

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62047-1

Première édition
First edition
2005-09

**Dispositifs à semiconducteurs –
Dispositifs microélectromécaniques –**

**Partie 1:
Termes et définitions**

**Semiconductor devices –
Micro-electromechanical devices –**

**Part 1:
Terms and definitions**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 62047-1:2005

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/searchpub) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/online_news/justpub) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/searchpub) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/online_news/justpub) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62047-1

Première édition
First edition
2005-09

**Dispositifs à semiconducteurs –
Dispositifs microélectromécaniques –**

**Partie 1:
Termes et définitions**

**Semiconductor devices –
Micro-electromechanical devices –**

**Part 1:
Terms and definitions**

© IEC 2005 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

T

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
1 Domaine d'application	8
2 Termes et définitions	8
2.1 Termes généraux	8
2.2 Termes relatifs à la science et à la technique	10
2.3 Termes relatifs à la science des matériaux	12
2.4 Termes relatifs aux éléments fonctionnels	14
2.5 Termes relatifs aux techniques d'usinage	24
2.6 Termes relatifs aux technologies de collage et d'assemblage	36
2.7 Termes relatifs aux technologies d'évaluation	40
2.8 Termes relatifs aux technologies d'application	42
Annexe A (informative) Points de vue et critères pris en compte lors de la rédaction de ce glossaire	48

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	9
2 Terms and definitions	9
2.1 General terms	9
2.2 Terms relating to science and engineering	11
2.3 Terms relating to material science	13
2.4 Terms relating to functional element.....	15
2.5 Terms relating to machining technology.....	25
2.6 Terms relating to bonding and assembling technology.....	37
2.7 Terms relating to evaluation technology	41
2.8 Terms relating to application technology.....	43
Annex A (informative) Standpoint and criteria in editing this glossary.....	49

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS MICROÉLECTROMÉCANIQUES –

Partie 1: Termes et définitions

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 62047-1 a été établie par le comité d'études 47 de la CEI: Dispositifs à semiconducteurs.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
47/1821/FDIS	47/1840/RVD

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

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

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62047-1 has been prepared by IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

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

FDIS	Report on voting
47/1821/FDIS	47/1840/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.

La CEI 62047 comprend les parties suivantes, regroupées sous le titre général *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs microélectromécaniques*:

Partie 1: Termes et définitions

Partie 2: Méthodes d'essais de traction des matériaux à couche mince (en préparation)

Partie 3: Pièce d'essai normalisé à couche mince pour essai de traction (en préparation)

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62047-1:2005

IEC 62047 consists of the following parts, under the general title *Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices*:

Part 1: Terms and definitions

Part 2: Tensile testing methods of thin film materials (in preparation)

Part 3: Thin film standard test piece for tensile testing (in preparation)

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62047-1:2005

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS MICROÉLECTROMÉCANIQUES –

Partie 1: Termes et définitions

1 Domaine d'application

Cette partie de la CEI 62047 définit des termes pour les dispositifs microélectromécaniques en incluant le processus de production de ces dispositifs.

2 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les définitions suivantes s'appliquent.

2.1 Termes généraux

2.1.1

dispositif microélectromécanique

systèmes électromécaniques microminiaturisés, dans lesquels des capteurs, des actionneurs et/ou des circuits électriques sont intégrés sur une pastille de semiconducteur

2.1.2

MEMS

systèmes électromécaniques microminiaturisés, dans lesquels des capteurs, des actionneurs et/ou des circuits électriques sont intégrés sur une puce utilisant un procédé à semi-conducteurs

NOTE MEMS est un acronyme pour "systèmes microélectromécaniques". Le terme MEMS est principalement utilisé aux Etats-Unis. En général, ce terme sous-entend les technologies pour réaliser les microstructures, capteurs, et actionneurs en utilisant la technologie de procédé silicium même si on l'emploie occasionnellement sous d'autres sens.

2.1.3

MST

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

NOTE MST est un acronyme pour "technologies des microsystèmes". Le terme MST est essentiellement utilisé en Europe.

2.1.4

micromachines

dispositifs miniaturisés dont les composants sont de plusieurs millimètres ou de taille inférieure ou un microsystème consistant en une intégration de tels dispositifs

NOTE Le terme de 'micromachine' revêt un sens large allant d'un dispositif fonctionnel tel qu'un capteur qui utilise la technologie des micromachines à un système complet. Une machine moléculaire appelée nanomachine en fait également partie. De telles applications industrielles sont prévues comme les systèmes de contrôle et de réparation pour la tuyauterie et les espaces confinés, et les micro-usines qui consomment moins d'énergie. Dans le domaine médical, les micromachines sont prévues pour remplacer la chirurgie ordinaire par un traitement moins invasif de l'intérieur du corps. La recherche et le développement pour la réalisation de micromachines sont divisés en deux approches: les systèmes microélectromécaniques (MEMS) utilisant les processus de fabrication à semiconducteurs, et la miniaturisation des technologies de machines existantes.

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 definitions apply.

2.1 General terms

2.1.1

micro-electromechanical device

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

2.1.2

MEMS

micro-sized electromechanical systems, in which sensors, actuators and/or electric circuits are integrated on a chip using a semiconductor process

NOTE MEMS is an acronym standing for "micro-electromechanical systems". The term MEMS is mostly used in the United States. In general, this term means technologies to realize microstructures, sensors, and actuators by using silicon process technology, though it is occasionally used in some other meanings.

2.1.3

MST

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

NOTE MST is an acronym standing for microsystem technologies. The term MST is mostly used in Europe.

2.1.4

micromachine

miniaturized devices the components of which are several millimeters or smaller in size, or a microsystem that consists of an integration of such devices

NOTE The term 'micromachine' has a broad sense from a functional device such as sensor that utilizes the micromachine technology to a completed system. A molecular machine called a nanomachine is also included. Such industrial applications are expected as inspection and repair systems for piping or confined spaces, and micro-factories, which consume less energy. In the medical field, micromachines are expected to replace ordinary surgery by less invasive treatment from the inside of the body. Research and development for the realization of micromachines is divided into two approaches: micro-electromechanical systems (MEMS) using semiconductor manufacturing processes, and miniaturization of the existing machine technologies.

2.1.5

technologie des micromachines

terme générique pour les technologies ayant trait aux micromachines

NOTE Les technologies liées aux micromachines sont extrêmement diversifiées. Dans le domaine de la technologie fondamentale, les technologies des micromachines comprennent la conception, le matériau, le traitement, l'élément fonctionnel, le système de commande, l'alimentation en énergie, les liaisons et les assemblages, le circuit électrique et l'évaluation ainsi que la microscience et la microtechnique telles que la thermodynamique et la tribologie à une microéchelle. Les technologies des micromachines comportent deux aspects: les technologies nécessaires pour réaliser les micromachines, et les technologies nécessaires pour appliquer de tels germes techniques aux autres domaines industriels.

2.2 Termes relatifs à la science et à la technique

2.2.1

microscience et technique

science et technique pour le monde microscopique des micromachines

NOTE Lorsque les systèmes mécaniques sont miniaturisés, divers paramètres physiques varient. 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'analyses et de synthèses 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 techniques supportant la micromécatronique.

2.2.2

effet d'échelle

variations des divers effets sur le comportement des objets ou des propriétés causées par la modification de la dimension de l'objet

NOTE 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

mésotribologie

tribologie s'appliquant à la zone mésoscopique intermédiaire entre le monde microscopique et le monde macroscopique

NOTE La tribologie traite de la friction et de l'usure dans le monde macroscopique. Par ailleurs, deux domaines essentiels de la recherche de microtribologie sont l'investigation de phénomènes de tribologie sur une échelle atomique ou moléculaire, et la quantification des caractéristiques de friction ou usure. Si les macrocaractéristiques produites sur les deux surfaces soumises au mouvement relatif sont repérées d'après leur emplacement d'origine, l'unité minimale de l'amas atomique ou de molécules provoquant ces caractéristiques est atteinte. L'observation sur une échelle plus fine atteint une limite à laquelle ces caractéristiques disparaissent. La mésotribologie poursuit de nouveaux développements à la limite micro-macro en rassemblant les atomes à une échelle sous-nanométrique pour créer une échelle mésoscopique et investigant sur les phénomènes tribologiques à cette échelle.

2.1.5

micromachine technology

technology relating to micromachines

NOTE Micromachine-related technologies are extremely diversified. In the fundamental technology field, micromachine technologies include: design, material, processing, functional element, system control, energy supply, bonding and assembly, electrical circuit, and evaluation as well as micro-science and engineering such as thermodynamics and tribology in a microscale. Micromachine technologies have two aspects: technologies required to realize micromachines, and technologies required to apply such technical seeds to other industrial fields.

2.2 Terms relating to science and engineering

2.2.1

micro-science and engineering

science and engineering for the microscopic world of micromachines

NOTE 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 analyses and syntheses to deal with engineering problems must be developed. Material science, fluid dynamics, thermodynamics, tribology, control engineering, and kinematics can be systematized as micro-sciences and engineering supporting micromechatronics.

2.2.2

scale effect

changes of various effects on the objects behaviour or the properties caused by the change of the object's dimension

NOTE 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, 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 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 that in the macroscopic world. Therefore, those effects must be considered cautiously while designing a micromachine.

2.2.3

mesotribology

tribology applying to the intermediate mesoscopic area between the microscopic world and the macroscopic world

NOTE Tribology deals with friction and wear in the macroscopic world. On the other hand, two major topics of microtribology research are the investigation of tribology phenomena on an atomic or molecular scale, and the quantification of characteristics in friction or wear. If the macro-characteristics generated on both surfaces undergoing relative motion are traced to where they originate, the minimum unit of the atomic or molecule cluster causing those characteristics is reached. Observation on a finer scale reaches a boundary at which these characteristics disappear. Mesotribology pursues new developments on the micro-macro boundary by bringing together atoms on a subnanometer scale to create a mesoscopic scale and investigating the tribological phenomena on this scale.

2.2.4

microtribologie

la tribologie pour le monde microscopique des micromachines

NOTE 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. Et une très petite quantité d'abrasion qui ne deviendrait 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 ou 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 de angström à nanomètre sont observés, ou une analyse d'interaction à un niveau atomique est réalisée. Ces approches sont prévues pour être appliquées en résolvant les problèmes de tribologie pour l'environnement à l'échelle ordinaire ainsi que pour l'environnement des micromachines.

2.2.5

biomimétique

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

NOTE En concevant les mécanismes microscopiques adaptés aux micromachines, les mécanismes et les structures d'organismes qui ont survécu à une sélection naturelle sévère peuvent servir comme bons exemples d'imitation. A titre d'exemple, on peut citer 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.

2.2.6

mouvement ciliaire

mouvement coordonné de plusieurs cils

NOTE Des ondes progressives sont générées par le mouvement coordonné de cils multiples, qui sont utilisées pour transférer le fluide ou de minuscules particules, ou sont utilisées pour faire avancer l'organisme microscopique lui-même. A titre d'exemple, on peut citer le rejet de déchets microscopiques de trachées humaines, et parmi ceux-ci on trouve la nage d'organismes unicellulaires, tels que la paramécie. En imitant ces mouvements ciliaires, les actionneurs comportant de nombreux cils artificiels ont été fabriqués par micro-usinage.

2.2.7

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

2.3 Termes relatifs à la science des matériaux

2.3.1

polymère à mémoire de forme

résine qui récupère sa forme primaire après avoir été déformée lorsqu'elle est chauffée ou reçoit d'autres stimuli

NOTE Pour avoir la propriété de la mémoire de forme, une résine doit comporter des domaines mélangés de la phase fixe partiellement cristallisée ou pontée et de la phase réversible. La mémorisation et la restitution d'une forme passent par les étapes suivantes. On maintient la résine au-dessus d'une température spécifique pour adoucir les phases fixes et réversibles. Ensuite, en maintenant la résine en une forme (forme primaire), la température est abaissée pour geler la phase fixe tandis que la phase réversible est maintenue souple, stockant ainsi la mémoire de la forme primaire. Puis, la résine est déformée en une autre forme (forme secondaire) par une force extérieure, et refroidie encore pour geler la phase réversible et garder la forme secondaire. Dans cet état, la forme secondaire est retenue même si la force extérieure est supprimée. La forme primaire stockée est restaurée si la résine est chauffée à la température à laquelle seule la phase réversible s'adoucit. Etant donné que la forme de restauration est permise par ramollissement par la chaleur, la force générée est limitée. Certaines résines retrouvent leur forme non pas par la chaleur mais par des modifications du pH, des stimuli électriques, ou des stimuli lumineux. Les résines à mémoire de forme sont constituées de polyester, polyuréthane, styrène butadiène, polynorbornane, transpolyisoprène, entre autres.

2.2.4

microtribology

tribology for the microscopic world of micromachines

NOTE 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. And very small quantity of abrasion that would not become a problem in an ordinary scale environment can fatally damage a micromachine. Microtribology research seeks to reduce frictional forces or to discover conditions that are free of friction, even on an atomic level. In this research, phenomena that occur with friction surfaces or solid surfaces at from angstrom to nanometer resolution are observed, or 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.

2.2.5

biomimetics

creating functions that imitate the motions or the mechanisms of organisms

NOTE In devising microscopic mechanisms suitable for the 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 after the exoskeletons and elastic coupling systems of insects. In exoskeletons, 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 the 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.

2.2.6

ciliary motion

coordinated motion of multiple cilia

NOTE Progressive waves are generated by coordinated motion of multiple cilia, which is used to transfer fluid or tiny particles, or are used to propel a microscopic organism itself. An example of the former is the ejection of microscopic waste from human tracheae, and of the latter is the swimming of unicellular organisms, such as paramecium. By imitating these ciliary motions, actuators with many artificial cilia have been fabricated by micromachining.

2.2.7

self-organization

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

2.3 Terms relating to material science

2.3.1

shape memory polymer

resin that can recover its primary shape after being deformed when it is heated or receives any other stimuli

NOTE To have the shape memory property, a resin has to have mixed domains of the bridged or partially crystallized fixed phase and the reversible phase. Memorizing and restoring a shape takes the following steps. The resin is kept above a specific temperature to soften both the fixed and reversible phases. Then, holding the resin in one shape (primary shape), temperature is lowered to freeze the fixed phase while the reversible phase is kept soft, thereby storing memory of the primary shape. Then the resin is deformed to another shape (secondary shape) by external force, and cooled further to freeze the reversible phase and keep the secondary shape. In this state, the secondary shape is retained even if the external force is removed. The stored primary shape is restored if the resin is heated to the temperature at which only the reversible phase softens. Since restoration shape is enabled by softening by heat, the generated force is limited. Some resins recover shape not by heat but by changes in pH, electrical stimuli, or light stimuli. Shape memory resins are made of polyester, polyurethane, styrene butadiene, polynorbornane, transpolyisoprene, and so on.

2.3.2

modification

<dispositifs microélectromécaniques> technique de traitement qui modifie les propriétés physiques ou chimiques du matériau

NOTE Les traitements de modification comprennent le dopage local par un faisceau ionique focalisé, le dopage laser induisant une transition de phase telle que la formation de cristal unique, l'implantation ionique, et le mélange ionique.

2.4 Termes relatifs aux éléments fonctionnels

2.4.1

actionneur

<dispositifs microélectromécaniques> dispositif mécanique qui convertit divers types d'énergies tels que l'énergie électrique, l'énergie chimique en énergie cinématique pour réaliser des travaux mécaniques

NOTE Pour une micromachine réalisant des travaux mécaniques, le micro-actionneur est indispensable en tant que composant de base. A titre d'exemples principaux, on peut citer l'actionneur électrostatique préparé par procédé silicium, l'actionneur piézoélectrique qui utilise des matériaux fonctionnels comme le PZT, l'actionneur caoutchouc pneumatique, et ainsi de suite. De nombreux autres actionneurs fondés sur divers principes de conversion de l'énergie ont été étudiés et développés. Cependant, tous ces actionneurs voient leur rendement de conversion de l'énergie se détériorer lorsque leur taille est réduite. Par conséquent, des 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.

2.4.2

micro-actionneur

actionneur produit par micro-usinage

NOTE Par exemple les actionneurs microélectrostatiques sont actionnés par un champ microélectrostatique, les micro-actionneurs sont conduits 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

NOTE 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. On propose un moteur qui utilise l'effet de réalignement de spin, dans lequel un matériau magnétique absorbe la lumière, et la chaleur résultante modifie 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 Les actionneurs piézoélectriques sont classés en types à plaque unique, bimorphes et empilés et le matériau répandu 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, et 5) Haut rendement de la conversion énergétique. Les actionneurs piézoélectriques sont utilisés pour les actionneurs pour micromachines, telles que les moteurs ultrasonores, la phase de microdéplacement, les ventilateurs, les pompes, et les haut-parleurs. A titre d'exemple appliqué, on peut citer 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.

2.3.2

modification

<micro-electromechanical devices> processing technology that modifies physical or chemical properties of the material

NOTE Modification processes include local doping by a focused ion beam, laser doping inducing phase transition such as single crystal formation, ion implantation, and ion mixing.

2.4 Terms relating to functional element

2.4.1

actuator

<micro-electromechanical devices> mechanical device that converts various types of energies such as electric energy, chemical energy into kinematic energy to perform mechanical work

NOTE 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, piezoelectric actuator that utilizes functional materials like lead zirconate titanate, PZT, pneumatic rubber-actuator, and so on. Many other actuators based on various energy conversion principles have been investigated and developed. However, all these actuators deteriorate their energy conversion efficiency as their size is reduced. Therefore, motion mechanisms of organisms such as deformation of protein molecules, flagellar movement of bacteria, and muscle contraction are being utilized to develop special new actuators for micromachines.

2.4.2

microactuator

actuator produced by micromachining

NOTE For example, micro-electrostatic actuators are actuated by micro-electrostatic field, magnetic microactuators are driven by micromagnetic field, and piezoelectric microactuators depend on microstress field to convey motion and power.

2.4.3

light driven actuator

actuator that uses light as control signal or energy source

NOTE After the development of photostrictive materials, various light driven actuators have been proposed. These actuators have simple structures and can be driven by wireless. 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 studied.

2.4.4

piezoelectric actuator

actuator that uses piezoelectric material

NOTE 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) Great output force per volume, 3) Ease of miniaturization because of 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, microdisplacement stage, fan, pump, and speaker. An applied example is a piezoelectric actuator for traveling mechanism which moves by the resonance vibration of a piezoelectric bimorph, and a micropositioner piezoelectric actuator which amplifies displacements of a stacked piezoelectric device by a lever.

2.4.5

actionneur en alliage à mémoire de forme

actionneur qui utilise un alliage à mémoire de forme

NOTE Les actionneurs en alliage à mémoire de forme sont compacts, légers, et produisent de grandes forces. Les actionneurs 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 lui-même. 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 en particulier. A titre d'exemples d'application en préparation, on peut citer les micropinces pour la manipulation de cellules, les microvannes pour la régulation de très petites quantités et les endoscopes actifs à usage médical.

2.4.6

actionneur de conversion sol-gel

actionneur qui utilise la transition entre l'état (liquide) dans le sol et l'état (solide) du gel

NOTE 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 une tension est appliquée, la particule modifie sa forme de manière répétée. Elles peuvent être connectées en série, scellées dans un tube mince et on peut les munir de nombreuses pattes, pour réaliser un microrobot qui se déplace en 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 Etant donné que l'actionneur électrostatique comporte une structure simple et que sa force de sortie selon le poids est augmentée tandis que la taille est réduite, de nombreuses recherches sont en cours pour l'appliquer à l'actionneur de micromachines. Des exemples d'applications développées à ce jour dans un cadre expérimental comprennent un moteur oscillant, un actionneur électrostatique à couche, entre autres.

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 L'application d'une charge électrostatique à la première série attire les doigts de la seconde série, de sorte qu'ils deviennent plus complètement insérés dans les espaces interdigitaux de la première série. Alors, la charge statique est enlevée et évacuée, la seconde série revient à sa position initiale par la tension du ressort micro-usiné.

2.4.9

moteur oscillant

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

NOTE Les moteurs oscillants sont également désignés sous le nom de moteurs électrostatiques harmoniques. Ces moteurs sont constitués d'un rotor, d'un stator avec électrodes pour la production d'une force électrostatique, 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 définie comme suit: $V_{rot} = V_{rev} \times (L_{stat} - L_{rot}) / L_{rot}$, avec V_{rev} , la vitesse de révolution, L_{stat} , la circonférence du stator et L_{rot} 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 problèmes de frottement et d'usures du fait de l'absence de glissement de parties, 3) la capacité à utiliser divers matériaux, 4) un rapport largeur/longueur qui peut facilement augmenter. Par ailleurs, la révolution du rotor peut provoquer des vibrations inutiles. A titre d'exemples dans la production on peut citer 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.

2.4.5**shape memory alloy actuator**

actuator that uses shape memory alloy

NOTE Shape memory alloy actuators are compact, light, and produce large forces. The 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 in particular. 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 A sol-gel conversion actuator can work in a similar way to living things. For example, if electrodes are put on small particle of sodium polyacrylate gel in electrolytic solution and a voltage is applied, the particle repeatedly changes its shape. They can be connected in series, sealed in a thin pipe and given with multiple legs, to make a microrobot that moves in one direction 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 Since the electrostatic actuator has a simple structure and its output force per weight is increased as the size is reduced, many researches are ongoing to apply it to the actuator of micromachines. Application examples developed so far on an experimental basis include a wobble motor, a film electrostatic actuator, and so on.

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 Application of an electrostatic charge to the first set 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, the second set is returned to its home position by micromachined spring tension.

2.4.9**wobble motor**

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

NOTE Wobble motors are also called harmonic electrostatic motors. These 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 friction and wear problems because of no sliding parts, 3) the ability to use diverse materials, 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 IC process and whose rotor rolls at the fulcrum.

2.4.10

microcapteur

terme générique pour les dispositifs mesurant les grandeurs physiques ou chimiques et qui sont produits par micro-usinage

NOTE Dans les micromachines, le premier domaine à développer et réaliser est 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) moins de rupture d'environnement, 2) l'aptitude à mesurer les états locaux de petites zones, 3) l'intégration avec les circuits, et 4) une puissance de fonctionnement moindre.

2.4.11

biocapteur

terme générique pour les capteurs qui utilisent des substances organiques dans le dispositif, qui sont destinées à la mesure de sous-systèmes liés à l'organisme ou qui imitent un organisme

NOTE Un biocapteur typique est constitué du matériau spécifique d'origine biologique tel qu'enzyme ou un anticorps qui identifie l'objet de mesure et le dispositif qui mesure une modification des grandeurs physiques ou chimiques liées à la réaction d'identification. Un capteur à semiconducteur ou tout type divers d'électrodes (ex. ISFET, électrode à micro-oxygène, et 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, entre autres.

2.4.12

microsonde intégrée

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

NOTE Plus la partie sensible du capteur est petite, 1) moins l'objet de mesure connaît de perturbations, 2) plus le rapport signal sur bruit de la mesure est élevé, et 3) plus on peut obtenir de données locales de petite zone. Une microsonde intégrée est un dispositif constitué d'une microsonde préparée par micro-usinage du silicium en une aiguille microscopique et en 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., servent en utilisation réelle d'électrodes microscopiques pour les organismes, les microscopes à effet tunnel (STM), et les microscopes à force atomique (AFM).

2.4.13

transistor à effet de champ sensible aux ions

ISFET

capteur à semiconducteur intégrant une électrode sensible aux ions avec un transistor à effet de champ (FET)

NOTE 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 comme une vanne a été développé. Le ISFET est utilisé dans des domaines tels que l'analyse médicale et l'instrumentation environnementale.

2.4.10**microsensor**

device, produced by micromachining and which is used for measuring the physical or chemical quantity

NOTE In micromachines, the first field to be developed and realized is that of the microsensor. Microsensors include mechanical quantity sensors (measuring pressure, acceleration, tactile senses, displacement, etc.), chemical quantity sensors (measuring ions, oxygen, etc.), electrical 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) less environmental disruption, 2) the ability to measure local states of small areas, 3) integration with circuits, and 4) less operating power.

2.4.11**biosensor**

sensor that use organic substances in the device, that are intended for measurement of organism related subsystems, or that mimic an organism

NOTE A typical biosensor consists of the 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 electrodes (ex. 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 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**ion sensitive field effect transistor****ISFET**

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

NOTE In the ion sensitive electrode section, the membrane voltage changes according to fluctuations of pH or carbon dioxide partial pressure in 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 electrical 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.

2.4.14**accéléromètre**

transducteur qui convertit une accélération à l'entrée en une sortie (habituellement électrique) qui est proportionnelle à l'accélération en entrée

[ISO 2041:1990]¹

NOTE Cet accéléromètre, fondé sur la technologie de micro-usinage du silicium, est généralement 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 prometteurs de produits 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, les 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 a pour but des applications dans une variété étendue de domaines, y compris les automobiles, les robots, et l'industrie spatiale.

2.4.15**microgyroscope**

capteur microscopique pour la mesure de la vitesse angulaire

NOTE Les microgyroscopes sont prévus pour être appliqués en tant que capteurs d'orientation du microrobot. Les gyroscopes de rotation et de vibration reposent sur la force de Coriolis. Les gyroscopes laser en anneau et les gyroscopes à fibres optiques 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 du diaphragme**

structure de membrane flexible qui sépare l'espace

NOTE 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 à plusieurs dizaines de micromètres en fonction de l'application. La structure peut être utilisée pour détecter les variations de pression ou provoquer un déplacement. Par exemple, elle est utilisée dans la partie sensible à la pression d'un capteur de pression pour les moteurs d'automobiles. 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 Les micropoutres sont souvent utilisées dans les microscopes haute résolution tels que les Microscopes à Force Atomique (MFA).

2.4.18**microcanal**

canal produit par micro-usinage

NOTE Les microcanaux sont souvent utilisés dans les dispositifs fluidiques tels que le labo-sur-puce. Le débit dans un microcanal est différent de celui du canal macroscopique, et la formulation du débit est l'une des questions clé de la microscience et la microtechnique. Un microcanal peut être utilisé en tant que guide acoustique.

2.4.19**micromiroir**

miroir réfléchissant micro-dimensionné que l'on peut actionner pour commander son angle de réflexion

¹ ISO 2041:1990, *Vibration et chocs – Vocabulaire*

2.4.14**accelerometer**

transducer that converts an input acceleration to an output (usually electrical) that is proportional to the input acceleration

[ISO 2041:1990]¹

NOTE This 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.

2.4.15**microgyroscope**

microscopic sensor for measuring angular velocity

NOTE Microgyroscopes are expected to be applied as microrobot attitude sensors. Rotational and vibrational gyroscopes are based on Coriolis' force. Ring laser gyroscopes and optical fiber gyroscopes are based on the Sagnac effect. Among these types of gyroscopes, 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 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 micrometers to several tens of micrometers depending on the application. The structure can be used to detect pressure changes, or cause displacement. For example, it is used in the pressure sensitive part of a pressure sensor for automobile engines. Also, it is used as a membrane to change pressure in microvalves and micropumps.

2.4.17**microcantilever**

cantilever produced by micromachining

NOTE Microcantilevers are often used in high resolution microscopes such as Atomic Force Microscope (AFM).

2.4.18**microchannel**

channel produced by micromachining

NOTE Microchannels are often used in fluidic devices such as 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

¹ ISO 2041:1990, *Vibration and shock – Vocabulary*

2.4.20

miroir de balayage

miroir qui balaie un faisceau de lumière

NOTE Les miroirs de balayage sont développés pour les imprimantes laser, les parties de balayage des capteurs optiques, la tête pour disques optiques, les afficheurs, entre autres. Un ensemble de miroirs de balayage peut être fabriqué sur une plaquette de silicium avec l'actionneur par la technologie de micro-usinage. Le miroir de balayage est prévu pour être l'une des applications pratiques de la technologie des micromachines.

2.4.21

microcommutateur

commutateur mécanique produit par le micro-usinage

NOTE 1 Le terme "microcommutateur" est déjà utilisé dans les commutateurs du commerce qui sont produits en utilisant des techniques classiques.

NOTE 2 L'application principale du microcommutateur est le microrelais.

2.4.22

interrupteur optique

élément optique pour commuter des signaux optiques sans conversion en signaux électriques

2.4.23

micropinçe

dispositif mécanique qui saisit des objets microscopiques

NOTE Les micropinçes 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 micropinçe comporte des doigts pour saisir des objets et un actionneur pour les manipuler. Comparées à une main du microrobot, les micropinçes possèdent une grande structure mais nécessitent un dispositif de commande précis. Comme la fonction d'une micropinçe est simplement de saisir un objet, une manipulation à 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 micropinçe ou analogue fournit 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 micropinçe et l'objet manipulé rendent la manipulation difficile.

2.4.24

micropompes

dispositif mécanique qui maintient sous pression et ainsi transporte de petites quantités de fluide

NOTE Il existe de nombreux exemples de micropompes principalement fabriquées sur le silicium ou le verre, par exemple, et utilisant la technologie de micro-usinage pour former un diaphragme ainsi qu'un actionneur. Comme exemple d'application, on peut citer 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 liquides 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 liquide 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 Les microvannes, constituées de composants tels que des actionneurs et des diaphragmes réalisés en silicium, etc., commandent le flux dans les canaux microscopiques (d'une étroitesse inférieure 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 liquides 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.

2.4.20**scanning mirror**

mirror that scans a light beam

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

2.4.21**microswitch**

mechanical switch produced by micromachining

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

NOTE 2 Main application of microswitch is microrelay.

2.4.22**optical switch**

optical element to switch optical signals without converting into electric signals

2.4.23**microgripper**

mechanical device that grasps microscopic objects

NOTE 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 gives better attitude control of the object. However, if the object to be handled is below several tens of micrometers 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 small amount of fluid

NOTE 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 liquids 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 liquid flow with 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 Microvalves, which are composed of such components as actuators and diaphragms made of silicon, etc., control the flow in microscopic channels (narrower than several micrometers). For example, a gas flow control valve is composed of a stacked piezoelectric actuator and a diaphragm. To control high-viscosity liquids like 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

régulateur du débit massique intégré

microvannes intégratrices de dispositif de commande du débit gazeux avec débitmètres assemblés par micro-usinage sur un substrat

NOTE On peut citer l'exemple suivant: La microvanne est constituée de substrats de silicium et de verre fixés les uns aux autres. Le substrat de silicium est traité par le micro-usinage du silicium pour produire une section d'accès ouverte et fermée par un diaphragme, et le substrat de verre est traité pour incorporer une entrée et une sortie de gaz. Le diaphragme est mis en fonctionnement par un actionneur piézoélectrique ou électrostatique. Divers types de structures de vannes, tels que la structure de vanne à trois voies ont été développés. Un capteur de débit de type thermique qui détecte la chute de température du dispositif de chauffage provoquée par le débit gazeux est souvent utilisé. La recherche et le développement ciblent la commande du débit gazeux à un niveau moléculaire pour les dispositifs de fabrication à semiconducteur nécessitant un gaz à haute pureté. Un dispositif de commande du débit de gaz à petite échelle qui intègre des vannes et des capteurs de débit a été réalisé.

2.4.27

micropile à combustible

dispositif micro-usiné convertissant 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 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 le rendement de conversion énergétique est important. Classés par leurs principes de fonctionnement, les transducteurs photoélectriques peuvent être divisés en un type photovoltaïque, caractérisé par des photodiodes et des batteries solaires, et un type photoconducteur, caractérisé par des cellules photoconductrices et des tubes analyseurs d'images.

2.5 Termes relatifs aux techniques d'usinage

2.5.1

micro-usinage

NOTE 1 Deux définitions existent pour ce terme.

technologies appliquant les technologies d'usinage conventionnelles au traitement de composants microscopiques

NOTE 2 Le micro-usinage comprend le microdécoupage et micromeulage, les travaux microplastiques, le microforgeage, l'usinage par procédé électrolytique entre autres. L'usinage à ultra-précision tel que la finition de miroir peut être obtenu, et également des formes microscopiques comme les réseaux de diffraction peuvent être fabriquées en réalisant des outils et des machines outils selon des spécifications hautement précises et miniaturisées. Les diamants à un seul cristal peuvent être polis en outils microscopiques et aiguisés et sont largement utilisés comme machines outils.

terme générique non seulement pour le traitement précis de l'épaisseur de son matériau, mais également de celui de ses dimensions transversales

NOTE 3 Dans l'usinage conventionnel avec des outils, le matériau est enlevé par rupture. Dans le micro-usinage, une énergie élevée ne peut pas être concentrée du fait de la déformation de l'outil ou le manque de résistance, et les procédés de faisceaux énergétiques ou chimiques sont plus appropriés. De nombreuses technologies de micro-usinage combinent des technologies spéciales telles que la lithographie avec la gravure. Comme exemples spécifiques, on peut citer la lithographie pour fabriquer des structures microscopiques sur les plaquettes de silicium, suivie par la gravure pour produire des formes tridimensionnelles.

2.5.2

procédé silicium

terme générique pour les technologies de traitement ultra-précis pour le silicium

NOTE Tandis que le procédé silicium est largement divisé en micro-usinage de surface et en 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. De nombreuses technologies telles que le dépôt, la diffusion, la corrosion chimique et la lithographie sont combinées en tant que techniques de travail. 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.

2.4.26**integrated mass flow controller**

gas-flow control device integrating microvalves with flowmeters fabricated by micromachining on a substrate

NOTE An example is as follows. The microvalve consists of silicon and glass substrates attached to each other. The silicon substrate is processed by silicon micromachining to produce a port section opened and closed by a diaphragm, and the glass substrate is processed to incorporate a gas inlet and outlet. The diaphragm is operated by a piezoelectric or electrostatic actuator. Various types of valve structures, such as a three-way valve structure, have been developed. A thermal-type flow sensor that detects heater temperature drop caused by the gas-flow is often used. Research and development is targeting the control of the gas flow at a molecular level for semiconductor manufacturing devices requiring high-purity gas. A small-scale gas-flow control device that integrates valves and flow sensors has been realized.

2.4.27**micro fuel cell**

micromachined device converting 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 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, a photovoltaic type, typified by photodiodes and solar batteries.

2.5 Terms relating to machining technology**2.5.1****micromachining**

NOTE 1 Two definitions exist for this term. The relevant definition is determined from the context of the relevant text.

technologies applying conventional machining technologies to the processing of microscopic components

NOTE 2 Micromachining includes micro-cutting and grinding, microplastic working, microforging, micro-electrodischarge machining and so on. Ultra-precision machining such as mirror finishing can be achieved, and also microscopic shapes like diffraction gratings can be fabricated by making tools and machine tools to highly precise and miniaturized specifications. Single-crystal diamonds can be polished into microscopic and sharp-edged tools and are widely used as machine tools.

precise processing not only of the thickness of its material, but of its transversal dimensions

NOTE 3 In conventional machining with tools, the material is removed by fracture. In micromachining, high energy cannot be concentrated because of tool deformation or lack of strength, and energy beam or chemical processes are more suitable. Many micromachining technologies combine special technologies such as lithography with etching. Specific examples include lithography for fabricating microscopic patterns on silicon wafers, followed by etching to produce three-dimensional shapes.

2.5.2**silicon process**

ultra-precise processing technologies for silicon

NOTE 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 mass-fabrication of components.

2.5.3

technologie de couches épaisses

technologie formant des couches épaisses sur le substrat

NOTE Une couche épaisse est une couche d'une épaisseur d'environ 5 μm ou plus grande formée par le revêtement d'une pâte à l'encre ou d'une impression par pulvérisation et d'un étuvage postérieur. Il convient que ces couches soient appliquées au développement des actionneurs piézoélectriques ou magnétiques.

2.5.4

technologie de couches minces

technologie formant des couches minces sur le substrat

NOTE 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 à celles d'une épaisseur de 1 μm ou plus mince. Une couche mince peut modifier les 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 structurelles différentes de celles des matériaux en volume produits dans des conditions d'équilibre ordinaires. En 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 traditionnellement fabriquée par la technologie des couches épaisses.

2.5.5

micro-usinage de volume

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

NOTE A titre d'exemple du micro-usinage de volume, on peut citer 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 ne peut pas arrêter la gravure de 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 par formation de diverses substances en diverses microformes à la surface de substrat

NOTE Le micro-usinage de surface est une technique de traitement qui applique par exemple un dépôt de vapeur chimique (CVD) 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). Cette technologie est appliquée à la fabrication de microfaisceaux, roulements, et liaisons, etc.

2.5.7

photolithographie

technique qui transfère une structure fine sur le substrat par l'utilisation de lumière

NOTE En photolithographie, une plaque de verre dotée sur le dessus du motif désiré 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, pour exposer la partie du substrat avec les rayons visibles ou ultraviolets à travers le masque. Etant donné que la solubilité de la résine photosensible à la solution révélatrice est modifiée par l'exposition à la lumière, le motif dessiné sur le masque est transféré à la couche mince de résine photosensible dans le procédé de développement. La photolithographie est indispensable au procédé silicium. Dans l'industrie des semiconducteurs, les résolutions exigées des motifs horizontaux ont atteint le niveau submicrométrique, permettant l'utilisation de la lumière de longueurs d'onde courtes.

2.5.8

photomasque

plaque de verre ou film partiellement transparente utilisée pour transformer son motif transparent par projection optique

NOTE Dans le procédé CI, le tracé du circuit conçu est dessiné sur une échelle agrandie de plusieurs dizaines à presque cent fois, et réduit sur une plaque de verre ou 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.

2.5.3

thick film technology

technology that forms thick films on substrate

NOTE 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 should be applied to the development of piezoelectric or magnetic actuators.

2.5.4

thin film technology

technology that forms thin films on substrate

NOTE A thin film is a film formed on substrate by means of vacuum deposition or ion sputtering, and so on. The film thickness ranges from a layer of single atoms or molecules, to 5 μm thickness. Usually the term refers to those of a thickness of 1 μm or thinner. A thin film can change properties such as color, reflectivity, and friction coefficient of the substrate, while the shape of the substrate is left practically unchanged. Phenomena like optical interference and surface diffusion are noticeably affected by formation of thin films. Thin films formations usually take nonequilibrium, heterogeneous nucleation step, which brings on structural properties different from that 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 process that removes a part of substrate itself

NOTE 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 from the surface. Also, a boron-doped layer can stop the etching of the part underneath the surface layer. Recently, silicon fusion bonding has been used to fabricate still more complex structures.

2.5.6

surface micromachining

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

NOTE Surface micromachining is a processing technique that applies for example chemical vapor 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

photolithography

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

NOTE In photolithography, a glass plate with a desired pattern drawn on it 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 with visible or ultraviolet rays through the mask. Since the solubility of the photoresist to the developer solution is varied 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 silicon process. In the semiconductor industry, the required resolutions of horizontal patterns have reached the submicrometer level, bringing light of shorter wavelengths into use.

2.5.8

photomask

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

NOTE In the IC process, the designed circuit pattern is drawn in an enlarged scale from several tens to nearly a hundred times, and reduced onto film or glass plate as a photo mask. 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.

2.5.9

résine photosensible

<dispositifs microélectromécaniques> matériau photosensible utilisé dans la photolithographie

NOTE Le matériau photosensible est constitué de composés macromoléculaires avec molécules fonctionnelles photosensibles. Il existe des types solubles de solvants organiques et solubles dans l'eau. 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 qui perdent leur section exposée par le développement et les résines photosensibles négatives dont la section exposée demeure. Pour former des structures fines submicrométriques, diverses résines photosensibles telles que les résines photosensibles à faisceaux électroniques et rayons X sont soumises à l'exposition aux faisceaux de différentes longueurs d'onde.

2.5.10

lithographie par faisceaux électroniques

technique qui génère une structure fine sur le substrat par l'utilisation du faisceau électronique

NOTE La résolution de la structure dépend de la longueur d'onde des rayons. La lithographie par faisceaux électroniques améliore la résolution par l'utilisation du faisceau électronique. De ce fait, le fait de combiner la lithographie par faisceaux électroniques avec le système de conception assisté par ordinateur (CAO) rend le procédé de lithographie flexible sans masque. Cependant, il nécessite davantage de temps d'exposition comparé à l'exposition par lot car le faisceau électronique doit être balayé selon une structure trame ou vectorielle.

2.5.11

silicium sur isolant (Silicon On Insulator – SOI)

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

NOTE Le saphir (comme dans le SOS *Silicon on Sapphire*), le verre (comme dans le 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.

2.5.12

procédé LIGA

acronyme allemand pour Lithographie, Galvanoformung et Abformung, signifiant lithographie, électroformage, et moulage

NOTE LIGA est l'acronyme allemand de «Lithographie, Galvanoformung und Abformung», signifiant lithographie, électroformage et moulage. Les caractéristiques de 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, pour permettre l'utilisation d'une large gamme de matériaux, y compris le plastique, les métaux et la céramique, et pour combiner avec les éléments à semiconducteurs de silicium, etc.

2.5.13

LIGA-UV

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

2.5.14

lithographie à rayons X

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

NOTE 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 excimère à ondes plus courtes 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.

2.5.9**photoresist**

<micro-electromechanical devices> photosensitive material used in photolithography

NOTE 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 submicrometer fine patterns, various photoresists such as electronic beam and X-ray photoresists are provided for exposure to beam with different wavelengths.

2.5.10**electron beam lithography**

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

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

2.5.11**silicon-on-insulator (SOI)**

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

NOTE 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.

2.5.12**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 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 micrometers, to allow the use of a wide range of materials including plastics, metals, and ceramics, and to combine with silicon semiconductor elements, etc.

2.5.13**UV-LIGA**

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

2.5.14**X-ray lithography**

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

NOTE 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.

2.5.15

traitement des faisceaux

procédé d'usinage utilisant des faisceaux énergétiques haute densité

NOTE Les faisceaux énergétiques haute densité utilisés dans le micro-usinage comprennent les faisceaux laser, les faisceaux électroniques, faisceaux ioniques (un faisceau ionique typique est un faisceau ionique focalisé, désigné FIB pour *focused ion beam*), et les faisceaux moléculaires ou atomiques. Le micro-usinage fondé sur les faisceaux laser est soit réalisé à travers un masque à micromotifs ou 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 de faisceaux ioniques est utilisé dans la finition des profils aigus.

2.5.16

pulvérisation

éjection d'atomes d'une surface solide en utilisant l'énergie cinétique des ions accélérés

[IEC 60194:1999]²

NOTE La pulvérisation par ions inertes ou réactifs peut être appliquée à divers types de traitement pour l'enlèvement ou le dépôt des atomes éjectés.

2.5.17

usinage par faisceau ionique focalisé

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

NOTE 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 pour 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 et l'autre inconvénient est le fait qu'un matériel relativement complexe est nécessaire pour obtenir le vide poussé exigé.

2.5.18

procédé de gravure

<dispositifs microélectromécaniques> procédé de suppression de matériau au moyen de la corrosion chimique

NOTE La gravure – c'est-à-dire tant la gravure isotrope que la gravure anisotrope – supprime la partie de matériau dans un environnement corrosif de la 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. A titre d'exemple, on peut citer l'application de l'hydroxyde de potassium (KOH) ou l'éthylènediamine pyrocatechine (EDP) au silicium cristallin, où le plan cristallin (111) est enlevé par gravure plus lentement que les autres plans cristallins, en laissant une structure tridimensionnelle constituée du plan cristallin (111).

2.5.19

gravure humide

procédé de gravure en phase liquide par solution chimique réactive

NOTE Pour appliquer une gravure humide, la région que l'on doit laisser non gravée est couverte par un masque à l'avance tandis qu'on laisse exposé le reste, 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 en dépend. 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 en différentes directions cristallines du matériau, en laissant le plan de la vitesse de gravure la plus lente non gravé qui détermine la forme finale.

² CEI 60194:1999, *Conception, fabrication et assemblage des cartes imprimées – Termes et définitions* (disponible en anglais seulement)

2.5.15**beam processing**

machining process using high-density energy beams

NOTE 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 is either 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.

2.5.16**sputtering**

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

[IEC 60194: 1999]²

NOTE Sputtering by inert or reactive ions can be applied to various types of processing for either removing or depositing of the ejected atoms.

2.5.17**focused ion beam machining**

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

NOTE 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 probes, 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.

2.5.18**etching process**

<micro-electromechanical devices> material removal process by means of chemical corrosion

NOTE Etching, either isotropic etching or anisotropic etching, removes part of 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 application of potassium hydroxide (KOH) or ethylene diamine pyrocatechol (EDP) to single crystal silicon, where the (111) crystal plane is etched away slower than other crystal planes, leaving a three-dimensional structure consisting of the (111) crystal plane.

2.5.19**wet etching**

etching process in liquid phase by reactive chemical solution

NOTE To apply wet etching, the region to be left unetched is covered with a mask in advance whereas the rest is left exposed, then the material is dipped into the reactive solution. Etching processes are classified into the isotropic etching that is independent of the crystalline structure of the material, and the 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 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 that determines the final shape.

² IEC 60194:1999, *Printed board design, manufacture and assembly – Terms and definitions* (available in English only)

2.5.20**gravure sèche**

procédé de gravure en phase vapeur par la réaction chimique et/ou physique du gaz réactif ou plasma réactif

NOTE Fondamentalement, un gaz réactif émis par l'énergie électrique réagit avec le substrat et enlève le matériau pour former la forme ou la dimension désirée. Les méthodes de gravure sont divisées en gravure plasma, qui est une gravure isotrope fondée sur une réaction chimique, et en gravure ionique, qui est une gravure directionnelle qui utilise une réaction physique (pulvérisation). La gravure sèche, qui utilise l'une des deux ou les deux, est beaucoup utilisée dans les processus de fabrication LSI.

2.5.21**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 L'agent de gravure isotrope typique pour le silicium est la solution HF/HNO₃/CH₃COOH (HNA).

2.5.22**gravure anisotrope**

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

NOTE L'agent de gravure anisotrope typique pour le silicium est l'hydroxyde de potassium (KOH), et est largement utilisé dans divers micro-usinage de volume.

2.5.23**arrêt de gravure**

couche résistante à l'agent de gravure qui arrête la gravure excessive

NOTE Dans la gravure de silicium, il est généralement produit par dopage d'autres éléments comme le bore. La couche de nitrure ou la couche d'oxyde de silicium fonctionne également comme l'arrêt de gravure.

2.5.24**procédé de plaquettes perdues**

technique qui utilise la gravure sélective pour retirer davantage d'un substrat et en laissant une partie de la couche de diffusion

NOTE Normalement, des circuits électriques sur un substrat ont une profondeur de fabrication de plusieurs micromètres par rapport à la surface. Dans le procédé de plaquette perdue, on laisse intacte la section de circuit électrique, tout en éliminant la zone située en dessous par gravure ou d'autres moyens; ensuite la section de circuit est collée à un substrat de verre ou analogue pour fabriquer un capteur, etc. De multiples microélectrodes, des imageurs visuels, et des microscopes à effet tunnel multisondes (STM) sont fabriqués à titre expérimental.

2.5.25**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 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.

2.5.26**gravure ionique réactive****RIE**

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

NOTE Sous gravure ionique réactive (*reactive ion etching, RIE*), 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 radicaux produits dans un plasma. A la différence de la gravure anisotrope dans laquelle le sens d'érosion dépend de l'orientation du cristal du matériau, dans la RIE le sens de retrait est déterminé par le sens du flux ionique. La RIE aboutit à moins d'érosion de gravures sous-jacentes du bord en dessous du masque que la gravure humide.

2.5.20**dry etching**

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

NOTE Basically, a reactive gas generated by electrical 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 or both together, is extensively used in current LSI manufacturing processes.

2.5.21**isotropic etching**

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

NOTE Typical isotropic etchant for silicon is $\text{HF}/\text{HNO}_3/\text{CH}_3\text{COOH}$ (HNA) solution.

2.5.22**anisotropic etching**

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

NOTE Typical anisotropic etchant for silicon is potassium hydroxide (KOH), and widely used in various bulk micromachining.

2.5.23**etch stop**

layer that is resistant to the etchant and stops the excessive etching

NOTE In the etching of silicon, it is typically produced by doping with other elements such as boron. Nitride layer or oxide layer of silicon also works as the etch stop.

2.5.24**lost wafer process**

technique that uses selective etching to remove most of a substrate and leaving part of the diffusion layer

NOTE Normally, electrical circuits on a substrate have a fabrication depth of several micrometers from the surface. In the lost wafer process, the electrical circuit section is left intact while eliminating the area below it by etching or other means, then the circuit section is bonded to a glass substrate or similar to fabricate a sensor, etc. Multiple microelectrodes, visual imagers, and multiprobe scanning tunneling microscopes (STMs) are experimentally fabricated.

2.5.25**sacrificial etching**

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

NOTE Usually, the etch selectivity is high between the intermediate layer and 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.

2.5.26**reactive ion etching****RIE**

technique that combines etching with corrosive gas and sputtering with ions

NOTE Under reactive ion etching, the 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. Distinguished from anisotropic etching wherein the direction of erosion depends on the crystal orientation of the material, in RIE the direction of removal is determined by the direction of ion stream. RIE results in less undercuts erosion from the edge beneath the mask than wet etching.

2.5.27

DRIE

variation du processus de gravure ionique réactive (*reactive ion etching* RIE) pouvant produire des profils de rapport largeur/longueur élevés en faisant alterner le gaz d'introduction entre celui de gravure et le filmogène de protection

NOTE Acronyme signifiant "gravure ionique réactive profonde".

2.5.28

ICP

plasma haute densité produit par couplage inductif

NOTE Acronyme signifiant "plasma à couplage inductif". Souvent utilisé dans le procédé de gravure tel que la DRIE.

2.5.29

dépôt en phase vapeur

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

NOTE Le dépôt en phase vapeur est une technique destinée à former une couche mince en vaporisant une substance solide, généralement 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, parfois on préchauffe le substrat pour induire une réaction chimique après le dépôt, pour renforcer l'adhérence et améliorer la structure cristalline.

2.5.30

procédé de dépôt physique en phase vapeur

procédé PVD

<dispositifs microélectromécaniques> procédé de production d'une couche mince principalement au moyen de l'évaporation physique

NOTE Le procédé PVD (*physical vapour deposition*) représente une couche mince en utilisant une évaporation sous vide d'espèces atomiques ou de dépôt par pulvérisation utilisant une seule cible ou des cibles multiples dans des atmosphères inertes ou réactives (par exemple la pulvérisation magnétron RF ou la pulvérisation par faisceaux ioniques, l'épithaxie par faisceaux moléculaires, l'ablation laser). Voir la CEI 60050-815³.

2.5.31

électroformage

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

[ISO 2079:1981]⁴

NOTE 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, puis un produit est obtenu en le libérant de la matrice. Cette méthode est obtenue 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.

2.5.32

micro-usinage par procédé électrolytique

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

NOTE Tandis que cette technique utilise le même principe que l'usinage conventionnel par procédé électrolytique, la technologie de décharge de micro-énergie et la technologie de production de micro-électrodes diffèrent. A savoir, 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). Par la méthode WEDG, des électrodes d'un diamètre de 2,5 µm peuvent être préparées et des microtrous peuvent être traités avec cette électrode.

³ CEI 60050-815:2000, *Vocabulaire Électrotechnique International – Partie 815: Supraconductivité*

⁴ ISO 2079:1981, *Traitements de surface et revêtements métalliques -- Classification générale des termes*

2.5.27**DRIE**

variation of reactive ion etching (RIE) process which can produce high aspect-ratio profiles by alternating the introducing gas between the etching one and the protect-film-forming one

NOTE An acronym standing for “deep reactive ion etching”.

2.5.28**ICP**

high density plasma generated by inductive coupling

NOTE An acronym standing for “inductively coupled plasma”. Often used in etching process such as DRIE.

2.5.29**vapour deposition**

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

NOTE 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 substrate to the vapor to deposit. 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 is sticking by the force of simple adhesion. Therefore, sometimes the substrate is preheated to induce chemical reaction after deposition, to strengthen the adhesion and improve the crystalline structure.

2.5.30**physical vapour deposition process****PVD process**

<micro-electromechanical devices> production process of a thin film by mainly using physical evaporation

NOTE The PVD 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). See IEC 60050-815³.

2.5.31**electroforming**

the production or reproduction of articles by electrodeposition upon a mandrel or former or mould (USA:mold) which is subsequently separated from the deposit

[ISO 2079: 1981]⁴

NOTE 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, then a product is obtained by releasing it from the matrix. This 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.

2.5.32**micro-electrodischarge machining**

micromachining process using the discharge between micro-electrodes and the material

NOTE While this technique uses the same principle as conventional electro-discharge machining, micro-energy discharge technology and micro-electrode production technology differ. That is, the floating capacitance between the electrode and the material being processed must be reduced and the electrode must be miniaturized by such methods 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.

³ IEC 60050-815:2000, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 815: Superconductivity*

⁴ ISO 2079:1981, *Surface treatment and metallic coatings – General classification of terms*

2.5.33

procédé d'estampage à chaud

procédé dans lequel le profil d'une puce est transcrit sur le substrat en pressant la puce contre le substrat ramolli sous l'effet du chauffage

NOTE Le terme de «nano-impression» est également utilisé.

2.5.34

micromoulage

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

NOTE 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 formées 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 pour prévenir la formation de bulles et remplir complètement les petits espaces. Le traitement thermique est réalisé à haute température sous haute pression pour traiter 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.

2.5.35

usinage STM

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

NOTE STM est l'abréviation de *scanning tunneling microscope*. La manipulation atomique, dont un exemple emploie des atomes pour écrire des caractères, est bien connue et peut être utilisée pour réaliser le traitement aux niveaux moléculaire et atomique. Cette technologie est extrêmement sensible aux vibrations, ce qui rend l'application difficile.

2.6 Termes relatifs aux technologies de collage et d'assemblage

2.6.1

collage

technique prévue pour unir un matériau à un autre

NOTE Les exemples typiques comprennent le collage anodique, l'adhésion 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, le métal, et ainsi de suite, 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 silicium fait office d'anode

NOTE Le collage haute précision est obtenu 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 pour le collage par fusion du silicium. Le collage des plaquettes de silicium avec des matériaux tels que le Pyrex permet la fabrication des 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 la surface de la plaquette de silicium est oxydée. Le problème de l'utilisation des couches minces réside dans le fait que, à hautes températures 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 avec une basse limite 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.

2.5.33**hot embossing process**

process where the profile of a die is transcribed onto a substrate by pressing the die against the softened substrate under heating

NOTE In the similar meaning, the term of nano-imprinting is used.

2.5.34**micromoulding**

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

NOTE 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, release the stress, and compensate for shrinkage. The plastic structures made with this reaction injection moulding technology can be plated and used themselves as moulds to produce metallic structures.

2.5.35**STM machining**

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

NOTE Atomic manipulation, 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 application difficult.

2.6 Terms relating to bonding and assembling technology**2.6.1****bonding**

uniting technique of one material to another

NOTE 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 electrical double layer produced by applying a high voltage across the substrates with the silicon side as the anode

NOTE High precision bonding is achieved due to the bonding process at 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 Pyrex 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 on precision and the wide choice of materials.

2.6.4

soudage par diffusion

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

NOTE Comme les matériaux sont collés à l'état solide, un collage bien plus précis est possible par rapport au soudage par fusion. Cette méthode est principalement utilisée pour souder des métaux ou une céramique à un métal. Après le soudage des matériaux dissemblables, une contrainte thermique se produit au cours du refroidissement du fait de la différence des coefficients de la dilatation thermique des matériaux. Pour éviter les craquelures provoquées par cette contrainte, la plus grande partie de la recherche 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 d'un troisième matériau avec un coefficient de dilatation thermique approximativement à mi-chemin entre celui des deux matériaux ou un matériau aisément déformable entre ceux-ci. Une recherche importante est en cours sur l'insertion d'un matériau dont le coefficient de dilatation thermique change progressivement à travers l'épaisseur (c'est-à-dire le matériau à gradient fonctionnel, par exemple FGM, *functionally gradient material*).

2.6.5

collage par fusion du silicium

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

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

2.6.6

micromanipulateur

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

NOTE 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 manuellement commandés par des informations visuelles par l'intermédiaire de microscopes ou caméras pour régler leur microposition. Des développements futurs de micromanipulateurs avec mécanismes de commande de la force sont prévus pour assembler des objets microscopiques au moyen d'une microforce et pour réaliser des systèmes de microtéléopération.

2.6.7

traitement sans contact

la saisie et le déplacement d'objets sans contact

NOTE Par exemple, il est de pratique générale dans la manipulation des cellules d'aspirer les cellules à l'aide d'une micropipette de verre et de les traiter mécaniquement, mais ce contact endommage l'échantillon et/ou modifie les conditions physiques et chimiques. Une méthode de traitement sans contact est celle du piégeage laser. Avec cette méthode, la pression de la lumière sur l'objet (pression de rayonnement) permet la manipulation de l'objet sans contact ni dommage. Selon la théorie électromagnétique, la force générée par un faisceau laser 1 mW est de 7 pN.

2.6.8

encapsulation

procédé prévu pour monter des composants dans un bac qui comporte des bornes externes pour la protection des composants

NOTE L'objet de l'encapsulation est de minimiser les dommages extérieurs chimiques et physiques sur les composants. Comme le dispositif est miniaturisé, la déformation due à la contrainte de l'encapsulation est éventuellement gênante. Pour prévenir ce problème, par exemple, la technologie de liaison qui relie entre autres les microcomposants à une puce de silicium est importante. Dans le domaine des systèmes de capteurs,

2.6.4

diffusion bonding

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

NOTE As the materials are bonded in a solid state, far more accurate bonding is possible than with fusion bonding. This method 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 a third material with a coefficient of thermal expansion roughly halfway between that of the two 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 the thickness (functionally gradient material, i.e. FGM).

2.6.5

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 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. Brisk 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 grooves in, to obtain precise structures made inside a wafer. This technique is used to make pressure sensors, or heat exchangers for laser diodes with internal cooling structure, and so on.

2.6.6

micromanipulator

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

NOTE Micromanipulators can be driven by mechanical, pneumatic, hydraulic (oil or water), electromagnetic, or piezoelectric actuator 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. Future development of micromanipulators with force control mechanisms is expected for assembling microscopic objects using microforce and for realizing micro-teleoperation systems.

2.6.7

non-contact handling

grasping and moving objects without contact

NOTE For example, it is general practice in cell manipulation to suck up cells with a glass micropipette and handle them mechanically, but this contact damages the sample and/or changes the physical and chemical conditions. One method of non-contact handling is laser trapping. With this method, the pressure of the light to 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.

2.6.8

packaging

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

NOTE The purpose of packaging is to minimize the 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, for example, the bonding technology that joins microcomponents and so on to a silicon chip is important. In the field of sensor system, the hybrid integration technology is necessary so that special packaging technique is being studied.