

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices –
Part 35: Test method of electrical characteristics under bending deformation
for flexible electromechanical devices**

**Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs microélectromécaniques –
Partie 35: Méthode d'essai des caractéristiques électriques sous déformation
par courbure de dispositifs électromécaniques souples**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.080.99

ISBN 978-2-8322-7636-5

**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
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	7
3.1 General.....	7
3.2 Loading configurations	7
3.3 Measure of loading levels	8
4 Test piece	8
4.1 General.....	8
4.2 Shape of a test piece	8
5 Test method	9
5.1 Principle	9
5.2 Test apparatus.....	10
5.3 Procedure	10
5.3.1 Testing conditions	10
5.3.2 Selection of bending direction.....	11
5.3.3 Determination of bending axes	11
5.3.4 Measurement of test piece dimensions	11
5.3.5 Measurement of folding distance	12
5.3.6 Number of tests	12
5.3.7 Instrumentation.....	12
5.3.8 End of testing	13
6 Test report.....	13
6.1 General.....	13
6.2 Bending direction(s) and in-plane locations of bending axes	13
6.3 Dimensions of the test piece	14
6.4 Performance degradation characteristics with the folding distance	14
6.5 Distance at a defined operation limit	15
6.6 Testing conditions.....	15
Annex A (normative) Example of flexible MEMS device.....	16
Annex B (informative) Controls for appropriate performance instrumentation and setting of bending axis position.....	18
B.1 Loading wall design with electric accessing cavity and fine adjustment capability for bending axis location during the test	18
B.2 Special arrangement of the target parts of device to obtain a number of bending axis locations in a single testing	19
Annex C (informative) Loading principle for extremely thin soft devices	20
Annex D (informative) Issues related to local loading severity	21
D.1 Possible inhomogeneity in local curvature and parameter of loading	21
D.2 Possible variations of loading parameter.....	21
Figure 1 – Schematic illustration of a flexible MEMS test piece	9
Figure 2 – Principle of folding test.....	10
Figure 3 – Selection of bending axis	12
Figure 4 – Illustration of performance degradation in the test report.....	14

Figure A.1 – Target part and loading configuration of test piece for organic thin-film transistor device 16

Figure A.2 – Device performance degradation behaviour and distances at defined operation limits for an organic thin-film effect transistor 17

Figure B.1 – Loading point adjustment mechanism 18

Figure B.2 – Cascade arrangement of target parts for efficient testing 19

Figure C.1 – Bending configuration 20

Figure D.1 – Possibility of inhomogeneous local curvature distribution..... 21

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SEMICONDUCTOR DEVICES –
MICRO-ELECTROMECHANICAL DEVICES –
Part 35: Test method of electrical characteristics under bending
deformation for flexible electromechanical devices**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) 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 62047-35 has been prepared by subcommittee 47F: Micro-electromechanical devices, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

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

FDIS	Report on voting
47F/344/FDIS	47F/352/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.

This document 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 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.

INTRODUCTION

In the recent trend toward ubiquitous sensor society and the world of internet of things, demand and thus the market for softer electronic devices are quickly expanding. That is what flexible micro-electromechanical devices are for, some of which are already released into the market. Even a so-called foldable device is under development and will soon appear in the market. However, to operate trillions of such devices for the comfort and safety of human beings, the reliability of the individual devices is a critical concern. Especially in the case of flexible devices, robustness against bending deformation is an important issue which is shared among all the producers and users of such devices. In order to understand how safe a situation is, critical conditions for possible dangers should be thoroughly determined so that the potential risk can be for the first time managed. In this context, flexible devices should be folded in two at least once so that every possible critical failure actually appears. This standard procedure of testing is designed with the emphasis on such a point and with the applicability not only to already emerging flexible devices but also to so-called foldable devices which still function even when the device is folded.

**SEMICONDUCTOR DEVICES –
MICRO-ELECTROMECHANICAL DEVICES –
Part 35: Test method of electrical characteristics under bending
deformation for flexible electromechanical devices**

1 Scope

This part of IEC 62047 specifies the test method of electrical characteristics under bending deformation for flexible electromechanical devices. These devices include passive micro components and/or active micro components on the flexible film or embedded in the flexible film. The desired in-plane dimensions of the device for the test method ranges typically from 1 mm to 300 mm and the thickness ranges from 10 µm to 1 mm, but these are not limiting values. The test method is so designed as to bend devices in a quasi-static manner monotonically up to the maximum possible curvature, i.e. until the device is completely folded, so that the entire degradation behaviour of the electric property under bending deformation is obtained. This document is essential to estimate the safety margin under a certain bending deformation and indispensable for reliable design of the product employing these devices.

2 Normative references

There are no normative references in this document.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	24
INTRODUCTION.....	26
1 Domaine d'application	27
2 Références normatives	27
3 Termes et définitions	27
3.1 Généralités	27
3.2 Configurations de charge	28
3.3 Mesure des niveaux de charge	28
4 Pièce d'essai	28
4.1 Généralités	28
4.2 Forme d'une pièce d'essai	28
5 Méthode d'essai	30
5.1 Principe	30
5.2 Appareillage d'essai.....	30
5.3 Procédure	31
5.3.1 Conditions d'essai	31
5.3.2 Choix de la direction de courbure	31
5.3.3 Détermination des axes de courbure.....	31
5.3.4 Mesure des dimensions des pièces d'essai.....	32
5.3.5 Mesure de la distance de pliage	32
5.3.6 Nombre d'essais	33
5.3.7 Instruments	33
5.3.8 Fin des essais	33
6 Rapport d'essai	33
6.1 Généralités	33
6.2 Directions de courbure et emplacements dans le plan des axes de courbure	34
6.3 Dimensions de la pièce d'essai	34
6.4 Caractéristiques des dégradations des performances avec la distance de pliage.....	35
6.5 Distance à une limite de fonctionnement définie.....	35
6.6 Conditions d'essai.....	35
Annexe A (normative) Exemple de dispositif MEMS souple.....	36
Annexe B (informative) Commandes des instruments pour une mesure appropriée des performances et réglage de la position de l'axe de courbure	38
B.1 Conception des parois de charge avec cavité d'accès électrique et possibilité d'ajustement fin de l'emplacement de l'axe de courbure pendant l'essai	38
B.2 Disposition spéciale des parties cibles d'un dispositif pour obtenir un certain nombre d'emplacements d'axe de courbure dans un seul essai	39
Annexe C (informative) Principe de charge pour des dispositifs souples extrêmement fins	40
Annexe D (informative) Difficultés liées à la sévérité de la charge locale	41
D.1 Défaut d'homogénéité possible d'une courbure locale et du paramètre de charge	41
D.2 Variations possibles du paramètre de charge	41
Figure 1 – Représentation schématique de la pièce d'essai pour un MEMS souple	29

Figure 2 – Principe de l'essai de pliage.....	30
Figure 3 – Choix de l'axe de courbure.....	32
Figure 4 – Représentation de la dégradation des performances dans le rapport d'essai.....	34
Figure A.1 – Partie cible et configuration de charge de la pièce d'essai, pour un dispositif de type transistor organique en couches minces	36
Figure A.2 – Comportement des dégradations des performances d'un dispositif et distances à des limites de fonctionnement définies pour un transistor organique en couches minces	37
Figure B.1 – Mécanisme d'ajustement du point de charge.....	38
Figure B.2 – Disposition en cascade de parties cibles pour des essais efficaces	39
Figure C.1 – Configuration de courbure	40
Figure D.1 – Possibilité de distribution de courbure locale non homogène	41

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –
DISPOSITIFS MICROÉLECTROMÉCANIQUES –

**Partie 35: Méthode d'essai des caractéristiques électriques sous
déformation par courbure de dispositifs électromécaniques 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 62047-35 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 internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
47F/344/FDIS	47F/352/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 internationale.

Ce document a été rédigé 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 – Systèmes microélectromécaniques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. 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.

INTRODUCTION

En raison de la tendance actuelle à l'omniprésence des capteurs et de l'internet des objets, la demande et donc le marché des dispositifs électroniques souples connaissent une forte croissance. Les dispositifs microélectromécaniques souples répondent à cette demande et certains sont déjà présents sur le marché. En outre, de nouveaux types de dispositifs communément appelés dispositifs pliables sont en cours de développement et seront bientôt sur le marché. La fiabilité de chaque dispositif est donc essentielle au bon fonctionnement de ces milliards de dispositifs destinés à notre confort et à notre sécurité. Dans le cas des dispositifs souples, la robustesse face aux déformations par courbure est une caractéristique particulièrement critique qui doit être partagée par les fabricants et les utilisateurs de tels dispositifs. Il convient que les conditions critiques de risques d'apparition de dangers potentiels soient précisément déterminées afin de connaître le niveau de sécurité d'une situation et de pouvoir gérer les risques potentiels dès leur première occurrence. Dans ce contexte, il convient de plier en deux au moins une fois les dispositifs souples afin de révéler toutes les défaillances critiques possibles. Cette procédure d'essai normalisée est conçue dans cet objectif et elle s'applique non seulement aux dispositifs souples qui émergent déjà, mais aussi aux dispositifs dits pliables, qui restent opérationnels même lorsqu'ils sont pliés en deux.

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS MICROÉLECTROMÉCANIQUES –

Partie 35: Méthode d'essai des caractéristiques électriques sous déformation par courbure de dispositifs électromécaniques souples

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62047 spécifie la méthode d'essai des caractéristiques électriques sous déformation par courbure de dispositifs électromécaniques souples. Ces dispositifs incluent des microcomposants passifs et/ou des microcomposants actifs situés sur ou intégrés dans le film souple. Typiquement, les dimensions dans le plan souhaitées du dispositif pour la méthode d'essai sont comprises entre 1 mm et 300 mm, et l'épaisseur est comprise entre 10 µm et 1 mm. Ces valeurs ne sont pas limitatives. La méthode d'essai est conçue pour plier les dispositifs de manière quasi statique et monotone, jusqu'à la courbure maximale possible, c'est-à-dire jusqu'à ce que le dispositif soit complètement plié, afin d'obtenir le comportement des propriétés électriques sous dégradation complète, lors d'une déformation par courbure. Le présent document est essentiel pour estimer la marge de sécurité lors d'une certaine déformation par courbure et indispensable pour concevoir de manière fiable des produits qui utilisent ces dispositifs.

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.