

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE

**Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices –  
Part 4: Generic specification for MEMS**

**Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs microélectromécaniques –  
Partie 4: Spécification générique pour les MEMS**



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2008 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office  
3, rue de Varembe  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland  
Email: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch)  
Web: [www.iec.ch](http://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.

- Catalogue of IEC publications: [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: [www.iec.ch/webstore/custserv](http://www.iec.ch/webstore/custserv)

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

## A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: [www.iec.ch/searchpub/cur\\_fut-f.htm](http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm)

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: [www.iec.ch/webstore/custserv/custserv\\_entry-f.htm](http://www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm)

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC 62047-4

Edition 1.0 2008-08

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE

---

**Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices –  
Part 4: Generic specification for MEMS**

**Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs microélectromécaniques –  
Partie 4: Spécification générique pour les MEMS**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

R

ICS 31.080.99

ISBN 2-8318-9968-0

## CONTENTS

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD.....                                                                | 3  |
| 1 Scope.....                                                                 | 5  |
| 2 Normative references .....                                                 | 5  |
| 3 Terms, definitions, units and symbols .....                                | 6  |
| 4 Standard environmental conditions .....                                    | 7  |
| 5 Marking .....                                                              | 7  |
| 5.1 Device identification .....                                              | 7  |
| 5.2 Device traceability .....                                                | 7  |
| 5.3 Packing .....                                                            | 7  |
| 6 Quality assessment procedures .....                                        | 7  |
| 6.1 General.....                                                             | 7  |
| 6.1.1 Eligibility for qualification and/or capability approval .....         | 7  |
| 6.1.2 Primary stage of manufacture .....                                     | 7  |
| 6.1.3 Formation of inspection lots.....                                      | 7  |
| 6.1.4 Structurally similar device.....                                       | 7  |
| 6.1.5 Subcontracting .....                                                   | 8  |
| 6.1.6 Incorporated components .....                                          | 8  |
| 6.1.7 Validity of release .....                                              | 8  |
| 6.2 Qualification approval procedure .....                                   | 8  |
| 6.2.1 Qualification approval testing.....                                    | 8  |
| 6.2.2 Environmental and climatic tests .....                                 | 8  |
| 6.2.3 Granting of qualification approval .....                               | 8  |
| 6.2.4 Statistical sampling procedures .....                                  | 11 |
| 6.2.5 Endurance tests .....                                                  | 11 |
| 6.2.6 Endurance tests where the failure rate is specified .....              | 11 |
| 6.2.7 Accelerated test procedures .....                                      | 12 |
| 7 Test and measurement procedures.....                                       | 12 |
| 7.1 Standard conditions and general precautions .....                        | 12 |
| 7.1.1 Standard conditions.....                                               | 12 |
| 7.1.2 General precautions .....                                              | 13 |
| 7.1.3 Precision of measurements .....                                        | 13 |
| 7.2 Physical examination.....                                                | 13 |
| 7.2.1 Visual examination .....                                               | 13 |
| 7.2.2 Dimensions .....                                                       | 13 |
| 7.3 Climatic and mechanical tests .....                                      | 13 |
| 7.4 Alternative test methods .....                                           | 13 |
| Annex A (normative) Sampling procedures .....                                | 14 |
| Annex B (informative) Classification for MEMS technologies and devices ..... | 15 |
| Bibliography.....                                                            | 19 |
| Table 1 – MEMS categories and terms.....                                     | 6  |
| Table 2 – Subgrouping for Group B and Group C .....                          | 10 |

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

# SEMICONDUCTOR DEVICES – MICRO-ELECTROMECHANICAL DEVICES –

## Part 4: Generic specification for MEMS

### 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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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 62047-4 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 |
| 47/1975/FDIS | 47/1985/RVD      |

Full information on the voting for the approval on 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 the parts in the IEC 62047 series, 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 maintenance result 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.

## SEMICONDUCTOR DEVICES – MICRO-ELECTROMECHANICAL DEVICES –

### Part 4: Generic specification for MEMS

#### 1 Scope

This part of IEC 62047 describes generic specifications for micro-electromechanical systems (MEMS) made by semiconductors, which are the basis for specifications given in other parts of this series for various types of MEMS applications such as sensors, RF MEMS, excluding optical MEMS, bio MEMS, micro TAS, and power MEMS. This standard specifies general procedures for quality assessment to be used in IECQ-CECC systems and establishes general principles for describing and testing of electrical, optical, mechanical and environmental characteristics.

This part of IEC 62047 aids in the preparation of standards that define devices and systems made by micromachining technology, including but not limited to, material characterization and handling, assembly and testing, process control and measuring methods. MEMS described in this standard are basically made of semiconductor material. However, the statements made in this standard are also applicable to MEMS using materials other than semiconductor, for example, polymers, glass, metals and ceramic materials.

#### 2 Normative references

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

IEC 60027 (all parts), *Letter symbols to be used in electrical technology*

IEC 60068-2 (all parts), *Environmental testing – Part 2: Tests*

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams*

IEC 60747-1:2006, *Semiconductor devices – Part 1: General*

IEC 60749 (all parts), *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods*

IEC 61193-2, *Quality assessment systems – Part 2: Selection and use of sampling plans for inspection of electronic components and packages*

IEC 62047-1, *Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices – Part 1: Terms and definitions*

IEC QC 001002-3:2005, *IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ) – Rules of Procedure – Part 3: Approval procedures*

ISO 1000, *SI units and recommendations for the use of their multiples and of certain other units*

ISO 2859-1, *Sampling procedures for inspection by attributes – Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection*

### 3 Terms, definitions, units and symbols

For the purposes of this document, terms shall, wherever possible, be taken from IEC 62047-1; units, and graphical and letter symbols shall, wherever possible, be taken from IEC 60027, IEC 60617 and ISO 1000.

Any other units, symbols or terminology peculiar to one of the devices covered by this generic specification shall be taken from the relevant IEC or ISO standards (see Clause 2) or derived in accordance with the principles of the standards listed above.

Table 1 shows the categories and terms on MEMS area.

**Table 1 – MEMS categories and terms**

| Category                              | Sub-category                 | Terms                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>General</b>                        |                              | MEMS, MST, micromachine, micromachine technology                                                                                                                                                                               |
| <b>Science and engineering</b>        |                              | Microscience and engineering, scale effect, mesotribology, microtribology, biomimetics, ciliary motion, self-organization                                                                                                      |
| <b>Material science</b>               |                              | Shape memory polymer, modification                                                                                                                                                                                             |
| <b>Functional element</b>             | <b>Actuator</b>              | Actuator, micro-actuator, electrostatic actuator, light driven actuator, piezoelectric actuator, shape memory alloy actuator, sol-gel conversion actuator, comb drive actuator, wobble motor                                   |
|                                       | <b>Sensor</b>                | Microsensor, biosensor, integrated microprobe, ion sensitive field effect transistor (ISFET), accelerometer, micro-gyroscope                                                                                                   |
|                                       | <b>Other</b>                 | Diaphragm structure, microcantilever, microchannel, micromirror, scanning mirror, microswitch, optical switch, microgripper, micropump, microvalve, integrated mass flow controller, micro fuel cell, photoelectric transducer |
| <b>Machining technology</b>           | <b>General</b>               | Micromachining                                                                                                                                                                                                                 |
|                                       | <b>Silicon process</b>       | Silicon process, thick film technology, thin film technology, bulk micro-machining, surface micromachining, photolithography, electron beam lithography, photomask, photoresist, silicon-on-insulator (SOI)                    |
|                                       | <b>LIGA process</b>          | LIGA process, UV-LIGA, X-ray lithography                                                                                                                                                                                       |
|                                       | <b>Beam process</b>          | Beam processing, sputtering, focused ion beam machining                                                                                                                                                                        |
|                                       | <b>Etching process</b>       | Etching process, wet etching, dry etching, isotropic etching, anisotropic etching, etch stop, lost wafer process, sacrificial etching, reactive ion etching (RIE), DRIE, ICP                                                   |
|                                       | <b>Deposition process</b>    | Vapour deposition, physical vapour deposition process (PVD), electroforming                                                                                                                                                    |
|                                       | <b>Other removal process</b> | Micro-electro-discharge machining                                                                                                                                                                                              |
|                                       | <b>Plastic working</b>       | Hot embossing process                                                                                                                                                                                                          |
|                                       | <b>Other</b>                 | Micro-moulding, STM machining                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Bonding/ assembling technology</b> | <b>Bonding</b>               | Bonding, adhesive bonding, anodic bonding, diffusion bonding, silicon fusion bonding                                                                                                                                           |
|                                       | <b>Other</b>                 | Micro-manipulator, non-contact handling, packaging, wafer level packaging                                                                                                                                                      |
| <b>Evaluation technology</b>          | <b>Microscope</b>            | Scanning probe microscope (SPM), atomic force microscope (AFM), scanning tunneling microscope (STM), near-field microscope                                                                                                     |
|                                       | <b>Other</b>                 | Aspect ratio, power-to-weight ratio                                                                                                                                                                                            |
| <b>Application technology</b>         | <b>General</b>               | Bio-MEMS, RF-MEMS, MOEMS, lab-on-a-chip, micro TAS, micro-reactor                                                                                                                                                              |
|                                       | <b>Biomedical use</b>        | Microscopic surgery (micro-surgery), active catheter, fibre endoscope, smart pill, bio-chip, DNA-chip, protein chip, cell handling, cell fusion, polymerase chain reaction (PCR)                                               |
|                                       | <b>Industrial use</b>        | Microfactory                                                                                                                                                                                                                   |

## 4 Standard environmental conditions

Standard environmental conditions for the measurement of characteristics, tests and operating conditions shall be at a temperature of  $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ , a relative humidity of 25 % to 85 %, and a pressure of 86 kPa to 106 kPa.

## 5 Marking

### 5.1 Device identification

The marking on the device shall have clear identification of the device and its quality level.

### 5.2 Device traceability

The device shall be provided with a traceability code which enables back-tracking of the device to a certain production or inspection lot.

### 5.3 Packing

Marking on the packing shall state

- a) the device identification code;
- b) the traceability code(s) of the enclosed devices;
- c) the number of enclosed devices;
- d) the required precautions, if any.

This marking shall be in accordance with Customs regulations.

NOTE Additional requirements can be specified in the relevant detail specification.

## 6 Quality assessment procedures

### 6.1 General

When this standard, and related standards, are used for the purpose of a full quality assessment system such as IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ), this Clause 6 applies.

#### 6.1.1 Eligibility for qualification and/or capability approval

A type of device becomes eligible for qualification and/or capability approval when the rules of the following procedures as set out below, are satisfied.

Clause 3 of IEC QC 001002-3 describes the procedure for qualification approval (QA), the release for delivery and validity of release.

#### 6.1.2 Primary stage of manufacture

The primary stage of manufacture is defined in the sectional specification.

#### 6.1.3 Formation of inspection lots

See 3.3.1 of IEC QC 001002-3.

#### 6.1.4 Structurally similar device

See 3.3.2 of IEC QC 001002-3.

### **6.1.5 Subcontracting**

The use of subcontracting is permitted, unreservedly.

See 3.1.2.3 to 3.1.2.7 of IEC QC001002-3.

### **6.1.6 Incorporated components**

See 5.2.3 of IEC QC 001002-3.

### **6.1.7 Validity of release**

See 3.2.2 of IEC QC 001002-3.

## **6.2 Qualification approval procedure**

### **6.2.1 Qualification approval testing**

Method a), b) or c) of 3.1.4 of IEC QC 001002-3 may be used at the manufacturer's discretion in accordance with the inspection requirements given in the sectional or blank detail specifications.

Samples may be composed of appropriate structurally similar devices.

All measurements called for in the detail specification shall be recorded.

The qualification report shall include a summary of all the test results for each group and subgroup, including number of devices tested and number of devices failed. This summary shall be derived from the recorded data. The manufacturer shall retain all data for submission to the NSI on demand.

### **6.2.2 Environmental and climatic tests**

For environmental and climatic tests, refer to the IEC 60749 series.

### **6.2.3 Granting of qualification approval**

See the rules of procedure given in 3.1.5 of IEC QC 001002-3.

Quality conformance tests are those tests which are performed on a lot-by-lot basis and periodically on specimens taken from production to establish that the quality of the product is being maintained. The sectional or detail specification shall prescribe those tests which have to be performed.

Lot-by-lot tests are carried out on each inspection lot. The results are used to determine whether the lot complies with the specified requirements.

Lot-by-lot tests may be divided into two groups:

- Group A, covering visual and dimensional inspection of the devices and the principal characteristics of the devices (initial measurement);
- Group B, covering additional important characteristics.

Each group may be divided into two or more subgroups. The following subgroups are recommended.

*Subgroup A1*

This subgroup comprises a visual examination as specified in 6.2.1.

*Subgroup A2*

This subgroup comprises measurements of primary electrical characteristics of the device.

*Subgroup A3*

This subgroup comprises measurements of primary optical characteristics of the device.

*Subgroup A4 and A5*

These subgroups may not be required. They comprise measurements of secondary characteristics of the device. The correct requirements for each device quality category are given in the relevant sectional or blank detail specification. The choice between subgroups A4 or A5 for given measurements is essentially governed by the desirability of performing them at a given quality level.

**6.2.3.1 Periodic inspection**

Periodic inspection is carried out on a sample drawn either from an individual lot or from a number of lots. The lot(s) from which the sample is drawn shall have been shown to comply with the requirements for lot-by-lot inspection. The results from tests in this category are used to verify that the level of technical performance is being maintained.

Periodic tests are combined into Group C, which may be divided into two or more subgroups as described in 6.2.3.

Group D may be added containing additional tests required for the maintenance of QA.

**6.2.3.2 Division of Group B and Group C into subgroups**

To enable comparison and to facilitate change from Group B to Group C and vice versa when necessary, tests in these groups are divided among subgroups bearing the same number for corresponding tests as shown in Table 2.

**Table 2 – Subgrouping for Group B and Group C**

| Subgroup       | Characteristics                                                                                                                                                                                                            |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>B1/C1</b>   | Comprises measurements that control dimensional interchangeability of the devices.                                                                                                                                         |
| <b>B2/C2</b>   | Comprises measurements that assess the electrical properties of the device design                                                                                                                                          |
| <b>B3/C3</b>   | Comprises measurements that assess the optical properties of the device design                                                                                                                                             |
| <b>B4/C4</b>   | Comprises measurements that further assess some of the electrical and optical characteristics of the device already measured in Group A by measurement under different voltage, current, temperature or optical conditions |
| <b>B5/C5</b>   | Comprises verification of ratings of the device, where appropriate                                                                                                                                                         |
| <b>B6/C6</b>   | Comprises tests intended to assess mechanical robustness of the device                                                                                                                                                     |
| <b>B7/C7</b>   | Comprises tests intended to assess interconnection ability of the device                                                                                                                                                   |
| <b>B8/C8</b>   | Comprises tests intended to assess the ability of the device to withstand climatic stress, for example change of temperature, sealing                                                                                      |
| <b>B9/C9</b>   | Comprises tests intended to assess the ability of the device to withstand mechanical stresses, for example vibration, shock                                                                                                |
| <b>B10/C10</b> | Comprises tests intended to assess the ability of the device to withstand long-term humidity                                                                                                                               |
| <b>B11/C11</b> | Comprises tests intended to assess electrical and optical properties of the device under storage conditions at extremes of temperature                                                                                     |
| <b>B12/C12</b> | Comprises tests intended to assess performance of the device under different conditions of air pressure                                                                                                                    |
| <b>B13/C13</b> | Comprise tests intended to assess failure characteristics of the device under endurance testing                                                                                                                            |
| <b>B14/C14</b> | Comprises tests on the permanence of marking                                                                                                                                                                               |

These subgroups may not all be required. The required subgroups are specified in the relevant sectional or blank detail specification.

### **6.2.3.3 Inspection requirements**

The statistical sampling procedures described in 6.2.4 shall be used.

#### **6.2.3.3.1 Procedure in case of failure in periodic tests**

When a group B failure occurs, the corresponding group C tests (see 6.2.3.3) are invalid. In the event of failing periodic inspection tests, see the rules of procedure given in 3.1.8 of IEC QC001002-3.

#### **6.2.3.4 Switching rules for reduced inspection in Group C**

The procedure is applicable to subgroups of Group C tests having a periodicity of 12 months or less when specifically permitted by the sectional specification. It shall not be applied to endurance tests unless otherwise prescribed in the relevant specification.

The relevant specification shall describe any limitations with respect to values, styles, etc., of a device in the use of this procedure.

See the switching rules of procedure given in 3.2.8 of IEC QC 001002-3.

#### **6.2.3.5 Delivery of device subjected to destructive or non-destructive tests**

Tests considered as destructive are marked (D) in the sectional or blank detail specification. Devices subjected to destructive tests shall not be included in the lot for delivery. Devices subjected to non-destructive environmental tests may be delivered provided they are re-tested according to Group A requirements and satisfy them.

#### **6.2.3.6 Delayed deliveries**

Before delivery of lots which have been stored longer than the storage time, and in conditions specified in the relevant sectional or blank detail specification, the lots or the quantities to be delivered shall undergo the specified Group A inspection and Group B interconnection ability tests.

### **6.2.4 Statistical sampling procedures**

#### **6.2.4.1 General**

For Group A, B and C inspections, either the AQL sampling procedure or the zero-defects sampling procedure shall be used. The detail specification shall specify which of the procedures is to be used.

#### **6.2.4.2 AQL sampling plans**

See ISO 2859-1 and Annex A. There are three types of sampling plans: single, double and multiple. When several types of plans are available for a given AQL and code letter, any one may be used.

#### **6.2.4.3 Zero-defects sampling plans**

See IEC 61193-2 and Annex A.

### **6.2.5 Endurance tests**

Endurance tests shall be specified in the detail specification.

### **6.2.6 Endurance tests where the failure rate is specified**

#### **6.2.6.1 General**

Failure rate used in this standard is defined as a percentage per thousand hours. Endurance tests with the specified failure rate shall be specified in the detail specification. Endurance tests performed on devices at, or within, their maximum ratings shall be considered non-destructive.

#### **6.2.6.2 Selection of samples**

Samples for endurance tests shall be selected at random from the inspection lot (see Annex A). The sample size for a 1 000 h test shall be given in the detail specification (see 6.2.4).

The acceptance number shall be the one associated with the particular sample size chosen.

#### **6.2.6.3 Failure**

A device which fails at one or more of the end-point limits specified for endurance tests shall be considered a failure. If the sample fails, the test may be terminated at the discretion of the manufacturer.

#### **6.2.6.4 Endurance test time and sample size**

When the failure rate is specified, the endurance test time shall be 1 000 h initially. Once a lot has passed the 1 000 h test, endurance tests can be reduced to a certain period, as specified in the detail specification.

### **6.2.6.5 Procedure to be used when the number of observed failures exceeds the acceptance number**

#### **6.2.6.5.1 General**

In the event that the number of failures observed on endurance tests exceeds the acceptance number, the manufacturer shall choose one of the following options:

- a) withdraw the entire lot;
- b) add additional samples in accordance with 6.2;
- c) extend the test time to 1 000 h in accordance with 6.2, if a time less than 1 000 h was chosen;
- d) rescreen the lot and submit or resubmit.

#### **6.2.6.5.2 Additional samples**

This option shall be used only once for each submission. When this option is chosen, a new total sample size (initial plus added) shall be chosen by the manufacturer. A quantity of additional devices sufficient to increase the sample to the newly chosen total sample size shall be selected from the lot. The new acceptance number shall be the one associated with new total sample size chosen. The added sample shall be subjected to the same endurance test conditions and time period as the initial sample. If the total observed number of defectives (initial plus added) does not exceed the acceptance number for the total sample, the lot shall be accepted; if the observed number of defectives exceeds the new acceptance number, the lot shall be rejected.

#### **6.2.6.5.3 Extension of endurance test period**

If an endurance test time periods less than 1 000 h is used and the number of failures observed in the initial sample exceeds the acceptance number, the manufacturer may, instead of adding additional samples, choose to extend the test time of the entire initial sample to 1 000 h and determine a new acceptance number. The new acceptance number shall be one associated with the largest sample size in the specified column which is less than, or equal to, the sample size being tested. A device which is a failure at the initial reading interval shall be considered as such at the 1 000 h reading interval. If the observed number of defectives exceeds this acceptance number, the lot shall not be accepted.

### **6.2.7 Accelerated test procedures**

Accelerated test may be applied when the acceleration factor is defined in advance according to the proper theoretical analysis or experimental data.

## **7 Test and measurement procedures**

### **7.1 Standard conditions and general precautions**

#### **7.1.1 Standard conditions**

Unless otherwise specified, all measurements are carried out under the following atmospheric conditions:

- ambient temperature  $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ ;
- relative humidity between 25 % and 85 %;
- atmospheric pressure between 86 kPa and 106 kPa.

Measurements may be carried out at other temperatures, provided the National Supervising Inspectorate is satisfied that the device will conform to the detail specification when tested at an ambient temperature of  $25\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$  and relative humidity between 48 % and 52 % when this is important.

### **7.1.2 General precautions**

Usual precautions should be taken to avoid damage to the device.

General precautions for electrostatic-sensitive devices are given in Clause 8 of IEC 60747-1.

### **7.1.3 Precision of measurements**

The limits quoted in the detail specification are absolute. Measurement inaccuracies shall be taken into account when determining the actual measurement limits.

## **7.2 Physical examination**

### **7.2.1 Visual examination**

Unless otherwise specified, visual examination shall be performed under normal lighting conditions. Examination shall be made for correctness of the following elements:

- a) marking and its legibility;
- b) appearance of the device.

### **7.2.2 Dimensions**

Dimensions shall be checked in accordance with the specified drawing.

## **7.3 Climatic and mechanical tests**

Methods for climatic and mechanical tests shall be specified in the sectional specification or in the blank detail specification in accordance with the IEC 60068-2 series. They shall be used when required and as prescribed by the detail specification. They are indicated as "destructive" or "non-destructive" according to 6.2.3.5.

When a mandatory sequence of testing is required, it shall be specified in the sectional specification or in the blank detail specification.

## **7.4 Alternative test methods**

All specified measurements should be performed by using the methods given in the detail specification. In case alternative methods giving equivalent results have been used, it shall be clearly noted on the reports that it has not been measured according to IEC specified methods.

## **Annex A** (normative)

### **Sampling procedures**

#### **A.1 General**

The following specified procedures are suitable for all quality conformance requirements.

##### **A.1.1 Selection of samples**

Sample shall be randomly selected from the inspection lot. For continuous production, the manufacturer, at his option, may select samples in a regular periodic manner during manufacture, provided that the lot meets the requirements for the formation of lots.

##### **A.1.2 Failures**

Failure of a device for one or more tests of a subgroup shall be termed as a single failure.

#### **A.2 Single-lot sampling method**

Quality conformance inspection information (sample sizes and number of observed defectives) shall be accumulated from a single inspection lot to demonstrate conformance to the individual subgroup criteria.

##### **A.2.1 Sample size**

The sample size for each subgroup shall be determined in accordance with ISO 2859-1 or IEC 61193-2. The manufacturer may, at his option, select a sample size greater than that required; however, the number of failures permitted shall not exceed the acceptance number.

##### **A.2.2 Acceptance procedure**

An acceptance number shall be chosen and the associated number of sample devices selected and tested. If the observed number of defectives from the sample is less than or equal to the pre-selected acceptance number, the lot shall be accepted.

#### **A.3 Multiple criteria**

When one sample is used for more than one acceptance criterion, the entire sample for a subgroup shall be used for all criteria within the subgroup.

#### **A.4 100 % inspection**

Inspection of 100 % of the lot shall be allowed, at the option of the manufacturer, for subgroups other than those which are called destructive.

## **Annex B** (informative)

### **Classification for MEMS technologies and devices**

#### **B.1 Manufacturing process technology**

##### **B.1.1 Basic technology**

- Oxidation
- Photolithography
- Etching technology: wet etching, dry etching, etc.
- Deposition technology: evaporation, CVD, sputtering, etc.

##### **B.1.2 Bulk micromachining technology**

##### **B.1.3 Surface micromachining technology**

##### **B.1.4 Assembly and packaging**

Bonding technology: direct bonding, electrostatic bonding (anodic bonding), eutectic bonding

##### **B.1.5 LIGA process**

##### **B.1.6 Laser micromachining**

##### **B.1.7 Micro moulding**

##### **B.1.8 Other**

#### **B.2 Assembly (interfacing) technology**

#### **B.3 Applications**

##### **B.3.1 Bio-medical**

- DNA chip
- Protein chip
- AS
- Blood pressure sensor
- Muscle stimulators and drug delivery systems
- Implanted pressure sensors
- Prosthetics
- Miniature analytical instruments
- Pacemakers

##### **B.3.2 Communications**

###### **B.3.2.1 RF**

- Relay and switch
- Inductor
- Capacitor

- Duplexer and filter
- VCO (voltage controlled oscillator)
- Splitter and coupler

#### **B.3.2.2 Optical**

- Micro-mirror
- VOA (variable optical attenuator)
- Switch
- Lens
- Filter

#### **B.3.3 Consumer electronics**

- Displays
- Storage
- Micro-cooler
- Microphones
- Gyroscopes
- Chemical sensors

#### **B.3.4 Automotive**

- Internal navigation sensors
- Air conditioning compressor sensor
- Brake force sensors
- Suspension control accelerometers
- Fuel level and vapour pressure sensors
- Airbag sensors
- Intelligent tyre sensor
- Pressure sensor
- Accelerate sensor

#### **B.3.5 Environmental**

- Temperature microsensor
- Humidity
- Gas sensor
- Micro-TAS
- Pressure

#### **B.3.6 Defense and space**

- Munitions guidance
- Surveillance
- Arming systems
- Embedded sensors as sensors
- Aircraft control
- Power control
- Data handling/processing
- Fluidic systems
- Micro actuators

- Memories

### **B.3.7 Others**

- NEMS (nano-electromechanical system), nanotechnology,
- Gear
- Valve
- Pump
- Micro-motor

## **B.4 Test and measurement procedures**

### **B.4.1 Material properties**

#### **B.4.1.1 Mechanical**

- Young's modulus
- Poisson's ratio
- Shear modulus
- Anisotropic behaviour
- Adhesion and bond strength
- Residual stresses
- Fatigue
- Surface forces and tribology
- CTE (coefficient of thermal expansion)
- Thermal conductance

#### **B.4.1.2 Electrical**

- Conductivity
- Resistivity
- Dielectric
- Loss tangent
- Piezoresistive
- Piezoelectric
- Current
- Voltage

#### **B.4.1.3 Optical**

- Transmittance
- Refractive index
- Reflective

#### **B.4.1.4 Magnetic**

#### **B.4.1.5 Thermal**

- Conductivity
- Emissivity
- Convectivity

**B.4.1.6 Thermo-fluids**

**B.4.2 Device and system characteristics**

**B.4.2.1 Bio-medical**

**B.4.2.2 Communications**

- Insertion loss
- Isolation
- Return loss
- VSWR
- Switching speed

**B.4.2.3 Consumer electronics**

**B.4.2.4 Automotive**

**B.4.2.5 Environmental**

**B.4.2.6 Defense and space**

**B.4.2.7 Others**

- Sensitivity
- Resolution
- Temperature characteristics
- Repeatability
- Reliability, etc.

**B.4.3 Other**

## Bibliography

IEC 60410, *Sampling plans and procedures for inspection by attributes*

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

IEC 60721-3-0, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Introduction*  
Amendment (1987)

IEC 60721-3-1, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 1: Storage*

---

## SOMMAIRE

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS .....                                                                   | 21 |
| 1 Domaine d'application .....                                                        | 23 |
| 2 Références normatives .....                                                        | 23 |
| 3 Termes, définitions, unités et symboles .....                                      | 24 |
| 4 Conditions d'environnement normales .....                                          | 26 |
| 5 Marquage .....                                                                     | 26 |
| 5.1 Identification de dispositif .....                                               | 26 |
| 5.2 Traçabilité du dispositif .....                                                  | 26 |
| 5.3 Encapsulation .....                                                              | 26 |
| 6 Procédures d'évaluation de la qualité .....                                        | 26 |
| 6.1 Généralités .....                                                                | 26 |
| 6.1.1 Admissibilité pour la qualification et/ou l'agrément de savoir-faire .....     | 26 |
| 6.1.2 Étape principale de fabrication .....                                          | 26 |
| 6.1.3 Formation des lots soumis à l'examen .....                                     | 26 |
| 6.1.4 Modèles associables .....                                                      | 27 |
| 6.1.5 Sous-traitance .....                                                           | 27 |
| 6.1.6 Composants intégrés .....                                                      | 27 |
| 6.1.7 Validité de la livraison .....                                                 | 27 |
| 6.2 Procédure d'homologation .....                                                   | 27 |
| 6.2.1 Essai d'homologation .....                                                     | 27 |
| 6.2.2 Essais d'environnement et climatiques .....                                    | 27 |
| 6.2.3 Accord d'homologation .....                                                    | 27 |
| 6.2.4 Procédures d'échantillonnage statistique .....                                 | 30 |
| 6.2.5 Essais d'endurance .....                                                       | 30 |
| 6.2.6 Essais d'endurance où le taux de défaillance est spécifié .....                | 30 |
| 6.2.7 Procédures d'essai accéléré .....                                              | 31 |
| 7 Procédures d'essai et de mesure .....                                              | 31 |
| 7.1 Conditions normales et précautions générales .....                               | 31 |
| 7.1.1 Conditions normales .....                                                      | 31 |
| 7.1.2 Précautions générales .....                                                    | 32 |
| 7.1.3 Précision des mesures .....                                                    | 32 |
| 7.2 Examen physique .....                                                            | 32 |
| 7.2.1 Examen visuel .....                                                            | 32 |
| 7.2.2 Dimensions .....                                                               | 32 |
| 7.3 Essais climatiques et mécaniques .....                                           | 32 |
| 7.4 Méthodes d'essai de remplacement .....                                           | 32 |
| Annexe A (normative) Procédures d'échantillonnage .....                              | 33 |
| Annexe B (informative) Classification des technologies et des dispositifs MEMS ..... | 34 |
| Bibliographie .....                                                                  | 38 |
| Tableau 1 – Catégories et termes relatifs aux MEMS .....                             | 25 |
| Tableau 2 – Sous-groupement pour le Groupe B et le Groupe C .....                    | 29 |

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS MICROÉLECTROMÉCANIQUES –

### Partie 4: Spécification générique pour les MEMS

#### AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) 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 n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 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 propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62047-4 a été établie par le sous-comité 47F: Systèmes microélectromécaniques, du comité d'études 47 de la CEI: Dispositifs à semiconducteurs.

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

| FDIS         | Rapport de vote |
|--------------|-----------------|
| 47/1975/FDIS | 47/1985/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, présentée 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 maintenance 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 encore
- modifiée.

## DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS MICROÉLECTROMÉCANIQUES –

### Partie 4: Spécification générique pour les MEMS

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62047 décrit des spécifications génériques pour les systèmes électromécaniques microminiaturisés (MEMS, *Micro-Electro Mechanical Systems*) faits à partir de semi-conducteurs, constituant la base des spécifications présentées dans d'autres parties de cette série pour différents types d'applications basées sur des MEMS, telles que des capteurs et les MEMS-RF, à l'exclusion des MEMS optiques, des bio-MEMS, des micro-TAS et des MEMS de puissance. Cette norme spécifie les procédures générales d'évaluation de la qualité à utiliser dans le système IECQ-CECC et établit les principes généraux nécessaires pour décrire et tester les caractéristiques électriques, optiques, mécaniques et environnementales.

La présente partie de la CEI 62047 contribue à la préparation de normes servant à définir des dispositifs et des systèmes fabriqués par des techniques de micro-usinage, incluant, mais sans s'y limiter, la caractérisation et la manipulation des matériaux, l'assemblage et les essais, les méthodes de mesure et de commande de processus. Les MEMS décrits dans cette norme sont essentiellement constitués de matériaux semi-conducteurs. Toutefois, les déclarations faites dans cette norme peuvent également être appliquées aux MEMS utilisant des matériaux autres que des semi-conducteurs, par exemple, des polymères, du verre, des métaux et des matériaux en céramiques.

#### 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60027 (toutes les parties), *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*

CEI 60068-2 (toutes les parties), *Essais d'environnement – Partie 2: Essais*

CEI 60617, *Symboles graphiques pour schémas*

CEI 60747-1:2006, *Dispositifs à semiconducteurs – Partie 1: Généralités* (disponible en anglais seulement)

CEI 60749 (toutes les parties), *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essai mécaniques et climatiques*

CEI 61193-2, *Systèmes d'assurance de la qualité – Part 2: Choix et utilisation des plans d'échantillonnage pour inspection des composants et boîtiers électroniques* (disponible en anglais seulement)

CEI 62047-1, *Dispositifs à semi-conducteurs – Dispositifs microélectromécaniques – Partie 1: Termes et définitions*

IECQ 001002-3:2005, *Système CEI d'Assurance de la Qualité des composants électroniques (IECQ) – Règles de Procédure – Partie 3: Procédures d'agrément* (disponible en anglais seulement)

ISO 1000, *Unités SI et recommandations pour l'emploi de leurs multiples et de certaines autres unités*

ISO 2859-1, *Règles d'échantillonnage pour les contrôles par attributs – Partie 1: Procédures d'échantillonnage pour les contrôles lot par lot, indexés d'après le niveau de qualité acceptable (NQA)*

### **3 Termes, définitions, unités et symboles**

Pour les besoins de ce document, les termes doivent, dans la mesure du possible, provenir de la CEI 62047-1; les unités, les symboles graphiques et les symboles littéraux doivent, dans toute la mesure du possible provenir de la CEI 60027, de la CEI 60617 et de l'ISO 1000.

Tous les autres symboles, unités ou terminologie concernant un des dispositifs couverts par cette spécification générique doivent provenir des normes CEI ou ISO (voir l'Article 2) ou être dérivés conformément aux principes des normes énumérées ci-dessus.

Le Tableau 1 représente les catégories et les termes relatifs aux MEMS.

**Tableau 1 – Catégories et termes relatifs aux MEMS**

| Catégorie                                      | Sous-catégorie                    | Termes                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Généralités</b>                             |                                   | MEMS, MST, micromachines, technologie des micromachines                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Science et technique</b>                    |                                   | Microscience et technique, effet d'échelle, mésotribologie, microtribologie, biomimétique, mouvement ciliaire, auto-organisation                                                                                                                                                                |
| <b>Science des matériaux</b>                   |                                   | Polymère à mémoire de forme, modification                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Éléments fonctionnels</b>                   | <b>Actionneur</b>                 | Actionneur, micro-actionneur, actionneur électrostatique, actionneur commandé par la lumière, actionneur piézoélectrique, actionneur en alliage à mémoire de forme, actionneur de conversion sol-gel, actionneur microrésonateur, moteur oscillant                                              |
|                                                | <b>Capteur</b>                    | Microcapteur, biocapteur, microsonde intégrée, transistor à effet de champ sensible aux ions (ISFET : <i>Ion Sensitive Field Effect Transistor</i> ), accéléromètre, microgyroscope                                                                                                             |
|                                                | <b>Autres</b>                     | Structure du diaphragme, micropoutre, microcanal, micromiroir, miroir de balayage, microcommutateur, interrupteur optique, micropince, micropompes, microvanne, régulateur du débit massique intégré, micropile à combustible, transducteur photoélectrique                                     |
| <b>Techniques d'usinage</b>                    | <b>Généralités</b>                | Micro-usinage                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                | <b>Procédé silicium</b>           | Procédé silicium, technologie de couches épaisses, technologie de couches minces, micro-usinage de volume, micro-usinage de surface, photolithographie, lithographie par faisceaux électroniques, photomasque, résine photosensible, silicium sur isolant (SOI : <i>Silicon On Insulator</i> ), |
|                                                | <b>Procédé LIGA</b>               | Procédé LIGA, LIGA-UV, lithographie à rayons X                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                | <b>Traitement des faisceaux</b>   | Traitement des faisceaux, pulvérisation, usinage par faisceau ionique focalisé                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                | <b>Procédé de gravure</b>         | Procédé de gravure, gravure humide, gravure sèche, gravure isotrope, gravure anisotrope, arrêt de gravure, procédé de plaquettes perdues, gravure sacrificielle, gravure ionique réactive (RIE : <i>Reactive Ion Etching</i> ), DRIE, ICP                                                       |
|                                                | <b>Dépôt en phase vapeur</b>      | Dépôt en phase vapeur, procédé de dépôt physique en phase vapeur (PVD: <i>Vapour Deposition Process</i> ), électroformage                                                                                                                                                                       |
|                                                | <b>Autres procédés de retrait</b> | micro-usinage par procédé électrolytique                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                                                | <b>Travail des plastiques</b>     | Procédé d'estampage à chaud                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                                | <b>Autres</b>                     | Micromoulage, usinage STM                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Technologies de collage et d'assemblage</b> | <b>Collage</b>                    | Collage, assemblage par collage, collage anodique, soudage par diffusion, collage par fusion du silicium                                                                                                                                                                                        |
|                                                | <b>Autres</b>                     | Micromanipulateur, traitement sans contact, encapsulation, encapsulage au niveau de la plaquette                                                                                                                                                                                                |
| <b>Technologies d'évaluation</b>               | <b>Microscope</b>                 | Microscope sonde à balayage (SPM, <i>Scanning Probe Microscope</i> ), microscope à force atomique (AFM : <i>Atomic Force Microscope</i> ), microscope à effet tunnel à balayage (STM : <i>Scanning Tunneling Microscope</i> ), microscope à champ proche                                        |
|                                                | <b>Autres</b>                     | Rapport largeur/longueur, rapport puissance/poids                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Technologies d'application</b>              | <b>Généralités</b>                | bio-MEMS, MEMS-RF, MOEMS, labo-sur-puce, micro TAS, microréacteur                                                                                                                                                                                                                               |
|                                                | <b>Utilisation biomédicale</b>    | Chirurgie microscopique (microchirurgie), cathéter actif, endoscope fibre, pilule intelligente, biopuce, puce ADN, puce à protéine, manipulation cellulaire, fusion cellulaire, réaction en chaîne par polymérase (PCR : <i>Polymerase Chain Reaction</i> )                                     |
|                                                | <b>Utilisation industrielle</b>   | Micro-usine                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

## 4 Conditions d'environnement normales

Les conditions d'environnement normales pour la mesure des caractéristiques, les essais et les conditions de fonctionnement doivent correspondre à une température de  $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ , une humidité relative de 25 % à 85 % et une pression de 86 kPa à 106 kPa.

## 5 Marquage

### 5.1 Identification de dispositif

Le marquage sur le dispositif doit permettre d'identifier clairement le dispositif et son niveau de qualité.

### 5.2 Traçabilité du dispositif

Le dispositif doit posséder un code de traçabilité qui permet le retour en arrière du dispositif à un certain lot de production ou lot d'examen.

### 5.3 Encapsulation

Le marquage du dispositif doit indiquer

- a) le code d'identification du dispositif;
- b) le ou les codes de traçabilité des dispositifs intégrés;
- c) le nombre de dispositifs intégrés;
- d) les précautions requises, le cas échéant.

Ce marquage doit être conforme aux règlements douaniers.

NOTE Il est possible de spécifier d'autres exigences dans la spécification particulière applicable.

## 6 Procédures d'évaluation de la qualité

### 6.1 Généralités

Lorsque cette norme, et la norme associée sont utilisées dans le cadre d'un système d'assurance de la qualité complet, tel que le système CEI d'assurance de la qualité des composants électroniques (IECQ), l'Article 6 s'applique.

#### 6.1.1 Admissibilité pour la qualification et/ou l'agrément de savoir-faire

Un type de dispositif devient admissible pour la qualification et/ou l'agrément de savoir-faire quand les règles des procédures suivantes, telles que stipulées ci-dessous, sont satisfaites:

L'Article 3 de la CEI QC 001002-3 décrit la procédure d'homologation (QA : *Qualification Approval*), la livraison et sa validité.

#### 6.1.2 Étape principale de fabrication

L'étape principale de fabrication est définie dans les spécifications intermédiaires.

#### 6.1.3 Formation des lots soumis à l'examen

Voir 3.3.1 de la CEI QC 002002-3.

#### **6.1.4 Modèles associables**

Voir 3.3.2 de la CEI QC 002002-3.

#### **6.1.5 Sous-traitance**

L'utilisation de sous-traitance est autorisée, sans réserves.

Voir les Paragraphes 3.1.2.3 à 3.1.2.7 de la CEI QC001002-3.

#### **6.1.6 Composants intégrés**

Voir 5.2.3 de la CEI QC 002002-3.

#### **6.1.7 Validité de la livraison**

Voir 3.2.2 de la CEI QC 002002-3.

### **6.2 Procédure d'homologation**

#### **6.2.1 Essai d'homologation**

La méthode a), b) ou c) de 3.1.4 de la CEI QC 001002-3 peut être utilisée au gré du fabricant, conformément aux exigences de contrôle données dans la spécification intermédiaire ou la spécification particulière cadre.

Les échantillons peuvent être composés de modèles associables appropriés.

Toutes les mesures appelées dans la spécification particulière doivent être enregistrées.

Le rapport de qualification doit inclure un résumé de tous les résultats d'essai pour chaque groupe et sous-groupe, y compris le nombre de dispositifs testés et le nombre de dispositifs défectueux. Ce résumé doit être tiré des données enregistrées. Le fabricant doit conserver toutes les données afin de les remettre à l'ONS, à sa demande.

#### **6.2.2 Essais d'environnement et climatiques**

Pour les essais environnementaux et climatiques, se reporter à la série CEI 60749.

#### **6.2.3 Accord d'homologation**

Voir les règles de procédure données en 3.1.5 de la CEI QC 001002-3.

Les essais de conformité de la qualité sont les essais qui sont réalisés lot par lot et périodiquement sur des échantillons prélevés dans la production pour établir que la qualité du produit est maintenue. Les spécifications intermédiaires ou particulières doivent prescrire les essais qui doivent être effectués.

Les essais lot par lot sont effectués sur chaque lot à examiner. Les résultats sont utilisés pour déterminer si le lot est conforme aux exigences spécifiées.

Les essais lot par lot peuvent être divisés en deux groupes:

- le groupe A, couvrant le contrôle visuel et dimensionnel des dispositifs et les caractéristiques principales des dispositifs (mesure initiale);
- le groupe B, couvrant les caractéristiques supplémentaires importantes.

Chaque groupe peut être divisé en deux sous-groupes ou plus. Les sous-groupes suivants sont recommandés.

#### *Sous-groupe A1*

Ce sous-groupe comporte un examen visuel comme cela est spécifié en 6.2.1.

#### *Sous-groupe A2*

Ce sous-groupe comporte les mesures des principales caractéristiques électriques du dispositif.

#### *Sous-groupe A3*

Ce sous-groupe comporte les mesures des principales caractéristiques optiques du dispositif.

#### *Sous-groupes A4 et A5*

Ces sous-groupes ne sont pas nécessairement requis. Ils comportent les mesures des caractéristiques secondaires du dispositif. Les exigences correctes pour chaque catégorie de qualité de dispositif sont données dans la spécification intermédiaire ou particulière cadre applicable. Le choix entre le sous-groupe A4 et le sous-groupe A5 pour des mesures données est essentiellement déterminé par le souhait d'effectuer ces mesures à un niveau donné de qualité.

### **6.2.3.1 Examen périodique**

L'examen périodique est effectué sur un échantillon prélevé dans un lot individuel ou un certain nombre de lots. Le ou les lots dont l'échantillon est prélevé doivent être conformes aux exigences de l'examen lot par lot. Les résultats des essais dans cette catégorie sont utilisés pour vérifier que le niveau des performances techniques est maintenu.

Les essais périodiques sont combinés en Groupe C, qui peut être divisé en deux sous-groupes ou plus de deux sous-groupes, comme décrit en 6.2.3.

Le groupe D peut être ajouté. Il contient des essais supplémentaires requis pour la maintenance de l'homologation.

### **6.2.3.2 Division du groupe B et du groupe C en sous-groupes**

Afin de permettre la comparaison et de faciliter, le cas échéant, le passage du groupe B au groupe C et inversement, les essais effectués au sein de ces groupes ont été divisés en sous-groupes possédant un numéro identique pour des essais équivalents, comme indiqué dans le Tableau 2.

**Tableau 2 – Sous-groupement pour le Groupe B et le Groupe C**

| Sous-groupe    | Caractéristiques                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>B1/C1</b>   | Comprend des mesures qui commandent l'interchangeabilité dimensionnelle des dispositifs.                                                                                                                                           |
| <b>B2/C2</b>   | Comprend des mesures qui évaluent les propriétés électriques de la conception du dispositif.                                                                                                                                       |
| <b>B3/C3</b>   | Comporte des mesures qui évaluent les propriétés optiques du dispositif.                                                                                                                                                           |
| <b>B4/C4</b>   | Comporte les mesures qui évaluent certaines des caractéristiques électriques et optiques du dispositif déjà mesurées dans le groupe A par des mesures sous des tensions, courants, températures ou conditions optiques différents. |
| <b>B5/C5</b>   | Comprend la vérification des caractéristiques assignées des dispositifs, le cas échéant.                                                                                                                                           |
| <b>B6/C6</b>   | Comprend des essais destinés à évaluer la robustesse mécanique du dispositif.                                                                                                                                                      |
| <b>B7/C7</b>   | Comprend des essais destinés à évaluer l'aptitude à l'interconnexion du dispositif.                                                                                                                                                |
| <b>B8/C8</b>   | Comporte des essais destinés à évaluer la capacité du dispositif à supporter des contraintes climatiques, par exemple les variations de température, l'étanchéité.                                                                 |
| <b>B9/C9</b>   | Comporte des essais destinés à évaluer la capacité du dispositif à supporter des contraintes mécaniques, par exemple les vibrations et les chocs.                                                                                  |
| <b>B10/C10</b> | Comporte des essais destinés à évaluer la capacité du dispositif à supporter une humidité persistante.                                                                                                                             |
| <b>B11/C11</b> | Comprend des essais destinés à évaluer les propriétés électriques et optiques des dispositifs, dans des conditions d'entreposage à des températures extrêmes.                                                                      |
| <b>B12/C12</b> | Comporte des essais destinés à évaluer les performances du dispositif dans différentes conditions de pressions atmosphériques.                                                                                                     |
| <b>B13/C13</b> | Comprend des essais destinés à évaluer les caractéristiques de défaillance des dispositifs, au cours d'un essai d'endurance.                                                                                                       |
| <b>B14/C14</b> | Comporte des essais sur les permanences du marquage.                                                                                                                                                                               |

Ces sous-groupes ne sont pas tous nécessairement requis. Les sous-groupes requis sont stipulés dans la spécification intermédiaire ou dans la spécification particulière cadre applicable.

### **6.2.3.3 Exigences liées à l'examen**

Les procédures d'échantillonnage statistiques décrites en 6.2.4 doivent être utilisées.

#### **6.2.3.3.1 Procédure en cas de défaillance dans les essais périodiques**

En cas de défaillance dans le groupe B, les essais correspondants du groupe C (voir 6.2.3.3) sont invalides. En cas d'échec des essais d'examen périodique, se reporter aux règles de procédures données en 3.1.8 de la CEI QC 001002-3.

#### **6.2.3.4 Règles de changement pour un examen réduit dans le groupe C**

La procédure est applicable aux sous-groupes d'essais du Groupe C comportant une périodicité de 12 mois ou moins, lorsque cela est spécifiquement autorisé par la spécification intermédiaire. Elle ne doit pas être appliquée aux essais d'endurance, sauf indication contraire dans les spécifications appropriées.

La spécification applicable doit décrire toutes les limitations portant sur les valeurs, les styles, etc., d'un dispositif utilisé dans cette procédure.

Voir les règles de changement de procédure données en 3.2.8 de la CEI QC 001002-3.

#### **6.2.3.5 Livraison de dispositif soumis à des essais destructifs ou non destructifs**

Les essais considérés comme destructifs portent le marquage (D) dans la spécification intermédiaire ou la spécification particulière cadre. Les dispositifs soumis à des essais

destructifs ne doivent pas être inclus dans le lot à livrer. Les dispositifs soumis à des essais environnementaux non destructifs peuvent être livrés à condition qu'ils aient été essayés une nouvelle fois conformément aux exigences du groupe A et qu'ils satisfassent à ces exigences.

#### **6.2.3.6 Livraisons retardées**

Avant la remise des lots qui sont en magasin pendant une période plus longue que le temps d'entreposage et dans des conditions spécifiées dans la spécification intermédiaire ou la spécification particulière cadre correspondante, les lots ou les quantités à remettre doivent être soumis au contrôle spécifié du groupe A, ainsi qu'aux essais d'aptitude à l'interconnexion du groupe B.

### **6.2.4 Procédures d'échantillonnage statistique**

#### **6.2.4.1 Généralités**

Pour les contrôles des groupes A, B et C, la procédure d'échantillonnage NQA ou la procédure d'échantillonnage zéro défaut doit être utilisée. Les spécifications particulières doivent indiquer la procédure à utiliser.

#### **6.2.4.2 Plans d'échantillonnage AQL**

Voir l'ISO 2859-1 et l'Annexe A. Il y a trois types de plans d'échantillonnage: simple, double et multiple. Quand plusieurs types de plan sont disponibles pour une lettre d'identification et un NQA donnés, on peut utiliser n'importe lequel de ces types de plan.

#### **6.2.4.3 Plans d'échantillonnage sans défaut**

Voir CEI 61193-2 et l'Annexe A.

### **6.2.5 Essais d'endurance**

Des essais d'endurance doivent être spécifiés dans les spécifications particulières.

### **6.2.6 Essais d'endurance où le taux de défaillance est spécifié**

#### **6.2.6.1 Généralités**

Les taux de défaillance utilisés dans cette norme sont définis comme un pourcentage par mille heures. Des essais d'endurance avec le taux de défaillance spécifié doivent être spécifiés dans des spécifications particulières. Les essais d'endurance réalisés sur des dispositifs pour les valeurs assignées maximales, ou pour des valeurs inférieures aux valeurs assignées maximales doivent être considérés comme non destructifs.

#### **6.2.6.2 Choix d'échantillons**

Les échantillons d'essais d'endurance doivent être choisis de manière aléatoire dans le lot d'inspection (voir Annexe A). L'effectif de l'échantillon pour un essai de 1000 h doit être donné dans les spécifications particulières (voir 6.2.4).

Le nombre d'acceptation doit être le nombre d'acceptation associé à l'effectif de l'échantillon particulier choisi.

#### **6.2.6.3 Défaillance**

Un dispositif défaillant à une ou plusieurs des limites des points finaux pour des essais d'endurance doit être considéré comme défaillant. Si l'échantillon est défaillant, l'essai peut être arrêté à la discrétion du fabricant.

#### **6.2.6.4 Temps d'essai d'endurance et effectif de l'échantillon**

Quand le taux de défaillance est spécifié, le temps d'essai d'endurance doit être de 1000 h initialement. Lorsque le lot a réussi un essai de 1000 h, les essais d'endurance peuvent être réduits à une certaine période, comme cela est spécifié dans les spécifications particulières.

#### **6.2.6.5 Procédure à utiliser quand le nombre de défaillances observées dépasse le nombre d'acceptation**

##### **6.2.6.5.1 Généralités**

Si le nombre de défaillances observées sur des essais d'endurance dépasse le nombre d'acceptation, le fabricant doit choisir une des options suivantes:

- a) retirer le lot entier;
- b) ajouter des échantillons supplémentaires conformément au Paragraphe 6.2;
- c) prolonger la durée de l'essai jusqu'à 1 000 h, conformément à 6.2, si la durée choisie était inférieure à 1 000 h;
- d) ré-examiner le lot et le soumettre ou le re-soumettre.

##### **6.2.6.5.2 Échantillons supplémentaires**

Cette option doit être utilisée une seule fois pour chaque soumission. Quand cette option est choisie, un nouvel effectif d'échantillon total (échantillon initial plus échantillon supplémentaire) doit être choisi par le fabricant. Une quantité de dispositifs supplémentaires suffisante pour augmenter l'effectif d'échantillons au nouvel effectif d'échantillon total choisi doit être sélectionnée dans le lot. Le nouveau nombre d'acceptation doit être le nombre d'acceptation associé au nouvel effectif de l'échantillon total choisi. L'échantillon ajouté doit être soumis aux mêmes conditions d'essai d'endurance et à la même période de temps que l'échantillon initial. Si le nombre total de défaillances observées (initiales plus supplémentaires) ne dépasse pas le nombre d'acceptation pour l'échantillon total, le lot doit être accepté; si le nombre de défaillances observées dépasse le nouveau nombre d'acceptation, le lot doit être rejeté.

##### **6.2.6.5.3 Extension de la période d'essai d'endurance**

Si une période de temps d'essai d'endurance inférieure à 1 000 h est utilisée et le nombre de défaillances observées dans l'échantillon initial dépasse le nombre d'acceptation, le fabricant peut, au lieu d'ajouter des échantillons supplémentaires, choisir de prolonger la période d'essai de tout l'échantillon initial à 1 000 h et déterminer un nouveau nombre d'acceptation. Le nouveau nombre d'acceptation doit être un nombre associé au plus grand effectif de l'échantillon dans la colonne spécifiée qui est inférieur ou égal à l'effectif de l'échantillon en essai. Un dispositif défaillant dans l'intervalle d'observation initial doit être considéré comme défaillant dans l'intervalle d'observation de 1 000 h. Si le nombre de défaillances observées dépasse ce nombre d'acceptation, le lot ne doit pas être accepté.

#### **6.2.7 Procédures d'essai accéléré**

Un essai accéléré peut être appliqué lorsque le facteur d'accélération est défini à l'avance conformément à l'analyse théorique appropriée ou aux données expérimentales.

### **7 Procédures d'essai et de mesure**

#### **7.1 Conditions normales et précautions générales**

##### **7.1.1 Conditions normales**

Sauf indication contraire, toutes les mesures sont effectuées dans les conditions atmosphériques suivantes:

- température ambiante  $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ ;
- humidité relative comprise entre 25 % et 85 %;
- pression atmosphérique entre 86 kPa et 106 kPa.

Des mesures peuvent être effectuées à d'autres températures, à condition que l'Organisme National de Surveillance soit satisfait du fait que le dispositif sera conforme à la spécification particulière lorsque soumis à l'essai à une température ambiante de  $25\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$  et une humidité relative comprise entre 48 % et 52 % lorsque cela est important.

### **7.1.2 Précautions générales**

Il convient de prendre les précautions d'usage pour éviter d'endommager le dispositif.

Des précautions générales sont fournies dans l'Article 8 de la CEI 60747-1 pour les dispositifs sensibles aux décharges électrostatiques.

### **7.1.3 Précision des mesures**

Les limites citées dans les spécifications particulières sont absolues. Les imprécisions des mesures doivent être prises en compte lors de la détermination des limites réelles des mesures.

## **7.2 Examen physique**

### **7.2.1 Examen visuel**

Sauf indication contraire, un examen visuel doit être effectué dans des conditions d'éclairage normales. L'examen doit montrer que les éléments suivants sont corrects :

- a) le marquage et sa lisibilité ;
- b) l'aspect du dispositif.

### **7.2.2 Dimensions**

Les dimensions doivent être conformes au schéma spécifié.

## **7.3 Essais climatiques et mécaniques**

Les méthodes d'essais climatiques et mécaniques doivent être spécifiées dans la spécification intermédiaire ou dans la spécification particulière cadre selon la série CEI 60068-2. Elles doivent être utilisées lorsque cela est nécessaire et comme cela est prescrit par les spécifications particulières. Elles sont définies comme "destructives" ou "non-destructives" conformément à 6.2.3.5.

Lorsqu'une séquence d'essais obligatoires est nécessaire, elle doit être spécifiée dans la spécification intermédiaire ou dans la spécification particulière cadre.

## **7.4 Méthodes d'essai de remplacement**

Il convient d'effectuer toutes les mesures spécifiées en utilisant les méthodes indiquées dans les spécifications particulières. Si des méthodes de remplacement donnant des résultats équivalents ont été utilisées, les rapports doivent indiquer clairement que les mesures n'ont pas été effectuées conformément aux méthodes spécifiées par la CEI.

## **Annexe A** (normative)

### **Procédures d'échantillonnage**

#### **A.1 Généralités**

Les procédures suivantes conviennent à toutes les exigences de conformité de la qualité.

##### **A.1.1 Choix d'échantillons**

Les échantillons doivent être choisis aléatoirement dans le lot d'inspection. Pour la production continue, le fabricant peut choisir, selon ses propres critères, les échantillons de façon périodique régulière au cours de la fabrication, à condition que le lot réponde aux exigences de la formation des lots.

##### **A.1.2 Défaillances**

La défaillance d'un dispositif pour un ou plusieurs essais d'un sous-groupe doit être considérée comme une seule défaillance.

#### **A.2 Méthode d'échantillonnage sur un seul lot**

Les informations sur l'inspection de conformité de la qualité (effectifs de l'échantillon et nombre de défaillances observées) doivent être cumulées à partir d'un seul lot d'inspection pour démontrer la conformité à chaque critère de sous-groupe.

##### **A.2.1 Effectif d'échantillons**

L'effectif d'échantillons pour chaque sous-groupe doit être déterminé conformément à l'ISO 2859-1 ou à la CEI 61193-2. Le fabricant est libre de choisir un effectif d'échantillons supérieur à celui exigé; néanmoins, le nombre de défaillances autorisées ne doit pas dépasser la limite fixée par le critère d'acceptation.

##### **A.2.2 Procédure d'acceptation**

Un nombre d'acceptation doit être choisi et le nombre associé d'échantillons sélectionné et soumis à l'essai. Si le nombre de défaillances observées est inférieur ou égal au nombre d'acceptation présélectionné, le lot doit être accepté.

#### **A.3 Critères multiples**

Lorsqu'un échantillon est utilisé pour plus d'un critère d'acceptation, l'échantillon entier pour un sous-groupe doit être utilisé pour tous les critères dans le sous-groupe.

#### **A.4 Contrôle à 100 %**

Un contrôle à 100 % du lot doit être autorisé, selon les critères du fabricant, pour des sous-groupes autres que les sous-groupes destructifs.

## **Annexe B** (informative)

### **Classification des technologies et des dispositifs MEMS**

#### **B.1 Technologie des procédés de fabrication**

##### **B.1.1 Technologie de base**

- Oxydation
- Photolithographie
- Technologie de gravure : gravure humide, gravure sèche, etc.
- Technologie de dépôt: évaporation, CVD, pulvérisation, etc.

##### **B.1.2 Technologie de micro-usinage de volume**

##### **B.1.3 Technologie de micro-usinage de surface**

##### **B.1.4 Assemblage et encapsulation**

Technologie de collage : collage direct, collage électrostatique (collage anodique), collage eutectique

##### **B.1.5 Procédé LIGA**

##### **B.1.6 Micro-usinage laser**

##### **B.1.7 Micromoulage**

##### **B.1.8 Autres**

#### **B.2 Technologies d'assemblage (interfaçage)**

#### **B.3 Applications**

##### **B.3.1 Biomédical**

- Puce ADN
- Puces à protéine
- AS
- Capteurs de pression sanguine
- Stimulateurs de muscles et systèmes d'administration de médicaments
- Capteurs de pression implantables
- Prothèses
- Instruments analytiques miniatures
- Stimulateurs cardiaques

##### **B.3.2 Communications**

###### **B.3.2.1 RF**

- Relais et commutateurs
- Inductances
- Condensateurs

- Duplexeurs et filtres
- VCO (Oscillateur commandé en tension)
- Séparateurs et coupleurs

#### **B.3.2.2 Optique**

- Micromiroirs
- VOA (atténuateur optique variable)
- Commutateur
- Lentilles
- Filtre

#### **B.3.3 Électronique grand public**

- Écrans
- Stockage
- Réfrigérateurs miniatures
- Microphones
- Gyroscopes
- Capteurs chimiques

#### **B.3.4 Automobile**

- Capteurs de navigation internes
- Capteur de compresseur de climatisation
- Capteurs de force de freinage
- Accéléromètres de commande de suspension
- Capteurs de niveau de carburant et de pression de vapeur
- Capteurs de coussin auto-gonflable de sécurité
- Capteurs de pression des pneus
- Capteurs de pression
- Capteurs d'accélération

#### **B.3.5 Environnemental**

- Microcapteur de température
- Humidité
- Détecteurs de gaz
- Micro-TAS
- Pression

#### **B.3.6 Défense et espace**

- Guidage de munitions
- Surveillance
- Systèmes d'armement
- Capteurs embarqués comme capteurs
- Contrôle des aéronefs
- Contrôle de puissance
- Manipulation/traitement des données
- Systèmes fluidiques
- Micro-actionneurs

- Mémoires

### **B.3.7 Autres**

- NEMS (Systèmes nanoélectromécaniques), Nanotechnologie,
- Engrenage
- Vanne
- Pompe
- Micromoteur

## **B.4 Procédures d'essai et de mesure**

### **B.4.1 Propriétés des matériaux**

#### **B.4.1.1 Mécanique**

- Module de Young
- Coefficient de Poisson
- Module de cisaillement
- Comportement anisotrope
- Force de collage et d'adhérence
- Contraintes résiduelles
- Fatigue
- Forces de surface et tribologie
- CDT (coefficient de dilatation thermique)
- Conductance thermique

#### **B.4.1.2 Électrique**

- Conductivité
- Résistivité
- Diélectrique
- Tangente de perte
- Piézorésistif
- Piézoélectrique
- Courant
- Tension

#### **B.4.1.3 Optique**

- Facteur de transmission
- Indice de réfraction
- Réflectivité

#### **B.4.1.4 Magnétique**

#### **B.4.1.5 Thermique**

- Conductivité
- Emissivité
- Convectivité

**B.4.1.6 Thermofluides****B.4.2 Caractéristiques des systèmes et des dispositifs****B.4.2.1 Biomédical****B.4.2.2 Communications**

- Perte d'insertion
- Isolation
- Affaiblissement de réflexion
- VSWR
- Vitesse de commutation

**B.4.2.3 Électronique grand public****B.4.2.4 Automobile****B.4.2.5 Environnemental****B.4.2.6 Défense et espace****B.4.2.7 Autres**

- Sensibilité
- Résolution
- Caractéristiques de température
- Répétabilité
- Fiabilité, etc.

**B.4.3 Autres**

## **Bibliographie**

CEI 60410, *Plans et règles d'échantillonnage pour les contrôles par attributs*

CEI 60721-2-1, *Classification des conditions d'environnement – Partie 2-1: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Température et humidité*

CEI 60721-3-0, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Introduction*  
Amendement (1987)

CEI 60721-3-1, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 1 : Stockage*

---



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](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)