



# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



**Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices –  
Part 11: Test method for coefficients of linear thermal expansion of free-standing  
materials for micro-electromechanical systems**

**Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs microélectromécaniques –  
Partie 11: Méthode d'essai pour les coefficients de dilatation thermique linéaire  
des matériaux autonomes pour systèmes microélectromécaniques**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

R

ICS 31.080.99

ISBN 978-2-8322-0965-3

**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.....	3
1 Scope.....	5
2 Normative References .....	5
3 Symbols and designations .....	5
4 Test piece .....	6
4.1 General .....	6
4.2 Shape of test piece .....	6
4.3 Test piece thickness.....	6
4.4 In-plane type test piece .....	7
4.5 Out-of-plane type test piece .....	7
5 Testing method and test apparatus.....	7
5.1 Measurement principle .....	7
5.1.1 General .....	7
5.1.2 In-plane method .....	8
5.1.3 Out-of-plane method.....	8
5.2 Test apparatus .....	9
5.2.1 General .....	9
5.2.2 In-plane method .....	9
5.2.3 Out-of-plane method.....	9
5.3 Temperature measurement.....	9
5.4 In-plane test piece handling.....	9
5.5 Thermal strain measurement .....	10
5.6 Heating speed .....	10
5.7 Data analysis .....	10
5.7.1 General .....	10
5.7.2 Terminal-based calculation .....	10
5.7.3 Slope calculation by linear least squares method.....	10
6 Test report.....	10
Annex A (informative) Test piece fabrication .....	12
Annex B (informative) Test piece handling example .....	13
Annex C (informative) Test piece releasing process.....	14
Annex D (informative) Out-of-plane test setup and test piece example.....	15
Annex E (informative) Data analysis example in in-plane test method .....	16
Annex F (informative) Data analysis example in out-of-plane test method .....	17
Bibliography.....	19
Figure 1 – Thin film test piece.....	6
Figure 2 – CLTE measurement principles.....	8
Figure A.1 – Schematic test piece fabrication process .....	12
Figure B.1 – Auxiliary jigs and a specimen example.....	13
Figure C.1 – Schematic illustration showing the test piece releasing process.....	14
Figure D.1 – Example of test setup and test piece .....	15
Figure E.1 – Example of CLTE measurement with an aluminium test piece .....	16
Figure F.1 – Example of CLTE measurement with a gold test piece .....	18
Table 1 – Symbols and designations.....	5

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SEMICONDUCTOR DEVICES –  
MICRO-ELECTROMECHANICAL DEVICES –**

**Part 11: Test method for coefficients of linear thermal expansion  
of free-standing materials for micro-electromechanical systems**

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 62047-11 has been prepared by subcommittee 47F: Micro-electromechanical systems, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

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

FDIS	Report on voting
47F/154/FDIS	47F/161/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 62047 series, published under the general title *Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices*, can be found on the IEC website.

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

## **SEMICONDUCTOR DEVICES – MICRO-ELECTROMECHANICAL DEVICES –**

### **Part 11: Test method for coefficients of linear thermal expansion of free-standing materials for micro-electromechanical systems**

#### **1 Scope**

This part of IEC 62047 specifies the test method to measure the linear thermal expansion coefficients (CLTE) of thin free-standing solid (metallic, ceramic, polymeric etc.) micro-electro-mechanical system (MEMS) materials with length between 0,1 mm and 1 mm and width between 10  $\mu\text{m}$  and 1 mm and thickness between 0,1  $\mu\text{m}$  and 1 mm, which are main structural materials used for MEMS, micromachines and others. This test method is applicable for the CLTE measurement in the temperature range from room temperature to 30 % of a material's melting temperature.

#### **2 Normative References**

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 62047-3, *Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices – Part 3: Thin film standard test piece for tensile-testing*

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	22
1 Domaine d'application .....	24
2 Références normatives .....	24
3 Symboles et désignations .....	24
4 Éprouvette d'essai .....	25
4.1 Généralités .....	25
4.2 Forme de l'éprouvette d'essai .....	25
4.3 Épaisseur de l'éprouvette d'essai .....	25
4.4 Éprouvette d'essai du type dans le plan .....	26
4.5 Éprouvette d'essai du type hors plan .....	26
5 Méthode d'essai et appareillage d'essai .....	26
5.1 Principe de mesure .....	26
5.1.1 Généralités .....	26
5.1.2 Méthode dans le plan .....	27
5.1.3 Méthode hors plan .....	27
5.2 Appareillage d'essai .....	28
5.2.1 Généralités .....	28
5.2.2 Méthode dans le plan .....	28
5.2.3 Méthode hors plan .....	28
5.3 Mesure de température .....	28
5.4 Manipulation d'une éprouvette d'essai dans le plan .....	29
5.5 Mesure de contrainte thermique .....	29
5.6 Vitesse de chauffage .....	29
5.7 Analyse des données .....	29
5.7.1 Généralités .....	29
5.7.2 Calcul basé sur les bornes .....	29
5.7.3 Calcul de pente par la méthode linéaire des moindres carrés .....	29
6 Rapport d'essai .....	29
Annexe A (informative) Fabrication de l'éprouvette d'essai .....	31
Annexe B (informative) Exemple de manipulation d'une éprouvette d'essai .....	32
Annexe C (informative) Processus de libération de l'éprouvette d'essai .....	33
Annexe D (informative) Montage d'essai hors plan et exemple d'éprouvette d'essai .....	34
Annexe E (informative) Exemple d'analyse de données de la méthode d'essai dans le plan .....	35
Annexe F (informative) Exemple d'analyse de données de la méthode d'essai hors plan .....	36
Bibliographie .....	38
Figure 1 – Éprouvette d'essai en couche mince .....	25
Figure 2 – Principes de mesure du CLTE .....	27
Figure A.1 – Schéma du processus de fabrication d'une éprouvette d'essai .....	31
Figure B.1 – Montures auxiliaires et exemple d'éprouvette .....	32
Figure C.1 – Illustration schématique représentant le processus de libération de l'éprouvette d'essai .....	33
Figure D.1 – Exemple de montage d'essai et éprouvette d'essai .....	34

Figure E.1 – Exemple de mesure de CLTE avec une éprouvette d'essai en aluminium.....	35
Figure F.1 – Exemple de mesure de CLTE avec une éprouvette d'essai en or .....	37
Tableau 1 – Symboles et désignations .....	24

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS MICROÉLECTROMÉCANIQUES –

#### Partie 11: Méthode d'essai pour les coefficients de dilatation thermique linéaire des matériaux autonomes pour systèmes microélectromécaniques

##### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI 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, la CEI – 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 la CEI"). 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI 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 CEI 62047-11 a été établie par le sous-comité 47F: Systèmes microélectromécaniques, du comité d'études 47 de la CEI: Dispositifs à semiconducteurs.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
47F/154/FDIS	47F/161/RVD

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



Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 62047, publiées sous le titre général *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs microélectromécaniques*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous «<http://webstore.iec.ch>» dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

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

## **DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS MICROÉLECTROMÉCANIQUES –**

### **Partie 11: Méthode d'essai pour les coefficients de dilatation thermique linéaire des matériaux autonomes pour systèmes microélectromécaniques**

#### **1 Domaine d'application**

La présente partie de la CEI 62047 définit la méthode d'essai pour mesurer les coefficients de dilatation thermique linéaire (CLTE) de matériaux de systèmes micro-électromécaniques (MEMS) solides autonomes minces (métalliques, céramiques, polymères, etc.) dont la longueur est comprise entre 0,1 mm et 1 mm, la largeur entre 10  $\mu\text{m}$  et 1 mm et l'épaisseur entre 0,1  $\mu\text{m}$  et 1 mm, qui sont les matériaux structurels principaux utilisés pour les MEMS, les micromachines et autres. Cette méthode d'essai peut s'appliquer à la mesure des CLTE dans la gamme de températures allant de la température ambiante jusqu'à 30 % de la température de fusion du matériau.

#### **2 Références normatives**

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 62047-3, *Dispositifs à semiconducteurs - Dispositifs microélectromécaniques – Partie 3: Éprouvette d'essai normalisée en couche mince pour l'essai de traction*