

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices –
Part 22: Electromechanical tensile test method for conductive thin films on
flexible substrates**

**Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs microélectromécaniques –
Partie 22: Méthode d'essai de traction électromécanique pour les couches
minces conductrices sur des substrats souples**





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 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
Fax: +41 22 919 03 00
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 corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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 also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 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.

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: csc@iec.ch.

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.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

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 aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 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.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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



IEC 62047-22

Edition 1.0 2014-06

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices –
Part 22: Electromechanical tensile test method for conductive thin films on
flexible substrates**

**Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs microélectromécaniques –
Partie 22: Méthode d'essai de traction électromécanique pour les couches
minces conductrices sur des substrats souples**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

K

ICS 31.080.99

ISBN 978-2-8322-1649-1

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

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope.....	5
2 Normative references	5
3 Terms, definitions, symbols and designations	5
3.1 Terms and definitions.....	5
3.2 Symbols and designations	6
4 Test piece	6
4.1 General.....	6
4.2 Shape of a test piece	6
4.3 Measurement of dimensions	7
5 Testing method and test apparatus.....	7
5.1 Test principle	7
5.2 Test machine	7
5.3 Test procedure.....	9
5.4 Test environment	9
6 Test report.....	9
Figure 1 – Bilayered test piece.....	6
Figure 2 – Schematic of an electromechanical test machine	8
Figure 3 – Electromechanical tensile grip.....	9
Table 1 – Symbols and designations of a test piece	6

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SEMICONDUCTOR DEVICES – MICRO-ELECTROMECHANICAL DEVICES –

Part 22: Electromechanical tensile test method for conductive thin films on flexible substrates

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 62047-22 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/186/FDIS	47F/190/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 in 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 22: Electromechanical tensile test method for conductive thin films on flexible substrates

1 Scope

This part of IEC 62047 specifies a tensile test method to measure electromechanical properties of conductive thin micro-electromechanical systems (MEMS) materials bonded on non-conductive flexible substrates. Conductive thin-film structures on flexible substrates are extensively utilized in MEMS, consumer products, and flexible electronics. The electrical behaviours of films on flexible substrates differ from those of freestanding films and substrates due to their interfacial interactions. Different combinations of flexible substrates and thin films often lead to various influences on the test results depending on the test conditions and the interfacial adhesion. The desired thickness of a thin MEMS material is 50 times thinner than that of the flexible substrate, whereas all other dimensions are similar to each other.

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 62047-2:2006, *Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices – Part 2: Tensile testing method of thin film materials*

IEC 62047-3:2006, *Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices – Part 3: Thin film standard test piece for tensile testing*

IEC 62047-8:2011, *Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices – Part 8: Strip bending test method for tensile property measurement of thin films*

ISO 527-3:1995, *Plastics – Determination of tensile properties – Part 3: Test conditions for films and sheets*

3 Terms, definitions, symbols and designations

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1.1 gauge factor

G_F

ratio of the change in electrical resistance divided by the original resistance (R_0 , resistance in the undeformed configuration) to engineering strain (e)

Note 1 to entry: Gauge factor is expressed as $G_F = (R - R_0)/R_0e$, where R is the electrical resistance in the deformed configuration.

3.1.2 elongation at electrical failure

A_{telic}
engineering strain value at which the electrical resistance starts to exceed a predefined limit

3.2 Symbols and designations

The shape of the test piece and symbols are presented in Figure 1 and Table 1, respectively. The overall shape of the test piece is similar to a conventional thin-film or sheet test piece (in accordance with ISO 527-3) for tensile tests, but it has a multilayered structure.

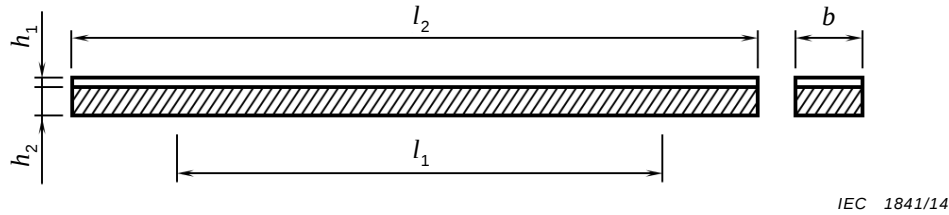


Figure 1 – Bilayered test piece

Table 1 – Symbols and designations of a test piece

Symbol	Unit	Designation
l_1	μm	Gauge length for strain and resistance change measurements
l_2	μm	Overall length
h_1	μm	Thickness of the first layer (or thin film)
h_2	μm	Thickness of the second layer (or substrate)
b	μm	Width

4 Test piece

4.1 General

The test piece shall be prepared using the same fabrication process as the actual device fabricated for flexible MEMS. Machining of the test piece shall be performed carefully to prevent formation of cracks or flaws and delamination in the test piece. Chemical etching or mechanical machining with a very sharp tool shall be applied to shape the test piece.

4.2 Shape of a test piece

The shape of a test piece is shown in Figure 1. Because the change in electrical resistance is related to strain or stress, electrical resistance shall be measured in a region of nearly uniform strain. To measure electrical resistance, attach lead wires to the conductive thin film of the test piece. Conductive thin films deposited on flexible substrates are usually very thin compared with the diameter of the lead wires, and the lead wires are easily detached from the test piece during the electromechanical test. Therefore, place the lead wires in tensile grips and secure the electrical contact by applying mechanical contact force. Tensile grips are described in detail in 5.2. For uniform strain distribution, the shape of the test piece is a rectangular strip, not a dog bone (see Figure 1 of ISO 527-3:1995 for other rectangular test pieces). To eliminate the effect of the fixed boundary near the grips (l_1), the gauge length shall be at least 20 times larger than the width (b).

4.3 Measurement of dimensions

To analyze the test results, the test piece dimensions shall be accurately measured because the dimensions are used to determine the mechanical properties of test materials. Gauge length (l_1), width (b), and thickness (h_1 , h_2) should be measured with an error of less than $\pm 5\%$. Thickness measurement shall be performed according to Annex C of IEC 62047-2:2006 and to Clause 6 of IEC 62047-3:2006. There can be some combinations of thin film and substrate where it is difficult to fulfil the tolerance of thickness measurement. In this case the average and the standard deviation of the thickness measurement should be reported.

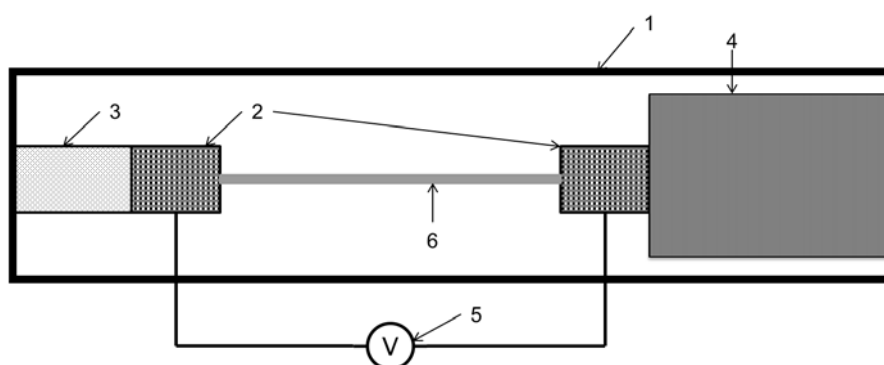
5 Testing method and test apparatus

5.1 Test principle

The test is performed by applying a tensile load to a test piece. The tensile strain induced by the tensile load shall be uniform in a pre-defined gauge section in the elastic region of the substrate or the thin MEMS material. To measure the change in electrical resistance along with the change in mechanical strain, carefully select the gauge section. The gauge section for measuring mechanical strain shall be coincident with or scalable to that for measuring electrical resistance. This constraint is an important point in this standard.

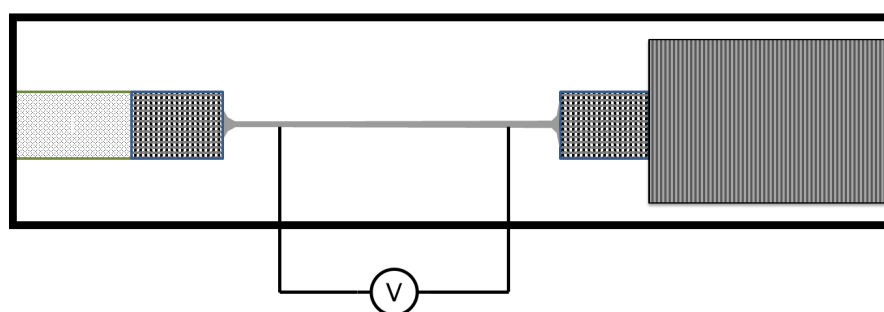
5.2 Test machine

The test machine is similar to a conventional tensile test machine except that it is capable of measuring electrical resistance during the test. The electrical measurement circuit can be a 2-wire or 4-wire method depending on the magnitude of the electrical resistance of the test piece. For a test piece with an electrical resistance greater than $1\text{ k}\Omega$, a 2-wire method can be utilized for ease of measurement. For a test piece with an electrical resistance less than $1\text{ k}\Omega$, the 4-wire method (Kelvin method) shall be utilized to eliminate contact and lead wire resistance. A schematic of the test machine is shown in Figure 2a). For a material sensitive to stress concentration and local plastic deformation, a test piece with rounded, gripped ends shall be used according to Figure 1 of IEC 62047-2:2006, and the test machine in Figure 2b) should be used.



IEC 1842/14

a) Test machine setup using grips with an electrical contact



IEC 1843/14

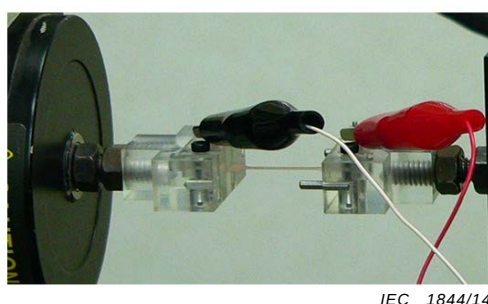
b) Test machine setup using electrical contacts on the test piece

Key

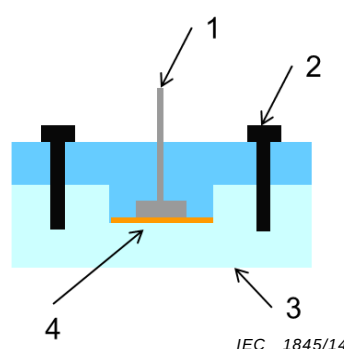
1	Machine frame	2	Grip
3	Loadcell	4	Actuator
5	Volt meter	6	Specimen

Figure 2 – Schematic of an electromechanical test machine

To measure electrical resistance, a tensile grip with electrical contacts is utilized, and the number of electrical contacts is dependent on the electrical measurement method (2-wire or 4-wire method). A schematic of the tensile grip is shown in Figure 3. In this standard, strain is estimated from the grip-to-grip distance. An optical or mechanical extensometer shall be used to measure the grip-to-grip distance.



IEC 1844/14



IEC 1845/14

a) Photograph of the installed tensile grip

b) Schematic of the tensile grip

Key

1	Probe pin	2	Bolt
3	Insulating jig	4	Specimen

Figure 3 – Electromechanical tensile grip**5.3 Test procedure**

The test procedure is as follows:

- Fix the test piece using the test apparatus tensile grip. The longitudinal direction of the test piece shall be aligned with the actuating direction of the test apparatus, and the deviation angle shall be less than 1 degree, as specified in 4.4 of IEC 62047-8:2011.
- Verify the electrical measurement unit as well as the loadcell and strain measurement unit. The three signals provided by the measurement units shall be measured simultaneously with no time delay.
- Apply a tensile load to the test piece at a constant strain rate (or grip-to-grip displacement rate). The strain rate shall range from $0,01 \text{ min}^{-1}$ to 10 min^{-1} depending on the material system of the test piece and the actual usage condition of the customer.
- Unload the test apparatus when electrical failure occurs in the test piece. After testing, carefully remove the test piece from the test apparatus to analyze its failure mechanism. If possible, preserve the fractured test piece after testing.

5.4 Test environment

Because electrical properties are temperature sensitive, fluctuations in temperature during the test shall be controlled to be less than $\pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Flexible substrates made of certain polymeric materials can be sensitive to humidity; thus, the change in relative humidity (RH) in the testing laboratory shall be controlled to be less than $\pm 5 \text{ \% RH}$ for such materials.

6 Test report

The test report shall contain the following information.

- Reference to this international standard;
- Test piece identification number;
- Test piece preparation procedures;
- Multilayered structure of the test piece;
- Test piece dimensions and their measurement method;
- Description of the testing apparatus;

- g) Measured properties and results: elongation at electrical failure, gauge factor in the linear domain, change in electrical resistance versus strain curve, composite stress versus strain curve;
 - h) Failure mechanism of the test piece.
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	13
1 Domaine d'application	15
2 Références normatives	15
3 Termes, définitions, symboles et désignations	15
3.1 Termes et définitions	15
3.2 Symboles et désignations	16
4 Eprouvette d'essai	16
4.1 Généralités	16
4.2 Forme d'une éprouvette d'essai	16
4.3 Mesure des dimensions	17
5 Méthode et appareillage d'essai	17
5.1 Principe d'essai	17
5.2 Machine d'essai	17
5.3 Procédure d'essai	19
5.4 Environnement d'essai	19
6 Rapport d'essai	19
 Figure 1 – Éprouvette d'essai bicouche.....	 16
Figure 2 – Schéma d'une machine d'essai électromécanique	18
Figure 3 – Élément de préhension de traction électromécanique.....	19
 Tableau 1 – Symboles et désignations d'une éprouvette d'essai	 16

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS MICROÉLECTROMÉCANIQUES –

Partie 22: Méthode d'essai de traction électromécanique pour les couches minces conductrices sur des substrats souples

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 62047-22 a été établie par le sous-comité 47F: Systèmes microélectromécaniques, du comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs.

Le texte de cette norme est basé sur les documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
47F/186/FDIS	47F/190/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/IEC, Partie 2.

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

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 l'IEC 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 22: Méthode d'essai de traction électromécanique pour les couches minces conductrices sur des substrats souples

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62047 spécifie une méthode d'essai de traction en vue de mesurer les propriétés électromécaniques des matériaux des systèmes microélectromécaniques (MEMS, *Micro-Electromechanical Systems*) de couches minces conductrices collés sur des substrats souples non conducteurs. Les structures en couches minces sur des substrats souples sont largement utilisées dans les MEMS, les produits grand public, et les électroniques montés sur support souple. Le comportement électrique des couches sur substrats souples diffère de celui des couches et substrats indépendants du fait des interactions liées aux interfaces. Différentes combinaisons de substrats souples et de couches minces influent souvent de diverses manières sur les résultats d'essai en fonction des conditions d'essais et de l'adhérence liée aux interfaces. L'épaisseur souhaitée d'un matériau MEMS mince est 50 fois plus mince que celle d'un substrat souple, alors que d'autres dimensions sont similaires les unes aux autres.

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).

IEC 62047-2:2006, *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs microélectromécaniques – Partie 2: Méthode d'essai de traction des matériaux en couche mince*

IEC 62047-3:2006, *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs microélectromécaniques – Partie 3: Éprouvette d'essai normalisée en couche mince pour l'essai de traction*

IEC 62047-8:2011, *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs microélectromécaniques – Partie 8: Méthode d'essai de la flexion de bandes en vue de la mesure des propriétés de traction des couches minces*

ISO 527-3:1995, *Plastiques – Détermination des propriétés en traction – Partie 3: Conditions d'essai pour films et feuilles*

3 Termes, définitions, symboles et désignations

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1.1 coefficient de traction

G_F

rapport entre la modification de résistance électrique divisée par la résistance originale (R_0 , résistance en configuration non déformée) et la déformation d'ingénierie (e)

Note 1 à l'article: Le coefficient de traction est exprimé par $G_F = (R - R_0)/R_0 \epsilon$, R étant la résistance électrique dans la configuration déformée.

3.1.2

allongement en défaillance électrique

A_{telic}

valeur de déformation d'ingénierie à laquelle la résistance électrique commence à dépasser une valeur prédéfinie

3.2 Symboles et désignations

La forme de l'éprouvette d'essai et les symboles utilisés sont représentés respectivement à la Figure 1 et au Tableau 1. La forme globale de l'éprouvette d'essai est analogue à une éprouvette d'essai conventionnelle en couches ou feuilles minces (conformément à l'ISO 527-3) pour les essais de traction, mais elle possède une structure multicouche.

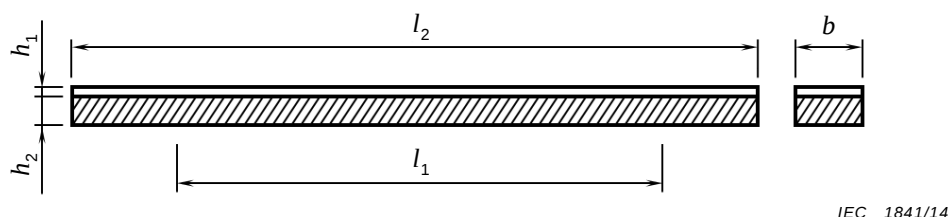


Figure 1 – Éprouvette d'essai bicouche

Tableau 1 – Symboles et désignations d'une éprouvette d'essai

Symbole	Unité	Désignation
l_1	μm	Longueur calibrée pour les mesures de la variation de déformation et de résistance
l_2	μm	Longueur hors tout
h_1	μm	Épaisseur de la première couche (ou du film mince)
h_2	μm	Épaisseur de la seconde couche (ou du substrat)
b	μm	Largeur

4 Eprouvette d'essai

4.1 Généralités

L'éprouvette d'essai doit être préparée au moyen du même procédé de fabrication que celui du dispositif réel fabriqué pour les MEMS souples. L'usinage de l'éprouvette d'essai doit être réalisé avec soin pour éviter la formation de fissures ou autres défauts et de décollement interlaminaire dans l'éprouvette d'essai. La gravure chimique ou l'usinage mécanique à l'aide d'un outil très aiguisé doit être appliqué afin de façonner l'éprouvette d'essai.

4.2 Forme d'une éprouvette d'essai

La forme d'une éprouvette d'essai est représentée à la Figure 1. Du fait que la variation de la résistance électrique est liée à la déformation ou à la contrainte, la résistance électrique doit être mesurée dans une région de déformation presque uniforme. Afin de mesurer la résistance électrique, fixer les fils de sortie à la couche conductrice mince de l'éprouvette d'essai. Les couches conductrices minces déposées sur les substrats souples sont habituellement très fines en comparaison avec le diamètre des fils de sortie, et les fils de sortie sont aisément extraits de l'éprouvette d'essai au cours de l'essai électromécanique. Par conséquent, placer les fils de sortie dans les éléments de préhension de traction et assurer le contact électrique en appliquant une force de contact mécanique. Les éléments de

préhension de traction sont décrits en détail au 5.2. En vue d'une répartition uniforme de la déformation, la forme de l'éprouvette d'essai est une bande rectangulaire, non pas une forme en os de chien (voir dans la Figure 1 de l'ISO 527-3:1995 d'autres éprouvettes d'essai rectangulaires). Pour éliminer l'effet de démarcation fixe à proximité des éléments de préhension (l_1), la longueur calibrée doit être au minimum égale à 20 fois la largeur (b).

4.3 Mesure des dimensions

Pour analyser les résultats d'essai, les dimensions des éprouvettes d'essai doivent être mesurées avec précision car les dimensions sont utilisées pour déterminer les propriétés mécaniques des matériaux d'essai. Il convient de mesurer la longueur calibrée (l_1), la largeur (b), et l'épaisseur (h_1 , h_2) avec une erreur inférieure à $\pm 5\%$. La mesure de l'épaisseur doit être effectuée conformément à l'Annexe C de l'IEC 62047-2:2006 et à l'Article 6 de l'IEC 62047-3:2006. Il peut exister certaines combinaisons de couche mince et substrat dans lesquelles il est difficile de satisfaire à la tolérance de la mesure de l'épaisseur. Dans ce cas, il convient de consigner la moyenne et l'écart type de la mesure de l'épaisseur.

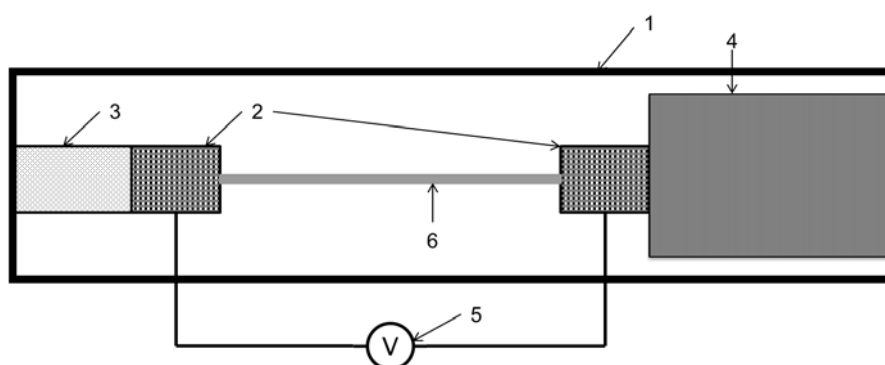
5 Méthode et appareillage d'essai

5.1 Principe d'essai

L'essai est réalisé en appliquant une charge de traction à une éprouvette d'essai. La déformation due à la traction induite par la charge de traction doit être uniforme sur une section de calibre prédéfinie dans la région élastique du substrat ou du matériau mince pour MEMS. Pour mesurer la variation de la résistance électrique ainsi que la variation de la déformation mécanique, choisir avec soin la section de calibre. La section de calibre prévue pour mesurer la déformation mécanique doit être coïncidente ou extensible par rapport à celle prévue pour mesurer la résistance électrique. Cette contrainte constitue un point important dans la présente norme.

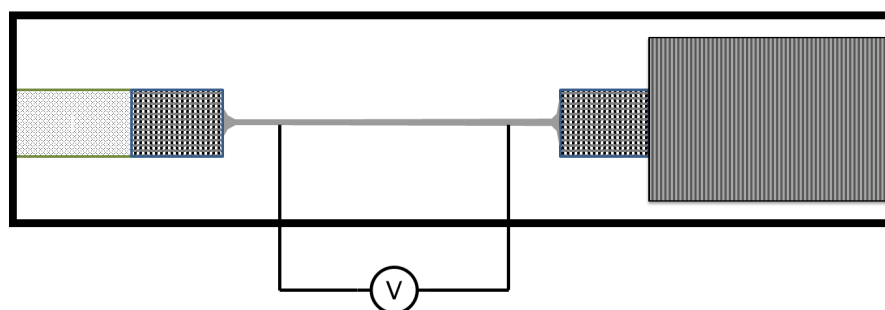
5.2 Machine d'essai

La machine d'essai est similaire à une machine d'essai de traction conventionnelle, à ceci près qu'elle est capable de mesurer la résistance électrique pendant l'essai. Le circuit de mesure électrique peut correspondre à une méthode à 2-fils ou à 4-fils en fonction de l'amplitude de la résistance électrique de l'éprouvette d'essai. Pour une éprouvette d'essai dont la résistance électrique est supérieure à $1\text{ k}\Omega$, une méthode à 2 fils peut être utilisée pour des raisons de commodité de mesure. Pour une éprouvette d'essai dont la résistance électrique est inférieure à $1\text{ k}\Omega$, la méthode à 4 fils (ou méthode de Kelvin) doit être utilisée pour éliminer la résistance de contact et du fil de sortie. Un schéma de la machine d'essai est représenté à la Figure 2a). Pour un matériau sensible à la concentration de contrainte et à la déformation locale du plastique, une éprouvette d'essai comportant des extrémités de préhension arrondies doit être utilisée selon la Figure 1 de l'IEC 62047-2:2006, et il convient d'utiliser la machine d'essai de la Figure 2b).



IEC 1842/14

a) Montage de machine d'essai comportant des éléments de préhension avec un contact électrique



IEC 1843/14

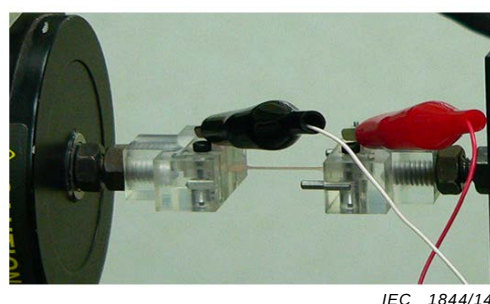
b) Montage de machine d'essai comportant des contacts électriques sur l'éprouvette d'essai

Légende

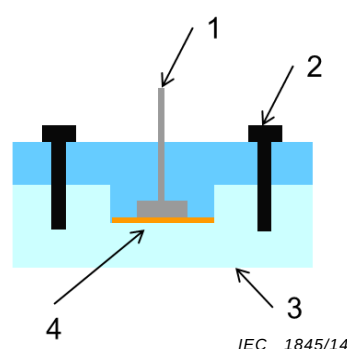
1	Bâti de la machine	2	Elément de préhension
3	Capteur dynamométrique	4	Actionneur
5	Voltmètre	6	Spécimen

Figure 2 – Schéma d'une machine d'essai électromécanique

Pour mesurer la résistance électrique, un élément de préhension de traction comportant des contacts électriques est utilisé, et le nombre de contacts électriques dépend de la méthode de mesure électrique (méthode 2-fils ou 4-fils). Un schéma de l'élément de préhension de traction est représenté à la Figure 3. Dans la présente norme, la déformation est évaluée par la distance entre éléments de préhension. Un extensomètre optique ou mécanique doit être utilisé pour mesurer la distance entre éléments de préhension.



IEC 1844/14



IEC 1845/14

a) Photographie de l'installation de l'élément de préhension de traction

b) Schéma de l'élément de préhension de traction

Légende

1 Sonde

2 Boulon

3 Gabarit d'isolation

4 Spécimen

Figure 3 – Élément de préhension de traction électromécanique**5.3 Procédure d'essai**

La procédure d'essai est la suivante:

- Fixer l'éprouvette d'essai au moyen de l'élément de préhension de traction de l'appareillage d'essai. Le sens longitudinal de l'éprouvette d'essai doit s'aligner avec le sens d'actionnement de l'appareillage d'essai, et l'angle de déviation doit être inférieur à 1 degré, tel que spécifié en 4.4 de l'IEC 62047-8:2011.
- Vérifier l'unité de mesure électrique ainsi que l'unité de mesure des déformations et du capteur dynamométrique. Les trois signaux fournis par les unités de mesure doivent être mesurés simultanément sans décalage de temps.
- Appliquer une charge de traction à l'éprouvette d'essai à un taux de déformation (ou à un taux de déplacement entre éléments de préhension) constant. Le taux de déformation doit se situer entre $0,01 \text{ min}^{-1}$ et 10 min^{-1} en fonction du système de matériaux de l'éprouvette d'essai et des conditions réelles d'utilisation par le client.
- Décharger l'appareillage d'essai lorsque la défaillance électrique se produit dans l'éprouvette d'essai. Après l'essai, retirer avec soin l'éprouvette d'essai de l'appareillage d'essai afin d'analyser son mécanisme de défaillances. Si possible, conserver l'éprouvette d'essai brisée après l'essai.

5.4 Environnement d'essai

Les propriétés électriques étant sensibles à la température, les fluctuations de température pendant l'essai doivent être régulées pour demeurer inférieures à $\pm 2^\circ\text{C}$. Les substrats souples constitués de certains matériaux polymères peuvent être sensibles à l'humidité; de ce fait, la variation de l'humidité relative (HR) du laboratoire d'essais doit être régulée de manière à demeurer inférieure à $\pm 5\%$ en HR pour de tels matériaux.

6 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit contenir les informations suivantes.

- Référence à la présente norme internationale;
- Numéro d'identification de l'éprouvette;
- Procédures de préparation de l'éprouvette d'essai;

- d) Structure multicouche de l'éprouvette d'essai;
 - e) Dimensions de l'éprouvette d'essai et méthode de mesure de celles-ci;
 - f) Description de l'appareillage d'essai;
 - g) Propriétés mesurées et résultats: allongement en défaillance électrique, coefficient de traction aligné avec le domaine, courbe de variation de la résistance électrique par rapport la déformation, courbe de contrainte composite vs courbe de déformation;
 - h) Mécanisme de défaillances de l'éprouvette d'essai.
-

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch