

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices –
Part 37: Environmental test methods of MEMS piezoelectric thin films for sensor
application**

**Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs microélectromécaniques –
Partie 37: Méthodes d'essai d'environnement des couches minces
piézoélectriques MEMS pour les applications de type capteur**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2020 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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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



**Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices –
Part 37: Environmental test methods of MEMS piezoelectric thin films for sensor
application**

**Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs microélectromécaniques –
Partie 37: Méthodes d'essai d'environnement des couches minces
piézoélectriques MEMS pour les applications de type capteur**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.080.99; 31.140

ISBN 978-2-8322-8231-1

**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
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Testing procedure.....	6
4.1 General.....	6
4.2 Initial measurements.....	7
4.3 Tests	7
4.3.1 DUT setup and environmental conditions.....	7
4.3.2 Test duration	7
4.3.3 Number of tests and number of DUTs	7
4.4 Post-treatment	8
4.5 Final measurements.....	8
5 Environmental and dielectric withstand testing.....	8
5.1 Environmental testing	8
5.1.1 General	8
5.1.2 High-temperature bias test.....	9
5.1.3 High-temperature and high-humidity bias test	9
5.1.4 High-temperature storage	9
5.1.5 Low-temperature storage.....	10
5.1.6 High-temperature and high-humidity storage.....	10
5.1.7 Soldering heat test	10
5.1.8 Temperature cycling test	11
5.2 Dielectric withstand testing	12
Annex A (informative) Report of test results	14
A.1 General.....	14
A.2 High-temperature bias test.....	14
Bibliography.....	16
Figure 1 – Flow of the testing procedure	7
Figure 2 – Temperature profile for reflow soldering with lead-free solder	11
Figure 3 – Temperature profile of the temperature cycling test.....	12
Figure 4 – Example of a dielectric withstand test circuit for DC voltage	13
Figure A.1 – Measurement setup of direct piezoelectric coefficient	15
Table 1 – Selectable test conditions.....	9
Table 2 – Selectable test conditions.....	10
Table 3 – Soldering heat test condition	10
Table 4 – Conditions of temperature profile for reflow soldering with lead-free solder	11
Table A.1 – Example of test conditions for high temperature bias test.....	15
Table A.2 – High temperature bias test: 23 °C and 100 °C	15

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SEMICONDUCTOR DEVICES –
MICRO-ELECTROMECHANICAL DEVICES –****Part 37: Environmental test methods of MEMS
piezoelectric thin films for sensor application**

FOREWORD

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

International Standard IEC 62047-37 has been prepared by subcommittee 47F: Micro-electromechanical systems, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

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

FDIS	Report on voting
47F/355/FDIS	47F/357/RVD

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.

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

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

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific document. At this date, the document 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 62047-37:2020

INTRODUCTION

Piezoelectric MEMS technology belongs to an interdisciplinary field founded on a wide range of element technologies including piezoelectric thin film materials, thin film deposition and microfabrication processes, device design, and system formulation. Along with the increased sophistication of MEMS functionality, research on MEMS applications for piezoelectric thin films, such as $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$ (PZT) or AlN, has become increasingly popular in recent years. MEMS piezoelectric thin films have the capability of configuring simple compact devices that have a lower power consumption, higher sensitivity, and quicker response than conventional bulk-type, electrostatic, or electromagnetic thin films. However, their device performance is greatly affected by the properties of the thin film materials.

Several test methods for thin film materials have been established to date. Among these, the overriding property that determines device performance is the material's piezoelectric property. Standardization of IEC 62047-30 (*Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices – Part 30: Measurement methods of electro-mechanical conversion characteristics of MEMS piezoelectric thin film*) has been promoted for the purpose of precisely measuring and evaluating MEMS piezoelectric thin films using simply structured test pieces and inexpensive equipment.

In order to realize a viable MEMS piezoelectric thin film, it is essential to gain a clear understanding of how its piezoelectric properties change as a result of the environmental stress of temperature and humidity, and degradation in the piezoelectric material over time at its surfaces and interfaces.

The following summarizes the features of this standard.

- The degree of degradation in a device under test (DUT) is evaluated by measuring the piezoelectric properties of the DUT before and after applying the environmental stress of temperature and humidity using the measurement methods in IEC 62047-30.
- Test conditions for moist heat and dielectric withstand tests are derived from existing standards for semiconductor devices and fixed capacitors of ceramic dielectric.

SEMICONDUCTOR DEVICES – MICRO-ELECTROMECHANICAL DEVICES –

Part 37: Environmental test methods of MEMS piezoelectric thin films for sensor application

1 Scope

This part of IEC 62047 specifies test methods for evaluating the durability of MEMS piezoelectric thin film materials under the environmental stress of temperature and humidity and under mechanical stress and strain, and test conditions for appropriate quality assessment. Specifically, this document specifies test methods and test conditions for measuring the durability of a DUT under temperature and humidity conditions and applied voltages. It further applies to evaluations of direct piezoelectric properties in piezoelectric thin films formed primarily on silicon substrates, i.e. piezoelectric thin films used as acoustic sensors, or as cantilever-type sensors.

This document does not cover reliability assessments, such as methods of predicting the lifetime of a piezoelectric thin film based on a Weibull distribution.

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 62047-30, *Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices – Part 30: Measurement methods of electro-mechanical conversion characteristics of MEMS piezoelectric thin film*

3 Terms and definitions

No terms and definitions are listed in this document.

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>

4 Testing procedure

4.1 General

The degree of degradation in a device under test (DUT) is evaluated by measuring the piezoelectric properties of the DUT before and after applying the environmental stress of temperature and humidity. Figure 1 shows the general flow of the testing procedure.

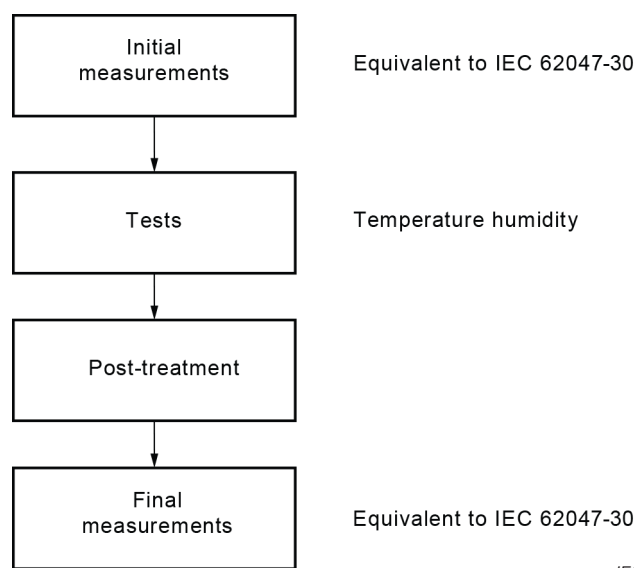


Figure 1 – Flow of the testing procedure

4.2 Initial measurements

The methods of measurement used in the environmental tests shall conform to the methods described in IEC 62047-30. The ambient conditions for measurements shall include an ambient temperature of $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$, a relative humidity of 45 % to 75 %, and an atmospheric pressure of 86 kPa to 106 kPa.

4.3 Tests

4.3.1 DUT setup and environmental conditions

For tests requiring continuous operation of the DUT, the DUT is placed in a test bed that can be adjusted to the prescribed temperature and humidity to conditions. The test conditions are monitored to verify that no abnormalities occur when the chamber environment reaches the prescribed conditions. For tests that do not require continuous operations of the DUT, the DUT may be placed in the test bed and the test bed may be deposited in the chamber, but the test bed need not be put in the chamber. When depositing and removing the DUT and test bed for either test, the operator shall ensure that:

- water does not drip onto the DUT;
- the DUT is not directly immersed in water.

4.3.2 Test duration

Test duration is described in 5.1.1 to 5.1.7.

4.3.3 Number of tests and number of DUTs

Specifications for the number of tests and the number of DUTs shall take the failure mechanism, failure distribution, and other factors anticipated in each test into account. When intermediate measurements are required, such measurements may be performed in accordance with the following timetable:

- 24 h (+8 h, -0 h);
- 48 h (+8 h, -0 h);
- 96 h (+24 h, -0 h);
- 168 h (+48 h, -0 h);

- 480 h (+72 h, –0 h).

Here, the time spent removing the DUT and conducting the intermediate measurements shall be omitted from the test duration.

4.4 Post-treatment

After completion of the tests, first the application of mechanical stress and strain, or vibration, is halted, and then the DUT is removed from the chamber and returned to standard conditions. However, this shall not apply to cases in which the DUT clearly recovers from its degraded state after the application of mechanical stress and strain, or vibration, is halted at the testing temperature because a correct result is not possible.

4.5 Final measurements

The methods of measurement used in moist heat tests shall conform to the methods set forth in IEC 62047-30. The degraded state of a DUT is evaluated by comparing the final measurements to the initial measurements. The environmental conditions for measurements shall include:

- ambient temperature: $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$;
- relative humidity: 45 % to 75 %;
- atmospheric pressure: 86 kPa to 106 kPa.

As a general rule, final measurements shall be conducted within 48 h from the completion of tests after verifying that the surface of the DUT is dry. When conducting intermediate measurements prior to the final measurements, the DUT shall be deposited back into the testing chamber within 96 h after being removed for measurements. Final measurements are preferably completed within 96 h after halting voltage application to the DUT.

5 Environmental and dielectric withstand testing

5.1 Environmental testing

5.1.1 General

Equipment used in these experiments includes:

- a chamber or a room capable of maintaining predetermined test temperature and humidity and allowable temperature and humidity;
- a vibrator or an external actuator for generating a predetermined deflection of the unimorph beam;
- a mechanical stress and strain, or vibration, application equipment having sufficient resistance for withstanding the test temperatures and humidity.

The chamber shall be capable of maintaining its entire interior at the set temperature $\pm 2\text{ °C}$ and the set humidity $\pm 5\text{ %}$ during the test. The applied mechanical stress and strain, and the operating method shall be established with consideration for the limits of the DUT. The application circuit shall be considered to account for load conditions and other factors in order that the operating state of the DUT be suitably maintained.

NOTE 1 The degree of degradation in a device under test (DUT) is evaluated by measuring the piezoelectric properties of the DUT before and after applying the environmental stress of temperature and humidity.

NOTE 2 The degree of degradation in a DUT is evaluated using the measurement methods in IEC 62047-30.

NOTE 3 A test circuit for testing a plurality of DUT simultaneously is designed so that failure of one DUT during a test does not affect the other DUT.

5.1.2 High-temperature bias test

The objective of this test is to evaluate the ability of MEMS piezoelectric thin film to operate at a high temperature. Mechanical stress and strain (beam deflection) is applied to the piezoelectric film under a high temperature to evaluate the effects of these conditions over a long duration. The conditions applied to the DUT, including the vibration mode (resonant mode or non-resonant mode), input waveform, the frequency, and the like shall be determined based on the expected application of the sensor. The following test conditions shall be applied:

- test temperature: 85 °C or higher;
- test duration: 96 h or longer.

The example of this test result is provided in Annex A.

NOTE 1 Sample test temperatures can include 85 °C, 105 °C and 125 °C.

NOTE 2 Sample test durations can include 96 h, 480 h and 960 h.

5.1.3 High-temperature and high-humidity bias test

The objective of this test is to evaluate the ability of MEMS piezoelectric thin film to operate under high temperature and high humidity. Mechanical stress and strain (beam bending) is applied to the piezoelectric thin film under high temperature and humidity and the effects of these conditions are assessed over a long duration. The humidity test determines whether electronic products have sufficient electrical and mechanical properties to withstand heavy conditions with high relative humidity, regardless of whether condensation is present. The humidity test may also be used to inspect the resistance of the DUT to various corrosive actions. Based on the expected application of the sensor, the measurement parameters shall be determined as follows:

- resonant mode or non-resonant mode;
- input waveform;
- frequency.

Table 1 shows the selectable test conditions.

Table 1 – Selectable test conditions

Condition	Temperature (°C)	Humidity (%)
A	40 ± 2	90 ± 5
B	60 ± 2	90 ± 5
C	85 ± 2	85 ± 5

The test parameters shall be determined as follows:

- test strain: maximum strain of piezoelectric thin films applied by bending beam (operation max.);
- test duration: 96 h or longer.

NOTE Sample test durations include 96 h, 480 h and 960 h.

5.1.4 High-temperature storage

The objective of this test is to evaluate the ability of MEMS piezoelectric thin film to withstand storage at a high temperature. The piezoelectric thin film is kept under a high temperature for

a long duration, and the effects of these conditions are evaluated. The following test conditions shall be applied:

- test temperature: 85 °C or higher;
- test duration: 96 h or longer.

NOTE 1 Sample test temperatures include 85 °C, 105 °C and 125 °C.

NOTE 2 Sample test durations include 96 h, 480 h and 960 h.

5.1.5 Low-temperature storage

The objective of this test is to evaluate the ability of MEMS piezoelectric thin film to withstand storage at a low temperature. The piezoelectric thin film is kept under a low temperature for a long duration, and the effects of these conditions are evaluated. The following test conditions shall be applied:

- test temperature: –20 °C or lower;
- test duration: 96 h or longer.

NOTE Sample test durations include 96 h, 480 h and 960 h.

5.1.6 High-temperature and high-humidity storage

The objective of this test is to evaluate the ability of MEMS piezoelectric thin film to withstand storage under a high temperature and high humidity. The piezoelectric thin film is maintained under high temperature and high humidity conditions for a long duration, and the effects of these conditions are evaluated. Table 2 shows the selectable test conditions.

Table 2 – Selectable test conditions

Condition	Temperature (°C)	Humidity (%)
A	40 ± 2	90 ± 5
B	60 ± 2	90 ± 5
C	85 ± 2	85 ± 5

The test parameters shall be determined as follows:

- test duration: 96 h or longer.

NOTE Sample test durations include 96 h, 480 h and 960 h.

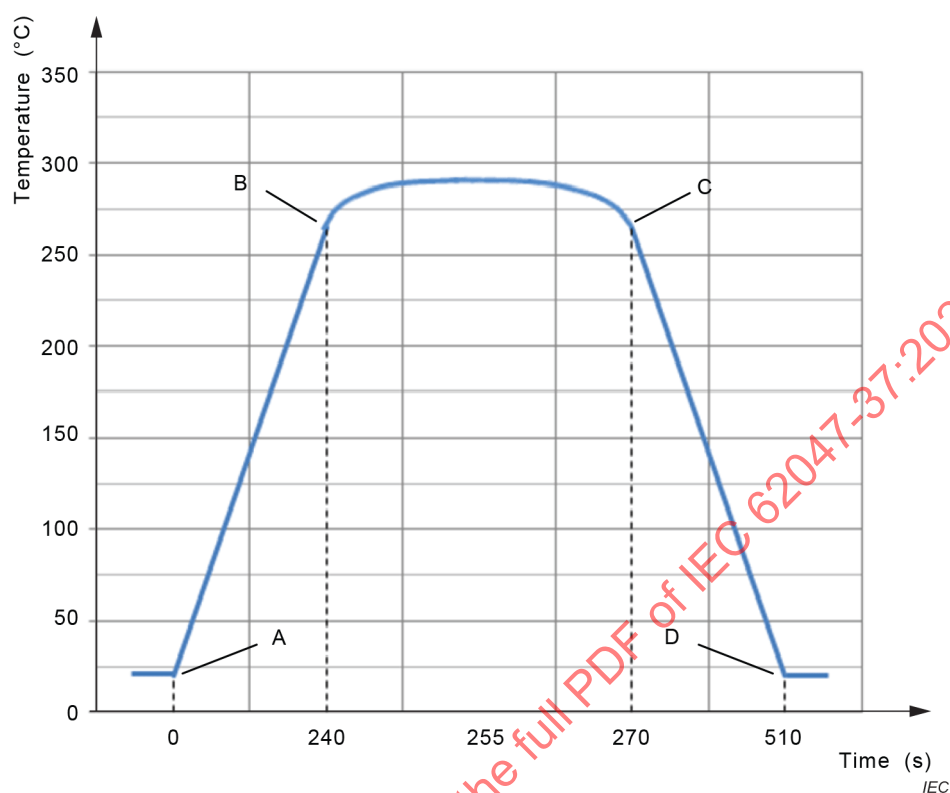
5.1.7 Soldering heat test

The objective of this test is to evaluate the resistance of MEMS piezoelectric thin film to heat generated during soldering. The temperature and time required for replicating thermal conditions expected in reflow soldering are specified in Table 3.

Table 3 – Soldering heat test condition

	Specified temperature (°C)	Hold time (s)
Test conditions	265 ± 5	30 ± 5

Figure 2 shows an example of a temperature profile assuming reflow conditions for lead-free solder. Measurement should be done at a room temperature, after point D. The test may be repeated a maximum of three times for a duration of 10 s.



Key

- A starting to add heat
- B finishing to add heat
- C starting to cool
- D finishing to cool

Figure 2 – Temperature profile for reflow soldering with lead-free solder

Table 4 shows a condition of temperature profile for reflow soldering with lead-free solder.

Table 4 – Conditions of temperature profile for reflow soldering with lead-free solder

	Time (s)	Ramp rate (°C/s)	Temperature (°C)
A	0		20
B	240		265
C	270		265
D	510		20
A-B		1,02	
C-D		1,02	

5.1.8 Temperature cycling test

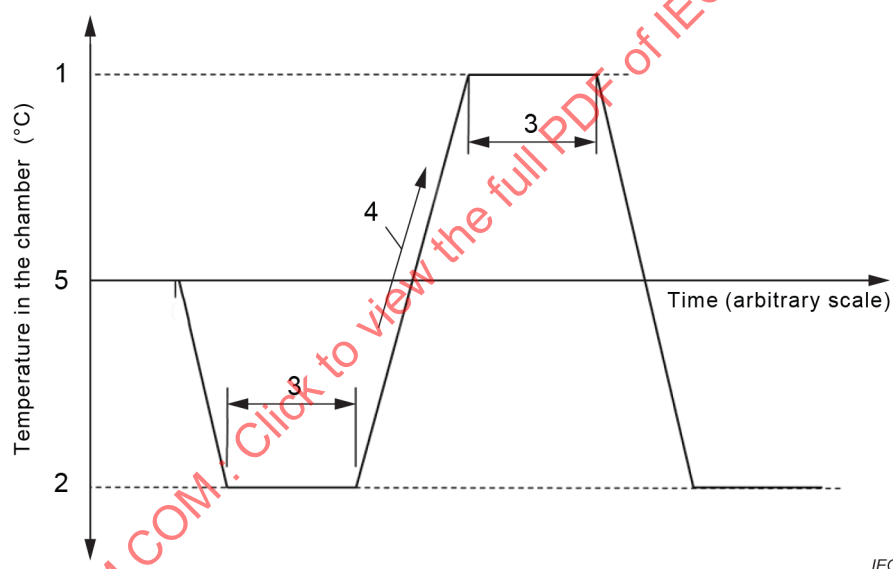
The objective of this test is to evaluate the resistance of MEMS piezoelectric thin film to cycling between high temperature and low temperature extremes. The test method used here

is in accordance with IEC 60068-2-14:2009, Clause 8 (Test Nb: Change of temperature with specified rate of change).

One cycle of test is as follows:

- the temperature of the testing chamber is lowered at a prescribed ramp-down rate R to a cold temperature T_A ;
- after the internal temperature has stabilized, the DUT is exposed to cold temperature for a specified time t_1 ;
- the temperature of the chamber is raised at a prescribed ramp-up rate R to a hot temperature T_B ;
- after the internal temperature has stabilized, the DUT is exposed to hot temperature for the specified time t_1 ;
- the temperature in the chamber is then lowered at a prescribed rate to $25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$.

Figure 3 shows the temperature profile of the temperature cycling test. Measurement should be carried out at room temperature after the heating or cooling process. The test is continually repeated N times.



Key

- 1 hot temperature T_B : 85°C (+15, -0)
- 2 cold temperature T_A : -20°C (+0, -10)
- 3 upper or lower soak time t_1 : 1 h or longer
- 4 ramp-up or down rate R : 100°C/h
- 5 room temperature T_R : 20°C (+10, -10)

Figure 3 – Temperature profile of the temperature cycling test

NOTE The number of cycles is arbitrary.

5.2 Dielectric withstand testing

The objective of this test is to evaluate the resistance of MEMS piezoelectric thin film to a voltage exceeding the rated voltage. The applied voltage and operating method shall be established with consideration for the limits of the DUT. Withstand voltage is defined when the leakage current between the top and bottom electrodes increases to 10^3 times larger than the

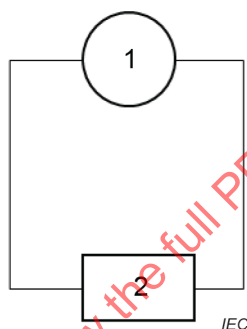
initial leakage current at 100 kV/cm. The following test parameters and results shall be indicated with the value of withstand voltage:

- electrode (material, size, shape, thickness);
- input waveform and /or increasing ratio of applied voltage;
- polarity of applied voltage (positive or negative on a top electrode);
- I-V curves;
- photographs of electrodes after withstand test;
- test temperature and humidity.

EXAMPLE The voltage increasing rate is set to 2 V/s, the prescribed voltage value to 1,2 times the rated voltage, and the prescribed time to 60 s.

A test circuit for testing a plurality of DUT simultaneously is designed so that failure of one DUT during a test does not affect the other DUT.

Figure 4 shows the example of a dielectric withstand test circuit for DC voltage.



Key

- 1 leakage current tester with variable DC voltage source and voltmeter
- 2 DUT

Figure 4 – Example of a dielectric withstand test circuit for DC voltage

Annex A (informative)

Report of test results

A.1 General

Annex A describes an example of the environmental test of the piezoelectric thin films. Clause A.2 summarizes the procedures and the measurement results of the high-temperature bias test.

A.2 High-temperature bias test

The following steps show an example of measuring procedures of a high-temperature bias test. Direct piezoelectric measurements are conducted using a three-point bending system as shown in Figure A.1. This test method can derive the same piezoelectric coefficient of $e_{31,f}^d$ as that described in IEC 62047-30.

- a) The sample is a piezoelectric 2-μm-thick PZT thin film deposited by sol-gel process.
- b) The specimen is the unimorph beam of 625 μm thickness of (100) single crystal silicon substrate.
- c) Thicknesses of the top and bottom platinum electrodes are 0,2 μm and 0,05 μm respectively.
- d) The sample is cut out to the beam shape of 40 mm length and 2 mm width by a dicing saw along with <110> crystal orientation.
- e) Two points of the unimorph beam are clamped by the triangular-shaped clamp.
- f) The centre of the beam is placed on the tip of the shaker and the bending deformation is applied by the vibration of the shaker.
- g) Vibration amplitude is measured by a laser Doppler vibrometer.
- h) Maximum stress S_1 on the PZT thin films is calculated with the following equation:

$$S_1 = \frac{Ph_s l_0}{2EI} = \frac{6h_s}{l_0^2} u$$

where P , h_s , l_0 , u are load, thickness, length of the fixed parts, deflection, and E and I are Young's modulus and area moment of inertia of Si, respectively.

- i) Piezoelectric coefficient $e_{31,f}$ is defined by the following equation:

$$e_{31,f} = \frac{d_{31}}{s_{11}^E + s_{12}^E}$$

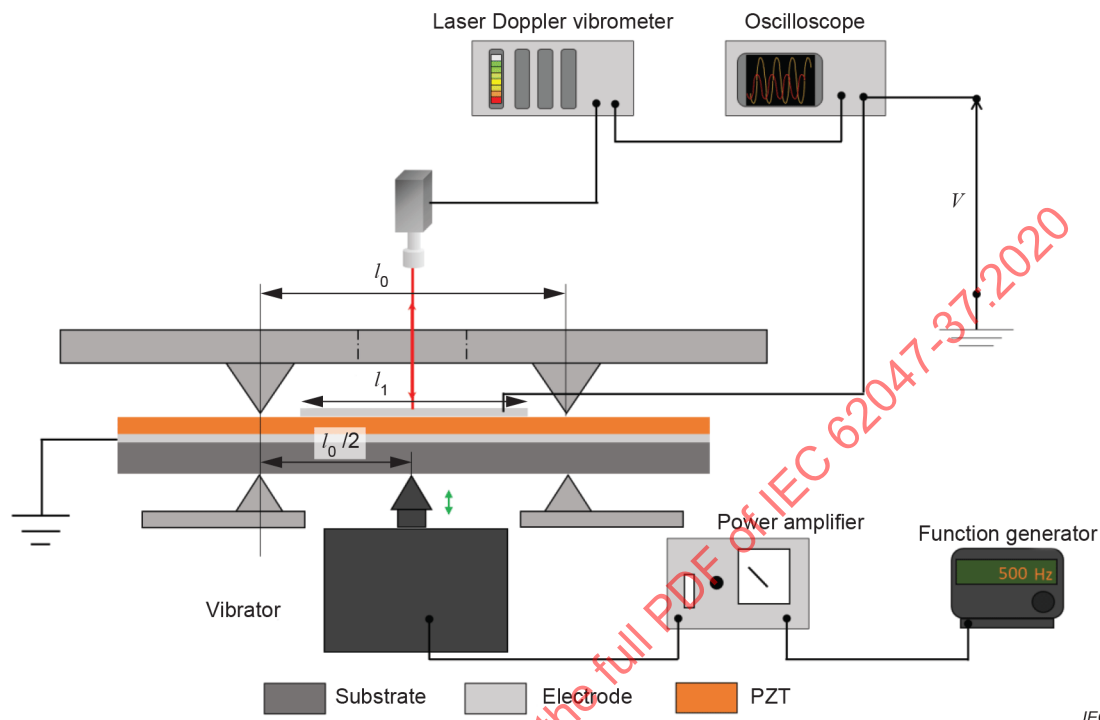
where d_{31} is the transverse piezoelectric coefficient, and s_{11}^E and s_{12}^E are the elastic compliances of the piezoelectric thin film at constant electric field, respectively. In order to clarify the piezoelectric coefficient derived from direct piezoelectric effect, piezoelectric coefficient $e_{31,f}$ is written as $e_{31,f}^d$.

- j) Direct piezoelectric coefficient of $e_{31,f}^d$ is calculated with the following equation:

$$e_{31,f}^d = \frac{l_0^3}{3(1-\nu_s)(2l_0 - l_1)l_1 h_s W} \frac{Q}{u}$$

where l_1 is the length of the electrode, W is the width of the beam, ν_s is the Poisson's ratio of silicon, and Q is the generated charge, respectively. The example of test conditions used for this equation are shown in Table A.1.

- k) The results of the environmental test of the bias temperatures of 23 °C and 100 °C are shown in Table A.2.



IEC

Figure A.1 – Measurement setup of direct piezoelectric coefficient

Table A.1 – Example of test conditions for high temperature bias test

Maximum strain: S_1	$8,3 \times 10^{-5}$
PZT thickness	3 μm
Si thickness: h_s	625 μm
width: W	2 mm
l_0	15 mm
l_1	10 mm
Displacement: u	5 μm
Vibration frequency	500 Hz

Table A.2 – High temperature bias test: 23 °C and 100 °C

Temperature: 23 °C	Time (h)	0	1	10	24
	$ e_{31,f}^d $ (C/m ²)	5,4	3,5	2,7	2,4
Temperature: 100 °C	Time (h)	0	1	10	24
	$ e_{31,f}^d $ (C/m ²)	5,5	2,9	2	1,7

Bibliography

IEC 60068-2-14:2009, *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*

IEC 60068-2-58, *Environmental testing – Part 2-58: Tests – Test Td: Test methods for solderability, resistance to dissolution of metallization and to soldering heat of surface mounting devices (SMD)*

IEC 60384-1, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 1: Generic specification*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62047-37:2020

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62047-37:2020

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	19
INTRODUCTION.....	21
1 Domaine d'application	22
2 Références normatives	22
3 Termes et définitions	22
4 Procédure d'essai.....	23
4.1 Généralités	23
4.2 Mesures initiales	23
4.3 Essais.....	23
4.3.1 Configuration du DUT et conditions d'environnement.....	23
4.3.2 Durée de l'essai.....	23
4.3.3 Nombre d'essais et nombre de DUT	24
4.4 Post-traitement	24
4.5 Mesures finales.....	24
5 Essais d'environnement et essais de tenue diélectrique	24
5.1 Essais d'environnement	24
5.1.1 Généralités	24
5.1.2 Essai de polarisation à haute température	25
5.1.3 Essai de polarisation à haute température et taux d'humidité élevé	25
5.1.4 Stockage à haute température	26
5.1.5 Stockage à basse température	26
5.1.6 Stockage à haute température et taux d'humidité élevé	26
5.1.7 Essai de chaleur de brasage.....	27
5.1.8 Essai cyclique de températures	29
5.2 Essai de tenue diélectrique	30
Annexe A (informative) Consignation des résultats d'essai	31
A.1 Généralités	31
A.2 Essai de polarisation à haute température	31
Bibliographie.....	34
Figure 1 – Schéma de principe de la procédure d'essai	23
Figure 2 – Profil de température pour un brasage par refusion sans plomb	28
Figure 3 – Profil de température de l'essai cyclique de températures	29
Figure 4 – Exemple de circuit d'essai de tenue diélectrique pour une tension continue	30
Figure A.1 – Montage de mesure du coefficient piézoélectrique de l'effet direct.....	32
Tableau 1 – Conditions d'essai définissables	26
Tableau 2 – Conditions d'essai définissables	27
Tableau 3 – Conditions de l'essai de chaleur de brasage.....	27
Tableau 4 – Conditions du profil de température pour un brasage par refusion sans plomb	28
Tableau A.1 – Exemple de conditions d'essai pour l'essai de polarisation à haute température	33
Tableau A.2 – Essai de polarisation à haute température: 23 °C et 100 °C	33

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –
DISPOSITIFS MICROÉLECTROMÉCANIQUES –****Partie 37: Méthodes d'essai d'environnement des couches minces
piézoélectriques MEMS pour les applications de type capteur****AVANT-PROPOS**

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

La Norme internationale IEC 62047-37 a été établie par le sous-comité 47F: Systèmes microélectromécaniques, du comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
47F/355/FDIS	47F/357/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 internationale.

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

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

Le comité a décidé que le contenu de ce document 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 au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62047-37:2020

INTRODUCTION

La technologie de microsystème électromécanique (MEMS, MicroElectroMechanical System) piézoélectrique correspond à un champ interdisciplinaire, reposant sur une large gamme de technologies, dont les matériaux des couches minces piézoélectriques, le dépôt en couche mince et les procédés de microfabrication, la conception des dispositifs et la formulation des systèmes. La plus grande sophistication des fonctionnalités MEMS a entraîné un intérêt croissant, au fil des dernières années, pour les travaux de recherche sur les applications MEMS des couches minces piézoélectriques, telles que les couches de zircono-titanate de plomb ($\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$, ou PZT) ou de nitrure d'aluminium (AlN). Les couches minces piézoélectriques MEMS ont la capacité de configurer des dispositifs compacts basiques, présentant une consommation énergétique moindre, une sensibilité plus élevée et une réponse plus rapide par rapport aux technologies conventionnelles de couches minces: techniques de volume, charge électrostatique ou champ électromagnétique. Cependant, la performance du dispositif dépend fortement des propriétés des matériaux des couches minces.

Plusieurs méthodes d'essai pour les matériaux constitutifs des couches minces ont été établies à ce jour. Parmi ces propriétés, celle qui prédomine dans la détermination de la performance du dispositif est la propriété piézoélectrique du matériau. La publication de la norme IEC 62047-30 (*Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices – Part 30: Measurement methods of electro-mechanical conversion characteristics of MEMS piezoelectric thin film*) a pour objet de mesurer et d'apprécier précisément les couches minces piézoélectriques MEMS, en utilisant des pièces d'essai de structure simple et des équipements peu onéreux.

Pour réaliser une couche mince piézoélectrique MEMS viable, il est essentiel de bien comprendre comment évoluent ses propriétés piézoélectriques en fonction des contraintes d'environnement (température et humidité), et comment les surfaces et les interfaces du matériau piézoélectrique se dégradent au cours du temps.

Les points suivants synthétisent les éléments clés de la présente norme.

- Le degré de dégradation d'un dispositif soumis à essai (DUT, Device Under Test) est apprécié en mesurant les propriétés piézoélectriques du DUT, avant et après application de la contrainte d'environnement de température et d'humidité, en utilisant les méthodes de mesure de l'IEC 62047-30.
- Les conditions d'essai pour les essais de chaleur humide et les essais de tenue diélectrique découlent des normes existantes applicables aux dispositifs à semiconducteurs et aux condensateurs fixes à diélectrique en céramique.

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS MICROÉLECTROMÉCANIQUES –

Partie 37: Méthodes d'essai d'environnement des couches minces piézoélectriques MEMS pour les applications de type capteur

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62047 spécifie les méthodes d'essai permettant d'apprécier la durabilité des matériaux des couches minces piézoélectriques MEMS soumis à la contrainte d'environnement de température et d'humidité, à la contrainte et à la déformation mécaniques, ainsi que les conditions d'essai définissant une évaluation appropriée de la qualité. Plus spécifiquement, le présent document spécifie les méthodes et conditions d'essai permettant de mesurer la durabilité d'un DUT dans différentes conditions de température et d'humidité, et sous différentes tensions appliquées. Il applique en outre les appréciations aux propriétés liées à l'effet direct de la piézoélectricité, pour des couches minces piézoélectriques formées principalement à base de substrats de silice, c'est-à-dire les couches minces piézoélectriques utilisées comme capteurs acoustiques, ou comme capteurs de vibrations.

Le présent document ne couvre pas les évaluations de fiabilité, telles que les méthodes permettant de prévoir la durée de vie d'une couche mince piézoélectrique en se basant sur la loi de Weibull.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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 62047-30, *Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices – Part 30: Measurement methods of electro-mechanical conversion characteristics of MEMS piezoelectric thin film* (disponible en anglais seulement)

3 Termes et définitions

Aucun terme n'est défini dans le présent document.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables 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>

4 Procédure d'essai

4.1 Généralités

Le degré de dégradation d'un dispositif soumis à essai (DUT) est apprécié en mesurant les propriétés piézoélectriques du DUT, avant et après application de la contrainte d'environnement de température et d'humidité. La Figure 1 représente le schéma de principe général de la procédure d'essai.

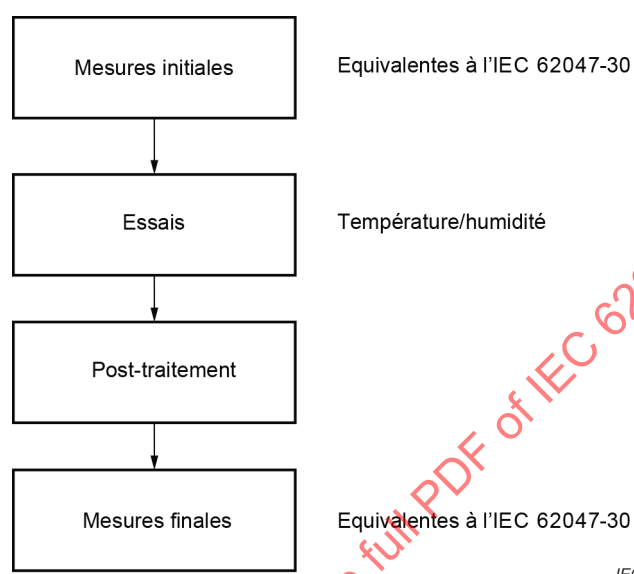


Figure 1 – Schéma de principe de la procédure d'essai

4.2 Mesures initiales

Les méthodes de mesure utilisées dans les essais d'environnement doivent être conformes à celles décrites dans l'IEC 62047-30. Les conditions ambiantes pour les mesures doivent comprendre une température ambiante de $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$, une humidité relative comprise entre 45 % et 75 %, et une pression atmosphérique comprise entre 86 kPa et 106 kPa.

4.3 Essais

4.3.1 Configuration du DUT et conditions d'environnement

Pour les essais exigeant un fonctionnement continu du DUT, le DUT est placé dans un banc d'essai, permettant d'ajuster la température et l'humidité aux conditions prescrites. Les conditions d'essai sont surveillées afin de vérifier qu'aucune anomalie ne se produit lorsque l'environnement de l'enceinte atteint les conditions prescrites. Pour les essais n'exigeant pas de fonctionnement continu du DUT, le DUT peut être placé dans le banc d'essai et le banc d'essai peut être déposé dans l'enceinte, sans que ce dépôt dans l'enceinte ne soit nécessaire. Lors du dépôt et du retrait du DUT et du banc d'essai, pour un essai exigeant ou non un fonctionnement continu du DUT, l'opérateur doit s'assurer:

- que de l'eau ne tombe pas sur le DUT par goutte-à-goutte;
- que le DUT n'est pas directement plongé dans l'eau.

4.3.2 Durée de l'essai

La durée de l'essai est décrite dans les paragraphes 5.1.1 à 5.1.7.

4.3.3 Nombre d'essais et nombre de DUT

Les spécifications relatives au nombre d'essais et au nombre de DUT doivent tenir compte du mécanisme de défaillance, de la distribution des défaillances, ainsi que des autres facteurs attendus dans chaque essai. Lorsque des mesures intermédiaires sont exigées, elles peuvent être effectuées conformément aux échéances suivantes:

- 24 h (+8 h, -0 h);
- 48 h (+8 h, -0 h);
- 96 h (+24 h, -0 h);
- 168 h (+48 h, -0 h);
- 480 h (+72 h, -0 h).

Le temps passé à retirer le DUT et à effectuer les mesures intermédiaires doit ici ne pas être pris en compte dans la durée de l'essai.

4.4 Post-traitement

Une fois les essais terminés, d'abord l'application de la contrainte et de la déformation mécaniques, ou bien des vibrations, est interrompue, puis le DUT est retiré de l'enceinte et est laissé au repos dans les conditions normalisées. Cela ne doit cependant pas s'appliquer aux cas dans lesquels le DUT récupère manifestement d'un état dégradé, suivant l'interruption à la température d'essai de l'application de la contrainte et de la déformation mécaniques, ou bien des vibrations, car il n'est pas possible d'obtenir un résultat correct.

4.5 Mesures finales

Les méthodes de mesure utilisées dans les essais de chaleur humide doivent être conformes à celles décrites dans l'IEC 62047-30. L'état dégradé d'un DUT est apprécié en comparant les mesures finales aux mesures initiales. Les conditions d'environnement pour les mesures doivent respecter les valeurs suivantes:

- température ambiante: $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$;
- humidité relative: entre 45 % et 75 %;
- pression atmosphérique: entre 86 kPa et 106 kPa.

En règle générale, les mesures finales doivent être effectuées dans les 48 h suivant la finalisation des essais, après avoir vérifié que la surface du DUT est sèche. Lorsque des mesures intermédiaires sont effectuées avant les mesures finales, le DUT doit être redéposé dans l'enceinte d'essai dans les 96 h suivant son retrait pour les mesures. Les mesures finales sont achevées de préférence dans les 96 h suivant l'interruption de l'application de la tension sur le DUT.

5 Essais d'environnement et essais de tenue diélectrique

5.1 Essais d'environnement

5.1.1 Généralités

Les équipements utilisés dans ces expériences comprennent:

- une enceinte ou une salle en mesure de maintenir une température et un taux d'humidité prédéterminés, et la température et le taux d'humidité admissibles;
- un vibreur ou un actionneur externe permettant de générer une déflexion prédéterminée de la poutre unimorphe;

- un équipement d'application de la contrainte et de la déformation mécaniques, ou de vibrations, présentant une résistance suffisante pour supporter les températures d'essai et les taux d'humidité d'essai.

L'enceinte doit être en mesure de maintenir au cours de l'essai l'intégralité de son volume intérieur à la température définie ± 2 °C et au taux d'humidité défini ± 5 %. La contrainte et la déformation mécaniques appliquées, ainsi que la méthode de fonctionnement, doivent être établies en tenant compte des limites du DUT. Le circuit d'application doit être étudié de façon à tenir compte des conditions de charge et d'autres facteurs, afin d'assurer le maintien approprié de l'état de fonctionnement du DUT.

NOTE 1 Le degré de dégradation d'un dispositif soumis à essai (DUT) est apprécié en mesurant les propriétés piézoélectriques du DUT, avant et après application de la contrainte d'environnement de température et d'humidité.

NOTE 2 Le degré de dégradation d'un DUT est apprécié en utilisant les méthodes de mesure de l'IEC 62047-30.

NOTE 3 Un circuit d'essai permettant de soumettre simultanément à essai une multitude de DUT est conçu de sorte que la défaillance d'un DUT au cours de l'essai n'affecte pas les autres DUT.

5.1.2 Essai de polarisation à haute température

L'objectif de cet essai est d'apprécier la capacité de la couche mince piézoélectrique MEMS à fonctionner à haute température. La contrainte et la déformation mécaniques (déflexion de la poutre) sont appliquées au film piézoélectrique à haute température, afin d'apprécier les effets de ces conditions sur une durée prolongée. Les conditions appliquées au DUT, comprenant le mode vibratoire (mode résonant ou mode non résonant), la forme d'onde d'entrée, la fréquence, etc., doivent être déterminées en se basant sur l'application attendue du capteur. Les conditions d'essai suivantes doivent s'appliquer:

- température d'essai: 85 °C ou une température supérieure;
- durée de l'essai: 96 h ou une durée supérieure.

L'exemple de ce résultat d'essai est donné à l'Annexe A.

NOTE 1 Exemples de températures d'essai: 85 °C, 105 °C et 125 °C.

NOTE 2 Exemples de durées d'essai: 96 h, 480 h et 960 h.

5.1.3 Essai de polarisation à haute température et taux d'humidité élevé

L'objectif de cet essai est d'apprécier la capacité de la couche mince piézoélectrique MEMS à fonctionner à haute température et à un taux d'humidité élevé. La contrainte et la déformation mécaniques (courbure de la poutre) sont appliquées au film piézoélectrique à haute température et à un taux d'humidité élevé, et les effets de ces conditions sont évalués sur une durée prolongée. L'essai d'humidité détermine si les produits électroniques présentent des propriétés électriques et mécaniques suffisantes pour supporter des conditions défavorables supposant un taux d'humidité relative élevé, avec ou sans formation de condensation. L'essai d'humidité peut également être utilisé pour contrôler la résistance du DUT à différentes actions corrosives. En se basant sur l'application attendue du capteur, les paramètres de mesure doivent être déterminés comme suit:

- mode résonant ou non résonant;
- forme d'onde d'entrée;
- fréquence.

Le Tableau 1 donne les conditions d'essai définissables.

Tableau 1 – Conditions d'essai définissables

Condition	Température (°C)	Humidité (%)
A	40 ± 2	90 ± 5
B	60 ± 2	90 ± 5
C	85 ± 2	85 ± 5

Les paramètres d'essai doivent être déterminés comme suit:

- déformation appliquée pendant l'essai: déformation maximale des couches minces piézoélectriques appliquée par courbure de la poutre (maximum de fonctionnement);
- durée de l'essai: 96 h ou une durée supérieure.

NOTE Exemples de durées d'essai: 96 h, 480 h et 960 h.

5.1.4 Stockage à haute température

L'objectif de cet essai est d'apprécier la capacité de la couche mince piézoélectrique MEMS à supporter un stockage à haute température. La couche mince piézoélectrique est conservée à haute température pendant une durée prolongée, et les effets de ces conditions sont appréciés. Les conditions d'essai suivantes doivent s'appliquer:

- température d'essai: 85 °C ou une température supérieure;
- durée de l'essai: 96 h ou une durée supérieure.

NOTE 1 Exemples de températures d'essai: 85 °C, 105 °C et 125 °C.

NOTE 2 Exemples de durées d'essai: 96 h, 480 h et 960 h.

5.1.5 Stockage à basse température

L'objectif de cet essai est d'apprécier la capacité de la couche mince piézoélectrique MEMS à supporter un stockage à basse température. La couche mince piézoélectrique est conservée à basse température pendant une durée prolongée, et les effets de ces conditions sont appréciés. Les conditions d'essai suivantes doivent s'appliquer:

- température d'essai: -20 °C ou une température inférieure;
- durée de l'essai: 96 h ou une durée supérieure.

NOTE Exemples de durées d'essai: 96 h, 480 h et 960 h.

5.1.6 Stockage à haute température et taux d'humidité élevé

L'objectif de cet essai est d'apprécier la capacité de la couche mince piézoélectrique MEMS à supporter un stockage à haute température et à un taux d'humidité élevé. La couche mince piézoélectrique est conservée à haute température et à un taux d'humidité élevé pendant une durée prolongée, et les effets de ces conditions sont appréciés. Le Tableau 2 donne les conditions d'essai définissables.

Tableau 2 – Conditions d'essai définissables

Condition	Température (°C)	Humidité (%)
A	40 ± 2	90 ± 5
B	60 ± 2	90 ± 5
C	85 ± 2	85 ± 5

Les paramètres d'essai doivent être déterminés comme suit:

- durée de l'essai: 96 h ou une durée supérieure.

NOTE Exemples de durées d'essai: 96 h, 480 h et 960 h.

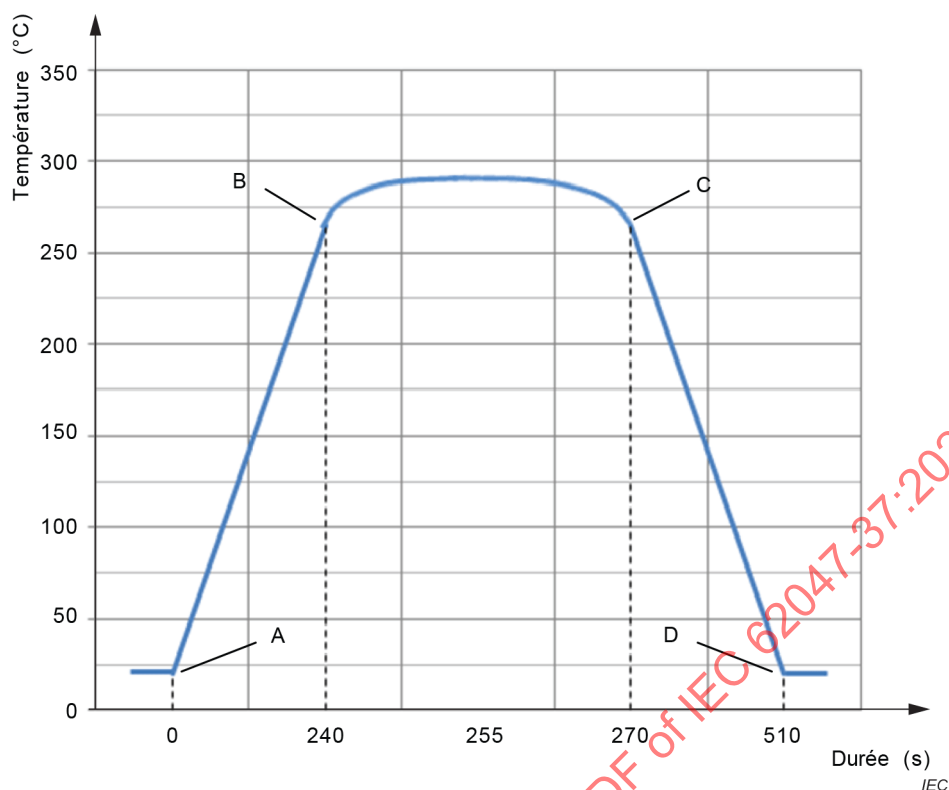
5.1.7 Essai de chaleur de brasage

L'objectif de cet essai est d'apprécier la résistance de la couche mince piézoélectrique MEMS à la chaleur générée pendant une opération de brasage. La température et la durée de tenue exigées pour la réplication des conditions thermiques attendues dans le cadre d'un brasage par refusion sont spécifiées dans le Tableau 3.

Tableau 3 – Conditions de l'essai de chaleur de brasage

	Température spécifiée (°C)	Durée de tenue (s)
Conditions d'essai	265 ± 5	30 ± 5

La Figure 2 représente un exemple de profil de température, en prenant pour hypothèse des conditions de refusion pour une brasure sans plomb. Il convient de réaliser la mesure à température ambiante, après le point D. L'essai peut être répété jusqu'à trois fois, pour une durée de 10 s.



Légende

- A début de la montée en température
- B fin de la montée en température
- C début du refroidissement
- D fin du refroidissement

Figure 2 – Profil de température pour un brasage par refusion sans plomb

Le Tableau 4 donne les conditions du profil de température pour un brasage par refusion sans plomb.

Tableau 4 – Conditions du profil de température pour un brasage par refusion sans plomb

	Durée (s)	Vitesse de montée en température (°C/s)	Température (°C)
A	0		20
B	240		265
C	270		265
D	510		20
A-B		1,02	
C-D		1,02	