

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Piezoelectric sensors –
Part 2: Chemical and biochemical sensors**

**Capteurs piézoélectriques –
Partie 2: Capteurs chimiques et biochimiques**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63041-2:2017



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Piezoelectric sensors –
Part 2: Chemical and biochemical sensors**

**Capteurs piézoélectriques –
Partie 2: Capteurs chimiques et biochimiques**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.140

ISBN 978-2-8322-7535-1

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

CONTENTS

FOREWORD	3
1 Scope	5
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	5
3.1 General	5
3.2 Types of chemical and biochemical sensors	6
4 Specifications	6
4.1 General	6
4.2 Conceptual diagram of BAW sensor elements and cells	6
4.3 Conceptual diagram of SAW sensor elements and cells	6
4.4 Key points of specifications	7
4.4.1 General	7
4.4.2 Interface layer	7
4.4.3 Sensitive or receptive layer (target recognition material)	7
4.4.4 Nonspecific and unselective reactions	8
4.5 Improved sensor performance	8
4.6 Technical documents	8
5 Delivery conditions	8
6 Quality and reliability	8
7 Test and measurement procedures	8
Annex A (informative) Chemical reaction in sensor cells	9
A.1 Reference values before and after reaction	9
A.2 Typical formulae	10
A.2.1 General	10
A.2.2 BAW (AT-cut QCM)	10
A.2.3 SAW	11
A.3 Calibration	14
Bibliography	15
Figure 1 – Conceptual diagram for chemical and biochemical sensor elements and cells of BAW resonator type (side view)	6
Figure 2 – Conceptual diagram for chemical and biochemical sensor elements and cells of SAW resonator type (side view)	7
Figure 3 – Conceptual diagram for chemical and biochemical sensor elements and cells of SAW delay-line type (top view)	7
Figure 4 – Conceptual diagram for SAW chemical and biochemical sensor elements and cells with three-layer reaction region on a propagation surface (side view)	8
Figure A.1 – Frequency-time characteristics	9
Figure A.2 – Conceptual resonance response of an SAW sensor cell	10

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PIEZOELECTRIC SENSORS –

Part 2: Chemical and biochemical sensors

FOREWORD

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

International Standard IEC 63041-2 has been prepared by IEC technical committee TC 49: Piezoelectric, dielectric and electrostatic devices and associated materials for frequency control, selection and detection.

This bilingual version (2019-11) corresponds to the monolingual English version, published in 2017-12.

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

CDV	Report on voting
49/1221/CDV	49/1250/RVC

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

The French version of this standard has not been voted upon.

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

A list of all parts in the IEC 63041 series, published under the general title *Piezoelectric sensors*, can be found on the IEC website.

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

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63041-2:2017

PIEZOELECTRIC SENSORS –

Part 2: Chemical and biochemical sensors

1 Scope

This part of IEC 63041 is applicable to piezoelectric chemical sensors mainly used in the field of biological, medical, gas and environmental sciences. It provides users with technical guidelines on biochemical sensors as well as basic knowledge of common chemical sensors.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

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

IEC 60050-561-:2014, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 561: Piezoelectric, dielectric and electrostatic devices and associated materials for frequency control, selection and detection*

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams*, available at <http://std.iec.ch/iec60617>

IEC 63041-1, *Piezoelectric sensors – Part 1: Generic specifications*

ISO 80000-1:2009, *Quantities and units – Part 1: General*

3 Terms and definitions

3.1 General

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

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses,

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

Units, letter symbols and terminology shall, wherever possible, be taken from the following standards: IEC 60027, IEC 60050-561, IEC 60617, IEC 63041-1, and ISO 80000-1.

NOTE 1 In the market of chemical and biochemical sensors, the terms related in fields such as chemistry, biochemistry, healthcare, etc. are widely used.

NOTE 2 Piezoelectric sensors covered herein are those used for the detection and measurement of either chemical substance in the gas phase or biological molecules in aqueous media.

3.2 Types of chemical and biochemical sensors

3.2.1

piezoelectric chemical sensor element

piezoelectric sensor component including a sensitive layer (target recognition material), which is necessary for the practical measurement of simple non-biological molecules in quantity, and which works and detects chemical substances mainly in the gas phase

Note 1 to entry: For example, there are odour sensors, vapour sensors, smoke sensors, etc.

[SOURCE: IEC 63041-1:2017, 3.3.1, modified – Note 1 to entry has been added.]

3.2.2

piezoelectric biochemical sensor element

piezoelectric sensor component including a receptive layer (target recognition material), which is necessary for the practical measurement of complex biological molecules in quantity, and which works mainly in aqueous media and detects biomolecules therein

[SOURCE: IEC 63041-1:2017, 3.3.2]

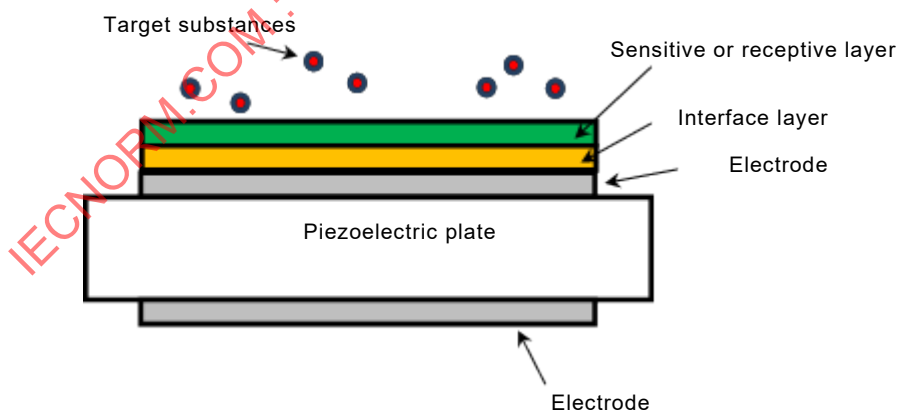
4 Specifications

4.1 General

Chemical and biochemical sensors are used in various applications, for example, in the detection of target molecules/substances, the detection of growth, decrease, differentiation and cohesion in cells, the detection of adsorption or absorption, the confirmation of the competition reaction, etc. Concepts and specifications for chemical and biochemical sensors are shown in detail in 4.2 to 4.5.

4.2 Conceptual diagram of BAW sensor elements and cells

Figure 1 shows the practical conceptual diagram for a bulk acoustic wave (BAW) sensor element. In the figure, mounting stages and enclosures are omitted.

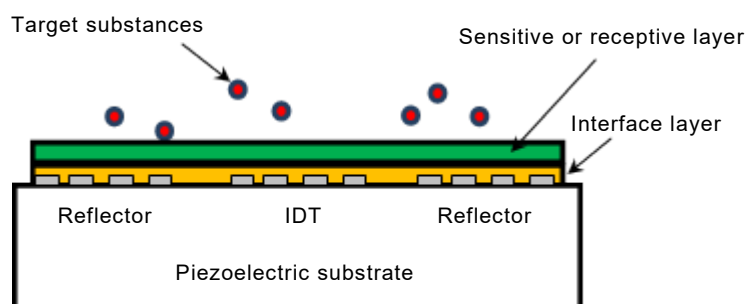


IEC

Figure 1 – Conceptual diagram for chemical and biochemical sensor elements and cells of BAW resonator type (side view)

4.3 Conceptual diagram of SAW sensor elements and cells

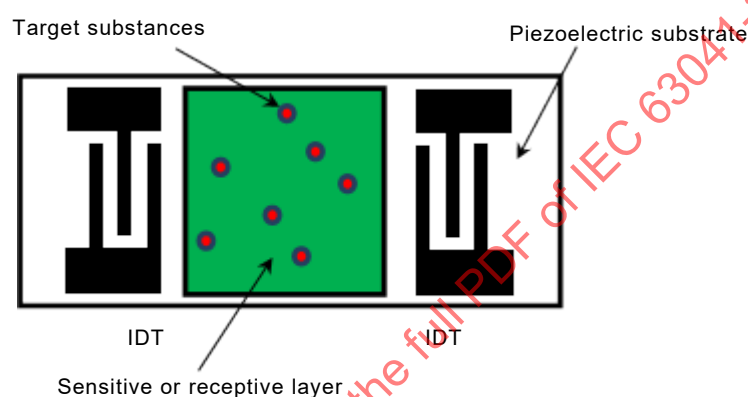
Figures 2 and 3 show the practical conceptual diagrams for two kinds of sensor elements and cells, respectively, of surface acoustic wave (SAW) resonator and delay-line types. In the figures, mounting stages and enclosures are omitted.



IEC

Figure 2 – Conceptual diagram for chemical and biochemical sensor elements and cells of SAW resonator type (side view)

NOTE Reflector and interdigital transducer (IDT) are defined in IEC 61019-1:2004.



IEC

Figure 3 – Conceptual diagram for chemical and biochemical sensor elements and cells of SAW delay-line type (top view)

4.4 Key points of specifications

4.4.1 General

Key points of the specification are identified in Clause 5 of IEC 63041-1:2017. In addition, the items specified in 4.4.2 to 4.4.4 should clearly be defined.

4.4.2 Interface layer

As can be seen in Figures 1 and 2, an interface layer is formed to increase the adhesion of the sensitive or receptive layer to the electrode/substrate.

4.4.3 Sensitive or receptive layer (target recognition material)

A sensitive layer employed in chemical sensor applications or a receptive layer employed in biochemical sensor applications should properly be selected for specific target molecules/substances.

For BAW resonator type sensor elements and cells, the sensitive or receptive layer is formed on the electrode of one surface (see Figure 1), whereas it is formed on the SAW propagation surface of SAW resonator and delay-line type sensor elements and cells (see Figures 2 and 3).

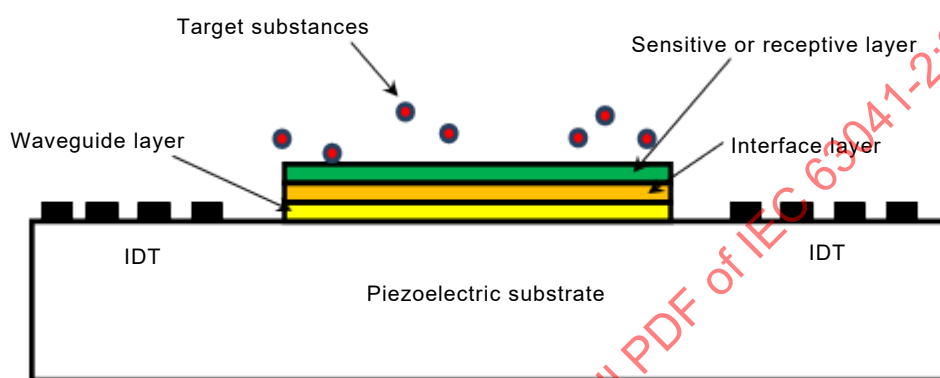
4.4.4 Nonspecific and unselective reactions

For chemical and biochemical sensor elements and cells, sensitive or receptive layers and solvents should be selected so that nonspecific and unselective reactions may be minimized in conjunction with target molecules/substances.

4.5 Improved sensor performance

In some situations, an acoustic waveguide layer is formed to increase the sensitivity of SAW delay-line type chemical and biochemical sensor elements and cells.

Figure 4 shows the conceptual diagram of shear horizontal (SH)-SAW delay-line type chemical and biochemical sensor elements and cells, where the material for the interface layer, acoustic waveguide layer and the like should be defined in the contract.



IEC

Figure 4 – Conceptual diagram for SAW chemical and biochemical sensor elements and cells with three-layer reaction region on a propagation surface (side view)

4.6 Technical documents

The following 1) and 2) should clearly be defined in the specifications in the contract to be concluded between the manufacturer and customers.

- 1) When a term other than a) to d) shown below is used.
 - a) Limit of detection: the minimum amount or concentration detectable by sensor cells.
 - b) Limit of quantitation: the minimum amount or concentration detectable by sensor modules.
 - c) Maximum limit of determination: the maximum analyte amount or concentration on which quantitative analysis can be performed, also called the “maximum limit of quantitation”.
 - d) Sensitivity: the dependence of the output of sensor elements and cells upon the detected amount or concentration, i.e., the slope of a calibration curve.
- 2) Setting of reliability interval.

5 Delivery conditions

See Clause 7 of IEC 63041-1:2017.

6 Quality and reliability

See Clause 8 of IEC 63041-1:2017.

7 Test and measurement procedures

See Clause 9, and Annexes A and B of IEC 63041-1:2017.

Annex A (informative)

Chemical reaction in sensor cells

A.1 Reference values before and after reaction

As shown in Figures A.1 and A.2, resonance frequency, oscillation frequency, phase, insertion loss/gain, motional resistance, etc. of sensor cell outputs should be defined at time t_1 as the initial values before chemical and/or biochemical reactions occur. In a similar way, they should be also defined at time t_2 as final values after the reaction has completed.

For these specifications, the manufacturer and customer shall have detailed discussions, the discrepancies shall be eliminated, and the results shall clearly be described in the contract clause, the requirements specifications of the customer, the delivery specifications thereof or the like, and shall be settled as one of the contracts with the customer.

The reaction shall be quantified using formulae and recorded.

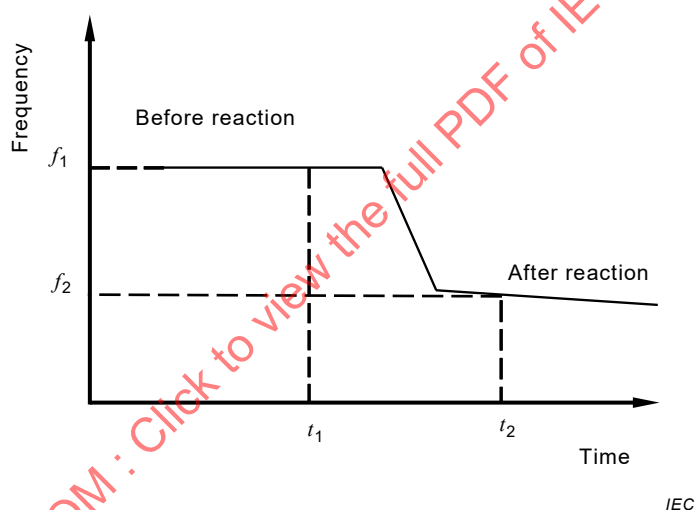


Figure A.1 – Frequency-time characteristics

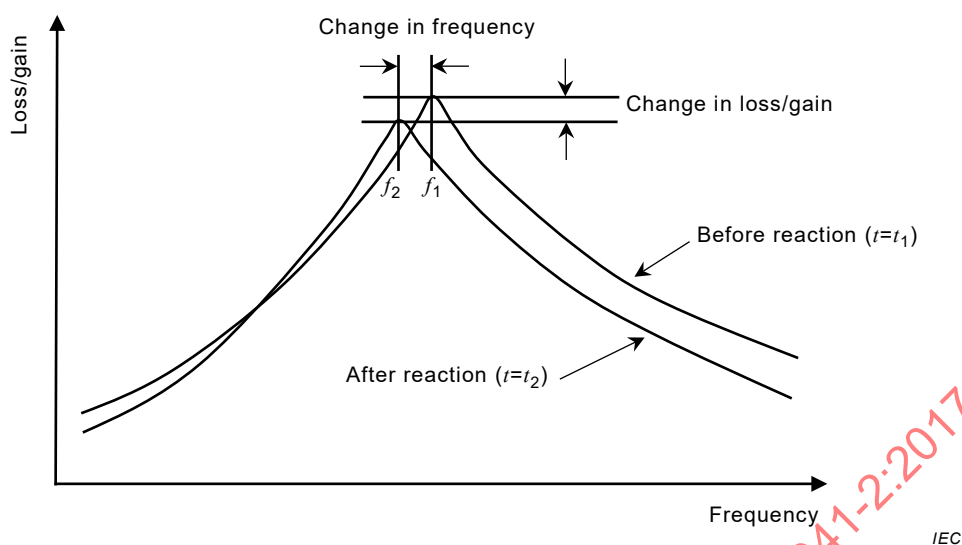


Figure A.2 – Conceptual resonance response of an SAW sensor cell

A.2 Typical formulae

A.2.1 General

The formulae presented in A.2.2 and A.2.3 are typical examples used for chemical and biochemical sensor cells. For these formulae, the manufacturer and customer shall have detailed discussions, the discrepancies shall be eliminated, and the results shall be described clearly in the contract clause.

A.2.2 BAW (AT-cut QCM)

a) Mass-loading

$$\Delta f = -2,26 \times 10^{-7} \Delta m f^2 \quad (\text{A.1})$$

and

$$\Delta m = \rho' d \quad (\text{A.2})$$

where

f is the frequency;

Δm is the change in the surface mass density;

ρ' is the density of a sensitive or receptive layer;

d is the thickness of a sensitive or receptive layer.

$$\Delta f = f_1 - f_2$$

b) Viscosity

Relationship between viscosity and frequency deviation,

$$\Delta f = -4,17 \times 10^{-8} f^{\frac{3}{2}} \left\{ (\rho_e' \eta_e')^{\frac{1}{2}} - (\rho_e \eta_e)^{\frac{1}{2}} \right\} \quad (\text{A.3})$$

where

- ρ_e is the density of a reference liquid;
 η_e is the viscosity of a reference liquid;
 ρ'_e is the density of a liquid to be measured;
 η'_e is the viscosity of a liquid to be measured.

Relationship between viscosity and resonance resistance,

$$R_r = (\omega \rho_L \eta_L)^{\frac{1}{2}} \frac{A}{K} \quad (\text{A.4})$$

where

- R_r is the resonance resistance;
 K is the electromechanical coupling factor;
 η_L is the viscosity of a liquid;
 ρ_L is the density of a liquid;
 A is the electrode area;
 ω is the angular frequency.

The resonance resistance R_r is measured based on IEC 60444-1, IEC 60444-5, or alternative measurement methods.

A.2.3 SAW

A.2.3.1 Rayleigh wave sensors

a) Mass-loading

$$\Delta f = -(k_1 + k_2) \Delta m f^2 \quad (\text{A.5})$$

where

k_1 and k_2 are the parameters depending on a piezoelectric material.

b) Acoustic electric interaction

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{K^2}{2} \varepsilon_0 \frac{1 + j\varepsilon_0 Z'_E(0)}{\varepsilon_0 - j\varepsilon_P^T Z'_E(0)} \quad (\text{A.6})$$

where

- V_0 is the reference phase velocity;
 K^2 is the electromechanical coupling factor;
 ε_0 is the permittivity of a free space;
 $Z'_E(0)$ is the normalized surface acoustic impedance;
 ε_P^T is the effective permittivity of a plate.

NOTE Generally, when a liquid is loaded upon the propagation surface of a Rayleigh wave, its power is radiated from the substrate surface into the liquid as a longitudinal wave and the Rayleigh wave is attenuated by virtue of the power lost. This means that the sensor cells employing a Rayleigh wave which is one of the SAW families can be unable to be used in a liquid.

A.2.3.2 SH-SAW sensors

a) Mass-loading

$$\Delta f = k_3 \Delta m f^2 \quad (\text{A.7})$$

where

k_3 is the parameter depending on a piezoelectric material.

EXAMPLE: $k_3 = -3,30 \times 10^{-8}$, for 36° Y-cut, X-propagated LiTaO₃

b) Viscosity

$$\frac{\Delta V}{V_0} = k'_3 f^{\frac{1}{2}} \left\{ (\rho'_e \eta'_e)^{\frac{1}{2}} - (\rho_e \eta_e)^{\frac{1}{2}} \right\} \quad (\text{A.8})$$

and

$$\frac{\Delta \alpha}{k} = k'_3 f^{\frac{1}{2}} \left\{ (\rho'_e \eta'_e)^{\frac{1}{2}} - (\rho_e \eta_e)^{\frac{1}{2}} \right\} \quad (\text{A.9})$$

where

k is the wave number, which depends on a piezoelectric material;

k'_3 is the wave parameter, which depends on a piezoelectric material;

$\Delta \alpha$ is the attenuation.

c) Acoustic electric interaction

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{K_S^2}{2} \frac{\left(\frac{\sigma'}{\omega} \right) + \varepsilon_0 (\varepsilon'_r - \varepsilon_r) (\varepsilon'_r \varepsilon_0 + \varepsilon_p^T)}{\left(\frac{\sigma'}{\omega} \right)^2 + (\varepsilon'_r \varepsilon_0 + \varepsilon_p^T)^2} \quad (\text{A.10})$$

and

$$\frac{\Delta \alpha}{k} = \frac{K_S^2}{2} \frac{\left(\frac{\sigma'}{\omega} \right)^2 (\varepsilon'_r - \varepsilon_r) (\varepsilon'_r \varepsilon_0 + \varepsilon_p^T)}{\left(\frac{\sigma'}{\omega} \right)^2 + (\varepsilon'_r \varepsilon_0 + \varepsilon_p^T)^2} \quad (\text{A.11})$$

where

K_S is the electromechanical coupling factor in reference load;

ε'_r is the relative permittivity of a liquid;

σ' is the relative conductivity of a liquid.

A.2.3.3 SH-Acoustic Plate Mode sensors**a) Mass-loading**

$$\frac{\Delta V}{V_0} = -\frac{1}{\rho_{\text{sub}} d} \Delta m \quad (\text{A.12})$$

or

$$\frac{\Delta V}{V_0} = -\frac{1}{C_f} \Delta m \quad (\text{A.13})$$

where

 ρ_{sub} is the density of a piezoelectric material; d is the thickness of a piezoelectric material; C_f is the surface mass loading sensitivity.**b) Viscosity**

$$\frac{\Delta V}{V_0} = -\frac{C_f \eta_e}{2\omega} \cdot \text{Im} \left(\frac{\zeta}{1 + j\omega\tau} \right) \quad (\text{A.14})$$

$$\zeta = \left(k^2 - \frac{\omega^2 \rho_e}{\mu_e} \right) + j \frac{\omega^2 \rho_e}{\mu_e} \quad (\text{A.15})$$

and

$$\tau = \frac{\rho_e}{\mu_e} \quad (\text{A.16})$$

where

 τ is the relaxation time ($\tau = \eta_e / \mu_e$); μ_e is the shear modulus of a liquid.**c) Viscoelastic fluid**

$$\frac{\Delta \alpha}{k} = -\frac{C_f \eta_e}{2V_0} \cdot \text{Re} \left(\frac{\zeta}{1 + j\omega\tau} \right) \quad (\text{A.17})$$

d) Acoustic electric interaction

$$\frac{\Delta V}{V_0} = -\frac{K_S^2}{2} \frac{\left(\frac{\sigma'}{\omega} \right)^2 + \epsilon_0 (\epsilon'_r - \epsilon_r) (\epsilon'_r \epsilon_0 + \epsilon_P^T)}{\left(\frac{\sigma'}{\omega} \right)^2 + (\epsilon'_r \epsilon_0 + \epsilon_P^T)^2} \quad (\text{A.18})$$

and

$$\frac{\Delta \alpha}{k} = \frac{K_S^2}{2} \frac{\left(\frac{\sigma'}{\omega} \right)^2 (\epsilon'_r \epsilon_0 + \epsilon_P^T)}{\left(\frac{\sigma'}{\omega} \right)^2 + (\epsilon'_r \epsilon_0 + \epsilon_P^T)^2} \quad (\text{A.19})$$

A.2.3.4 Lamb wave sensors

a) Mass-loading

$$\Delta f = -\frac{\rho' h}{2(M + \rho_1 \delta_p)} f \quad (\text{A.20})$$

or

$$\Delta f = -\frac{\Delta m}{2(M + \rho_1 \delta_p)} f \quad (\text{A.21})$$

b) Viscosity

$$f = \frac{1}{\lambda} \left\{ \frac{B}{M + \rho_e \delta_p} + \left(\frac{\rho_e \eta}{2\omega} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (\text{A.22})$$

and

$$\delta_p = \frac{\lambda}{2} \pi \left\{ 1 - \left(\frac{V}{V_f} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (\text{A.23})$$

where

- V is the phase velocity for Lamb wave;
- V_f is sound velocity in a liquid;
- M is the surface density;
- B is the actual stiffness;
- η is the viscosity in a liquid.

Sensor cells employing the lowest anti-symmetrical (A_0) mode of Lamb wave have a high sensitivity for detecting the mass density of a liquid.

This is because the phase velocity of an A_0 mode Lamb wave gets smaller than the longitudinal wave velocity in a liquid when the thickness of the plate supporting a Lamb wave is reduced to the value of the order of $0,1 \lambda$ (λ is the wavelength of the A_0 mode) or less.

The A_0 mode Lamb wave, therefore, propagates in a liquid without losing its power caused by the longitudinal wave radiation typically observed in a Rayleigh wave, and has been employed to develop sensor cells in a liquid.

A.3 Calibration

It is recommended to compare the quantified reaction data with the result obtained by a reference measurement system. The calibration method should be specified in the detailed specification and / or contract.

Bibliography

IEC 60068 (all parts), *Environmental testing*

IEC 60122-1, *Quartz crystal units of assessed quality – Part 1: Generic specification*

IEC 60122-2-1, *Quartz crystal units for frequency control and selection – Part 2: Guide to the use of quartz crystal units for frequency control and selection – Section One: Quartz crystals for microprocessor clock supply*

IEC 60444-1, *Measurement of quartz crystal unit parameters by zero phase technique in a pi-network – Part 1: Basic method for the measurement of resonance frequency and resonance resistance of quartz crystal units by zero phase technique in a pi-network*

IEC 60444-5, *Measurement of quartz crystal unit parameters – Part 5: Methods for the determination of equivalent electrical parameters using automatic network analyzer techniques and error correction*

IEC 60444-9, *Measurement of quartz crystal unit parameters – Part 9: Measurement of spurious resonances of piezoelectric crystal units*

IEC 60642, *Piezoelectric ceramic resonators and resonator units for frequency control and selection – Chapter I: Standard values and conditions – Chapter II: Measuring and test conditions*

IEC 60679 (all parts), *Quartz crystal controlled oscillators of assessed quality*

IEC 60758:2008, *Synthetic quartz crystal – Specifications and guidelines for use*

IEC 60862-1, *Surface acoustic wave (SAW) filters of assessed quality – Part 1: Generic specification*

IEC 61019-1:2004, *Surface acoustic wave (SAW) resonators – Part 1: Generic specification*

IEC 61240:2016, *Piezoelectric devices – Preparation of outline drawings of surface mounted devices (SMD) for frequency control and selection – General rules*

IEC 61760 (all parts), *Surface mounting technology*

IEC 61837 (all parts), *Surface mounted piezoelectric devices for frequency control and selection – Standard outlines and terminal lead connections*

IEC TS 61994 (all parts), *Piezoelectric, dielectric and electrostatic devices and associated materials for frequency control, selection and detection – Glossary*

IEC 62276:2016, *Single crystal wafers for surface acoustic wave (SAW) device applications – Specifications and measuring methods*

ISO 2859-1:1999, *Sampling procedures for inspection by attributes – Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection*

ISO 11843-1:1997, *Capability of detection – Part 1: Terms and definitions*

ISO 11843-2:2000, *Capability of detection – Part 2: Methodology in the linear calibration case*

ISO/IEC Guide 99:2007, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)*

- KING, W.H. Jr. Piezoelectric sorption detector. *Analytical Chemistry* 36 (9), 1964, 1735-1739
- SAUERBREY, G. Verwendung von Schwingquarzen zur Wägung dünner Schichten und zur Mikrowägung. *Z. Phys.* 155 (2), 1959, 206
- KANAZAWA, K.K. and GORDON J.G. II *Anal. Chim. Acta* 99: 1985, 175
- NAKAMOTO, T. and MORIIZUMI, T. A Theory of a Quartz Crystal Microbalance Based upon a Mason Equivalent Circuit. *Jpn. J. Appl. Phys.* 29, 1990, 963
- KONDOH, J. and SHIOKAWA, S. A Liquid Sensor Based on a Shear Horizontal SAW device. *Electronics and Communications in Japan*, Part 2, Vol. 76, No. 2, 1993, pp. 69-82
- WOHLTJEN, H. and DESSY R. Surface acoustic wave probe for chemical analysis introduction and instrument description. *Anal. Chem.*, vol.51, no.9, 1979, pp.1458-1464
- GOKA, S., OKABE, K., WATANABE, Y. and SEKIMOTO, H. Multimode Quartz Crystal Microbalance. *JPN. J. APPL. PHYS.* Part 1, 39: 2000, 3073
- MURAMATSU, H., TAMIYA, E., and Karube, I. Computation of Equivalent Circuit Parameters of Quartz Crystal in Contact with Liquids and Study of Liquid Properties. *Anal. Chem.*, 60, 1988, 2142-2146
- NAKAMOTO, T. and MORIIZUMI, T. A Theory of a Quartz Crystal Microbalance Based upon a Mason Equivalent Circuit. *Jpn. J. Appl. Phys.* 29, 1990, 963 doi:10.1143/JJAP.29.963
- KUROSAWA, S., AIZAWA, H. and PARK, J-W. Quartz crystal microbalance immune-sensor for highly sensitive 2,3,7,8 – tetrachlorodibenzo-p-dioxin detection in fly ash from municipal solid waste incinerators. *Analyst*, 2005,130, 1495-1501
- WAKAMATSU, S., KOYAMA, M., WATANABE, S., and KUROSAWA, S. *Oscillation frequency of QCM-biosensor on electric circuit technology for telecommunication*. IEEE 2007 I.F.C.S
- MARTIN B.A., WENZEL S.W. and WHITE R.M. *Viscosity and Density Sensing with Ultrasonic Plate Waves*. *Sensors and Actuators*, A21-A23, pp.704-708 (March1990)
- COSTELLO B. J., MARTIN B.A. and WHITE R. M. Plate Waves for Biochemical Measurements. *Proc. IEEE US Symp.*, 1989, pp. 977-981
- WENZEL S.W. and WHITE R. M. Analytic Comparison of the Sensitivities of Bulk-wave, Surface-wave, and Flexural Plate-wave Ultrasonic gravimetric sensors. *Appl. Phys. Lett.*, 54 (20), May 1989, pp.1976-1978
- RAJENDRAN, V., KOIKE, M., HASHIMOTO, K. and YAMAGUCHI, M. Mass Density Sensor for Liquids Using ZnO-Film/Al-Foil Lamb Wave Device. *Proc. IEEE US Symp.*, 1992, pp.263-268
- WANG, W., LIM, C., LEE, K, and YANG, S. Wireless surface acoustic wave chemical sensor for simultaneous measurement of CO₂ and humidity. *J. Micro/Nanolith. MEMS MOEMS*, Jul-Sep 2009, Vol. 8(3)
- OGI, H., FUKUSHIMA, M., UESUGI, K., YAGI, H., GOTO, Y. and HIRAO, M. Acceleration of deposition of Aβ1-40 peptide on ultrasonically formed Aβ1-42 nucleus studied by wireless quartz-crystal-microbalance biosensor. *Biosens. Bioelectron.* 40, 2013, pp. 200-205

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63041-2:2017

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	19
1 Domaine d'application	21
2 Références normatives	21
3 Termes et définitions	21
3.1 Généralités	21
3.2 Types de capteurs chimiques et biochimiques.....	22
4 Spécifications	22
4.1 Généralités	22
4.2 Schéma conceptuel des éléments et cellules de capteurs BAW	22
4.3 Schéma conceptuel des éléments et cellules de capteurs SAW	23
4.4 Points essentiels des spécifications	23
4.4.1 Généralités	23
4.4.2 Couche d'interface	23
4.4.3 Couche sensible ou réceptive (matériau de reconnaissance cible).....	23
4.4.4 Réactions non spécifiques et non sélectives	24
4.5 Performances améliorées du capteur	24
4.6 Documents techniques	24
5 Conditions de livraison	25
6 Qualité et fiabilité	25
7 Modes opératoires d'essais et de mesure	25
Annexe A (informative) Réaction chimique dans les cellules de capteurs	26
A.1 Valeurs de référence avant et après la réaction	26
A.2 Formules classiques	27
A.2.1 Généralités	27
A.2.2 BAW (QCM taille AT)	27
A.2.3 SAW	28
A.3 Étalonnage	31
Bibliographie.....	32
Figure 1 – Schéma conceptuel d'éléments et cellules de capteurs chimiques et biochimiques d'un type de résonateurs BAW (vue de côté)	22
Figure 2 – Schéma conceptuel d'éléments et cellules de capteurs chimiques et biochimiques d'un type de résonateurs SAW (vue de côté)	23
Figure 3 – Schéma conceptuel d'éléments et cellules de capteurs chimiques et biochimiques d'un type à ligne de retard SAW (vue de dessus).....	23
Figure 4 – Schéma conceptuel des éléments et cellules de capteurs chimiques et biochimiques SAW avec une zone de réaction à trois couches sur une surface de propagation (vue de côté)	24
Figure A.1 – Caractéristiques fréquence-temps.....	26
Figure A.2 – Réponse en résonance conceptuelle d'une cellule de capteur SAW	27

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CAPTEURS PIÉZOÉLECTRIQUES –

Partie 2: Capteurs chimiques et biochimiques

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 63041-2 a été établie par le comité d'études 49 de l'IEC: Dispositifs piézoélectriques, diélectriques et électrostatiques et matériaux associés pour la détection, le choix et la commande de la fréquence.

La présente version bilingue (2019-11) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2017-12.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 49/1221/CDV et 49/1250/RVC.

Le rapport de vote 49/1250/RVC donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 63041, publiées sous le titre général *Capteurs piézoélectriques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

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

IMPORTANT – Le logo « colour inside » qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer ce document en utilisant une imprimante couleur.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63041-2:2017

CAPTEURS PIÉZOÉLECTRIQUES –

Partie 2: Capteurs chimiques et biochimiques

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 63041 s'applique aux capteurs chimiques piézoélectriques principalement utilisés dans le domaine biologique, médical, des gaz et des sciences environnementales. Elle donne aux utilisateurs des lignes directrices techniques relatives aux capteurs biochimiques, ainsi que les connaissances concernant les capteurs chimiques communs.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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

IEC 60050-561:2014, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 561: Dispositifs piézoélectriques, diélectriques et électrostatiques et matériaux associés pour la détection, le choix et la commande de la fréquence*

IEC 60617, *Symboles graphiques pour schémas*, disponible à l'adresse <http://std.iec.ch/iec60617>

IEC 63041-1, *Capteurs pizoélectriques – Partie 1: Spécification générique*

ISO 80000-1:2009, *Grandeurs et unités – Partie 1: Généralités*

3 Termes et définitions

3.1 Généralités

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

L'ISO et l'IEC maintiennent des bases de données terminologiques pour l'utilisation en normalisation disponibles aux adresses suivantes;

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

Dans toute la mesure du possible, les unités, les symboles littéraux et la terminologie doivent être issus des normes suivantes: IEC 60027, IEC 60050-561, IEC 60617, IEC 63041-1 et ISO 80000-1.

NOTE 1 Sur le marché des capteurs chimiques et biochimiques, les termes relatifs aux domaines tels que la chimie, la biochimie, la santé, etc. sont largement utilisés.

NOTE 2 Les capteurs piézoélectriques présentés ici sont ceux utilisés pour détecter et mesurer des substances chimiques en phase gazeuse ou des molécules biologiques en milieu aqueux.

3.2 Types de capteurs chimiques et biochimiques

3.2.1

élément de capteur chimique piézoélectrique

composant de capteur piézoélectrique comprenant une couche sensible (matériau de reconnaissance cible) nécessaire au mesurage pratique de molécules non biologiques simples en quantité, et qui fonctionne et détecte les substances chimiques essentiellement en phase gazeuse

Note 1 à l'article: Par exemple, il existe des capteurs d'odeurs, des capteurs de vapeur, des capteurs de fumée, etc.

[SOURCE: IEC 63041-1:2017, 3.3.1, modifiée – La Note 1 à l'article a été ajoutée.]

3.2.2

élément de capteur biochimique piézoélectrique

composant de capteur piézoélectrique comprenant une couche réceptive (matériau de reconnaissance cible) nécessaire au mesurage pratique de molécules non biologiques complexes en quantité, et qui fonctionne essentiellement en milieu aqueux et y détecte les biomolécules

[SOURCE: IEC 63041-1:2017, 3.3.2]

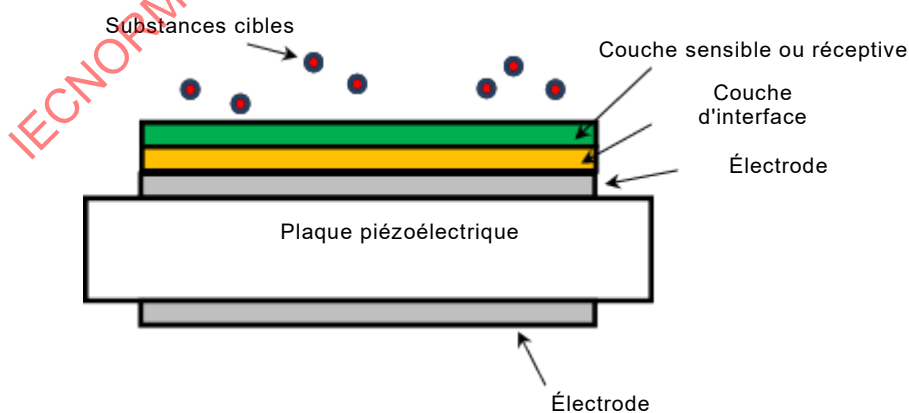
4 Spécifications

4.1 Généralités

Les capteurs chimiques et biochimiques sont utilisés dans différentes applications, par exemple, pour la détection des molécules/substances cibles, la détection de la croissance, de la diminution, de la différenciation et de la cohésion des cellules, la détection de l'adsorption ou de l'absorption, la confirmation de la réaction de compétition, etc. Les concepts et spécifications des capteurs chimiques et biochimiques sont présentés en détail de 4.2 à 4.5.

4.2 Schéma conceptuel des éléments et cellules de capteurs BAW

La Figure 1 représente le schéma conceptuel pratique d'un élément de capteur à onde acoustique de volume (BAW - *bulk acoustic wave*). Dans la figure, les socles de montage et les enveloppes sont ignorés.



IEC

Figure 1 – Schéma conceptuel d'éléments et cellules de capteurs chimiques et biochimiques d'un type de résonateurs BAW (vue de côté)

4.3 Schéma conceptuel des éléments et cellules de capteurs SAW

La Figure 2 et la Figure 3 représentent les schémas conceptuels pratiques de deux types d'éléments et cellules de capteurs, respectivement, d'un résonateur à ondes acoustiques de surface (SAW - *surface acoustic wave*) et de types à ligne de retard. Dans les figures, les socles de montage et les enveloppes sont ignorés.

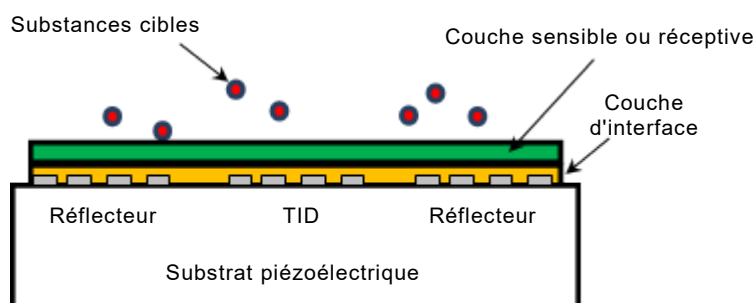


Figure 2 – Schéma conceptuel d'éléments et cellules de capteurs chimiques et biochimiques d'un type de résonateurs SAW (vue de côté)

NOTE Le réflecteur et le transducteur interdigité (TID) sont définis dans l'IEC 61019-1:2004.

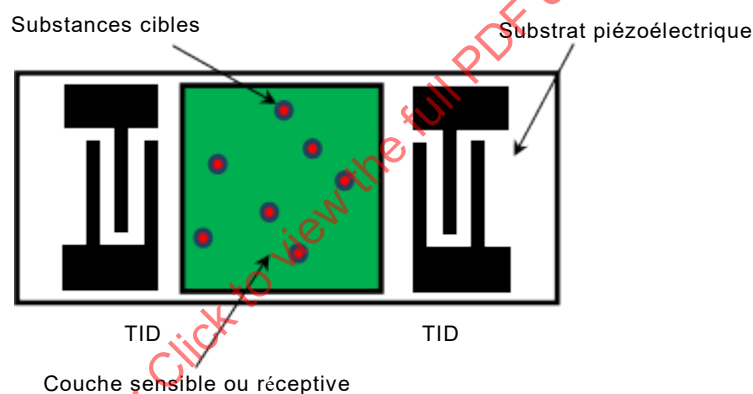


Figure 3 – Schéma conceptuel d'éléments et cellules de capteurs chimiques et biochimiques d'un type à ligne de retard SAW (vue de dessus)

4.4 Points essentiels des spécifications

4.4.1 Généralités

Les points essentiels de la spécification sont identifiés à l'Article 5 de l'IEC 63041-1:2017. De plus, il convient de définir clairement les éléments spécifiés du 4.4.2 au 4.4.4.

4.4.2 Couche d'interface

Comme le représentent la Figure 1 et la Figure 2, une couche d'interface est formée pour augmenter l'adhésion de la couche sensible ou réceptive à l'électrode/au substrat.

4.4.3 Couche sensible ou réceptive (matériau de reconnaissance cible)

Il convient de choisir correctement la couche sensible utilisée dans les applications de capteurs chimiques ou la couche réceptive utilisée dans les applications de capteurs biochimiques pour les molécules/substances cibles.

Pour les éléments et cellules de capteurs de type résonateur BAW, la couche sensible ou réceptive est formée sur l'électrode d'une surface (voir la Figure 1), alors qu'elle est formée sur la surface de propagation SAW des éléments et cellules de capteurs d'un résonateur SAW et d'un type à ligne de retard (voir la Figure 2 et la Figure 3).

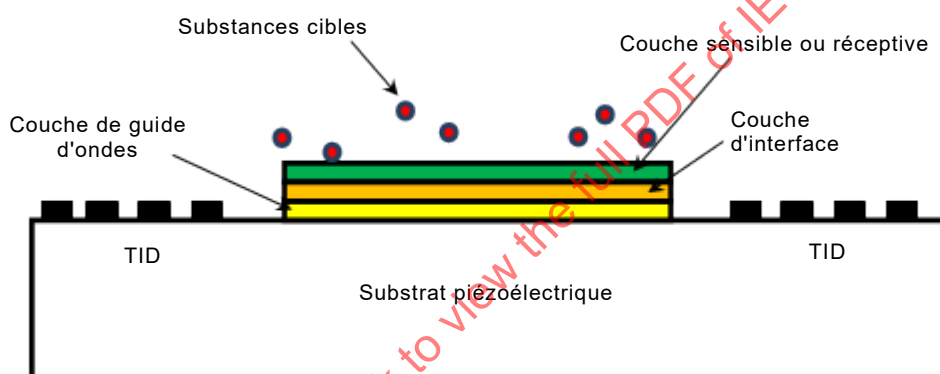
4.4.4 Réactions non spécifiques et non sélectives

Pour les éléments et cellules de capteurs chimiques et biochimiques, il convient de choisir les couches sensibles ou réceptives et les solvants de façon à ce que les réactions non spécifiques et non sélectives puissent être réduites le plus possible conjointement avec les molécules/substances cibles.

4.5 Performances améliorées du capteur

Dans certaines situations, une couche de guide d'ondes acoustiques est formée pour augmenter la sensibilité des éléments et cellules de capteurs chimiques et biochimiques de type à ligne de retard SAW.

La Figure 4 représente le schéma conceptuel d'un capteur chimique et biochimique de type à ligne de retard (SH)-SAW, dont il convient de définir dans le contrat le matériau de la couche d'interface, de la couche de guide d'ondes acoustiques et éléments analogues.



IEC

Figure 4 – Schéma conceptuel des éléments et cellules de capteurs chimiques et biochimiques SAW avec une zone de réaction à trois couches sur une surface de propagation (vue de côté)

4.6 Documents techniques

Il convient de définir clairement les points 1) et 2) suivants des spécifications dans le contrat conclu entre le fabricant et les clients.

- 1) Lorsqu'un terme autre que a) à d) présenté ci-dessous est utilisé.
 - a) Limite de détection: quantité ou concentration minimale détectable par des cellules de capteurs.
 - b) Limite de quantification: quantité ou concentration minimale détectable par des modules de capteurs.
 - c) Limite maximale de détermination: quantité ou concentration maximale d'analyte sur laquelle peut être réalisée une analyse, également appelée "limite maximale de quantification".
 - d) Sensibilité: dépendance de la sortie des éléments et cellules de capteurs à la quantité ou la concentration détectée, c'est-à-dire la pente d'une courbe d'étalonnage.
- 2) Réglage de l'intervalle de fiabilité.

5 Conditions de livraison

Voir l'Article 7 de l'IEC 63041-1:2017.

6 Qualité et fiabilité

Voir l'Article 8 de l'IEC 63041-1:2017.

7 Modes opératoires d'essais et de mesure

Voir l'Article 9, l'Annexe A et l'Annexe B de l'IEC 63041-1:2017.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63041-2:2017

Annexe A (informative)

Réaction chimique dans les cellules de capteurs

A.1 Valeurs de référence avant et après la réaction

Comme le représentent la Figure A.1 et la Figure A.2, il convient de définir la fréquence de résonance, la fréquence d'oscillation, la phase, la perte/le gain d'insertion, la résistance dynamique, etc. des sorties de la cellule de capteurs à l'instant t_1 , étant donné que les valeurs initiales se produisent avant les réactions chimiques et/ou biochimiques. De la même manière, il convient également de les définir à l'instant t_2 , en tant que valeurs finales obtenues après la réaction.

Pour ces spécifications, le fabricant et le client doivent entreprendre des discussions approfondies, les divergences doivent être levées et les résultats doivent être clairement décrits dans la clause contractuelle, les spécifications des exigences du client, leurs spécifications de livraison ou éléments analogues, et doivent être établis dans le cadre de l'un des contrats avec le client.

La réaction doit être quantifiée à l'aide des formules, puis consignée.

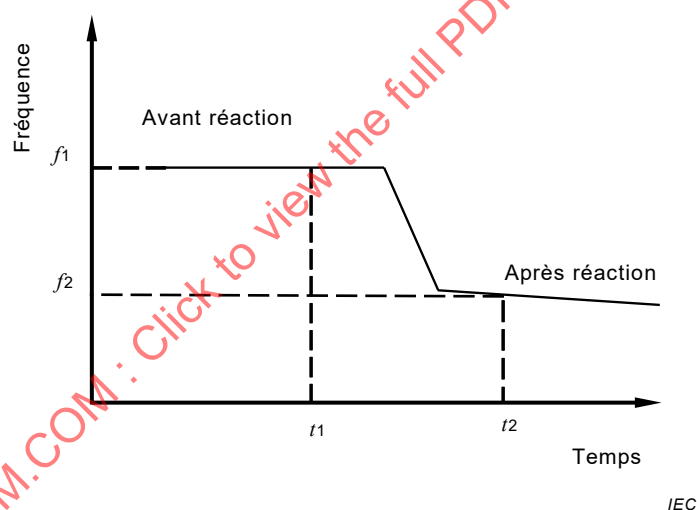


Figure A.1 – Caractéristiques fréquence-temps

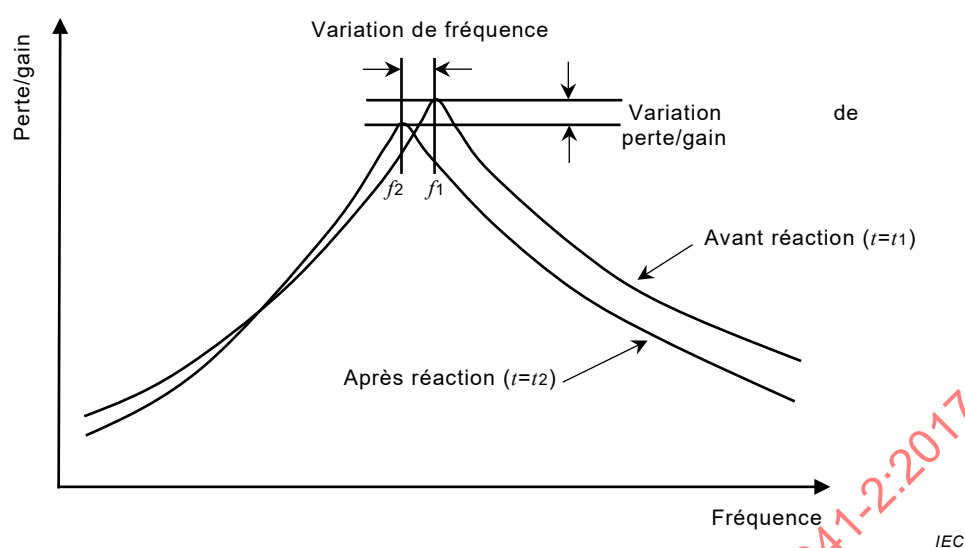


Figure A.2 – Réponse en résonance conceptuelle d'une cellule de capteur SAW

A.2 Formules classiques

A.2.1 Généralités

Les formules présentées en A.2.2 et A.2.3 sont des exemples classiques utilisés pour les cellules de capteurs chimiques et biochimiques. Pour ces formules, le fabricant et le client doivent entreprendre des discussions approfondies, les divergences doivent être levées et les résultats doivent être clairement décrits dans la clause contractuelle.

A.2.2 BAW (QCM taille AT)

a) Masse-charge

$$\Delta f = -2,26 \times 10^{-7} \Delta m f^2 \quad (\text{A.1})$$

et

$$\Delta m = \rho' d \quad (\text{A.2})$$

où

f est la fréquence;

Δm est la variation de la masse surfacique;

ρ' est la masse volumique d'une couche sensible ou réceptive;

d est l'épaisseur d'une couche sensible ou réceptive.

$$\Delta f = f_1 - f_2$$

b) Viscosité

Relation entre la viscosité et l'écart de fréquence,

$$\Delta f = -4,17 \times 10^{-8} f^{\frac{3}{2}} \left\{ (\rho_e \eta_e)^{\frac{1}{2}} - (\rho_e \eta_e)^{\frac{1}{2}} \right\} \quad (\text{A.3})$$

où

ρ_e est la masse volumique d'un liquide de référence;

η_e est la viscosité d'un liquide de référence;

ρ'_e est la masse volumique d'un liquide à mesurer;

η'_e est la viscosité d'un liquide à mesurer.

Relation entre la viscosité et la résistance de résonance,

$$R_r = (\omega \rho_L \eta_L)^{\frac{1}{2}} \frac{A}{K} \quad (\text{A.4})$$

où

R_r est la résistance de résonance;

K est le facteur de couplage électromécanique;

η_L est la viscosité d'un liquide;

ρ_L est la masse volumique d'un liquide;

A est la surface d'électrode;

ω est la fréquence angulaire.

La résistance de résonance R_r est mesurée selon l'IEC 60444-1, l'IEC 60444-5 ou par des méthodes de mesure alternatives.

A.2.3 SAW

A.2.3.1 Capteurs d'onde de Rayleigh

a) Masse-charge

$$\Delta f = -(k_1 + k_2) \Delta m f^2 \quad (\text{A.5})$$

où

k_1 et k_2 sont les paramètres qui dépendent d'un matériau piézoélectrique.

b) Interaction acoustique électrique

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{K^2}{2} \varepsilon_0 \frac{1 + j \varepsilon_0 Z'_E(0)}{\varepsilon_0 - j \varepsilon_P^T Z'_E(0)} \quad (\text{A.6})$$

où

V_0 est la vitesse de phase de référence;

K^2 est le facteur de couplage électromécanique;

ε_0 est la permittivité d'un espace libre;

$Z'_E(0)$ est l'impédance acoustique de surface normalisée;

ε_P^T est la permittivité efficace d'une lame.

NOTE En règle générale, lorsqu'un liquide est chargé sur la surface de propagation d'une onde de Rayleigh, sa puissance rayonne de la surface du substrat dans le liquide sous la forme d'une onde longitudinale, et l'onde de Rayleigh est atténuée du fait de la perte de puissance. Cela signifie qu'il est possible que les cellules de capteurs qui utilisent une onde de Rayleigh appartenant à l'une des familles SAW ne puissent pas être utilisées dans un liquide.