avère difficile, ou lorsque des spécifications particulières l'exigent.

4.2 Analyse raisonnée

La condition de référence est la condition atmosphérique normale pour la mesure spécifiée en 4.2 de l'IEC 60068-1:2013.

5 Spécimen

5.1 Grandes lignes de conception du véhicule d'essai CAF

5.1.1 Evaluation de la conception de la direction du tissu de verre

Les peignes d'essai en ligne sont constitués d'une série de rangées alternées de trous d'interconnexion et une tension est appliquée à travers le peigne. Ils représentent les sites de défaillance les plus courants où un CAF peut apparaître: entre les parois des trous d'interconnexion. Les trous d'interconnexion sont alignés les uns par rapport aux autres et par rapport au renfort en fibre de verre tissé. Le point le plus proche entre chaque paire de trous d'interconnexion est le point le plus probable pour la croissance des CAF (exemple mis en évidence à la Figure 1). Les points noirs représentent le trou percé et les pastilles en cuivre associées aux trous d'interconnexion apparaissent en orange.

La construction en quinconce des peignes est similaire à celle des peignes en ligne, mais les paires de trous d'interconnexion sont disposées à 45°. Ceci implique que le trajet le plus probable pour la croissance potentielle des CAF est plus long car l'orientation des fibres de verre peut uniquement permettre la croissance dans les directions horizontale et verticale (comme représenté par les ellipses blanches à la Figure 2).

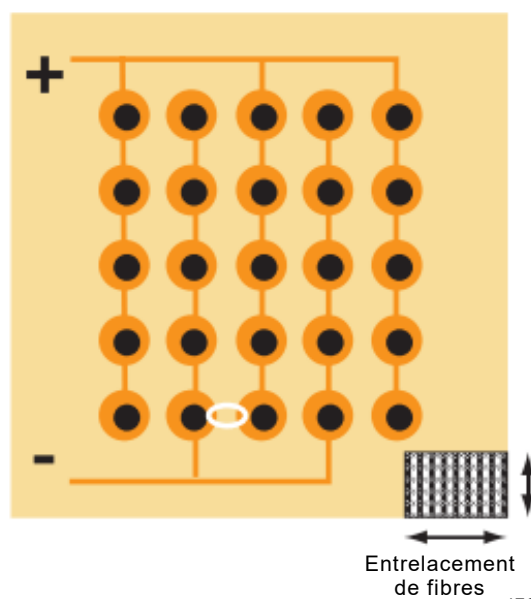


Figure 1 – Représentation schématique d'un peigne d'essai en ligne, avec site de défaillance possible

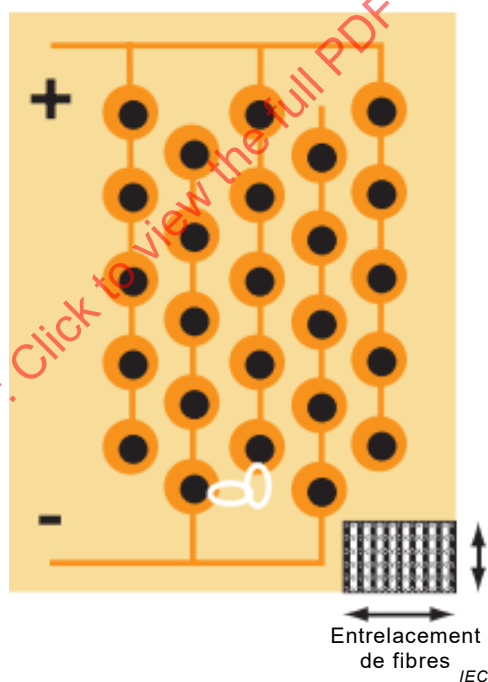
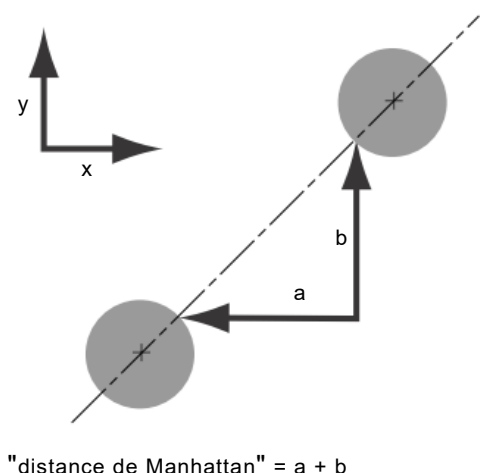


Figure 2 – Représentation schématique d'un peigne d'essai en quinconce, avec site de défaillance possible

La "distance de Manhattan" est la plus courte distance orthogonale sur les axes des abscisses et/ou des ordonnées entre des caractéristiques de trous percés adjacents (correspond à la nature orthogonale du renfort en fibre de verre tissé du matériau stratifié (Figure 3)).



IEC

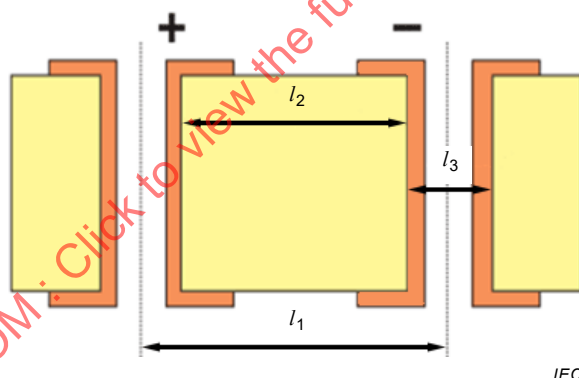
Figure 3 – Distance de Manhattan

5.1.2 Conception entre trous traversants métallisés (PTH¹)

a) Sans tracé de couche interne

Un exemple de conception entre PTH sans tracé de couche interne est représenté à la Figure 4 qui est une coupe schématique d'une paire de trous d'interconnexion.

NOTE L'espace est mesuré à partir du bord du cuivre. L'épaisseur du cuivre sur la paroi du trou est d'environ 50 µm par côté.



IEC

Légende

- l_1 pas des trous d'interconnexion
- l_2 distance entre trous d'interconnexion
- l_3 diamètre de trou d'interconnexion

Figure 4 – Coupe schématique d'une paire de trous d'interconnexion avec polarisation

b) Avec tracé de couche interne

Il existe deux conceptions. La première est la conception à base de pastilles de trous d'interconnexion avec couche interne et de tracés de couches, représentée à la Figure 5. La seconde est la conception à base de pastilles de trous d'interconnexion sans couche interne et de tracés de couches, représentée à la Figure 6.

¹ PTH = plated through hole.

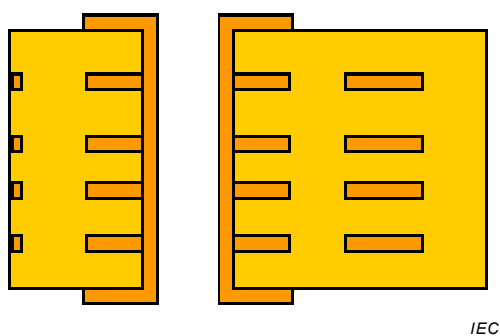


Figure 5 – Exemple de pastilles de trous d'interconnexion avec couche interne et de tracés de couches

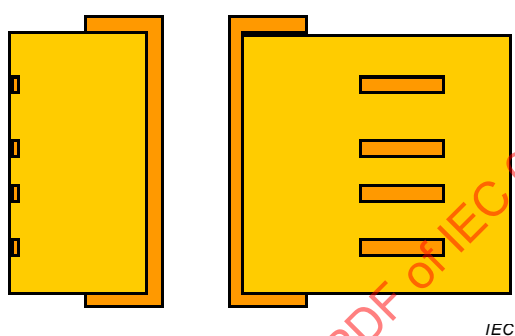
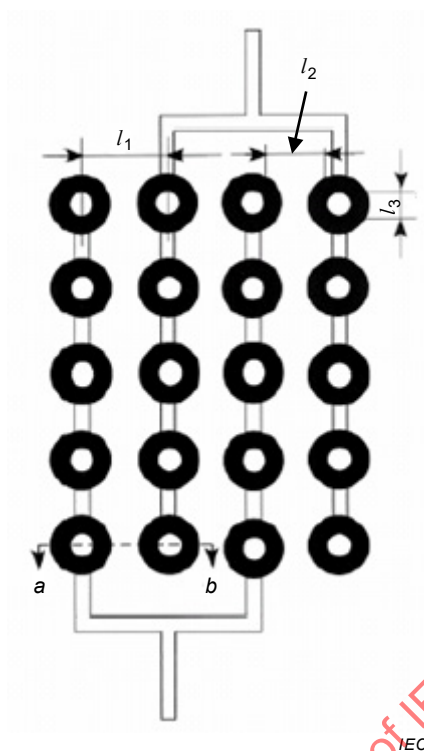


Figure 6 – Exemple de pastilles de trous d'interconnexion sans couche interne et de tracés de couches

5.2 Carte d'essai CAF

5.2.1 Exemple A

Cette conception repose sur 5.1. L'évaluation de l'isolement entre trous traversants est réalisée en utilisant le tracé en treillis de trous traversants, comme représenté à la Figure 7. Le diamètre des trous est maintenu constant. Les dimensions des trous sont spécifiées dans le Tableau 1. Il convient qu'une ligne du tracé comporte plus de cinq trous. Le nombre de trous dépend de l'accord entre l'utilisateur et le fournisseur concerné.



Légende

l_1 pas des trous d'interconnexion

l_2 distance entre trous d'interconnexion

l_3 diamètre de trou d'interconnexion

a et b section transversale

Figure 7 – Tracé d'évaluation de l'isolement pour trous traversants et trous d'interconnexion

Tableau 1 – Dimension du tracé d'évaluation de l'isolement pour les trous traversants

Diamètre de trou d'interconnexion (l_3) (μm)	300					
Distance entre trous d'interconnexion (l_2) (μm)	150	200	250	300	350	400
Pas des trous d'interconnexion (l_1) (μm)	450	500	550	600	650	700
Agencement du tracé	n trous $\times$ 4 rangées ($n \geq 5$)					

5.2.2 Exemple B

L'IPC-9253 et l'IPC-9254 comprennent 10 couches et leurs dimensions sont de 125 mm $\times$ 175 mm environ. Les conceptions de carte d'essai destinées à évaluer la résistance CAF doivent présenter des distances variables entre les parois des trous percés pour les trous métallisés. Ces distances peuvent varier d'une séparation de 0,15 mm pour les matériaux stratifiés alternés dont la résistance CAF est susceptible d'être très élevée et un effet de mèche minimal du cuivre à partir du trou traversant métallisé (PTH), jusqu'à une séparation de 0,89 mm pour évaluer les applications de connecteurs insérés à force. La taille du trou percé, plutôt que la taille du trou fini, est spécifiée sur le diagramme du dessin de fabrication de la carte nue, afin d'assurer un espacement cohérent.

L'échantillonnage des couches internes peut être ajouté aux couches planes autour du périmètre. Il convient de fabriquer des cartes d'essai de sorte que la direction de

machine/grain du renfort à fibres tissées soit perpendiculaire aux rangées de trous d'interconnexion en chaîne du même réseau pour A1 à A4 (la direction de machine/grain tend à changer en premier).

Les conceptions des cartes d'essai doivent prévoir des espacements minimaux suffisants sur les couches externes pour s'assurer qu'aucune défaillance de la résistance d'isolement de surface ne se produise. Les dispositions des structures de cartes d'essai IPC-9253 et IPC-9254 (cartes d'essai CAF) sont représentées à la Figure 8. Les règles de conception des cartes d'essai sont énumérées dans le Tableau 2 et le Tableau 3.

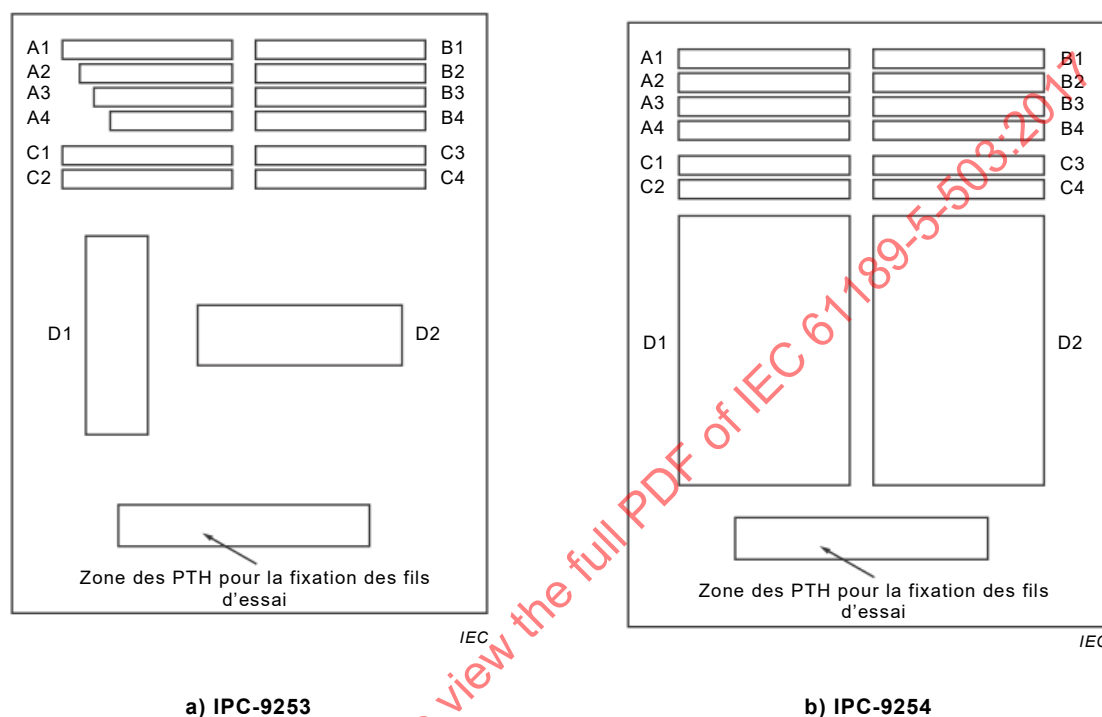


Figure 8 – Dispositions des deux versions des cartes d'essai CAF

Tableau 2 – Règles de conception des structures d'essai A1 à A4

	A1	A2	A3	A4
Taille de pastille de la couche externe	0,86 mm (0,033 9 in)	0,81 mm (0,031 9 in)	0,75 mm (0,029 5 in)	0,69 mm (0,027 2 in)
Taille de pastille de la couche interne	0,86 mm (0,033 9 in)	0,81 mm (0,031 9 in)	0,75 mm (0,029 5 in)	0,69 mm (0,027 2 in)
Taille du trou percé	0,74 mm (0,029 1 in)	0,63 mm (0,024 8 in)	0,51 mm (0,020 1 in)	0,37 mm (0,025 6 in)
De bord à bord des trous d'interconnexion (distance la plus courte)	0,27 mm (0,010 6 in)	0,38 mm (0,015 0 in)	0,51 mm (0,020 1 in)	0,65 mm (0,025 6 in)
De bord à bord des trous d'interconnexion (distance de Manhattan)	0,27 mm (0,010 6 in)	0,38 mm (0,015 0 in)	0,51 mm (0,020 1 in)	0,65 mm (0,025 6 in)
Sur l'IPC-9254 seulement, polarisation appliquée entre:	J1, J5	J2, J5	J3, J5	J4, J5

Tableau 3 – Règles de conception des structures d'essai B1 à B4

	B1	B2	B3	B4
Taille de pastille de la couche externe	0,94 mm (0,037 0 in)	0,89 mm (0,035 0 in)	0,84 mm (0,033 0 in)	0,75 mm (0,030 0 in)
Taille de pastille de la couche interne	0,94 mm (0,037 0 in)	0,89 mm (0,035 0 in)	0,84 mm (0,033 1 in)	0,75 mm (0,029 5 in)
Taille du trou percé	0,81 mm (0,031 9 in)	0,71 mm (0,028 0 in)	0,57 mm (0,022 4 in)	0,46 mm (0,018 1 in)
De bord à bord des trous d'interconnexion (distance la plus courte)	0,26 mm (0,010 2 in)	0,37 mm (0,014 6 in)	0,51 mm(0,020 1 in)	0,62 mm (0,024 4 in)
De bord à bord des trous d'interconnexion (distance de Manhattan)	0,37 mm (0,014 6 in)	0,52 mm (0,020 5 in)	0,72 mm (0,028 3 in)	0,88 mm (0,034 6 in)
Sur l'IPC-9254 seulement, polarisation appliquée entre:	J7, J11	J8, J11	J9, J11	J10, J11

5.3 Nombre de spécimens

Le nombre de spécimens, de cartes d'essai ou de coupons exigés dans le cadre d'un essai dépend de la finalité de cet essai, par exemple pour des prototypes ou des produits destinés à la fabrication en série. Pour les essais CAF de cartes à circuits destinées à la fabrication en série, une quantité minimale de 25 est nécessaire pour l'analyse statistique de la fiabilité. Plus de 25 spécimens peuvent être nécessaires pour un lot d'essai afin d'assurer au moins autant d'opportunités de défaillance qu'une seule carte de production (voir l'IPC-9691B).

6 Equipement/appareillage ou matériel

6.1 Chambre d'essai d'environnement

- Une chambre d'essai propre capable de produire et d'enregistrer un environnement de $65\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ ou $85\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ à $87\text{ °C} \pm 2\%$ HR, et équipée d'un accès câblé pour faciliter le raccordement des câbles de mesure aux spécimens en essai.
- La température et l'humidité dans la chambre peuvent être fournies en continu et ne pas être réutilisées. Elles peuvent être régulées indépendamment afin d'éviter toute condensation.
- L'eau d'humidification de la chambre peut être fournie en continu et ne pas être réutilisée.
- L'eau de condensation ne coule pas de la paroi et du plafond de la chambre.
- Les impuretés et les substances résiduelles de l'essai précédent doivent être éliminées de manière à ne pas affecter l'essai.
- Il convient que la chambre soit constituée de matériaux n'ayant aucun impact sur le spécimen et l'eau d'humidification.

6.2 Matériel de mesure

Un mesureur à résistance élevée équivalent à celui décrit dans l'ASTM D257, avec une plage de mesure allant jusqu'à $10^{12}\text{ }\Omega$ et capable d'offrir une précision de $\pm 5\%$ à $10^{10}\text{ }\Omega$ avec une tension continue appliquée de $100\text{ V} \pm 2\text{ V}$, ou un ampèremètre capable de lire 10^{-10} A et d'offrir une précision de $\pm 5\%$ en combinaison avec une alimentation de $100\text{ V} \pm 2\text{ V c.c.}$ Les valeurs des résistances utilisées doivent être vérifiées par des résistances de référence traçables par rapport à des étalons connus de l'industrie ou à des normes nationales.

6.3 Alimentation électrique

Une alimentation électrique capable de produire un potentiel de polarisation constant de 5 V c.c. jusqu'à 100 V c.c. avec une tolérance de $\pm 2\%$, et une capacité d'alimentation en courant d'au moins 1 A.

6.4 Résistances de limitation de courant

Pour cette méthode d'essai, il est essentiel de contrôler minutieusement la valeur de la résistance totale de limitation de courant. Une résistance en série de 1 M Ω doit être utilisée pour chaque trajet de courant. Insérer les résistances de limitation de courant en série en raccordant les sorties de terminaison à chaque tracé d'essai. Il faut noter que dans certains matériels d'essai, les résistances de limitation de courant sont intégrées aux systèmes d'essai. Aux fins du présent essai normalisé, à l'exclusion de la résistance de limitation de courant et pour chaque circuit d'essai CAF, la résistance totale en série du matériel de mesure et des fils ne doit pas dépasser 200 Ω . Une valeur de résistance totale plus basse augmentera le risque d'endommagement de la carte d'essai en cas de défaillance CAF. Une valeur de résistance totale de limitation de courant plus élevée pour chaque réseau d'essai éloigne encore plus les conditions d'essai des conditions réelles du terrain et n'est pas recommandée.

6.5 Fils de connexion

Utiliser des fils de cuivre isolés en PTFE ou PFE et braser directement les fils de cuivre sur la carte d'essai afin de relier les points d'essai de chaque carte à l'appareil de mesure.

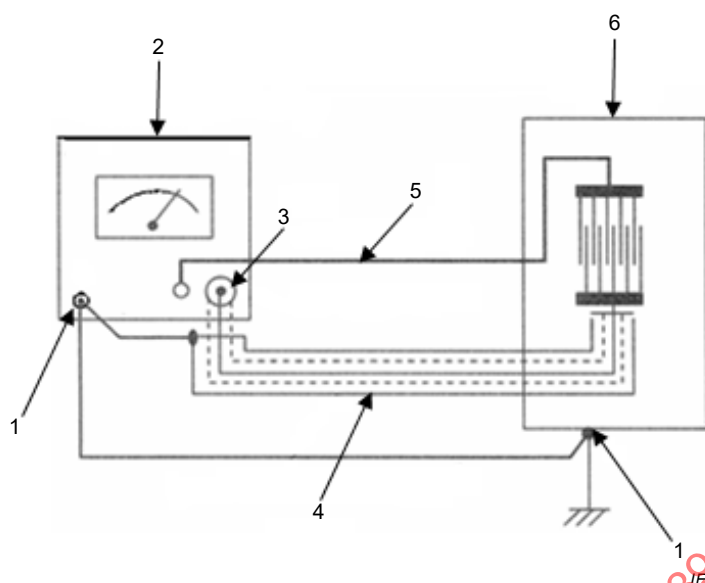
6.6 Autres montages dédiés

Le câblage est la méthode de connexion par défaut. D'autres montages dédiés peuvent être utilisés, à condition que le montage ne fasse pas varier la résistance de plus de 0,1 décade par rapport à un système câblé comparable lorsque la mesure est réalisée dans les conditions d'essai. Il convient de contrôler la résistance de ces montages à intervalles réguliers. Il est recommandé de changer la couleur des sorties reliées aux électrodes positives et négatives du matériel de mesure. Le rouge est généralement utilisé pour un câble raccordé à la borne positive et le noir pour la borne négative.

7 Méthode de mesure de la résistance

7.1 Méthode de mesure manuelle de la résistance d'isolement

L'unité de mesure de résistance peut mesurer la plage de résistance comprise entre $10^6 \Omega$ et $10^{12} \Omega$. La Figure 9 représente un exemple de système de mesure manuel dans la chambre, qui utilise un mesureur de résistance d'isolement. Ce système de mesure dispose d'une source d'alimentation intégrée, permet de sélectionner arbitrairement les tensions d'essai et de mesure, et peut mesurer les résistances jusqu'à $10^{13} \Omega$ au moyen de câbles à double blindage et d'une chambre d'essai blindée.



Légende

- 1 protecteur
- 2 mesureur de résistance d'isolement
- 3 protection active
- 4 câble à double blindage
- 5 alimentation électrique
- 6 chambre

Figure 9 – Mesure avec un mesureur de résistance d'isolement

7.2 Méthode de mesure automatique de la résistance d'isolement

La résistance d'isolement diminue généralement à mesure que la température et l'humidité relative augmentent. La résistance volumique est sensible à la variation de la température, mais la résistance surfacique change rapidement avec la variation de l'humidité relative. La variation est, dans les deux cas, exponentielle. Comme la résistance d'isolement est à la fois dépendante de la résistance volumique et de la résistance surfacique, il est nécessaire de maintenir autant que possible la température et l'humidité relative aux valeurs spécifiées. C'est la raison pour laquelle il est souhaitable de réaliser la mesure de résistance d'isolement à l'intérieur de la chambre (mesure dans la chambre). En cas d'extraction du spécimen hors de la chambre pour effectuer une mesure, il convient de décider du temps de passage à la température ambiante (conditions de mesure) et du temps de séjour à température ambiante. En principe, cette mesure doit être réalisée dans les 24 h. Il convient de mentionner toute autre condition que celle indiquée ici dans une spécification individuelle.

Le matériel de mesure automatique de la résistance d'isolement peut contrôler automatiquement la tension appliquée et la mesure réalisée par ordinateur, et générer une alarme en cas d'anomalie détectée en cours de mesure, sans extraire le spécimen en essai hors de la chambre. La tension d'essai est appliquée à chaque spécimen et le courant de fuite électrique est surveillé afin de pouvoir mesurer précisément la génération et la durée de la migration électrochimique. Des essais peuvent être réalisés de manière efficace sur un grand nombre de spécimens.

Il convient de poursuivre l'essai lorsque des phénomènes tels qu'un état momentané de faible résistance ou de court-circuit temporaire pendant la mesure réalisée au moyen d'un matériel de mesure automatique de la résistance d'isolement, surviennent de manière sporadique.

8 Méthode d'essai

8.1 Choix de la méthode d'essai

La méthode d'essai ECM est utilisée pour les essais d'évaluation de la durée de vie des matériaux de substrat et des pièces électroniques, ainsi que pour les essais d'acceptation à la source de la commande. Les premiers essais sont exigés pour déterminer le temps avant défaillance, qui est le paramètre permettant de calculer la vie utile. Les seconds essais permettent de déterminer la condition de température/humidité, la tension appliquée et la durée d'essai, et de mettre un terme au processus dans un délai prédéfini. Le choix des différentes méthodes d'essai ECM décrites dans le présent document revient à l'utilisateur.

8.2 Essai continu de température et d'humidité

8.2.1 Objet

Cet essai est mis en œuvre afin de s'assurer ou de vérifier la capacité à maintenir la durée de vie en service si le spécimen est utilisé dans des conditions de température et d'humidité constantes. Cet essai est un essai accéléré dont la température et l'humidité sont fixées à un niveau plus élevé que lorsque le spécimen est utilisé. Pour évaluer la durée de vie, il est important que la linéarité puisse être obtenue sur le graphique d'Arrhenius établissant les variations de température en fonction du temps de panne. Si la linéarité n'est pas obtenue, il est nécessaire de revoir les conditions d'essai et d'accorder une attention suffisante aux conditions de température élevée. Sur la base des résultats de l'essai de durée de vie, les conditions de l'essai de confirmation sont déterminées.

8.2.2 Condition d'essai

Les conditions d'essai continu de température et d'humidité sont spécifiées dans le Tableau 4. Ces conditions peuvent être utilisées en l'absence de toute spécification d'essai définie. La condition d'essai de température/humidité est spécifiée dans l'IEC 60068-2-78 et l'IEC 60068-2-67, sauf 60 °C/90 % HR, qui est ajoutée comme l'une des conditions continues de température-humidité car elle a été utilisée comme l'une des conditions d'essai d'environnement normalisées pour les circuits intégrés.

Tableau 4 – Condition d'essai

Spécification	Température °C	Humidité % HR	Durée d'essai			
			h			
STD	40 ± 2	93 ± 3	168 + 24 -0	500 ± 48	1 000 ± 96	(2 000 ± 192)
	60 ± 2	90 ± 3				
	85 ± 2	85 ± 3				
IPC-TM-650 (2.6.25)	65 ± 2	87+ 3/-2	– Cartes d'essai à stabiliser pendant 96 h (±30 min). A l'issue de la période de stabilisation de 96 h (±30 min), une mesure de résistance d'isolement doit être réalisée entre chaque réseau en chaîne et la masse.			
	85 ± 2					
IPC-TM-650 (2.6.14.1)	40 ± 2	93 ± 2	– Un conditionnement supplémentaire de température/humidité/polarisation peut être effectué après 500 h de polarisation, parfois jusqu'à 1 000 h ou plus.			
	65 ± 2	88,5 ± 3,5				
	85 ± 2	88,5 ± 3,5				

8.3 Essai cyclique de température et d'humidité (12 h + 12 h)

8.3.1 Objet

Cet essai examine la dégradation de l'isolement, la résistance à la migration électrochimique et d'autres dégradations de performances pour les cartes à circuit imprimé soumises à la