

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

**Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs microélectromécaniques –
Partie 1: Termes et définitions**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62047-1:2016



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2016 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

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

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

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

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

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

**Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs microélectromécaniques –
Partie 1: Termes et définitions**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.080.99

ISBN 978-2-8322-3099-2

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

CONTENTS

FOREWORD	3
1 Scope	5
2 Terms and definitions	5
2.1 General terms and definitions	5
2.2 Terms and definitions relating to science and engineering	6
2.3 Terms and definitions relating to materials science	7
2.4 Terms and definitions relating to functional element	7
2.5 Terms and definitions relating to machining technology	12
2.6 Terms and definitions relating to bonding and assembling technology	19
2.7 Terms and definitions relating to measurement technology	21
2.8 Terms and definitions relating to application technology	23
Annex A (informative) Standpoint and criteria in editing this glossary	27
A.1 Guidelines for selecting terms	27
A.2 Guidelines for writing the definitions	27
A.3 Guidelines for writing the notes	27
Annex B (informative) Clause cross-references of IEC 62047-1:2005 and IEC 62047-1:2015	28
Bibliography	32
Table B.1 – Clause cross-reference of IEC 62047-1: 2005 and IEC 62047-1:2015	28

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62047-1:2016

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SEMICONDUCTOR DEVICES –
MICRO-ELECTROMECHANICAL DEVICES –****Part 1: Terms and definitions****FOREWORD**

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

International Standard IEC 62047-1 has been prepared by subcommittee 47F: Micro-electromechanical systems, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2005. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) removal of ten terms;
- b) revision of twelve terms;
- c) addition of sixteen new terms.

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

FDIS	Report on voting
47F/232/FDIS	47F/238/RVD

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

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

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

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

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62047-1:2016

SEMICONDUCTOR DEVICES – MICRO-ELECTROMECHANICAL DEVICES –

Part 1: Terms and definitions

1 Scope

This part of IEC 62047 defines terms for micro-electromechanical devices including the process of production of such devices.

2 Terms and definitions

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

2.1 General terms and definitions

2.1.1

micro-electromechanical device

micro-sized device, in which sensors, actuators, transducers, resonators, oscillators, mechanical components and/or electric circuits are integrated

Note 1 to entry: Related technologies are extremely diverse from fundamental technologies such as design, material, processing, functional element, system control, energy supply, bonding and assembly, electric circuit, and evaluation to basic science such as micro-science and engineering as well as thermodynamics and tribology in a micro-scale. If the devices constitute a system, it is sometimes called as MEMS which is an acronym standing for "micro-electromechanical systems"

2.1.2

MST

microsystem technology

technology to realize microelectrical, optical and machinery systems and even their components by using micromachining

Note 1 to entry: The term MST is mostly used in Europe.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

2.1.3

micromachine

2.1.3.1

micromachine, <device>

miniaturized device, the components of which are several millimetres or smaller in size

Note 1 to entry: Various functional device (such as a sensor that utilizes the micromachine technology) is included.

2.1.3.2

micromachine, <system>

microsystem that consists of an integration of micromachine devices

Note 1 to entry: A molecular machine called a nanomachine is included.

2.2 Terms and definitions relating to science and engineering

2.2.1

micro-science and engineering

science and engineering for the microscopic world of MEMS

Note 1 to entry: When mechanical systems are miniaturized, various physical parameters change. Two cases prevail: 1) these changes can be predicted by extrapolating the changes of the macro-world, and 2) the peculiarity of the microscopic world becomes apparent and extrapolation is not possible. In the latter case, it is necessary to establish new theoretical and empirical equations for the explanation of phenomena in the microscopic world. Moreover, new methods of analysis and synthesis to deal with engineering problems must be developed. Materials science, fluid dynamics, thermodynamics, tribology, control engineering, and kinematics can be systematized as micro-sciences and engineering supporting micromechanics.

2.2.2

scale effect

change in effect on the object's behaviour or properties caused by the change in the object's dimension

Note 1 to entry: The volume of an object is proportional to the third power of its dimension, while the surface area is proportional to the second power. As a result, the effect of surface force becomes larger than that of the body force in the microscopic world. For example, the dominant force in the motion of a microscopic object is not the inertial force but the electrostatic force or viscous force. Material properties of microscopic objects are also affected by the internal material structure and surface, and, as a result, characteristic values are sometimes different from those of bulks. Frictional properties in the microscopic world also differ from those in the macroscopic world. Therefore, those effects must be considered carefully while designing a micromachine.

2.2.3

microtribology

tribology for the microscopic world

Note 1 to entry: Tribology deals with friction and wear in the macroscopic world. On the other hand, when the dimensions of components such as those in micromachines become extremely small, surface force and viscous force become dominant instead of gravity and inertial force. According to Coulomb's law of friction, frictional force is proportional to the normal load. In the micromachine environment, because of the reaction between surface forces, a large frictional force occurs that would be inconceivable in an ordinary scale environment. Also a very small quantity of abrasion that would not be a problem in an ordinary scale environment can fatally damage a micromachine. Microtribology research seeks to reduce frictional forces and to discover conditions that are free of friction, even on an atomic level. In this research, observation is made of phenomena that occur with friction surfaces or solid surfaces at from angstrom to nanometer resolution, and analysis of interaction on an atomic level is performed. These approaches are expected to be applied in solving problems in tribology for the ordinary scale environment as well as for the micromachine environment.

2.2.4

biomimetics

creating functions that imitate the motions or the mechanisms of organisms

Note 1 to entry: In devising microscopic mechanisms suitable for micromachines, the mechanisms and structures of organisms that have survived severe natural selection may serve as good examples to imitate. One example is the microscopic three-dimensional structures that were modelled on the exoskeletons and elastic coupling systems of insects. In exoskeletons, a hard epidermis is coupled with an elastic body, and all movable parts use the deformation of the elastic body to move. The use of elastic deformation would be advantageous in the microscopic world to avoid friction. Also, the exoskeleton structure equates to a closed link mechanism in kinematics and has the characteristic that some actuator movement can be transmitted to multiple links.

2.2.5

self-organization

organization of a system without any external manipulation or control, where a nonequilibrium structure emerges spontaneously due to the collective interactions among a number of simple microscopic objects or phenomena

2.2.6

electro wetting on dielectric

EWOD

wetting of a substrate controlled by the voltage between a droplet and the substrate covered with a dielectric film

Note 1 to entry: The contact angle of a liquid droplet, typically an electrolyte, on a substrate can be electrically controlled because the solid-liquid surface interfacial tension can be controlled with the energy stored in the electric double layer which works as capacitor. Covering the electrode with a dielectric material of determined thickness, the capacitance can be determined with ease. Electro wetting on dielectric is used typically in microfluidic devices.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

2.2.7

stiction

phenomenon that a moving microstructure is stuck to another structure or substrate by adhesion forces

Note 1 to entry: When structures become smaller, stiction appears significant due to the scale effect that surface forces predominate over body forces. Stiction frequently occurs in the MEMS fabrication process when small structures are released during wet etching processes due to the surface tension of liquid. Representative adhesion forces to cause stiction are van der Waals force, electrostatic force, and surface tension of liquid between structures.

2.3 Terms and definitions relating to materials science

2.3.1

silicon-on-insulator

SOI

structure composed of an insulator and a thin layer of silicon on it

Note 1 to entry: Sapphire (as in SOS), glass (as in SOG), silicon dioxide, silicon nitride, or even an insulating form of silicon itself is used as an insulator.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

2.4 Terms and definitions relating to functional element

2.4.1

actuator, <micro-electromechanical devices>

mechanical device that converts non-kinetic energy into kinetic energy to perform mechanical work

2.4.2

microactuator

actuator produced by micromachining

Note 1 to entry: For a micromachine to perform mechanical work, the microactuator is indispensable as a basic component. Major examples are the electrostatic actuator prepared by silicon process, the piezoelectric actuator that utilizes functional materials like lead zirconate titanate (PZT), the pneumatic rubber-actuator, and so on. Many other actuators based on various energy conversion principles have been investigated and developed. However, the energy conversion efficiency of all these actuators deteriorates as their size is reduced. Therefore, the motion mechanisms of organisms such as the deformation of protein molecules, the flagellar movement of bacteria, and muscle contraction are being utilized to develop special new actuators for micromachines.

Note 2 to entry: Micro-electrostatic actuators are actuated by a micro-electrostatic field, magnetic microactuators are driven by a micromagnetic field, and piezoelectric microactuators depend on a microstress field to convey motion and power.

2.4.3

light-driven actuator

actuator that uses light as a control signal or an energy source or both

Note 1 to entry: Since the development of photostrictive materials, various light driven actuators have been proposed. These actuators have simple structures and can be driven by wireless means. A motor is proposed that utilizes the spin realignment effect, in which a magnetic material absorbs light and the resulting heat changes the direction of magnetization reversibly. Actuators utilizing thermal expansion, and exploiting polymer photochemical reactions, are also being studied.

2.4.4

piezoelectric actuator

actuator that uses piezoelectric material

Note 1 to entry: Piezoelectric actuators are classified into the single-plate, bimorph, and stacked types, and the popular material is lead zirconate titanate (PZT). The features are: 1) quick response, 2) large output force per volume, 3) ease of miniaturization because of the simple structure, 4) narrow displacement range for easier microdisplacement control, and 5) high efficiency of energy conversion. Piezoelectric actuators are used for the actuators for micromachines, such as ultrasonic motor, and vibrator. An applied example is a piezoelectric actuator for a travelling mechanism which moves by the resonance vibration of a piezoelectric bimorph, and a micropositioner piezoelectric actuator which amplifies the displacements of a stacked piezoelectric device by a lever.

2.4.5

shape-memory alloy actuator

actuator that uses shape memory alloy

Note 1 to entry: Shape-memory alloy actuators are compact, light, and produce large forces. These actuators can be driven repeatedly in a heat cycle or can be controlled arbitrarily by switching the electric current through the actuator itself. Lately, attempts have been made to use the alloys to build a servosystem that has an appropriate feedback mechanism and a cooling system, intended for applications where quick response is not necessary. Application examples under development are microgrippers for cell manipulation, microvalves for regulating very small amounts of flow and active endoscopes for medical use.

2.4.6

sol-gel conversion actuator

actuator that uses the transition between the sol (liquid) state and the gel (solid) state

Note 1 to entry: A sol-gel conversion actuator can work in a similar way to living things. For example, if electrodes are put on a small particle of sodium polyacrylate gel in an electrolytic solution and a voltage is applied, the particle repeatedly changes its shape. Sol-gel conversion actuators can be connected in series, sealed in a thin pipe and fitted with multiple legs, to make a microrobot that moves in one direction and that looks like a centipede. Another application being conceived is a crawler microrobot that automatically moves through a thin pipe.

2.4.7

electrostatic actuator

actuator that uses electrostatic force

Note 1 to entry: Since the electrostatic actuator has a simple structure and its output force per weight is increased as the size is reduced, much research is ongoing to apply these characteristics to the actuators of micromachines. Application examples developed so far on an experimental basis include a wobble motor and a film electrostatic actuator.

2.4.8

comb-drive actuator

electrostatic actuator, consisting of a series of parallel fingers, fixed in position, engaged and interleaved with a second, movable set of fingers

Note 1 to entry: The application of an electrostatic charge to the first set of fingers attracts the fingers of the second set, such that they become more fully engaged in the interdigit spaces of the first set. Then the static

charge is removed and drained, and the second set of fingers is returned to its home position by micromachined spring tension.

2.4.9

wobble motor

harmonic electrostatic motors

variable-gap electrostatic motor that generates a rolling motion of the rotor on an eccentric stator without slip

Note 1 to entry: Wobble motors consist of a rotor, a stator with electrodes for the generation of electrostatic force, and an insulation film on the rotor or stator surface. The rotor rotates in a reverse direction to the revolution.

The rotation speed, V_{rot} , is given as $V_{\text{rot}} = V_{\text{rev}} \times (L_{\text{stat}} - L_{\text{rot}}) / L_{\text{rot}}$, where V_{rev} is the revolution speed, L_{stat} is the stator circumference, and L_{rot} is the rotor circumference.

Characteristics of the wobble motor include 1) the ability to easily provide low speed and high torque when the rotor circumference is very close to the stator circumference, 2) no problems of friction or wear because there are no sliding parts, 3) the possibility to be fabricated using diverse materials, and 4) an easily increasable aspect ratio. On the other hand, the revolution of the rotor can cause unnecessary vibration. Production examples include a wobble motor that supports a rotor by a flexible coupling, and a wobble motor fabricated by the integrated circuit process and whose rotor rolls at the fulcrum.

2.4.10

microsensor

device, produced for example by micromachining, and which is used for measuring a physical or chemical quantity by converting it to an electric output

Note 1 to entry: In micromachines, the first field to be developed and realized was that of the microsensor. Microsensors include mechanical quantity sensors (measuring pressure, acceleration, tactile senses, displacement, etc.), chemical quantity sensors (measuring ions, oxygen, etc.), electric quantity sensors (measuring magnetism, current, etc.), biosensors, and optical sensors. In many microsensors, the detecting section containing the mechanism is integrated with the electronic circuits. The advantages of microsensors are: 1) minimal environmental disruption, 2) the ability to measure local states of small areas, 3) the integration with circuits, and 4) minimal operating power.

2.4.11

biosensor

sensor that uses organic substances in the device, that is intended for measurement of organism-related subsystems, or that mimics an organism

Note 1 to entry: A typical biosensor consists of a biologically originated specific material such as an enzyme or an antibody that identifies the object of measurement and the device that measures a physical or chemical quantity change related to the identifying reaction. A semiconductor sensor or any of various types of electrode (e.g. ISFET, micro-oxygen electrode, and fluorescence detection optical sensor) prepared by silicon micromachining technology can be used as this device. Biosensors are used for blood analysis systems, glucose sensors, microrobots, and so on.

2.4.12

integrated microprobe

one-piece probe combining a microprobe and a signal processing circuit

Note 1 to entry: The smaller the sensitive part of the sensor, 1) the less interference to the measuring object, 2) the higher the signal-to-noise ratio in the measurement, and 3) the more small-area local data can be obtained. An integrated microprobe is a device consisting of a microprobe prepared by micromachining silicon to an ultra-microscopic needle and incorporating a signal processing circuit. Integrated microprobes made by machining silicon needles to a diameter of from several nanometers to several micrometers and combining them with an impedance conversion circuit, etc., are in actual use as microscopic electrodes for organisms, scanning tunneling microscopes (STMs), and atomic force microscopes (AFMs).

2.4.13

ISFET

ion-sensitive field-effect transistor

semiconductor sensor integrating an ion-sensitive electrode with a field-effect transistor (FET)

Note 1 to entry: In the ion-sensitive electrode section, the membrane voltage changes according to fluctuations in pH or carbon dioxide partial pressure in the blood, for example. As the voltage amplifier, the ISFET uses a FET, a transistor controlling the conductance of the current path (channels) formed by the majority carriers using an electric field perpendicular to the carrier flow. The ISFET is based on silicon micromachining technology integrating a detector and amplifier on a silicon substrate. In addition, an ISFET with mechanical components such as a valve has been developed. The ISFET is used in such fields as medical analysis and environmental instrumentation.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

2.4.14

accelerometer

measurement transducer that converts an input acceleration to an output (usually an electric signal) that is proportional to the input acceleration

Note 1 to entry: The accelerometer, based on silicon micromachining technology, is typically composed of a soft spring and a mass. The accelerometer senses the displacement of the spring caused by the inertia of the accelerated mass, or detects acceleration from the measurement of the force required to cancel this displacement. Among today's silicon-made sensors, accelerometers hold particular promise as a next-generation product. There are many types of accelerometer such as semiconductor strain gauges, capacitance detectors, electromagnetic servosystems, and electrostatic servosystems. In addition, vibration detection-type accelerometers, which detect changes in resonance frequencies, and piezoelectric effect-type accelerometers, which use the piezoelectric effect, are also under development. Continuing development is aimed at applications in a wide variety of fields, including automobiles, robots, and the space industry.

[SOURCE: ISO 2041:2009, 4.10, modified – Note 1 to entry has been added.]

2.4.15

microgyroscope

microscopic sensor for measuring angular velocity

Note 1 to entry: Microgyroscopes are expected to be applied as microrobot attitude sensors. Rotational and vibrational gyroscopes are based on the Coriolis force. Ring laser gyroscopes and optical fibre gyroscopes are based on the Sagnac effect. Among these types of gyroscope, vibrational gyroscopes (the tuning fork- and resonant piece-types) are suitable for miniaturization and are being developed for miniaturized applications.

2.4.16

diaphragm structure

flexible membrane structure that separates space

Note 1 to entry: In a microscopic region, materials such as single-crystal silicon, polysilicon, and so on are used for the diaphragm structure. The structure is commonly fabricated by anisotropic etching. The thickness of the structure can be controlled from several micrometres to several tens of micrometres depending on the application. The structure can be used to detect pressure changes, or to cause displacement. For example, it is used in the pressure-sensitive part of a pressure sensor for automobile engines and silicon microphones. Also, it is used as a membrane to change pressure in microvalves and micropumps.

2.4.17

microcantilever

cantilever produced by micromachining

Note 1 to entry: Microcantilevers are often used in high-resolution microscopes such as the Atomic Force Microscope (AFM).

2.4.18**microchannel**

channel produced by micromachining

Note 1 to entry: Microchannels are often used in fluidic devices such as a lab-on-a-chip. The flow in a microchannel is different from that in a macroscopic one, and the formulation of the flow is one of the key issues in micro-science and engineering. A microchannel can be used as an acoustic guide.

2.4.19**micromirror**

microsized reflecting mirror that can be actuated to control its reflection angle

2.4.20**scanning mirror**

mirror that scans a light beam

Note 1 to entry: Scanning mirrors are developed for laser printers, the scanning parts of optical sensors, the heads for optical disks, displays and so on. An array of scanning mirrors can be fabricated on a silicon wafer with an actuator by micromachining technology. The scanning mirror is expected to be one of the practical applications of micromachine technology.

2.4.21**microswitch**

mechanical switch produced by micromachining

Note 1 to entry: The term “microswitch” is already used in commercially available switches that are produced using conventional techniques.

Note 2 to entry: The main application of a microswitch is that of a microrelay.

2.4.22**optical switch**

optical element to switch optical signals without conversion into electric signals

2.4.23**microgripper**

mechanical device that grasps microscopic objects

Note 1 to entry: Microgrippers have two roles. They can be used as tools to assemble micromachines or as the hands of microrobots, etc. In either case, the microgripper has fingers to grasp objects and an actuator to handle them. Compared to a microrobot hand, microgrippers are structurally large but require precise control. As the function of a microgripper is simply to grasp an object, multi-degrees of freedom handling requires the combination of suitable manipulators. Compared to non-contact-type handling using a laser beam, contact-type handling based on a microgripper or similar device gives better attitude control of the object. However, if the object to be handled is below several tens of micrometres in size, the attractive forces between the surfaces of the microgripper fingers and the object handled make manipulation difficult.

2.4.24**micropump**

mechanical device that pressurizes and thus transports a small amount of fluid

Note 1 to entry: There are many examples of micropumps mainly fabricated on silicon or glass, for instance, and using micromachining technology to form a diaphragm together with an actuator. Application examples include a diaphragm-type pump with a microscopic check valve driven by a piezoelectric element, and an integrated pump using a thermal expansion actuator along with a microheater. Pumps discharging and sucking fluids by deforming a diaphragm actuated by a stacked piezoelectric actuator can control the rate by changing the frequency of the actuator drive. In addition, pulsation-damping pumps can control the fluid flow with a high accuracy by using a dual pump along with a synchronous buffer pump.

2.4.25

microvalve

mechanical device that controls the flow of fluid in a microscopic channel

Note 1 to entry: Microvalves, which are composed of such components as actuators and diaphragms, made of silicon, etc., control the flow in microscopic channels (narrower than several micrometres). For example, a gas flow control valve is composed of a stacked piezoelectric actuator and a diaphragm. To control high-viscosity fluids such as blood, it is necessary to enlarge the channel and increase the stroke of the valve drive. A mechanism using a shape-memory alloy coil and a bias spring has been developed experimentally for this purpose, as well as a mechanism that alters the channel by an electrostatic, magnetic, or piezoelectric actuator.

2.4.26

CMOS MEMS

integrated MEMS device, in which complementary metal–oxide–semiconductor (CMOS) signal-processing circuits and MEMS elements are formed on the same silicon substrate

Note 1 to entry: CMOS MEMS is one form of the MEMS device that integrates CMOS signal-processing circuits and MEMS elements. Usually, the CMOS MEMS is fabricated by performing a MEMS process on the CMOS preformed wafer, and therefore it is necessary that the MEMS process does not damage the CMOS circuit.

2.4.27

micro fuel cell

micromachined device converting the chemical energy of a fuel directly into electricity by an electrochemical process

2.4.28

photoelectric transducer

transducer that generates an electric output corresponding to the incident light

Note 1 to entry: Photoelectric transducers are divided into two groups according to their applications: 1) a photo-detector that handles light signals, and 2) a photovoltaic power system such as a solar battery that responds to light energy. In the former case, sensitivity and response speed are important, while in the latter case, energy conversion efficiency is important. Classified by their operating principles, photoelectric transducers can be divided into a photo-conductive type, typified by photo-conductive cells and image pick-up tubes, and a photovoltaic type, typified by photodiodes and solar batteries.

2.5 Terms and definitions relating to machining technology

2.5.1

micromachining

machining process used to realize microscopic structures

Note 1 to entry: Micromachining is a general term including wide-ranging machining technologies for microscopic structures. Depending on the contexts, however, the term can be used with more specific meanings, as follows:

- a) machining processes derived from the semiconductor manufacturing technologies, used to realize microscopic structures for the production of micromachines or MEMS,
- b) machining processes used to realize microscopic structures of micromachines or MEMS, applying conventional machining technologies such as cutting and grinding.

2.5.2

silicon process

processing technologies for silicon

Note 1 to entry: While the silicon process is broadly divided into surface micromachining and bulk micromachining, most of the technologies involved are the same. The silicon process starts with layer work and continues to a patterning process, microassembly, annealing, and packaging. Many technologies such as deposition, diffusion, chemical corrosion, and lithography are combined as working technologies. A feature of the silicon process is the ability to use batch processing on large wafers for the mass-fabrication of components.

2.5.3

thick film technology

technology that forms thick films on a substrate

Note 1 to entry: A thick film is a film of a thickness of about 5 μm or greater formed by ink-paste coating or spray-printing and subsequent baking. These films are applied in the manufacture of piezoelectric or magnetic actuators.

2.5.4

thin film technology

technology that forms thin films on a substrate

Note 1 to entry: A thin film is a film formed on a substrate by means of vacuum deposition or ion sputtering, or any other processes. The film thickness ranges from a layer of single atoms or molecules, to 5 μm thickness. Usually the term refers to films of a thickness of 1 μm or less. A thin film can change properties such as colour, reflectivity, and friction coefficient of the substrate, while the shape of the substrate is left practically unchanged. Phenomena such as optical interference and surface diffusion are noticeably affected by the formation of thin films. Thin film formations usually take a nonequilibrium, heterogeneous nucleation formation step, which brings on structural properties different from those of bulk materials produced under ordinary equilibrium conditions. In one application, thin film technology combined with etching improved the degree of integration of a thermal printer head that was conventionally manufactured by thick film technology.

2.5.5

bulk micromachining

micromachining that removes a part of the substrate

Note 1 to entry: An example of bulk micromachining is a processing method based on etching by a chemical solution to remove unnecessary parts of a substrate. Covering the areas to be preserved with a mask of SiO_2 or Si_3N_4 ensures that etching cannot progress below the surface. Also, a boron-doped layer can stop the etching of the part below the surface layer. Recently, silicon fusion bonding has been used to fabricate still more complex structures.

2.5.6

surface micromachining

micromachining that forms various substances in various microshapes on the substrate surface

Note 1 to entry: Surface micromachining is a processing technique that applies for example chemical vapour deposition (CVD) to form various thin films on the substrate and uses a mask to perform selective removal of the substrate surface to produce movable parts and other structures. The dissolved layer that was deposited initially is called the sacrificial layer. A typical sacrificial layer material is phosphosilicate glass (PSG). This technology is applied to the fabrication of micro-beams, bearings, and links, etc.

2.5.7

surface modification

process that modifies physical, chemical, or biochemical properties of the material surface

Note 1 to entry: Surface modification processes include doping for electric applications, deposition of materials for mechanical/chemical applications, and molecular modification for biochemical applications.

2.5.8

chemical mechanical polishing

CMP

planarization process for a substrate by a combination of mechanical polishing and chemical etching

Note 1 to entry: Chemical mechanical polishing is applied mainly to planarize steps on a substrate due to the semiconductor manufacturing process. Because the steps are composed of a plurality of materials such as substrates, dielectrics and metals, various slurries are used to selectively remove each material. In MEMS devices, chemical mechanical polishing is used to planarize the bonding surfaces in the wafer level packaging process.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

2.5.9

photolithography

technique that transfers a fine pattern onto a substrate by the use of light

Note 1 to entry: In photolithography, a glass plate on which a desired pattern has been drawn is used as a mask. The mask is placed onto the substrate on which a thin film of photosensitive material (called the photoresist) has been coated, to expose part of the substrate to visible or ultraviolet rays through the mask. Since the solubility of the photoresist to the developer solution is altered by the exposure to the light, the pattern drawn on the mask is transferred to the photoresist thin film in the development process. Photolithography is indispensable to the silicon process. In the semiconductor industry, the required resolutions of horizontal patterns have reached the submicrometre level, bringing light of shorter wavelengths into use.

2.5.10

photomask

partially transparent film or glass plate or quartz that is used to transform its transparent pattern by optical projection

Note 1 to entry: In the integrated circuit process, the designed circuit pattern is drawn on an enlarged scale, from several tens to nearly a hundred times, and reduced onto film or glass plate as a photomask. This original mask is directly used for exposure, copying to the wafer, or to produce a working version with the same pattern as the original to be used for production purposes. The material of the plate depends on the wavelength of the rays used in the projection process.

2.5.11

photoresist, <micro-electromechanical devices>

photosensitive material used in photolithography

Note 1 to entry: Photoresists consist of macromolecular compounds with photosensitive functional molecules. There are water soluble and organic solvent soluble types. To form a pattern, the sample is coated with photoresist, then prebaked, exposed, developed, and postbaked. Photoresists include positive photoresists that lose their exposed section by development, and negative photoresists whose exposed section remains. To form submicrometre fine patterns, various photoresists such as electronic beam and X-ray photoresists are provided for exposure to beams with different wavelengths.

2.5.12

electron beam lithography

technique that generates a fine pattern onto a substrate by the use of an electron beam

Note 1 to entry: Pattern resolution depends on the wavelength of the rays. Electron beam lithography improves the resolution by the use of an electron beam. Therefore, combining electron beam lithography with a computer-aided design (CAD) system makes the lithography process flexible without a mask. However, it takes more exposure time compared to batch exposure because the electron beam has to be scanned in a raster or vector pattern.

2.5.13

LIGA process

process of creating microstructures by using deep lithography based on X-rays (synchrotron radiation) and electroforming which can be used as a mould

Note 1 to entry: LIGA is an acronym for Lithographie, Galvanoformung und Abformung, the German for lithography, electroforming, and moulding. Characteristics of the LIGA process include the ability to mass-produce high-aspect ratio microstructures with a line width of 1 µm to 10 µm and a height of several hundreds of micrometres, to allow the use of a wide range of materials including plastics, metals, and ceramics, and to be combined with silicon semiconductor elements, etc.

2.5.14

UV-LIGA

extension of the LIGA process in which X-rays are replaced with ultraviolet rays

2.5.15**X-ray lithography**

technique that transfers a fine pattern onto a substrate by the use of X-rays

Note 1 to entry: Lithography technology at first used visible radiation, but with the increase in the degree of pattern integration, ultraviolet rays or shorter wave excimer lasers began to be used. Moreover, although batch exposure is difficult, lithography sometimes uses electron beams or ion beams. X-rays have a much shorter wavelength than the excimer laser and are therefore considered to be suited to higher integration. However, the optical systems have many problems; for example, an efficient and accurate lens for X-rays is difficult to produce.

2.5.16**beam processing**

machining process using high-density energy beams

Note 1 to entry: High-density energy beams used in micromachining include laser beams, electron beams, ion beams (a typical ion beam is a focused ion beam, i.e. FIB), and molecular or atomic beams. Micromachining based on laser beams either is performed through a micro-pattern mask or uses a focused laser beam. In the case of the mask method, the machining accuracy is determined by the accuracy of the mask and aberration of the lens. In the case of a focused laser beam, the machining accuracy is determined by the wavelength of the laser beam and the focal length of the lens. Ion beam processing is used in finishing acute profiles.

2.5.17**sputtering, <removal process>**

removal of atoms from a plasma source by energetic ion bombardment and their subsequent deposition as a thin film on a base material

Note 1 to entry: Sputtering by inert or reactive ions can be applied to various types of processing for either removing as etching or depositing the ejected atoms as thin film formation.

[SOURCE: IEC 60050-521:2002, 521-03-17, modified – Sputtering is often used as a removal process as well as a deposition process]

2.5.18**focused ion beam machining****FIB-machining**

technique that removes a microscopic portion of material from the surface by means of sputtering with accelerated and focused ions

Note 1 to entry: The use of a focused ion beam of a diameter of about 0,1 μm makes it possible to bore microscopic holes at high accuracy, to sharpen various types of probe, and to process and modify aspheric surface lenses. By measuring the changes in intensity of secondary ions or secondary electrons ejected from the material, the depth of processing can also be controlled accurately. One drawback is the slow process speed, and another drawback is that relatively complex equipment is necessary to obtain the required high vacuum.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

2.5.19**laser dicing**

wafer cutting technology using a laser light that is irradiated and scanned along dicing lines on a substrate

Note 1 to entry: In a cutting process where blade dicing is difficult to use, the laser dicing method is widely used where a laser light is focused inside the substrate and modified layers are formed beneath the scribe lines, and finally the wafer is diced by a mechanical expansion.

2.5.20**etching process, <micro-electromechanical devices>**

material removal process by means of chemical corrosion

Note 1 to entry: Etching, either isotropic etching or anisotropic etching, removes part of a material in a corrosive environment of either gas or liquid phase, sometimes assisted with electric energy (electrochemical etching). In the field of micromachining technology, anisotropic etching is popular. Examples are the application of potassium hydroxide (KOH) or ethylene diamine pyrocatechol (EDP) to single-crystal silicon, where the crystal plane of Miller index (111) is etched away slower than other crystal planes, leaving a three-dimensional structure consisting of the (111) crystal plane.

2.5.21

wet etching

etching process in liquid phase by a reactive chemical solution

Note 1 to entry: To apply wet etching, the region to be left unetched is covered with a mask in advance whereas the rest is left exposed, and then the material is dipped into the reactive solution. Etching processes are classified into isotropic etching that is independent of the crystalline structure of the material, and anisotropic etching that is dependent on it. In an isotropic etching process, corrosion progresses in all directions at a uniform speed from an unmasked region on the surface resulting in a round-shape cross-section. On the other hand, in an anisotropic etching process, the etching rate varies at different crystalline directions of the material, leaving the plane of the slowest etching rate unetched thus determining the final shape.

2.5.22

dry etching

etching process in vapour phase by the physical, or chemical, or physical and chemical, reaction of the reactive gas or reactive plasma

Note 1 to entry: A reactive gas generated by electric energy reacts with the substrate and removes the material to form the desired shape or dimension. Etching methods are divided into plasma etching, which is an isotropic etching based on a chemical reaction, and ion etching, which is a directional etching that uses a physical reaction (sputtering). Dry etching, which uses one of these methods or both together, is extensively used in current large-scale large scale integrated circuit (LSI) manufacturing processes.

2.5.23

isotropic etching

etching process in which the etching rate does not vary with the crystallographic orientation or direction of the energy beams

Note 1 to entry: A typical isotropic etchant for silicon is $\text{HF}/\text{HNO}_3/\text{CH}_3\text{COOH}$ (HNA) solution.

2.5.24

anisotropic etching

etching process in which the etching rate differs depending on the crystallographic orientation or direction of the energy beams

Note 1 to entry: A typical anisotropic etchant for silicon is potassium hydroxide (KOH). It is widely used in various bulk micromachining.

2.5.25

etch stop

technique that terminates the etching process at a controlled depth where a very low etch rate layer is formed

Note 1 to entry: An etch stop is sometimes used as the termination layer of the etching process. There are two basic types of etch stop that are used in micromachining: dopant etch stop and electrochemical etch stop.

2.5.26

sacrificial etching

micromachining in which an intermediate layer sandwiched between two layers of a different material is preferentially (sacrificially) etched and selectively removed

Note 1 to entry: Usually, the etch selectivity is high between the intermediate layer and the two sandwich layers. The purpose of the sacrificial layer is to mechanically release one or both of the sandwich layers. Silicon oxide is a commonly used sacrificial layer.

2.5.27

supercritical drying

drying method using supercritical fluid

Note 1 to entry: The supercritical fluid is highly diffusible and resolvable without the attraction due to surface tension. Through the use of supercritical drying, it is possible to dry delicate materials whilst maintaining their structure, whereas conventional drying methods cause extensive deformation and deterioration in structure. Carbon dioxide is often used as the supercritical fluid. This is because that it is possible to take out a dried-sample from cleaning liquid since the supercritical carbon dioxide can resolve various materials and vaporizes below the critical point. It is used for the drying process without stiction in MEMS device fabrication.

2.5.28

reactive ion etching

RIE

technique that combines etching with corrosive gas and sputtering with ions

Note 1 to entry: Under reactive ion etching, material is removed selectively in the vertical direction under the mask by both chemical reaction and physical bombardment (sputtering) with ions and radicals produced in plasma. Unlike in anisotropic etching wherein the direction of erosion depends on the crystal orientation of the material, in reactive ion etching the direction of removal is determined by the direction of the ion stream. Reactive ion etching results in less undercut erosion from the edge beneath the mask than does wet etching.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

2.5.29

deep reactive ion etching

DRIE

variation of reactive ion etching (RIE), which can produce high aspect-ratio structures with vertical sidewalls

Note 1 to entry: For example, high aspect-ratio structures can be produced by introducing alternately an etching gas and a protective-film-forming gas in reactive ion etching equipment.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

2.5.30

inductively coupled plasma

ICP

high density plasma generated by inductive coupling

Note 1 to entry: Inductively coupled plasma is used in etching processes such as deep reactive ion etching.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

2.5.31

vapour deposition

technology that deposits a substance from a vapour onto a solid surface

Note 1 to entry: Vapour deposition is a technique of forming a thin film by vaporizing a solid substance, typically a metal placed in vacuum, by means of heating or irradiation with electron beams, and exposing the substrate to the vapour to be deposited. The purity of the film depends on the pressure in the chamber. The adhesive strength of the film is relatively weak, and the crystalline structure may be imperfect because the film sticks through the force of simple adhesion. Therefore, the substrate is sometimes preheated to induce a chemical reaction after deposition, to strengthen the adhesion and to improve the crystalline structure.

2.5.32

atomic layer deposition

ALD

thin film deposition technique at atomic level resolution thickness

Note 1 to entry: By changing the precursor gases sequentially, a chemical deposition process can be controlled down to the atomic or molecular scale. In the molecular beam epitaxy process, one of the related techniques, the deposited layer has the same crystal structure as that of the mono-crystalline substrate.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

2.5.33

physical vapour deposition process, <micro-electromechanical devices>

PVD process

production process of a thin film mainly by using physical evaporation

Note 1 to entry: The physical vapour deposition process mainly constitutes a thin film by using vacuum evaporation of atomic species or sputter deposition using single or multiple targets in inert or reactive atmospheres (e.g. RF-magnetron sputtering, ion beam sputtering, molecular beam epitaxy, laser ablation).

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

[SOURCE: IEC 60050-815:2015, 815-14-13, modified – The target material is not limited to superconductive materials but various materials can be deposited.]

2.5.34

self-assembled monolayer

SAM

self-organized monolayer of molecules that are chemisorbed on a surface due to the specific affinity of the molecule

Note 1 to entry: In a self-assembled monolayer, molecules are typically bonded to the substrate strongly with chemical bonding while molecules in Langmuir-Blodgett films are bonded weakly with physisorption such as electrostatic force.

2.5.35

electroforming

production or reproduction of articles by electrodeposition upon a mandrel or former or mould which is subsequently separated from the deposit

Note 1 to entry: A resin or other matrix is made conductive by electroless plating, and it is used as a cathode to electrodeposit a desired metal thickly and rapidly. The product is obtained by releasing the metal from the matrix. The electroforming method is used in the manufacture of stampers for compact discs and laser discs because the shape and surface roughness of the matrix is precisely replicated.

2.5.36

micro-electrodischarge machining

micromachining using the discharge between micro-electrodes and the material

Note 1 to entry: While micro-electrodischarge machining uses the same principle as conventional electro-discharge machining, micro-energy discharge technology and micro-electrode production technology differ: the floating capacitance between the electrode and the material being processed must be reduced and the electrode must be miniaturized by methods such as wire electro-discharge grinding (WEDG). With the WEDG method, electrodes with a diameter of 2,5 µm can be prepared and microholes can be processed with this electrode.

2.5.37

nanoimprint

moulding process to replicate nanometre-scale structures

Note 1 to entry: Nanoimprint is classified into two types according to the difference in moulding method. Thermoplastic nanoimprint utilizes temperature and pressure controls with thermoplastic materials. Photo nanoimprint utilizes light irradiation with photo-curable materials. The hot-embossing process, a conventional technique, is a similar fabrication process to the thermoplastic nanoimprint. In some cases, hot-embossing and nanoimprint are distinguished through the moulding processes to form bulk film materials and thin-film materials on a substrate, respectively.

2.5.38

micromoulding

process for obtaining the desired shape of microscopic components after pouring a liquefied material into a mould

Note 1 to entry: Micromoulding is a microforming process that uses such means as compression, transfer, injection, and blowing to form a desired shape in a metallic mould. Microshapes are created by feeding raw materials such as polymers and ceramics into a mould. In the LIGA process, plastics are formed in a metallic mould using precision moulding technology. In a typical example, a low-viscosity plastic is degassed and fed into the vacuum mould under high pressure to prevent bubbling and to fill small gaps completely. Heat treatment is performed at high temperature under high pressure to cure the plastics, to release the stress, and to compensate for shrinkage. The plastics structures made with this reaction injection moulding technology can be plated and used themselves as moulds to produce metallic structures.

2.5.39

STM machining

atomic and molecular level surface processing (atomic manipulation) using a scanning tunnelling microscope (STM)

Note 1 to entry: STM machining, an example of which uses atoms to write characters, is well known and can be used to perform processing at the molecular and atomic levels. This technology is extremely sensitive to vibration, which makes its application difficult.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

2.6 Terms and definitions relating to bonding and assembling technology

2.6.1

bonding

uniting technique of one material to another

EXAMPLE Typical examples include anodic bonding, diffusion bonding, silicon fusion bonding, and ultrasonic wire bonding. In these examples, the materials are bonded without adhesive materials.

2.6.2

adhesive bonding

technique that binds two materials using polymeric materials as an adhesive

2.6.3

anodic bonding

technique of bonding a glass substrate, which contains movable ions, and a substrate of silicon, metal, and so on, where the substrates are softened by heat, and bonded by the electrostatic attraction of an electric double layer produced by applying a high voltage across the substrates with glass side as cathode

Note 1 to entry: High precision bonding is achieved due to the bonding process in the substrates' solid state. The bonding strength largely depends on the flatness of the surfaces, although this is not as critical as for silicon fusion bonding. Bonding silicon wafers with materials such as borosilicate or tempered glass enables structures with internal cavities, such as capacitive pressure sensors and micropumps, to be fabricated. When bonding two silicon wafers or a silicon wafer and a metal wafer, a thin glass film is formed on the contacting surface of the wafers, or the surface of the silicon wafer is oxidized. The problem with the use of thin films is that at high bonding temperatures, the dielectric breakdown voltage of the films is lowered to the point that sufficient voltage cannot be applied. To reduce the process temperature to room temperature, attempts are being made to form a glass film

with a low melting point by sputtering. This solves problems such as the strain and deformation caused by thermal stress, and introduces benefits such as the improvement in precision and the wide choice of materials.

2.6.4

diffusion bonding

technique of bonding materials by heating them to below their melting points and pressing them together to achieve solid state adherence by the mutual diffusion of their atoms

Note 1 to entry: As the materials are bonded in a solid state, far more accurate bonding is possible than with fusion bonding. Diffusion bonding is mainly used for bonding metals or bonding a ceramic to a metal. After bonding dissimilar materials, thermal stress occurs during cooling because of the difference in the coefficients of the thermal expansion of the materials. To avoid cracking caused by this stress, most diffusion bonding research is concerned with ways of reducing thermal stress. Methods of achieving this include sandwiching either a third material with a coefficient of thermal expansion roughly halfway between that of the two bonding materials, or a readily deformable material between them. Much research is being done into the insertion of a material whose coefficient of thermal expansion changes gradually across its thickness (functionally gradient material, i.e. FGM).

2.6.5

surface activated bonding

SAB

process for bonding two substrates directly by increasing the surface energy of each substrate using ion beam or plasma irradiation

Note 1 to entry: Surface activated bonding is effective in reducing thermal stress because the temperature in the bonding process is comparably low. In MEMS devices, surface activated bonding is expected to be applied to the substrate bonding such as hermetic sealing.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

2.6.6

silicon fusion bonding

technique of bonding hydrophilized substrates made of silicon, oxidized silicon, and so on by primary hydrogen bonds between the surfaces, and then by Si-O-Si bonds after annealing at high temperature

Note 1 to entry: Silicon fusion bonding is used to form impurity diffusion layers or insulation layers inside a wafer by bonding two silicon wafers, one or both of which may be oxidized. The technology is also used to bond wafers that contain impurities of different species or concentrations, as an alternative process to in-depth impurity diffusion or epitaxial growth where high temperatures and long process time are required. The main problem with silicon fusion bonding is its high process temperature; all lower-temperature processes should take place after the bonding. Studies are ongoing to lower the process temperature by the application of plasma oxidation treatment before bonding, and to apply the technology to bond non-silicon materials. By bonding oxidized wafers, the silicon on insulator (SOI) structure can be obtained, in which an insulation layer is sandwiched by two silicon layers. The SOI structure is used to separate integrated element components by oxide and other dielectric materials to improve performance; for example, to manufacture photodiode arrays and so on. Another application of the technology is bonding wafers that have been bored or cut with grooves, to obtain precise structures made inside a wafer. This technique is used to make pressure sensors, and heat exchangers for laser diodes with internal cooling structure, and so on.

2.6.7

micromanipulator

mechanism to manipulate microscopic objects such as genes, cells, microcomponents, and microtools

Note 1 to entry: Micromanipulators can be driven by mechanical, pneumatic, hydraulic (oil or water), electromagnetic, or piezoelectric actuators as well as by electric motors. Micromanipulators for cell manipulation generally combine two separate drives: one for fine movement and one for coarse movement. Most micromanipulators are manually controlled by visual information received through microscopes or cameras to adjust their microposition. The future development of micromanipulators with force control mechanisms is expected for assembling microscopic objects using microforce and for realizing micro-teleoperation systems.

2.6.8

non-contact handling

grasping and moving objects without contact

Note 1 to entry: For example, it is general practice in cell manipulation to suck up cells with a glass micropipette and to handle them mechanically, but this contact damages the sample or changes the physical and chemical conditions, or both. One method of non-contact handling is laser trapping. With this method, the pressure of the light on the object (radiation pressure) manipulates the object without contact or damage. According to electromagnetic theory, the force generated by a 1 mW laser beam is 7 pN.

2.6.9

packaging

process of mounting components on a container that has external terminals for protecting the components

Note 1 to entry: The purpose of packaging is to minimize external chemical and physical damage to the components. As the device is miniaturized, strain due to the packaging stress is possibly troublesome. To prevent this, amongst other things, the bonding technology that joins microcomponents and so on to a silicon chip is important. In the field of sensor systems, a hybrid integration technology is necessary so that special packaging techniques are being studied.

2.6.10

wafer level packaging

process to complete packaging before dicing the wafer

2.6.11

through-silicon via

TSV

perpendicularly penetrating electro interconnection between both surfaces of a silicon substrate

Note 1 to entry: Through-silicon-vias are mainly applied to three-dimensionally stacked packaging of semiconductor devices. In the MEMS fields, the through-silicon-vias are applied to wafer level packaging technology. Some through-silicon-vias consist of through-via, insulator and electrode material. Solder, copper, doped-poly-silicon and so on are used as electrode materials.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

2.7 Terms and definitions relating to measurement technology

2.7.1

scanning probe microscope

SPM

microscope that uses a probe with a tip of atomic scale and scans it in a raster pattern close to the specimen for measuring physical quantities between the probe and the surface to obtain an image

Note 1 to entry: By approaching a sharply pointed probe tip to the surface of the specimen, various physical forces that work between the probe and the specimen can be measured at the resolution of an atomic scale. In general, the probe is moved over the surface of the specimen in a raster pattern while keeping the measured physical quantity to a constant level, and the displacement of the probe in doing so is used as the data for drawing a fine image of the specimen. This is the common principle of different types of scanning probe microscope, i.e. the scanning tunnel microscope, atomic force microscope, electrostatic force microscope, scanning ion microscope, scanning magnetic field microscope, scanning temperature microscope, and scanning friction force microscope.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

2.7.2

atomic force microscope

AFM

microscope that measures microscopic geometry by monitoring the displacement of a cantilever caused by the atomic force between the cantilever tip and the specimen while scanning the cantilever in a raster pattern

Note 1 to entry: The optical lever method is useful for monitoring the displacement of the cantilever. The displacement of the cantilever is measured by detecting the reflected light from the cantilever. There are three types of cantilever movement in the measurements: 1) the method wherein the cantilever contacts the specimen, 2) the method that monitors the amplitude change of the vibrating cantilever with cyclic contact (tapping mode), 3) the method that monitors the frequency change of the vibrating cantilever without contact between the cantilever and the specimen.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

2.7.3

scanning tunnelling microscope

STM

microscope that measures microscopic geometry by keeping the tunnelling current between the probe and the specimen constant while scanning the probe in a raster pattern

Note 1 to entry: When an extremely sharpened probe approaches the surface of a solid material at a distance of 1 nm to 2 nm and applies a voltage, a tunneling current is produced between them. By controlling the probe position so as to keep the tunneling current constant while the probe is moved in the horizontal direction, the surface profile at an atomic scale can be determined.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

2.7.4

near-field microscope

scanning near-field microscope

microscope that measures the intensity of electromagnetic or supersonic radiation through a nanometre-sized waveguide extremely close to the specimen while scanning the waveguide in a raster pattern to obtain high resolution images

Note 1 to entry: With ordinary microscopes, the resolution is limited to half of the wavelength of the electromagnetic waves or sonic waves used for observation. However, the resolution can be increased by making the aperture angle wide. If observation is made extremely close to the specimen through a nanometre-sized waveguide while moving the waveguide in a raster pattern, the resolution of the image is determined not by the wavelength but by the diameter of the waveguide alone. The near-field microscope obtains an image on the basis of this principle. However, the reduction in the diameter of the waveguide weakens the signal intensity, and so highly sensitive receivers are required to achieve a better resolution. The near-field supersonic microscope, laser scanning microscope, and fluorescent microscope are being developed.

2.7.5

spectroscopic ellipsometry

optical measurement method where the sample is successively irradiated with several-wavelength monochromatic light and both the thickness and the refractive index of the layers can be obtained simultaneously from the polarized reflection

Note 1 to entry: Monochromatic light from a spectroscope is linear-polarized using a polarizer. Then the light is irradiated on the thin film, and the reflected light intensity of the polarized components is measured. The thickness and the complex refractive index can be calculated from the measurement results.

2.7.6

aspect ratio, <micro-electromechanical devices>

ratio of the vertical dimension (height) to the horizontal dimension (width) of a three-dimensional structure, used as an index of the relative thickness of the structure

Note 1 to entry: It is accepted that the silicon process is not appropriate to form three-dimensional structures of much depth, because it is difficult to manufacture structures having an aspect ratio over 10:1. By the use of anisotropic etching or the LIGA process, deep holes, grooves and so on having an aspect ratio of 100:1 or greater can be obtained.

2.8 Terms and definitions relating to application technology

2.8.1

bio-MEMS

biomedical MEMS

application of MEMS technology in the field of biology, biomedical sciences or both

2.8.2

RF MEMS

radio frequency MEMS

application of MEMS technology in the field of wireless communication using radio frequency bands

2.8.3

MOEMS

micro-optical-electromechanical systems

application of MEMS technology in the field of optics

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

2.8.4

power MEMS

application of MEMS technology in the field of power generation and energy conversion

Note 1 to entry: Power MEMS include micro-thrusters for propulsion, micro-thermodynamic machines, micro fuel cells, energy harvesting devices and energy scavenging devices.

2.8.5

energy harvesting

power harvesting

energy scavenging

technology by which electric energy is derived from environmental sources and stored in the storage device

Note 1 to entry: MEMS technology is often used for typical energy conversion devices. Examples of environmental energies are solar energy, thermal energy, wind energy and mechanical vibration energy. Typical storage devices are a capacitor, super capacitor, and battery. The important applications of energy harvesting are the environmental monitoring system in the wide area or remote area, the security system, the building maintenance system, and the factory maintenance system.

2.8.6

lab-on-a-chip

system for a chemical, biochemical or biotechnological process that is installed on a microchip

Note 1 to entry: Lab-on-a-chip is a chip including systems for metering, measuring, and mixing microscopic liquid samples with reagents, moving the mixtures to an integrated temperature-controlled reaction chamber, and separating and determining the results with an on-board detector. Lab-on-a-chip can be used both for analysis and for synthesis.

2.8.7

micro TAS

integrated miniaturized chemical, biochemical or biotechnological analysis systems

Note 1 to entry: Micro TAS is an abbreviated term standing for Micro Total Analysis Systems.

2.8.8

microreactor

device for a chemical reaction process, which is on the micrometre scale

Note 1 to entry: A microreactor, which has a chamber-like shape and is on the micrometre scale, can be one of the processing units in a chemical process. The feature of microreactors is that temperature-, pressure- and concentration-gradients increase as scale is diminished, which increases thermal conductivity, mass transport and diffusion. For instance, when the size is reduced to 1/100, molecular diffusion time drops to 1/10 000. Other potential advantages of a microreactor include better control of reaction conditions, improved safety, and improved portability. The better control results from the precise controllability of the temperature due to the high surface-to-volume ratio of the reactor. The manufacturing processes, materials and shapes of the microreactor vary with the applications.

2.8.9

microscopic surgery

microsurgery, JP

surgical operation performed under a microscope view

Note 1 to entry: One attractive technique today is surgery performed under a stereoscope. While the technical term for this is microscopic surgery, in Japan it is called microsurgery. Microscopic surgery is practiced in otolaryngology, ophthalmology, neurosurgery, vascular surgery, plastic surgery, and other areas. Currently, surgery of the smallest scale is performed in suturing arteries, veins, and nerves with a diameter of around 800 µm using a needle and a thread with a diameter of around 20 µm. However, because surgeons must manipulate the needle holder, forceps and scalpel by hand, and perform the same actions as in ordinary surgery, these sizes of blood vessels and nerves are considered to be the limit. Therefore micro-teleoperation and other micromachine technology hold considerable promise for the future.

2.8.10

active catheter

catheter that can reach its destination by bending freely with a mounted microactuator in response to external control signals received

Note 1 to entry: If a catheter could bend freely and reliably inside winding tubular organs with internal passageways in response to external manipulation, diagnostic or therapeutic tools could be easily inserted into parts of the body through blood vessels. To realize the active catheter, various microactuators and micromechanisms will have to be developed.

2.8.11

fibre endoscope

tool that transfers images using a bundle of optical fibres, used for inside observation of the body which is impossible from the outside directly

Note 1 to entry: Compared with a rigid endoscope consisting of lenses alone, a fibre endoscope is flexible and can be easily bent because thin fibres are bundled, and therefore it is used to see the inside of tubular organs such as digestive tracts and blood vessels. Fibre endoscopes are also used for industrial purposes such as inspection of the inside of pipes and jet engines. With microsurgical tools loaded on the inside of endoscopes, a doctor can perform a surgical operation while observing the diseased part. Research and development for making microsurgical tools is also in progress.

2.8.12

smart pill

robot that performs measurement and drug delivery inside the body

EXAMPLE A commonly proposed example of a smart pill is the gastrointestinal tract smart pill. This smart pill includes a sampling device that takes samples for measuring, a drug reservoir and releasing system, and an intelligent sensor circuit and a controller fabricated on a silicon wafer as well as a micropower supply.

2.8.13

bio-chip

device consisting of miniaturized test sites arranged on a solid substrate that permits various biological reactions to be performed in a short time response

2.8.14

DNA chip

device consisting of a high density array of short DNA fragments bound to a solid surface which facilitates high throughput analysis of thousands of genes simultaneously

Note 1 to entry: DNA is the abbreviation for deoxyribonucleic acid.

2.8.15

protein chip

device consisting of a high density array of substances with a strong affinity for various proteins, such as antibodies, which facilitates high throughput analysis of thousands of proteins simultaneously

2.8.16

cell handling

manipulation or treatment of cells

Note 1 to entry: In the field of biotechnology, various manipulations are made to cells while holding them. One example is pricking a cell nucleus with a glass capillary tube and implanting foreign genes. For this kind of manipulation, apparatuses such as an optical microscope, micromanipulators, microstages, and micropipettes are used. Since most of these conventional types of equipment require dexterity and experience in manipulation, the development of automated systems is expected. Major themes of development are remote operation, manipulators having multi-degree of freedom, automated tracking systems, microactuators, and so on.

2.8.17

cell fusion

fusion of two adjacent cells into one cell with disappearance of the septum in between

Note 1 to entry: Through the artificial fusion of cells, a hybrid cell that retains the genetic information of both original cells, which can be of either the same or different species, is obtained. Cell fusion is a fundamental technique in biotechnology, as well as in gene manipulation. The fusion of cells is possible by using viruses or polyethylene glycol, and also by applying electric pulses. One example is implemented by a cell fusion apparatus, in which cells are suspended in liquid and aligned by applying alternating electric field, and then DC pulses are given to fuse the contacting septa. By application of micromachine technology, a system that can process a large quantity of cells at one time can be produced, in which multiple units of this apparatus are connected in parallel.

2.8.18

polymerase chain reaction, <micro-electromechanical devices>

PCR

amplification process for synthesizing billions of identical replicas of a DNA fragment

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

2.8.19

microfactory

small manufacturing system comparable in scale with the small products on which it is used

Note 1 to entry: Small equipment such as watches, cameras, and cassette recorders contain many components of a few millimetres in size. So far, such miniature components have been processed and assembled by metre-order

machine tools or assembly robots. Accordingly, in the processing of microcomponents and assembling by such metre-order manufacturing systems, the power required for the movement of the machine tools and assembly robots themselves is much higher than that required for the processing and assembly of the small equipment. In addition, compared to the size of the components and products, extremely large amounts of space and resources are required for metre-order manufacturing systems.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62047-1:2016

Annex A (informative)

Standpoint and criteria in editing this glossary

A.1 Guidelines for selecting terms

Attention was paid to the selection of terms for the glossary so as not to be partial to any specific field and to be helpful for the people in diverse fields, since micro-electromechanical devices relate to a wide variety of fields. To achieve this, Table B.1 was prepared dividing the terms into categories in order to confirm that there was no partiality to any field and that no important field had been left out. Further considerations were made for hierarchical relationships and for separating abstract and concrete terms in the table.

A.2 Guidelines for writing the definitions

As for the terms already defined in some field, definitions were followed to those. However, the definitions have been expressed as simply as possible to account for the fact that micro-electromechanical devices relate with various fields.

A.3 Guidelines for writing the notes

In addition to the general explanations, issues particular to micro-electromechanical devices are also described in the notes. Concrete numerical values and examples are cited in some terms. However, due to the possibility of future unforeseen developments, expressions that would limit the range of numerical values in applications have been avoided.

Annex B (informative)

Clause cross-references of IEC 62047-1:2005 and IEC 62047-1:2015

Table B.1 presents the changes from the previous edition as well as showing the difference in the categories of terms.

Table B.1 – Clause cross-reference of IEC 62047-1: 2005 and IEC 62047-1:2015

Ed.2: 2015	Ed.1: 2005	Heading of the first edition or new heading	Change contents
2	2	Terms and definitions	
2.1	2.1	General terms	
2.1.1	2.1.1	micro-electromechanical device	definition, note
	2.1.2	MEMS	omitted term
2.1.2	2.1.3	MST	
2.1.3	2.1.4	Micromachine	note
2.1.3.1		Micromachine <device>	new term
2.1.3.2		Micromachine <system>	new term
	2.1.5	micromachine technology	omitted term
2.2	2.2	Terms relating to science and engineering	
2.2.1	2.2.1	micro-science and engineering	definition
2.2.2	2.2.2	scale effect	definition
	2.2.3	mesotribology	omitted term
2.2.3	2.2.4	microtribology	
2.2.4	2.2.5	biomimetics	
	2.2.6	ciliary motion	omitted term
2.2.5	2.2.7	self-organization	
2.2.6		electro wetting on dielectric, EWOD	new term
2.2.7		stiction	new term
2.3	2.3	Terms relating to material science	
	2.3.1	shape memory polymer	omitted term
	2.3.2	modification	omitted term
2.3.1		silicon-on-insulator, SOI	new term (clause change)
2.4	2.4	Terms relating to functional element	
2.4.1	2.4.1	actuator	definition, note
2.4.2	2.4.2	microactuator	note
2.4.3	2.4.3	light-driven actuator	
2.4.4	2.4.4	piezoelectric actuator	
2.4.5	2.4.5	shape-memory alloy actuator	
2.4.6	2.4.6	sol-gel conversion actuator	
2.4.7	2.4.7	electrostatic actuator	
2.4.8	2.4.8	comb-drive actuator	
2.4.9	2.4.9	wobble motor	
2.4.10	2.4.10	microsensor	

Ed.2: 2015	Ed.1: 2005	Heading of the first edition or new heading	Change contents
2.4.11	2.4.11	biosensor	
2.4.12	2.4.12	integrated microprobe	
2.4.13	2.4.13	ion sensitive field effect transistor, ISFET	
2.4.14	2.4.14	accelerometer	
2.4.15	2.4.15	microgyroscope	
2.4.16	2.4.16	diaphragm structure	
2.4.17	2.4.17	microcantilever	
2.4.18	2.4.18	microchannel	
2.4.19	2.4.19	micromirror	
2.4.20	2.4.20	scanning mirror	
2.4.21	2.4.21	microswitch	
2.4.22	2.4.22	optical switch	
2.4.23	2.4.23	microgripper	
2.4.24	2.4.24	micropump	
2.4.25	2.4.25	microvalve	
	2.4.26	integrated mass flow controller	omitted term
2.4.26		CMOS MEMS	new term
2.4.27	2.4.27	micro fuel cell	
2.4.28	2.4.28	photoelectric transducer	
2.5	2.5	Terms relating to machining technology	
2.5.1	2.5.1	micromachining	definition, note
2.5.2	2.5.2	silicon process	
2.5.3	2.5.3	thick film technology	
2.5.4	2.5.4	thin film technology	
2.5.5	2.5.5	bulk micromachining	
2.5.6	2.5.6	surface micromachining	
2.5.7		surface modification	new term
2.5.8		chemical mechanical polishing, CMP	new term
2.5.9	2.5.7	photolithography	
2.5.10	2.5.8	photomask	
2.5.11	2.5.9	photoresist	
2.5.12	2.5.10	electron beam lithography	
	2.5.11	silicon-on-insulator, SOI	omitted term (clause change)
2.5.13	2.5.12	LIGA process	
2.5.14	2.5.13	UV-LIGA	
2.5.15	2.5.14	X-ray lithography	
2.5.16	2.5.15	beam processing	
2.5.17	2.5.16	sputtering	
2.5.18	2.5.17	focused ion beam machining, FIB- machining	term
2.5.19		laser dicing	new term
2.5.20	2.5.18	etching process	
2.5.21	2.5.19	wet etching	
2.5.22	2.5.20	dry etching	
2.5.23	2.5.21	isotropic etching	

Ed.2: 2015	Ed.1: 2005	Heading of the first edition or new heading	Change contents
2.5.24	2.5.22	anisotropic etching	
2.5.25	2.5.23	etch stop	definition, note
	2.5.24	lost wafer process	omitted term
2.5.26	2.5.25	sacrificial etching	
2.5.27		supercritical drying	new term
2.5.28	2.5.26	reactive ion etching, RIE	
2.5.29	2.5.27	DRIE, deep reactive ion etching	definition, note
2.5.30	2.5.28	ICP, inductivity coupled plasma	note
2.5.31	2.5.29	vapour deposition	
2.5.32		atomic layer deposition, ALD	new term
2.5.33	2.5.30	physical vapour deposition process, PVD process	
2.5.34		self-assembled monolayer, SAM	new term
2.5.35	2.5.31	electroforming	
2.5.36	2.5.32	micro-electrodischarge machining	
	2.5.33	hot embossing process	omitted term
2.5.37		nanoimprint	new term
2.5.38	2.5.34	micromoulding	
2.5.39	2.5.35	STM machining	
2.6	2.6	Terms relating to bonding and assembling technology	
2.6.1	2.6.1	bonding	
2.6.2	2.6.2	adhesive bonding	
2.6.3	2.6.3	anodic bonding	
2.6.4	2.6.4	diffusion bonding	
2.6.5		surface activated bonding, SAB	new term
2.6.6	2.6.5	silicon fusion bonding	
2.6.7	2.6.6	micromanipulator	
2.6.8	2.6.7	non-contact handling	
2.6.9	2.6.8	packaging	
2.6.10	2.6.9	wafer level packaging	
2.6.11		through-silicon via, TSV	new term
2.7	2.7	Terms relating to measurement technology	term
2.7.1	2.7.1	scanning probe microscope, SPM	
2.7.2	2.7.2	atomic force microscope, AFM	
2.7.3	2.7.3	scanning tunnelling microscope, STM	
2.7.4	2.7.4	near-field microscope, scanning near-field microscope	definition, note
2.7.5		spectroscopic ellipsometry	new term
2.7.6	2.7.5	aspect ratio	
	2.7.6	power-to-weight ratio	omitted term
2.8	2.8	Terms relating to application technology	
2.8.1	2.8.1	bio-MEMS, biomedical MEMS	note
2.8.2	2.8.2	RF MEMS, radio frequency MEMS	note
2.8.3	2.8.3	MOEMS, micro-optical-electromechanical systems	note
2.8.4		power MEMS	new term
2.8.5		energy harvesting, power harvesting, energy scavenging	new term

Ed.2: 2015	Ed.1: 2005	Heading of the first edition or new heading	Change contents
2.8.6	2.8.4	lab-on-a-chip	
2.8.7	2.8.5	micro TAS	
2.8.8	2.8.6	microreactor	
2.8.9	2.8.7	microscopic surgery, microsurgery	
2.8.10	2.8.8	active catheter	
2.8.11	2.8.9	fibre endoscope	
2.8.12	2.8.10	smart pill	
2.8.13	2.8.11	bio-chip	
2.8.14	2.8.12	DNA chip	
2.8.15	2.8.13	protein chip	
2.8.16	2.8.14	cell handling	
2.8.17	2.8.15	cell fusion	
2.8.18	2.8.16	polymerase chain reaction, PCR	
2.8.19	2.8.17	microfactory	

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62047-1:2016

Bibliography

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at <http://www.electropedia.org>)

IEC 60050-521:2002, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 521: Semiconductor devices and integrated circuits*

IEC 60050-815:2015, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 815: Superconductivity*¹

IEC 62047-1:2005, *Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices – Part 1: Terms and definitions*

ISO 2041:2009, *Mechanical vibration, shock and condition monitoring – Vocabulary*

¹ To be published.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62047-1:2016

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	35
1 Domaine d'application	37
2 Termes et définitions	37
2.1 Termes et définitions généraux	37
2.2 Termes et définitions relatifs aux sciences et techniques	38
2.3 Termes et définitions relatifs à la science des matériaux	39
2.4 Termes et définitions relatifs aux éléments fonctionnels	39
2.5 Termes et définitions relatifs aux techniques d'usinage	45
2.6 Termes et définitions relatifs aux technologies de collage et d'assemblage	53
2.7 Termes et définitions relatifs aux technologies de mesure	55
2.8 Termes et définitions relatifs aux technologies d'application	57
Annexe A (informative) Points de vue et critères pris en compte lors de la rédaction du présent glossaire	61
A.1 Lignes directrices pour la sélection des termes	61
A.2 Lignes directrices concernant la rédaction des définitions	61
A.3 Lignes directrices concernant l'usage des notes	61
Annexe B (informative) Références croisées des articles de l'IEC 62047-1:2005 et de l'IEC 62047-1:2015	62
Bibliographie	66
Tableau B.1 – Références croisées des articles de l'IEC 62047-1:2005 et de l'IEC 62047-1:2015	62

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62047-1:2016

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –
DISPOSITIFS MICROÉLECTROMÉCANIQUES –****Partie 1: Termes et définitions****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62047-1 a été établie par le sous-comité 47F: Systèmes microélectromécaniques, du comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2005. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) retrait de dix termes;
- b) révision de douze termes;
- c) ajout de seize nouveaux termes.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
47F/232/FDIS	47F/238/RVD

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

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

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

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62047-1:2016

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS MICROÉLECTROMÉCANIQUES –

Partie 1: Termes et définitions

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62047 définit des termes pour les dispositifs microélectromécaniques en incluant le procédé de production de ces dispositifs.

2 Termes et définitions

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

2.1 Termes et définitions généraux

2.1.1

dispositif microélectromécanique

dispositif microminiaturisé, dans lesquels des capteurs, des actionneurs, des transducteurs, des résonateurs, des oscillateurs, des composants mécaniques et/ou des circuits électriques sont intégrés

Note 1 à l'article: L'étendue des technologies associées est extrêmement vaste, allant des technologies fondamentales telles que la conception, les matériaux, le traitement, les éléments fonctionnels, les commandes systèmes, l'alimentation énergétique, les liaisons et les assemblages, les circuits électriques et l'appréciation, jusqu'aux sciences élémentaires telles que les microsciences et microtechniques, ainsi que la thermodynamique et la tribologie à l'échelle microscopique. Si les dispositifs constituent un système, ils sont parfois désignés sous l'appellation «système microélectromécanique» (MEMS, Micro-ElectroMechanical System).

2.1.2

MST

technologies des microsystèmes

technologie pour réaliser les microsystèmes électriques, optiques et de machines et même leurs composants en utilisant le micro-usinage

Note 1 à l'article: Le terme MST est essentiellement utilisé en Europe.

Note 2 à l'article: L'abréviation «MST» est dérivée du terme anglais développé correspondant «MicroSystem Technology».

2.1.3

micromachines

2.1.3.1

micromachine, <dispositif>

dispositif miniaturisé dont les composants mesurent quelques millimètres, voire moins

Note 1 à l'article: Ce terme englobe différents dispositifs fonctionnels (tels qu'un capteur exploitant la technologie de micromachine).

2.1.3.2

micromachine, <système>

microsystème consistant en une intégration de dispositifs de type micromachine

Note 1 à l'article: Une machine moléculaire appelée nanomachine en fait également partie.

2.2 Termes et définitions relatifs aux sciences et techniques

2.2.1

microsciences et microtechniques

sciences et techniques dédiées au monde microscopique des MEMS

Note 1 à l'article: Lorsque les systèmes mécaniques sont miniaturisés, divers paramètres physiques sont modifiés. Deux cas prévalent: 1) ces variations peuvent être prédites en extrapolant les variations du macromonde; 2) les particularités du monde microscopique deviennent apparentes et l'extrapolation n'est pas possible. Dans ce dernier cas, il est nécessaire d'établir de nouvelles équations théoriques et empiriques pour l'explication des phénomènes du monde microscopique. De plus, il faut que de nouvelles méthodes d'analyse et de synthèse pour traiter les problèmes techniques soient développées. La science des matériaux, la dynamique des fluides, la thermodynamique, la tribologie, la technique de commande, et la cinématique peuvent être systématisées comme microsciences et microtechniques supportant la micromécatronique.

2.2.2

effet d'échelle

variation des effets sur le comportement ou les propriétés des objets, causée par la modification des dimensions de l'objet

Note 1 à l'article: Le volume d'un objet est proportionnel à la puissance trois de sa dimension, tandis que la surface est proportionnelle à la puissance deux. En conséquence, l'effet de force de surface devient plus grand que celui de la force de masse dans le monde microscopique. Par exemple, la force dominante dans le mouvement de l'objet microscopique n'est pas la force d'inertie, mais la force électrostatique ou la force visqueuse. Les propriétés de matériaux d'objets microscopiques sont également affectées par la surface et la structure du matériau interne, et en conséquence, les valeurs caractéristiques sont parfois différentes de celles de volumes. Les propriétés de friction dans le monde microscopique diffèrent également de celles du monde macroscopique. Par conséquent, ces effets doivent être considérés avec prudence lors de la conception d'une micromachine.

2.2.3

microtribologie

tribologie dédiée au monde microscopique

Note 1 à l'article: La tribologie traite de la friction et de l'usure dans le monde macroscopique. Par ailleurs, lorsque les dimensions de composants telles que celles des micromachines deviennent extrêmement petites, la force de surface et la force visqueuse deviennent dominantes au lieu de la gravité et la force d'inertie. Selon la loi Coulomb de friction, la force de friction est proportionnelle à la charge normale. Dans l'environnement des micromachines, du fait de la réaction entre les forces de surface, une grande force de friction se produit, ce qui serait inconcevable dans un environnement à l'échelle ordinaire. De même, une très petite quantité d'abrasion qui ne constituerait pas un problème dans un environnement à l'échelle ordinaire peut irrémédiablement endommager une micromachine. La recherche en microtribologie vise à réduire les forces de friction et à découvrir les conditions exemptes de frictions, même à un niveau atomique. Dans cette recherche, les phénomènes qui se produisent avec des surfaces de friction ou des surfaces solides à une résolution allant de l'angström au nanomètre sont observés, et une analyse d'interaction à un niveau atomique est réalisée. Ces approches sont susceptibles d'être appliquées pour résoudre les problèmes en matière de tribologie pour l'environnement à l'échelle ordinaire ainsi que pour l'environnement des micromachines.

2.2.4

biomimétique

création de fonctions qui imitent les mouvements ou les mécanismes des organismes

Note 1 à l'article: En concevant les mécanismes microscopiques adaptés aux micromachines, les mécanismes et les structures d'organismes qui ont survécu à une sélection naturelle sévère peuvent constituer de bons exemples à imiter. Peuvent être citées à titre d'exemple les structures tridimensionnelles microscopiques, qui ont été modélisées d'après les exosquelettes et les systèmes d'accouplement élastiques des insectes. Dans les exosquelettes, un épiderme dur est accouplé à un corps élastique, et toutes les parties mobiles utilisent la déformation du corps élastique pour se déplacer. L'utilisation de la déformation élastique serait un avantage dans le monde microscopique pour éviter la friction. De même, la structure d'exosquelette est équivalente à un mécanisme de liaison fermé en cinématique et comporte la caractéristique qu'un certain mouvement d'actionneur peut être transmis à des liaisons multiples.

2.2.5

auto-organisation

organisation d'un système sans commande ou manipulation externe, où la structure hors équilibre émerge spontanément en raison des interactions collectives parmi un certain nombre de phénomènes ou d'objets microscopiques simples

2.2.6

électro-mouillage sur diélectrique

EWOD

mouillage d'un substrat contrôlé par la tension entre une goutte et le substrat recouvert d'un film diélectrique

Note 1 à l'article: L'angle de contact d'une goutte de liquide, typiquement un électrolyte, sur un substrat peut être contrôlé électriquement parce que la tension interfaciale de surface entre solide et liquide peut être contrôlée avec l'énergie stockée dans la double couche électrique jouant le rôle d'un condensateur. La capacité peut être aisément déterminée en recouvrant l'électrode avec un matériau diélectrique d'épaisseur déterminée. L'électro-mouillage sur diélectrique est typiquement utilisé dans les dispositifs microfluidiques.

Note 2 à l'article: L'abréviation «EWOD» est dérivée du terme anglais développé correspondant «Electro Wetting On Dielectric».

2.2.7

frottement par adhérence

phénomène par lequel une microstructure en mouvement reste attachée à une autre structure ou à un substrat par des forces d'adhérence

Note 1 à l'article: Lorsque des structures deviennent plus petites, le frottement par adhérence devient important en raison de l'effet d'échelle par lequel les forces de surface sont plus importantes que les forces de masse. Un frottement par adhérence se produit fréquemment dans le procédé de fabrication de MEMS, lorsque de petites structures sont produites pendant les procédés de gravure humide en raison de la tension de surface du liquide. Parmi les forces d'adhérence causant le frottement par adhérence figurent les forces de van der Waals, les forces électrostatiques et la tension de surface d'un liquide entre des structures.

2.3 Termes et définitions relatifs à la science des matériaux

2.3.1

silicium sur isolant

SOI

structure composée d'un isolant et d'une mince couche de silicium par-dessus

Note 1 à l'article: Le saphir (comme dans le substrat silicium sur saphir (SOS, Silicon On Sapphire)), le verre (comme dans le substrat silicium sur verre (SOG, Silicon On Glass)), le dioxyde de silicium, le nitrure de silicium, ou même une forme isolante de silicium lui-même sont utilisés comme isolant.

Note 2 à l'article: L'abréviation «SOI» est dérivée du terme anglais développé correspondant «Silicon-On-Insulator».

2.4 Termes et définitions relatifs aux éléments fonctionnels

2.4.1

actionneur, <dispositifs microélectromécaniques>

dispositif mécanique qui convertit de l'énergie non cinétique en énergie cinétique pour réaliser des travaux mécaniques

2.4.2

micro-actionneur

actionneur produit par micro-usinage

Note 1 à l'article: Pour une micromachine réalisant des travaux mécaniques, le micro-actionneur est indispensable en tant que composant de base. Peuvent être cités à titre d'exemples principaux l'actionneur électrostatique préparé par procédé silicium, l'actionneur piézoélectrique qui utilise des matériaux fonctionnels comme le plomb-zirconium-titane (PZT), l'actionneur caoutchouc pneumatique, et ainsi de suite. De nombreux autres actionneurs fondés sur divers principes de conversion énergétique ont été étudiés et développés. Cependant, tous ces actionneurs voient leur rendement de conversion énergétique se détériorer lorsque leur taille est réduite. Par conséquent, les mécanismes de mouvements d'organismes tels que la déformation de molécules de protéines, le mouvement flagellaire de bactéries et la contraction musculaire sont utilisés pour développer de nouveaux actionneurs spéciaux pour les micromachines.

Note 2 à l'article: Les actionneurs microélectrostatiques sont actionnés par un champ microélectrostatique, les micro-actionneurs magnétiques sont entraînés par un champ micromagnétique, et les micro-actionneurs piézoélectriques dépendent d'un champ de microcontrainte pour amener le déplacement et la puissance.

2.4.3

actionneur commandé par la lumière

actionneur qui utilise la lumière comme signal de commande ou source d'énergie, ou les deux à la fois

Note 1 à l'article: Après le développement de matériaux photostrictifs, divers actionneurs commandés par la lumière ont été proposés. Ces actionneurs ont des structures simples et peuvent être commandés sans fil. Le moteur proposé utilise l'effet de réalignment de spin, dans lequel un matériau magnétique absorbe la lumière, la chaleur résultante modifiant le sens de magnétisation de manière réversible. Les actionneurs utilisant la dilatation thermique et exploitant les réactions photochimiques de polymères sont également étudiés.

2.4.4

actionneur piézoélectrique

actionneur utilisant un matériau piézoélectrique

Note 1 à l'article: Les actionneurs piézoélectriques sont classés en types à plaque unique, bimorphes et empilés; l'un des matériaux les plus répandus est le plomb-zirconium-titane (PZT). Les caractéristiques sont les suivantes: 1) réponse rapide; 2) grande force de sortie par volume; 3) facilité de miniaturisation du fait d'une structure simple; 4) plage de déplacement étroite en vue d'une commande plus facile du microdéplacement; 5) haut rendement de la conversion énergétique. Les actionneurs piézoélectriques sont utilisés pour les actionneurs pour micromachines, telles que les moteurs ultrasonores et les vibrateurs. Peuvent être cités à titre d'exemple appliqué un actionneur piézoélectrique pour mécanisme mobile, qui se déplace par la vibration de résonance d'un bimorphe piézoélectrique, et un actionneur piézoélectrique micropositionneur, qui amplifie les déplacements d'un dispositif piézoélectrique empilé par un levier.

2.4.5

actionneur en alliage à mémoire de forme

actionneur qui utilise un alliage à mémoire de forme

Note 1 à l'article: Les actionneurs en alliage à mémoire de forme sont compacts, légers, et produisent de grandes forces. Ils peuvent être entraînés de manière répétée en un cycle thermique et peuvent être commandés arbitrairement en commutant le courant électrique par l'intermédiaire de l'actionneur à proprement parler. Récemment, des tentatives ont été faites pour utiliser les alliages afin de créer un système d'asservissement qui comporte un mécanisme de rétroaction approprié et un système de refroidissement, destinés à des applications où une réponse rapide n'est pas nécessaire. Peuvent être cités à titre d'exemples d'application en préparation les micropinces pour la manipulation de cellules, les microvannes pour la régulation de très petits débits et les endoscopes actifs à usage médical.

2.4.6

actionneur de conversion sol-gel

actionneur qui utilise la transition entre l'état de solution (liquide) et l'état de gélification (solide)

Note 1 à l'article: Un actionneur de conversion sol-gel peut fonctionner de la même manière pour les matières vivantes. Par exemple, si des électrodes sont mises sur une petite particule de gel de polyacrylate de sodium dans une solution électrolytique et qu'une tension est appliquée, la particule modifie sa forme de manière répétée. Les actionneurs de conversion sol-gel peuvent être connectés en série, scellés dans un tube mince et munis de plusieurs pattes, afin de réaliser un microrobot qui se déplace dans une direction et ressemble à un centipède. Une

autre application qui a été conçue est celle du microrobot à chenilles, qui se déplace automatiquement à travers un tube mince.

2.4.7

actionneur électrostatique

actionneur qui utilise une force électrostatique

Note 1 à l'article: L'actionneur électrostatique étant doté d'une structure simple, et sa force de sortie selon le poids augmentant à mesure que la taille est réduite, de nombreuses recherches sont en cours pour appliquer ces caractéristiques aux actionneurs de micromachines. Parmi les exemples d'applications développées à ce jour dans un cadre expérimental figurent un moteur oscillant et un actionneur électrostatique à couche.

2.4.8

actionneur microrésonateur

actionneur électrostatique, constitué d'une série de doigts parallèles, en position fixe, engagés et entrelacés avec un second ensemble de doigts mobiles

Note 1 à l'article: L'application d'une charge électrostatique à la première série de doigts attire les doigts de la seconde série, de sorte qu'ils s'insèrent plus à fond dans les espaces interdigitaux de la première série. La charge statique est alors enlevée et évacuée, et la seconde série de doigts revient à sa position initiale par la tension du ressort micro-usiné.

2.4.9

moteur oscillant

moteurs électrostatiques harmoniques

moteur électrostatique à entrefer variable qui génère un mouvement de roulement du rotor sur un stator excentré sans glissement

Note 1 à l'article: Les moteurs oscillants sont constitués d'un rotor, d'un stator avec électrodes pour la production d'une force électrostatique, et d'une couche d'isolation sur la surface du rotor ou du stator. Le rotor tourne dans le sens inverse à la révolution.

La vitesse de rotation V_{rot} est donnée par l'équation $V_{\text{rot}} = V_{\text{rev}} \times (L_{\text{stat}} - L_{\text{rot}}) / L_{\text{rot}}$, où V_{rev} est la vitesse de révolution, L_{stat} est la circonférence du stator et L_{rot} est la circonférence du rotor.

Les caractéristiques du moteur oscillant comprennent 1) la capacité à fournir aisément une faible vitesse et un couple élevé lorsque la circonférence du rotor est proche de la circonférence du stator; 2) l'absence de problème de frottement et d'usure du fait de l'absence de parties glissantes; 3) la possibilité d'utiliser divers matériaux pour la fabrication; 4) un rapport largeur/longueur pouvant être aisément augmenté. Par ailleurs, la révolution du rotor peut provoquer des vibrations inutiles. Peuvent être cités à titre d'exemples dans la production un moteur oscillant qui supporte un rotor par un couplage souple, et un moteur oscillant fabriqué par le procédé de fabrication de circuits intégrés et dont le rotor roule au niveau du point d'appui.

2.4.10

microcapteur

dispositif produit par exemple par micro-usinage et utilisé pour mesurer les grandeurs physiques ou chimiques, en les convertissant en une sortie électrique

Note 1 à l'article: Dans les micromachines, le premier domaine à avoir été développé et réalisé fut celui du microcapteur. Les microcapteurs comprennent les capteurs de grandeurs mécaniques (mesurant la pression, l'accélération, les sens tactiles, le déplacement, etc.), les capteurs de grandeurs chimiques (mesurant les ions, l'oxygène, etc.), les capteurs de grandeurs électriques (mesurant le magnétisme, le courant, etc.), les biocapteurs et les capteurs optiques. Dans de nombreux microcapteurs, la section de détection contenant le mécanisme est intégrée avec les circuits électroniques. Les avantages des microcapteurs sont les suivants: 1) ruptures d'environnement minimales; 2) l'aptitude à mesurer les états locaux de petites zones; 3) l'intégration avec les circuits; 4) une puissance de fonctionnement minime.

2.4.11

biocapteur

capteur qui utilise des substances organiques dans le dispositif, destiné à la mesure de sous-systèmes liés aux organismes ou qui imitent un organisme

Note 1 à l'article: Un biocapteur typique est constitué du matériau spécifique d'origine biologique tel qu'un enzyme ou un anticorps, qui identifie l'objet de la mesure, et le dispositif qui mesure une modification de grandeur physique ou chimique liée à la réaction d'identification. Un capteur à semiconducteurs ou tout autre type d'électrode (par exemple ISFET, électrode à micro-oxygène, capteur optique de détection de fluorescence) préparé par la technologie de micro-usinage du silicium peut être utilisé comme ce dispositif. Les biocapteurs sont utilisés pour les systèmes d'analyses sanguines, les capteurs de glucose, les microrobots, etc.

2.4.12

microsonde intégrée

sonde d'une pièce combinant une microsonde et un circuit de traitement de signal

Note 1 à l'article: Plus la partie sensible du capteur est petite, 1) moins l'objet de mesure connaît de perturbations; 2) plus le rapport signal-bruit de la mesure est élevé; 3) plus il est possible d'obtenir des données locales de petite zone. Une microsonde intégrée est un dispositif constitué d'une microsonde préparée par micro-usinage du silicium sous la forme d'une aiguille microscopique et incorporant un circuit de traitement de signal. Les microsondes intégrées réalisées en usinant les aiguilles de silicium selon un diamètre compris entre plusieurs nanomètres et plusieurs micromètres et en les combinant avec un circuit de conversion d'impédance, etc., sont exploitées comme électrodes microscopiques pour les organismes, les microscopes à effet tunnel à balayage (STM), et les microscopes à force atomique (AFM).

2.4.13

ISFET

transistor à effet de champ sensible aux ions

capteur à semiconducteurs intégrant une électrode sensible aux ions avec un transistor à effet de champ (FET, Field-Effect Transistor)

Note 1 à l'article: Dans la section d'électrode sensible aux ions, la tension de la membrane varie selon les fluctuations du pH ou de la pression partielle en dioxyde de carbone dans le sang, par exemple. Comme l'amplificateur de tension, l'ISFET utilise un FET, un transistor contrôlant la conductance du chemin de courant (voies) formé par les porteurs majoritaires utilisant un champ électrique perpendiculaire à la circulation de porteur. L'ISFET est fondé sur la technologie du micro-usinage du silicium intégrant un détecteur et un amplificateur sur un substrat de silicium. De plus, un ISFET avec composants mécaniques, tels qu'une vanne, a été développé. L'ISFET est utilisé dans des domaines tels que l'analyse médicale et l'instrumentation environnementale.

Note 2 à l'article: L'abréviation «ISFET» est dérivée du terme anglais développé correspondant «Ion-Sensitive Field-Effect Transistor».

2.4.14

accéléromètre

transducteur de mesure qui convertit une accélération en entrée en une sortie (généralement un signal électrique) qui est proportionnelle à l'accélération en entrée

Note 1 à l'article: L'accéléromètre, fondé sur la technologie du micro-usinage du silicium, est typiquement composé d'un ressort mou et d'une masse. L'accéléromètre capte le déplacement du ressort causé par l'inertie de la masse accélérée, ou détecte l'accélération à partir de la mesure de la force exigée pour annuler ce déplacement. Parmi les capteurs actuels en silicium, les accéléromètres sont tout particulièrement prometteurs et devraient s'imposer comme un produit de nouvelle génération. Il existe plusieurs types d'accéléromètres tels que les jauges de contrainte à semiconducteurs, les détecteurs de proximité capacitifs, les systèmes d'asservissement électromagnétiques et les systèmes d'asservissement électrostatiques. De plus, des accéléromètres de type détection de vibrations, qui détectent des variations de fréquences de résonance, et des accéléromètres de type à effet piézoélectrique, qui utilisent l'effet piézoélectrique, sont en cours de développement. Le développement continu vise des applications dans une grande variété de domaines, dont l'automobile, la robotique et l'industrie spatiale.

[SOURCE: ISO 2041:2009, 4.10, modifiée – La Note 1 à l'article a été ajoutée.]

2.4.15

microgyroscope

capteur microscopique pour la mesure de la vitesse angulaire

Note 1 à l'article: Les microgyroscopes sont susceptibles d'être appliqués en tant que capteurs d'orientation de microrobot. Les gyroscopes de rotation et de vibration reposent sur la force de Coriolis. Les gyroscopes laser en

anneau et les gyroscopes à fibre optique reposent sur l'effet Sagnac. Parmi ces types de gyroscopes, les gyroscopes vibrants (les types à diapason et à pièce de résonance) sont adaptés pour la miniaturisation et sont en cours de développement pour les applications miniaturisées.

2.4.16

structure de diaphragme

structure de membrane flexible qui sépare l'espace

Note 1 à l'article: Dans une région microscopique, des matériaux tels que le silicium cristallin, le polysilicium, entre autres, sont utilisés pour la structure de diaphragme. La structure est généralement fabriquée par gravure anisotrope. L'épaisseur de la structure peut être contrôlée entre quelques micromètres et plusieurs dizaines de micromètres, en fonction de l'application. La structure peut être utilisée pour détecter les variations de pression ou pour provoquer un déplacement. Par exemple, elle est utilisée dans la partie sensible à la pression d'un capteur de pression pour les moteurs d'automobile et les microphones à membrane de silicium. De même, elle est utilisée comme membrane pour modifier la pression des microvannes et micropompes.

2.4.17

micropoutre

poutre produite par micro-usinage

Note 1 à l'article: Les micropoutres sont souvent utilisées dans les microscopes haute résolution tels que les microscopes à force atomique (AFM).

2.4.18

microcanal

canal produit par micro-usinage

Note 1 à l'article: Les microcanaux sont souvent utilisés dans les dispositifs fluidiques tels que le dispositif de laboratoire sur puce. Le débit dans un microcanal est différent de celui du canal macroscopique, et la formulation du débit est l'une des questions clés des microsciences et des microtechniques. Un microcanal peut être utilisé en tant que guide acoustique.

2.4.19

micromiroir

miroir réfléchissant micro-dimensionné pouvant être actionné pour commander son angle de réflexion

2.4.20

miroir de balayage

miroir qui balaie un faisceau de lumière

Note 1 à l'article: Les miroirs de balayage sont développés pour les imprimantes laser, les parties de balayage des capteurs optiques, les têtes de lecture pour les disques optiques, les afficheurs, entre autres. Un ensemble de miroirs de balayage peut être fabriqué sur une plaquette de silicium avec un actionneur, grâce à la technologie de micro-usinage. Le miroir de balayage est susceptible d'être l'une des applications pratiques de la technologie des micromachines.

2.4.21

microcommutateur

commutateur mécanique produit par micro-usinage

Note 1 à l'article: Le terme «microcommutateur» est déjà utilisé dans les commutateurs du commerce qui sont produits en utilisant des techniques classiques.

Note 2 à l'article: L'application principale du microcommutateur est celle du microrelais.

2.4.22

interrupteur optique

élément optique permettant de commuter des signaux optiques sans conversion en signaux électriques

2.4.23

micropince

dispositif mécanique qui saisit des objets microscopiques

Note 1 à l'article: Les micropinces ont deux rôles. Elles peuvent être utilisées comme outils pour assembler des micromachines ou comme les mains des microrobots, etc. Dans l'un ou l'autre cas, la micropince comporte des doigts pour saisir des objets et un actionneur pour les manipuler. Comparées à une main de microrobot, les micropinces possèdent une grande structure, mais nécessitent un dispositif de commande précis. Comme la fonction d'une micropince est simplement de saisir un objet, une préhension autorisant plusieurs degrés de liberté nécessite la combinaison de manipulateurs adaptés. Comparée à une manipulation de type sans contact utilisant un faisceau laser, la manipulation de type à contact fondée sur une micropince ou un dispositif analogue autorise une meilleure commande d'orientation de l'objet. Cependant, si la taille de l'objet à manipuler est inférieure à plusieurs dizaines de micromètres, les forces d'attraction entre les surfaces des doigts de la micropince et l'objet manipulé rendent la manipulation difficile.

2.4.24

micropompe

dispositif mécanique qui maintient sous pression et ainsi transporte une petite quantité de fluide

Note 1 à l'article: Il existe de nombreux exemples de micropompes principalement fabriquées à base de silicium ou de verre, par exemple, et utilisant la technologie de micro-usinage pour former un diaphragme ainsi qu'un actionneur. Peuvent être citées à titre d'exemples d'application une pompe de type diaphragme, avec un clapet de non-retour microscopique entraîné par un élément piézoélectrique, et une pompe intégrée utilisant un actionneur à dilatation thermique ainsi qu'un microchauffage. Les pompes déchargeant et aspirant les fluides en déformant un diaphragme actionné par un actionneur piézoélectrique à empilement peuvent commander le débit en modifiant la fréquence de l'entraînement de l'actionneur. De plus, les pompes d'amortissement des pulsations peuvent commander le flux de fluide avec grande précision en utilisant une double pompe ainsi qu'une pompe tampon synchrone.

2.4.25

microvanne

dispositif mécanique qui commande le flux de fluide dans un canal microscopique

Note 1 à l'article: Les microvannes, constituées de composants tels que des actionneurs et des diaphragmes réalisés en silicium, etc., commandent le flux dans les canaux microscopiques (de dimensions inférieures à plusieurs micromètres). Par exemple, une vanne de commande de l'écoulement gazeux est composée d'un actionneur piézoélectrique à empilement et d'un diaphragme. Pour commander les fluides à haute viscosité comme le sang, il est nécessaire d'élargir le canal et d'augmenter la course de l'entraînement de la vanne. Un mécanisme utilisant une bobine en alliage à mémoire de forme et un ressort biais a été développé expérimentalement à cet effet, ainsi qu'un mécanisme qui modifie le canal par un actionneur électrostatique, magnétique ou piézoélectrique.

2.4.26

MEMS CMOS

dispositif à MEMS intégré, dans lequel des circuits de traitement de signal à semiconducteurs à oxyde métallique complémentaires (CMOS, Complementary Metal–Oxide–Semiconductor) et des éléments MEMS sont formés sur le même substrat en silicium

Note 1 à l'article: Le MEMS CMOS est une forme de dispositif à MEMS qui intègre des circuits de traitement de signal CMOS et des éléments MEMS. Généralement, un MEMS CMOS est fabriqué en réalisant un MEMS sur une plaquette CMOS préformée. Il est donc nécessaire que le procédé MEMS n'endommage pas le circuit CMOS.

2.4.27**micropile à combustible**

dispositif micro-usiné convertissant directement l'énergie chimique d'un combustible en électricité par un procédé électrochimique

2.4.28**transducteur photoélectrique**

transducteur qui émet une sortie électrique correspondant à la lumière incidente

Note 1 à l'article: Les transducteurs photoélectriques sont divisés en deux groupes selon leurs applications: 1) un photodétecteur qui traite les signaux lumineux; 2) un système de puissance photovoltaïque tel qu'une batterie solaire qui réagit à l'énergie solaire. Dans le premier cas, la sensibilité et la vitesse de réponse sont importantes, tandis que dans le dernier cas c'est le rendement de conversion énergétique qui est important. Classés par leurs principes de fonctionnement, les transducteurs photoélectriques peuvent être divisés en un type photoconducteur, caractérisé par des cellules photoconductrices et des tubes analyseurs d'images, et un type photovoltaïque, caractérisé par des photodiodes et des batteries solaires.

2.5 Termes et définitions relatifs aux techniques d'usinage**2.5.1****micro-usinage**

procédé d'usinage utilisé pour réaliser des structures microscopiques

Note 1 à l'article: Le micro-usinage est un terme général qui inclut différentes technologies d'usinage pour des structures microscopiques. Toutefois, selon le contexte, le terme peut avoir des significations plus spécifiques, déclinées ci-après:

- a) procédés d'usinage dérivés des technologies de fabrication de semiconducteurs, utilisés pour réaliser des structures microscopiques pour la production de micromachines ou de MEMS;
- b) procédés d'usinage utilisés pour réaliser des structures microscopiques de micromachines ou de MEMS, en utilisant des technologies d'usinage classiques telles que le découpage et le meulage.

2.5.2**procédé silicium**

terme générique pour les technologies de traitement pour le silicium

Note 1 à l'article: Tandis que le procédé silicium se divise principalement entre micro-usinage de surface et micro-usinage de volume, la plupart des technologies concernées sont les mêmes. Le procédé silicium débute avec le travail des couches et continue par le procédé de formation des motifs, le micro-assemblage, le recuit et l'encapsulation. Les techniques de travail combinent de nombreuses technologies, telles que le dépôt, la diffusion, la corrosion chimique et la lithographie. Une caractéristique du procédé silicium réside dans la capacité d'utiliser le traitement par lots sur de grandes plaquettes pour la fabrication en masse des composants.

2.5.3**technologie de couches épaisses**

technologie formant des couches épaisses sur le substrat

Note 1 à l'article: Une couche épaisse est une couche d'une épaisseur d'environ 5 μm ou plus, formée par le revêtement d'une pâte à l'encre ou d'une impression par pulvérisation, et d'un étuvage postérieur. Ces couches sont appliquées dans la fabrication des actionneurs piézoélectriques ou magnétiques.

2.5.4**technologie de couches minces**

technologie formant des couches minces sur le substrat

Note 1 à l'article: Une couche mince est une couche formée sur le substrat au moyen d'un dépôt sous vide ou d'une pulvérisation ionique, entre autres. L'épaisseur de la couche est comprise entre une couche d'atomes ou de molécules uniques et une épaisseur de 5 μm . Habituellement, le terme fait référence aux couches d'une épaisseur maximale de 1 μm . Une couche mince peut modifier des propriétés telles que la couleur, la réflectivité et le

coefficient de frottement du substrat, tandis que la forme du substrat reste pratiquement inchangée. Les phénomènes tels que la perturbation optique et la diffusion de surface sont sensiblement affectés par la formation de couches minces. Les formations de couches minces utilisent habituellement une étape hors équilibre, de formation nucléaire hétérogène, qui provoque des propriétés structurales différentes de celles des matériaux en volume produits dans des conditions d'équilibre ordinaires. Dans le cadre d'une application, la technologie des couches minces combinée avec la gravure a amélioré le degré d'intégration d'une tête d'impression thermique qui était jusqu'alors fabriquée de manière classique par la technologie des couches épaisses.

2.5.5

micro-usinage de volume

procédé de micro-usinage consistant à enlever une partie du substrat

Note 1 à l'article: Peut être citée à titre d'exemple de micro-usinage de volume une méthode de traitement fondée sur la gravure par solution chimique pour enlever les parties inutiles d'un substrat. Le fait de couvrir les zones à préserver avec un masque de SiO_2 ou Si_3N_4 assure que la gravure ne peut pas progresser hors de la surface. De même, une couche dopée au bore peut limiter la gravure à la partie située sous la couche en surface. Récemment, le collage par fusion du silicium a été utilisé pour fabriquer des structures encore plus complexes.

2.5.6

micro-usinage de surface

procédé de micro-usinage formant diverses substances revêtant diverses microformes à la surface du substrat

Note 1 à l'article: Le micro-usinage de surface est une technique de traitement qui applique par exemple un dépôt chimique en phase vapeur (CVD, Chemical Vapour Deposition) pour former diverses couches minces sur le substrat et qui utilise un masque pour réaliser le retrait sélectif de la surface du substrat pour produire des parties mobiles et d'autres structures. La couche dissoute qui a été déposée initialement est appelée la couche sacrificielle. Le matériau typique de la couche sacrificielle est le verre de phosphosilicate (PSG, PhosphoSilicate Glass). Cette technologie est appliquée à la fabrication de microfaisceaux, roulements, liaisons, etc.

2.5.7

modification de surface

procédé qui modifie les propriétés physiques, chimiques ou biochimiques de la surface du matériau

Note 1 à l'article: Les procédés de modification de surface incluent le dopage pour les applications électriques, le dépôt de matériaux pour les applications mécaniques et chimiques, et la modification moléculaire pour les applications biochimiques.

2.5.8

polissage mécano-chimique

CMP

procédé de planarisation d'un substrat par combinaison de polissage mécanique et de gravure chimique

Note 1 à l'article: Le polissage mécano-chimique est principalement utilisé lors des étapes de planarisation sur un substrat dans le cadre du procédé de fabrication de semiconducteurs. Puisque ces étapes sont composées de plusieurs matériaux tels que des substrats, des diélectriques et des métaux, différentes boues sont utilisées pour retirer chaque matériau de manière sélective. Dans les dispositifs à MEMS, le polissage mécano-chimique est utilisé pour rendre les surfaces de liaison planes dans le procédé d'encapsulation au niveau des plaquettes.

Note 2 à l'article: L'abréviation «CMP» est dérivée du terme anglais développé correspondant «Chemical Mechanical Polishing».

2.5.9

photolithographie

technique qui transfère un motif fin sur le substrat par l'utilisation de lumière

Note 1 à l'article: En photolithographie, une plaque de verre dotée sur le dessus du motif souhaité est utilisée en tant que masque. Le masque est placé sur le substrat sur lequel une couche mince de matériau photosensible (appelé «résine photosensible») a été enduite, afin d'exposer la partie du substrat aux rayons visibles ou

ultraviolets à travers le masque. La solubilité de la résine photosensible à la solution révélatrice étant modifiée par l'exposition à la lumière, le motif dessiné sur le masque est transféré à la couche mince de résine photosensible au cours du procédé de développement. La photolithographie est indispensable au procédé silicium. Dans l'industrie des semiconducteurs, les résolutions exigées pour les motifs horizontaux ont atteint le niveau submicrométrique, permettant l'utilisation de sources de lumière présentant des longueurs d'onde plus courtes.

2.5.10

photomasque

plaque de verre ou film partiellement transparent, utilisé pour transformer son motif transparent par projection optique

Note 1 à l'article: Dans le procédé de fabrication de circuits intégrés, le tracé du circuit conçu est dessiné sur une échelle dont le facteur d'agrandissement va de plusieurs dizaines à presque cent, puis réduit sur une plaque de verre ou un film comme un photomasque. Ce masque original est directement utilisé pour l'exposition, le copiage sur la plaquette, ou pour produire une version de travail avec le même tracé que l'original à utiliser dans le cadre de la production. Le matériau de la plaque dépend de la longueur d'onde des rayons utilisés dans le procédé de projection.

2.5.11

résine photosensible, <dispositifs microélectroniques>

matériau photosensible utilisé dans la photolithographie

Note 1 à l'article: La résine photosensible est constituée de composés macromoléculaires avec molécules fonctionnelles photosensibles. Il existe des résines photosensibles solubles dans l'eau et des résines photosensibles solubles dans les solvants organiques. Pour former un tracé, l'échantillon est enduit de résine photosensible, puis précuit, exposé, développé et soumis à l'étuvage final. Les résines photosensibles comprennent les résines photosensibles positives, qui perdent leur section exposée par le développement, et les résines photosensibles négatives, dont la section exposée demeure. Pour former des motifs fins submicrométriques, diverses résines photosensibles telles que les résines photosensibles aux faisceaux électroniques et aux rayons X sont soumises à l'exposition à des faisceaux de différentes longueurs d'onde.

2.5.12

lithographie par faisceaux électroniques

technique qui génère un motif fin sur le substrat par l'utilisation d'un faisceau électronique

Note 1 à l'article: La résolution du motif dépend de la longueur d'onde des rayons. La lithographie par faisceaux électroniques améliore la résolution par l'utilisation d'un faisceau électronique. Ainsi, le fait de combiner la lithographie par faisceaux électroniques avec un système de conception assistée par ordinateur (CAO) rend le procédé de lithographie flexible, sans nécessiter de masque. Cependant, il nécessite davantage de temps d'exposition comparé à l'exposition par lots, car le faisceau électronique doit être balayé selon une structure trame ou vectorielle.

2.5.13

procédé LIGA

procédé de création de microstructures utilisant la lithographie profonde, basé sur des rayons X (rayonnement synchrotron) et sur l'électroformage, qui peut être utilisé comme un moule

Note 1 à l'article: L'abréviation «LIGA» est dérivée du terme allemand développé correspondant «Lithographie, Galvanoformung und Abformung», signifiant lithographie, électroformage et moulage. Les caractéristiques du procédé LIGA incluent la capacité de produire en masse des microstructures à rapport largeur/longueur élevé, avec une largeur de trait de 1 µm à 10 µm et une hauteur de plusieurs centaines de micromètres, l'utilisation potentielle d'une large gamme de matériaux, y compris le plastique, les métaux et la céramique, et la combinaison possible avec les éléments à semiconducteurs de silicium, etc.

2.5.14

UV-LIGA

extension du procédé LIGA dans laquelle les rayons X sont remplacés par des rayons ultraviolets

2.5.15**lithographie à rayons X**

technique qui transfère un motif fin sur le substrat par l'utilisation de rayons X

Note 1 à l'article: La technologie de la lithographie a d'abord utilisé le rayonnement visible, mais avec l'augmentation du degré d'intégration des motifs, les rayons ultraviolets ou les lasers excimères de longueur d'onde très courte ont commencé à être utilisés. De plus, bien que l'exposition par lots soit difficile, la lithographie utilise parfois des faisceaux électroniques ou des faisceaux ioniques. Les rayons X ont une longueur d'onde bien plus courte que le laser excimère et sont de ce fait considérés comme adaptés à une intégration supérieure. Cependant, les systèmes optiques connaissent de nombreux problèmes; par exemple, il est difficile de produire une lentille efficace et précise pour les rayons X.

2.5.16**traitement par faisceaux**

procédé d'usinage utilisant des faisceaux énergétiques haute densité

Note 1 à l'article: Les faisceaux énergétiques haute densité utilisés dans le micro-usinage comprennent les faisceaux laser, les faisceaux électroniques, les faisceaux ioniques (le faisceau ionique focalisé (FIB, Focused Ion Beam) constitue un exemple typique de faisceau ionique) et les faisceaux moléculaires ou atomiques. Le micro-usinage fondé sur les faisceaux laser est réalisé à travers un masque à micromotifs, ou bien il utilise un faisceau laser focalisé. Dans le cas de la méthode du masque, la précision de l'usinage est déterminée par la précision du masque et l'aberration de la lentille. Dans le cas d'un faisceau laser focalisé, la précision de l'usinage est déterminée par la longueur d'onde du faisceau laser et la longueur focale de la lentille. Le traitement par faisceaux ioniques est utilisé dans la finition des profils aigus.

2.5.17**pulvérisation, <procédé d'éjection>**

éjection d'atomes utilisant l'énergie cinétique d'un bombardement d'ions, passant d'une source de rayonnement plasma à un dépôt sous forme de couche mince sur un matériau de base

Note 1 à l'article: La pulvérisation par ions inertes ou réactifs peut être appliquée à divers types de traitements, pour l'éjection, par exemple la gravure, ou bien le dépôt des atomes éjectés, par exemple la formation d'une couche mince.

[SOURCE: IEC 60050-521:2002, 521-03-17, modifiée – La pulvérisation est souvent utilisée comme un procédé d'éjection et comme un procédé de dépôt]

2.5.18**usinage par faisceau ionique focalisé****usinage par FIB**

technique qui ôte la partie microscopique en surface du matériau au moyen d'une pulvérisation avec des ions accélérés et focalisés

Note 1 à l'article: L'utilisation d'un faisceau ionique focalisé d'un diamètre d'environ 0,1 μm permet de percer des trous microscopiques d'une haute précision pour aiguiser divers types de sondes, et de traiter et modifier les lentilles de surface asphérique. En mesurant les variations d'intensité des ions secondaires ou des électrons secondaires rejetés par le matériau, la profondeur du traitement peut également être précisément contrôlée. L'inconvénient réside dans la faible vitesse du procédé, ainsi que dans la relative complexité du matériel nécessaire pour obtenir le vide poussé exigé.

Note 2 à l'article: L'abréviation «FIB» est dérivée du terme anglais développé correspondant «Focused Ion Beam».

2.5.19**découpage en dés au laser**

technologie de découpage de plaquettes utilisant un rayonnement lumineux laser balayant des lignes de découpe formant des dés sur un substrat

Note 1 à l'article: Lorsqu'il est compliqué d'utiliser des lames pour le découpage en dés, la méthode de découpage en dés au laser est largement utilisée. Cette méthode utilise un rayonnement lumineux laser focalisé sur le substrat et des couches modifiées sont formées sous les lignes de découpe. Finalement, la plaquette est découpée en dés par une expansion mécanique.

2.5.20

procédé de gravure, <dispositifs microélectromécaniques>

procédé de suppression de matériau au moyen de la corrosion chimique

Note 1 à l'article: La gravure, c'est-à-dire tant la gravure isotrope que la gravure anisotrope, supprime la partie de matériau dans un environnement corrosif en phase gazeuse ou liquide, parfois avec l'assistance de l'énergie électrique (gravure électrochimique). Dans le domaine de la technologie du micro-usinage, la gravure anisotrope est répandue. Peut être citée à titre d'exemple l'application de l'hydroxyde de potassium (KOH) ou de l'éthylènediamine pyrocatechine (EDP) sur le silicium cristallin, via laquelle le plan cristallin d'indice de Miller (111) est enlevé par gravure plus lentement que les autres plans cristallins, en laissant une structure tridimensionnelle constituée du plan cristallin (111).

2.5.21

gravure humide

procédé de gravure en phase liquide par solution chimique réactive

Note 1 à l'article: Pour appliquer une gravure humide, la région devant être laissée non gravée est couverte au préalable par un masque, tandis que le reste est laissé exposé, puis le matériau est trempé dans la solution réactive. Les procédés de gravure sont divisés en gravure isotrope, qui est indépendante de la structure cristalline du matériau, et en gravure anisotrope, qui dépend de la structure cristalline du matériau. Dans un procédé de gravure isotrope, la corrosion progresse dans tous les sens à une vitesse constante à partir d'une région non masquée à la surface, donnant lieu à une section transversale de forme circulaire. Par ailleurs, dans un procédé de gravure anisotrope, la vitesse de gravure varie selon les différentes directions cristallines du matériau et le plan correspondant à la vitesse de gravure la plus lente est laissé non gravé, ce qui détermine donc la forme finale.

2.5.22

gravure sèche

procédé de gravure en phase vapeur par la réaction physique, chimique ou bien physico-chimique du gaz réactif ou plasma réactif

Note 1 à l'article: Un gaz réactif émis par l'énergie électrique réagit avec le substrat et enlève le matériau pour former la forme ou la dimension souhaitée. Les méthodes de gravure se divisent entre la gravure plasma, qui est une gravure isotrope fondée sur une réaction chimique, et la gravure ionique, qui est une gravure directionnelle qui utilise une réaction physique (pulvérisation). La gravure sèche, qui utilise l'une de ces méthodes ou les deux, est beaucoup utilisée dans les procédés de fabrication de circuit intégré en intégration à grande échelle (LSI, Large Scale Integration).

2.5.23

gravure isotrope

procédé de gravure dans lequel la vitesse de gravure ne varie pas en fonction de l'orientation cristallographique ou de la direction des faisceaux énergétiques

Note 1 à l'article: L'agent de gravure isotrope typique pour le silicium est la solution $\text{HF}/\text{HNO}_3/\text{CH}_3\text{COOH}$ (HNA).

2.5.24

gravure anisotrope

procédé de gravure dans lequel la vitesse de gravure diffère en fonction de l'orientation cristallographique ou de la direction des faisceaux énergétiques

Note 1 à l'article: L'agent de gravure anisotrope typique pour le silicium est l'hydroxyde de potassium (KOH), qui est largement utilisé dans divers micro-usinages de volume.

2.5.25**arrêt de gravure**

technique qui termine le procédé de gravure à une profondeur contrôlée, où une couche est formée à une vitesse de gravure très faible

Note 1 à l'article: L'arrêt de gravure est parfois utilisé comme la couche de fin du procédé de gravure. Il existe deux grands types de méthodes d'arrêt de gravure utilisés en micro-usinage: l'arrêt de gravure au dopant et l'arrêt de gravure électrochimique.

2.5.26**gravure sacrificielle**

procédé de micro-usinage dans lequel une couche intermédiaire intercalée entre deux couches d'un matériau différent est de préférence (de manière sacrificielle) gravée et retirée sélectivement

Note 1 à l'article: Habituellement, la sélectivité de gravure est élevée entre la couche intermédiaire et les deux couches sandwich. L'objet de la couche sacrificielle est de relâcher mécaniquement une couche sandwich ou les deux. L'oxyde de silicium est une couche sacrificielle communément utilisée.

2.5.27**séchage supercritique**

méthode de séchage utilisant un fluide supercritique

Note 1 à l'article: Le fluide supercritique se diffuse et se dissout facilement, sans attraction due à la tension de surface. Grâce au séchage supercritique, il est possible de sécher les matériaux délicats tout en conservant leur structure, alors que les méthodes classiques de séchage entraînent une déformation excessive et une détérioration de la structure. Le dioxyde de carbone est souvent utilisé comme fluide supercritique. Celui-ci permet en effet de prélever un échantillon sec dans le liquide de nettoyage, puisque le dioxyde de carbone supercritique peut dissoudre différents matériaux et vaporise en-dessous du point critique. Il est utilisé pour le procédé de séchage sans adhérence, dans la fabrication de dispositifs à MEMS.

2.5.28**gravure ionique réactive****RIE**

technique qui combine la gravure avec des gaz corrosifs et la pulvérisation avec des ions

Note 1 à l'article: Avec la gravure ionique réactive, le matériau est enlevé de manière sélective dans le sens vertical sous le masque, tant par réaction chimique que par bombardement physique (pulvérisation) avec des ions et des radicaux produits dans un plasma. A la différence de la gravure anisotrope, dans laquelle le sens d'érosion dépend de l'orientation cristallographique du matériau, dans la gravure ionique réactive le sens de retrait est déterminé par le sens du flux ionique. La gravure ionique réactive aboutit à moins d'érosion de gravures sous-jacentes, à partir du bord en dessous du masque, par rapport à la gravure humide.

Note 2 à l'article: L'abréviation «RIE» est dérivée du terme anglais développé correspondant «Reactive Ion Etching».

2.5.29**gravure ionique réactive profonde****DRIE**

variation de la gravure ionique réactive (RIE) qui peut produire des structures à rapport largeur/longueur élevé avec des parois verticales

Note 1 à l'article: Par exemple, des structures à rapport largeur/longueur élevé peuvent être produites en introduisant alternativement un gaz de gravure et un gaz de formation de film de protection dans un équipement de gravure ionique réactive.

Note 2 à l'article: L'abréviation «DRIE» est dérivée du terme anglais développé correspondant «Deep Reactive Ion Etching».

2.5.30**plasma à couplage inductif****ICP**

plasma haute densité produit par couplage inductif

Note 1 à l'article: Le plasma à couplage inductif est utilisé dans les procédés de gravure tels que la gravure ionique réactive profonde.

Note 2 à l'article: L'abréviation «ICP» est dérivée du terme anglais développé correspondant «Inductively Coupled Plasma».

2.5.31**dépôt en phase vapeur**

technologie prévue pour déposer une substance provenant d'une vapeur sur une surface solide

Note 1 à l'article: Le dépôt en phase vapeur est une technique destinée à former une couche mince en vaporisant une substance solide, typiquement un métal placé sous vide, au moyen d'un chauffage ou d'une irradiation avec des faisceaux électroniques, et en exposant le substrat à la vapeur à déposer. La pureté de la couche dépend de la pression dans la chambre. La résistance d'adhésion de la couche est relativement faible et la structure cristalline peut être imparfaite du fait que la couche colle par la force de la simple adhérence. De ce fait, le substrat est parfois préchauffé pour induire une réaction chimique après le dépôt, afin de renforcer l'adhérence et d'améliorer la structure cristalline.

2.5.32**dépôt de couches atomiques****ALD**

technique de dépôt de couches minces dont la résolution en épaisseur est de l'ordre de l'atome

Note 1 à l'article: En modifiant de manière séquentielle les gaz précurseurs, le procédé de dépôt chimique peut être contrôlé jusqu'à l'échelle atomique ou moléculaire. Dans le procédé d'épitaxie par faisceaux moléculaires, qui est une des techniques connexes, la couche déposée a la même structure cristalline que celle d'un substrat monocristallin.

Note 2 à l'article: L'abréviation «ALD» est dérivée du terme anglais développé correspondant «Atomic Layer Deposition».

2.5.33**procédé de dépôt physique en phase vapeur, <dispositifs microélectromécaniques>****procédé PVD**

procédé de production d'une couche mince principalement au moyen de l'évaporation physique

Note 1 à l'article: Le procédé de dépôt physique en phase vapeur constitue principalement une couche mince en procédant par évaporation sous vide d'espèces atomiques ou par dépôt par pulvérisation utilisant une seule cible ou des cibles multiples dans des atmosphères inertes ou réactives (par exemple la pulvérisation magnétron à fréquences radioélectriques, la pulvérisation par faisceaux ioniques, l'épitaxie par faisceaux moléculaires, l'ablation laser).

Note 2 à l'article: L'abréviation «PVD» est dérivée du terme anglais développé correspondant «Physical Vapour Deposition».

[SOURCE: IEC 60050-815:2015, 815-14-13, modifiée – Le matériau source n'est pas limité aux matériaux superconducteurs; le dépôt peut concerner différents matériaux.]

2.5.34**monocouche auto-assemblée****SAM**

monocouche auto-organisée de molécules adsorbées chimiquement sur une surface en raison de l'affinité spécifique des molécules

Note 1 à l'article: Dans une monocouche auto-assemblée, les molécules sont typiquement fortement liées au substrat par une liaison chimique, alors que les molécules des films de Langmuir-Blodgett sont faiblement liées par adsorption physique, par exemple une force électrostatique.

Note 2 à l'article: L'abréviation «SAM» est dérivée du terme anglais développé correspondant «Self-Assembled Monolayer».

2.5.35**électroformage**

production ou reproduction par dépôt électrolytique sur un mandrin ou un moule d'articles qui sont ensuite séparés de leurs supports

Note 1 à l'article: Une résine ou une autre matrice est rendue conductrice par placage autocatalytique, et est utilisée comme une cathode pour déposer par électrolyse le métal souhaité, en couche épaisse et rapidement. Le produit est obtenu en libérant le métal de la matrice. La méthode d'électroformage est utilisée dans la fabrication de matrices pour les disques compacts et les disques laser, car la forme et la rugosité de surface de la matrice sont reproduites précisément.

2.5.36**micro-usinage par procédé électrolytique**

procédé de micro-usinage utilisant la décharge entre les microélectrodes et le matériau

Note 1 à l'article: Tandis que le micro-usinage par procédé électrolytique utilise le même principe que l'usinage classique par procédé électrolytique, la technologie de décharge de microénergie et la technologie de production de microélectrodes diffèrent: il faut que la capacité flottante entre l'électrode et le matériau traité soit réduite et il faut que l'électrode soit miniaturisée par des méthodes telles que le meulage par procédé électrolytique de fil (WEDG, Wire Electro-Discharge Grinding). Grâce à la méthode WEDG, des électrodes d'un diamètre de 2,5 µm peuvent être préparées et des microtrous peuvent être traités avec cette électrode.

2.5.37**nano-impression**

procédé de moulage pour reproduire des structures à l'échelle du nanomètre

Note 1 à l'article: La nano-impression est classée en deux types en fonction de la méthode de moulage: la nano-impression thermoplastique qui utilise des contrôles de température et de pression avec des matériaux thermoplastiques, et la nano-impression photo qui utilise un rayonnement lumineux avec des matériaux photodurcissables. Le procédé d'estampage à chaud, une technique classique, est un procédé de fabrication similaire à la nano-impression thermoplastique. Dans certains cas, la différence entre l'estampage à chaud et la nano-impression porte sur le procédé de moulage, visant à former respectivement des matériaux de couches volumiques et des matériaux de couches minces sur un substrat.

2.5.38**micromoulage**

procédé destiné à obtenir la forme souhaitée de composants microscopiques après avoir versé un matériau liquéfié dans un moule

Note 1 à l'article: Le micromoulage est un procédé de microformage utilisant des moyens tels que la compression, le transfert, l'injection et le soufflage pour constituer la forme souhaitée dans un moule métallique. Des microformes sont créées en ajoutant des matières premières, telles que des polymères et de la céramique dans un moule. Dans le procédé LIGA, les plastiques sont formés dans un moulage métallique utilisant la technologie de moulage de précision. Dans un exemple typique, un plastique de faible viscosité est dégazé et ajouté dans le moule à vide sous haute pression, afin de prévenir la formation de bulles et de remplir complètement les petits espaces. Le traitement thermique est réalisé à haute température sous haute pression pour cuire le plastique, soulager la contrainte, et compenser le retrait. Les structures en plastique réalisées avec cette technologie de

moulage par réaction et injection peuvent être plaquées et utilisées elles-mêmes comme moules pour produire des structures métalliques.

2.5.39

usinage STM

traitement de surface de niveau atomique et moléculaire (manipulation atomique) utilisant un microscope à effet tunnel à balayage (STM)

Note 1 à l'article: L'usinage STM, dont un exemple emploie des atomes pour écrire des caractères, est bien connu et peut être utilisé pour réaliser le traitement aux niveaux moléculaire et atomique. Cette technologie est extrêmement sensible aux vibrations, ce qui rend son application difficile.

Note 2 à l'article: L'abréviation «STM» est dérivée du terme anglais développé correspondant «Scanning Tunnelling Microscope».

2.6 Termes et définitions relatifs aux technologies de collage et d'assemblage

2.6.1

collage

technique prévue pour unir un matériau à un autre

EXEMPLE Les exemples typiques comprennent le collage anodique, le soudage par diffusion, le collage par fusion du silicium et le soudage de fils par ultrasons. Dans ces exemples, les matériaux sont collés sans matériaux adhésifs.

2.6.2

assemblage par collage

technique prévue pour coller deux matériaux en utilisant des matériaux polymérisés en tant qu'adhésif

2.6.3

collage anodique

technique de collage d'un substrat de verre contenant des ions mobiles et d'un substrat de silicium, de métal, etc., où les substrats sont ramollis par la chaleur et collés par l'attraction électrostatique d'une double couche électrique produite en appliquant une haute tension à travers les substrats dont la face en verre fait office de cathode

Note 1 à l'article: Le résultat obtenu est un collage haute précision, en raison du procédé de collage au niveau de l'état solide des substrats. La résistance de collage dépend pour une grande part de l'uniformité des surfaces, bien que cela ne soit pas aussi critique que pour le collage par fusion du silicium. Le collage des plaquettes de silicium avec des matériaux tels que le verre borosilicate ou le verre trempé permet la fabrication de structures à cavités internes, telles que les capteurs de pression capacitifs et les micropompes. Lors du collage de deux plaquettes de silicium ou d'une plaquette de silicium et d'une plaquette de métal, une couche mince de verre se forme sur la surface de contact des plaquettes, ou bien la surface de la plaquette de silicium est oxydée. Le problème de l'utilisation des couches minces réside dans le fait que, à haute température de collage, la tension de rupture diélectrique des couches est diminuée au point qu'une tension suffisante ne peut pas être appliquée. Pour réduire la température du procédé à la température ambiante, des tentatives sont effectuées pour former une couche de verre présentant un bas point de fusion, par pulvérisation. Cela résout des problèmes tels que la contrainte et la déformation causées par une contrainte thermique, et cela amène des points positifs tels qu'une amélioration de la précision et un large choix de matériaux.

2.6.4

soudage par diffusion

technique pour lier des matériaux par chauffage en deçà de leur point de fusion et en les pressant ensemble pour obtenir l'adhérence à l'état solide par diffusion mutuelle de leurs atomes

Note 1 à l'article: Comme les matériaux sont collés à l'état solide, un collage bien plus précis est possible par rapport au collage par fusion. Le soudage par diffusion est principalement utilisé pour souder des métaux entre eux, ou pour souder un matériau céramique à du métal. Après le soudage de matériaux dissemblables, une contrainte

thermique se produit au cours du refroidissement, du fait de la différence des coefficients de dilatation thermique des matériaux. Pour éviter les craquelures provoquées par cette contrainte, la plus grande partie des recherches sur le soudage par diffusion s'attache aux façons de réduire la contrainte thermique. Les méthodes prévues à cet effet comprennent la mise en sandwich soit d'un troisième matériau avec un coefficient de dilatation thermique approximativement à mi-chemin entre celui des deux matériaux, soit d'un matériau aisément déformable entre ceux-ci. Une grande partie des recherches en cours porte sur l'insertion d'un matériau dont le coefficient de dilatation thermique varie progressivement à travers l'épaisseur (matériau à gradient de fonctionnalité (FGM, Functionally Gradient Material)).

2.6.5

collage avec activation de surface

SAB

procédé de collage direct de deux substrats en augmentant l'énergie de surface de chaque substrat, en utilisant un faisceau ionique ou un rayonnement plasma

Note 1 à l'article: Le collage avec activation de surface est efficace pour réduire les contraintes thermiques, car la température du procédé de collage est relativement faible. Le collage avec activation de surface est susceptible d'être appliqué aux dispositifs à MEMS, pour le collage hermétique du substrat.

Note 2 à l'article: L'abréviation «SAB» est dérivée du terme anglais développé correspondant «Surface Activated Bonding».

2.6.6

collage par fusion du silicium

technique de collage de substrats hydrophilisés réalisés en silicium, en silicium oxydé, entre autres, par liaisons hydrogène primaire entre les surfaces, et ensuite par liaisons Si-O-Si après recuit à haute température

Note 1 à l'article: Le collage par fusion du silicium est utilisé pour former des couches de diffusion d'impureté ou des couches d'isolation à l'intérieur d'une plaquette par liaison de deux plaquettes de silicium; l'une de ces plaquettes ou les deux peuvent être oxydées. La technologie est également utilisée pour lier les plaquettes qui contiennent des impuretés de différentes espèces ou concentrations, comme un procédé alternatif à la diffusion des impuretés en profondeur ou à la croissance épitaxiale, exigeant de hautes températures et une longue durée de procédé. Le problème principal posé par le collage par fusion du silicium réside dans la haute température du procédé; il convient que tous les procédés à température inférieure aient lieu après le collage. Des études sont en cours pour abaisser la température du procédé par l'application d'un traitement d'oxydation par plasma avant collage, et pour appliquer la technologie à la liaison de matériaux sans silicium. En liant deux plaquettes oxydées, la structure du silicium sur isolant (SOI) peut être obtenue, dans laquelle une couche d'isolation est en sandwich entre deux couches de silicium. La structure silicium sur isolant (SOI) est utilisée pour séparer les composants d'éléments intégrés par l'oxyde des autres matériaux diélectriques, afin d'améliorer les performances; par exemple pour fabriquer des réseaux de photodiodes, etc. Une autre application de la technologie consiste à lier des plaquettes qui ont été percées ou dans lesquelles des encoches ont été découpées, afin d'obtenir des structures précises réalisées à l'intérieur d'une plaquette. Cette technique est utilisée pour réaliser des capteurs de pression, des échangeurs de chaleur pour les diodes laser avec structure de refroidissement interne, etc.

2.6.7

micromanipulateur

mécanisme prévu pour manipuler des objets microscopiques tels que les gènes, les cellules, les microcomposants et les micro-outils

Note 1 à l'article: Les micromanipulateurs peuvent être entraînés par un actionneur mécanique, pneumatique, hydraulique (huile ou eau), électromagnétique ou piézoélectrique, ainsi que par des moteurs électriques. Les micromanipulateurs prévus pour la manipulation des cellules combinent généralement deux entraînements séparés: un pour le mouvement fin et un pour le mouvement grossier. La plupart des micromanipulateurs sont commandés manuellement par des informations visuelles reçues par l'intermédiaire de microscopes ou de caméras, permettant de régler leur microposition. Des développements futurs de micromanipulateurs avec mécanismes de commande de la force sont susceptibles de permettre l'assemblage d'objets microscopiques au moyen d'une microforce et de réaliser des systèmes de microtéléopération.

2.6.8

traitement sans contact

saisie et déplacement d'objets sans contact