

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices –
Part 26: Description and measurement methods for micro trench and needle
structures**

**Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs microélectromécaniques –
Partie 26: Description et méthodes de mesure pour structures de
microtranchées et de microaiguille**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.080.99

ISBN 978-2-8322-3122-7

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

CONTENTS

FOREWORD	4
1 Scope	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Description of trench structures in a micrometer scale	7
4.1 General.....	7
4.2 Symbols and designations	7
4.3 Description	9
5 Description of needle structures in a micrometer scale	9
5.1 General.....	9
5.2 Symbols and designations	9
5.3 Description	10
6 Measurement method	10
Annex A (informative) Examples of measurement for trench and needle structures in a micrometer scale	11
A.1 General.....	11
A.2 Measurement for depth of trench	11
A.2.1 Field emission type scanning electron microscopy	11
A.2.2 Coherence scanning interferometer (CSI)	12
A.2.3 Stylus surface profiler	14
A.2.4 Confocal laser scanning microscopy	16
A.2.5 Atomic force microscopy.....	17
A.3 Measurement for width of wall and trench at the upper surface of trench	18
A.3.1 Field emission type scanning electron microscopy	18
A.3.2 Coherence scanning interferometer	19
A.3.3 Stylus surface profiler	19
A.3.4 Confocal laser scanning microscopy	19
A.3.5 Optical microscopy	20
A.4 Measurement for side wall angle of trench by field emission type scanning electron microscopy	20
A.4.1 Principle of measurement	20
A.4.2 Preparation of sample.....	21
A.4.3 Procedure of measurement.....	21
A.4.4 Measurable range.....	21
A.5 Measurement for wall and trench width at the bottom of trench by field emission type scanning electron microscopy.....	21
A.5.1 Principle of measurement	21
A.5.2 Preparation of sample.....	21
A.5.3 Procedure of measurement.....	21
A.5.4 Measurable range.....	21
A.6 Measurement for geometry of needle	21
A.6.1 Field emission type scanning electron microscopy	21
A.6.2 Atomic force microscopy.....	23
Annex B (informative) Uncertainty in dimensional measurement	25
B.1 General.....	25
B.2 Basic concepts.....	25

B.3	Example of evaluating uncertainty of the average depth of trench	25
B.3.1	Sample and measured data for evaluating uncertainty	25
B.3.2	Source of uncertainty	26
B.3.3	Type A evaluation of standard uncertainty	26
B.3.4	Type B evaluation of standard uncertainty	26
B.3.5	Combined standard uncertainty	26
B.3.6	Expanded uncertainty and result	26
B.3.7	Budget table	26
	Bibliography	28
Figure 1	– Schematic of example for trench structure in a micrometer scale and its cross section	7
Figure 2	– Cross section of trench structure in a micrometer scale	8
Figure 3	– Cross section of trench structure in a micrometer scale fabricated by a deep-reactive ion etching process with repeated deposition and etching of silicon	8
Figure 4	– Schematic of typical needle structures formed of three and four faces	9
Figure 5	– Front, side and top views of typical needle structures	10
Figure A.1	– FE-SEM image of trench structure with 5 μm -wide wall and 5 μm -wide trench	12
Figure A.2	– Schematic of CSI microscope comprising an equal-light-path interferometer	13
Figure A.3	– Measurability for depth of trench structure with a depth of D and a width of W_{Tu} using a stylus surface profiler	16
Figure A.4	– Relationship between shape of AFM probe tip and trench structure	18
Figure A.5	– Front, side and top views of typical needle structures tilted to the back side with 30°	23
Figure A.6	– Relationship between shapes of AFM probe tip and needle structure	24
Table 1	– Symbols and designations of trench structure in a micrometer scale	8
Table 2	– Symbols and designations of needle structure in a micrometer scale	10
Table A.1	– Example of measured data of trench depth	12
Table A.2	– CSI magnification (objective lens/ imaging lens) for measurement of all trench	14
Table B.1	– Example of measured data of trench depth	25
Table B.2	– Estimation of uncertainty in measurement	27

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SEMICONDUCTOR DEVICES –
MICRO-ELECTROMECHANICAL DEVICES –**
**Part 26: Description and measurement methods for
micro trench and needle structures**

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 62047-26 has been prepared by subcommittee 47F: Microelectromechanical systems, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

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

FDIS	Report on voting
47F/233/FDIS	47F/239/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 website 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 26: Description and measurement methods for micro trench and needle structures

1 Scope

This part of IEC 62047 specifies descriptions of trench structure and needle structure in a micrometer scale. In addition, it provides examples of measurement for the geometry of both structures. For trench structures, this standard applies to structures with a depth of 1 μm to 100 μm ; walls and trenches with respective widths of 5 μm to 150 μm ; and aspect ratio of 0,006 7 to 20. For needle structures, the standard applies to structures with three or four faces with a height, horizontal width and vertical width of 2 μm or larger, and with dimensions that fit inside a cube with sides of 100 μm .

This standard is applicable to the structural design of MEMS and geometrical evaluation after MEMS processes.

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.

None.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	32
1 Domaine d'application	34
2 Références normatives	34
3 Termes et définitions	34
4 Description des structures de tranchées à l'échelle micrométrique	35
4.1 Généralités	35
4.2 Symboles et désignations	35
4.3 Description	37
5 Description des structures d'aiguille à l'échelle micrométrique	37
5.1 Généralités	37
5.2 Symboles et désignations	38
5.3 Description	39
6 Méthode de mesure	39
Annexe A (informative) Exemples de mesures de structures de tranchées et d'aiguille à l'échelle micrométrique	40
A.1 Généralités	40
A.2 Mesure de la profondeur d'une tranchée	40
A.2.1 Microscopie électronique à balayage de type à émission de champ	40
A.2.2 Interféromètre à balayage par cohérence (CSI, Coherence Scanning Interferometer).....	41
A.2.3 Profileur de surface à palpeur.....	43
A.2.4 Microscopie confocale à balayage laser.....	45
A.2.5 Microscopie à force atomique	46
A.3 Mesure de la largeur d'une paroi et d'une tranchée à la surface supérieure de la tranchée	48
A.3.1 Microscopie électronique à balayage de type à émission de champ	48
A.3.2 Interféromètre à balayage par cohérence.....	48
A.3.3 Profileur de surface à palpeur.....	48
A.3.4 Microscopie confocale à balayage laser.....	49
A.3.5 Microscopie optique.....	49
A.4 Mesure de l'angle d'une paroi latérale de tranchée par microscopie électronique à balayage de type à émission de champ.....	50
A.4.1 Principe de mesure	50
A.4.2 Préparation d'un échantillon	50
A.4.3 Mode opératoire de mesure	50
A.4.4 Plage mesurable.....	50
A.5 Mesure de la largeur d'une paroi et d'une tranchée au fond de la tranchée par microscopie électronique à balayage de type à émission de champ	50
A.5.1 Principe de mesure	50
A.5.2 Préparation d'un échantillon	50
A.5.3 Mode opératoire de mesure	50
A.5.4 Plage mesurable.....	50
A.6 Mesure de la géométrie d'une aiguille	50
A.6.1 Microscopie électronique à balayage de type à émission de champ	50
A.6.2 Microscopie à force atomique	52
Annexe B (informative) Incertitude de mesure des dimensions	54

B.1	Généralités	54
B.2	Concepts de base	54
B.3	Exemple d'appréciation de l'incertitude de la profondeur moyenne d'une tranchée	54
B.3.1	Echantillon et données mesurées pour l'appréciation de l'incertitude	54
B.3.2	Source d'incertitude	55
B.3.3	Appréciation de l'incertitude type de type A	55
B.3.4	Appréciation de l'incertitude type de type B	55
B.3.5	Incetitude type cumulée	55
B.3.6	Incetitude élargie et résultat	55
B.3.7	Tableau de budget	55
	Bibliographie	57
	Figure 1 – Schéma d'exemple de structure de tranchées à l'échelle micrométrique et sa vue en coupe	35
	Figure 2 – Vue en coupe d'une structure de tranchées à l'échelle micrométrique	36
	Figure 3 – Vue en coupe d'une structure de tranchées à l'échelle micrométrique fabriquée par un processus DRIE avec dépôts répétés et gravure sur du silicium	36
	Figure 4 – Schéma de structures d'aiguille typiques formées de trois et quatre faces	38
	Figure 5 – Vues de face, vues de côté et vues de dessus de structures d'aiguille typiques	39
	Figure A.1 – Image obtenue via un FE-SEM d'une structure de tranchées avec une paroi de 5 µm de large et une tranchée de 5 µm de large	41
	Figure A.2 – Schéma de microscope à CSI comportant un interféromètre à chemins de rayonnements lumineux égaux	42
	Figure A.3 – Mesurabilité de la profondeur d'une structure de tranchées de profondeur D et de largeur W_{TU} en utilisant un profileur de surface à palpeur	45
	Figure A.4 – Relation entre la forme de l'extrémité d'une sonde d'AFM et une structure de tranchées	47
	Figure A.5 – Vues de face, vues de côté et vues de dessus de structures d'aiguille type inclinées vers l'arrière de 30°	52
	Figure A.6 – Relation entre la forme de l'extrémité d'une sonde d'AFM et une structure d'aiguille	53
	Tableau 1 – Symboles et désignations d'une structure de tranchées à l'échelle micrométrique	37
	Tableau 2 – Symboles et désignations d'une structure d'aiguille à l'échelle micrométrique	39
	Tableau A.1 – Exemple de mesures de la profondeur d'une tranchée	41
	Tableau A.2 – Grossissement d'un microscope à CSI (lentille d'objectif/lentille de formation d'image) pour la mesure de toute une tranchée	43
	Tableau B.1 – Exemple de mesures de la profondeur d'une tranchée	55
	Tableau B.2 – Estimation de l'incertitude de mesure	56

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –
DISPOSITIFS MICROÉLECTROMÉCANIQUES –

**Partie 26: Description et méthodes de mesure pour
structures de microtranchées et de microaiguille**

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 62047-26 a été établie par le sous-comité 47F: Systèmes microélectromécaniques, du Comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs.

Le texte de la présente norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
47F/233/FDIS	47F/239/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 26: Description et méthodes de mesure pour structures de microtranchées et de microaiguille

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62047 spécifie des descriptions de structures de tranchées et de structures d'aiguille à l'échelle micrométrique. En outre, elle donne des exemples de mesures de la géométrie des deux structures. Pour les structures de tranchées, la présente norme s'applique à des structures de profondeur comprise entre 1 μm et 100 μm , avec des parois et des tranchées de largeur comprise entre 5 μm et 150 μm et avec un rapport hauteur/largeur compris entre 0,006 7 et 20. Pour les structures d'aiguille, la norme s'applique à des structures à trois ou quatre faces dont la hauteur, la largeur horizontale et la largeur verticale sont supérieures ou égales à 2 μm , et dont les dimensions permettent de placer chaque structure dans un cube de 100 μm de côté.

La présente norme s'applique à la conception structurelle de procédés MEMS et à leur appréciation géométrique.

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).

Aucune.