

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Guidelines for the measurement method of power durability for surface acoustic wave (SAW) and bulk acoustic wave (BAW) devices in radio frequency (RF) applications

Lignes directrices relatives à la méthode de mesure de la durabilité de puissance des appareils à ondes acoustiques de surface (OAS) et des appareils à ondes acoustiques de volume (OAV) dans les applications de radiofréquence (RF)

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.140

ISBN 978-2-8322-8253-3

**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
3.1 General terms	6
3.2 Durability related terms	11
4 Basic properties of life time of RF SAW/BAW devices.....	12
4.1 Life time and accelerated testing.....	12
4.2 Failure mechanisms	14
4.2.1 General	14
4.2.2 Acoustomigration	15
4.2.3 Self-heating and thermal run-away	16
4.2.4 Other mechanisms.....	16
4.3 Modelling	16
5 Life time measurement	18
5.1 Measurement setup	18
5.2 Measurement procedure	19
5.3 Life time estimation.....	20
5.4 Measurement specifications	20
Bibliography.....	21
Figure 1 – FBAR configuration	8
Figure 2 – SMR configuration.....	9
Figure 3 – Frequency response of an RF SAW/BAW filter	9
Figure 4 – Arrhenius plot when multiple mechanisms are contributing	13
Figure 5 – Structure of ladder filter	14
Figure 6 – Typical transmission characteristic of ladder filter	14
Figure 7 – Creation of voids and hillocks.....	15
Figure 8 – Translation of the filter pass band with temperature change	17
Figure 9 – Basic setup for TF measurement at RF power application	18
Figure 10 – Basic setup for TF measurement of SAW/BAW duplexer	18
Figure 11 – Setup for TF measurement including filter response monitoring.....	19
Figure 12 – Another setup for TF measurement including filter response monitoring	19

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**GUIDELINES FOR THE MEASUREMENT METHOD OF
POWER DURABILITY FOR SURFACE ACOUSTIC WAVE (SAW)
AND BULK ACOUSTIC WAVE (BAW) DEVICES IN
RADIO FREQUENCY (RF) APPLICATIONS**

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 63155 has been prepared by IEC technical committee 49: Piezoelectric, dielectric and electrostatic devices and associated materials for frequency control, selection and detection.

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

FDIS	Report on voting
49/1339/FDIS	49/1342/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.

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.

INTRODUCTION

Radio frequency (RF) surface acoustic wave (SAW) and bulk acoustic wave (BAW) devices are now widely used in various communication systems owing to their features such as small size, light weight, little or no need for tuning, high stability and high reliability.

One of the most important applications of the devices is the antenna duplexer in mobile communication devices which separates incoming receiving (Rx) signals from base-stations and outgoing transmitting (Tx) signals in the frequency domain. It is known that acoustic vibration can accelerate destruction of electrode metals in the inter-digital transducers (IDTs) employed, which results in device failure. Thus, the device life time (time to failure, TF) is dependent on not only the chip temperature but also on input power level and frequency of the applied radio frequency signal. It should be noted that chip temperature can be somewhat different from the environmental temperature because the input power level of Tx signals in the above-mentioned applications is about 1 W at maximum, and heat generation due to power consumption is not negligible.

The requisite TF of the SAW/BAW duplexers is usually specified by input power level, exposure frequency range and environmental temperature. Nevertheless, TF measurement under given specifications is not realistic because the requisite TF is too long (could be up to many years). Accelerated life time testing is applied to shorten the TF. TF is measured in more severe situations, namely at higher power and/or higher ambient temperature. TF under given specifications is estimated by extrapolation based on the Arrhenius model including the inverse power law. Although the model explains the variation of the TF with respect to input power level and temperature well, the parameters appearing in the model need to be determined experimentally, and its procedures have not been well established. Therefore, measurement methods will be specifically established for TF estimation of RF SAW/BAW devices.

This document has been compiled in response to a generally expressed desire on the part of both users and manufacturers for general information on testing condition guidance of RF SAW/BAW filters, so that the filters may be used to their best advantage. To this end, general and fundamental characteristics have been explained in this document.

GUIDELINES FOR THE MEASUREMENT METHOD OF POWER DURABILITY FOR SURFACE ACOUSTIC WAVE (SAW) AND BULK ACOUSTIC WAVE (BAW) DEVICES IN RADIO FREQUENCY (RF) APPLICATIONS

1 Scope

This document defines the measurement method for the determination of the durability of radio frequency (RF) surface acoustic wave (SAW) and bulk acoustic wave (BAW) devices, such as filters and duplexers, with respect to high power RF signals, which are used in telecommunications, measuring equipment, radar systems and consumer products. RF BAW devices include two types: those based on the film bulk acoustic resonator (FBAR) technology and those based on the solidly mounted resonator (SMR) technology.

This document includes basic properties of failure of RF SAW/BAW devices, and guidelines to set up the measurement system and to establish the procedure to estimate the time to failure (TF). Since TF is mainly governed by the RF power applied in the devices, discussions are focused on the power durability.

It is not the aim of this document to explain the theory, or to attempt to cover all the eventualities which can arise in practical circumstances. This document draws attention to some of the more fundamental questions which will need to be considered by the user before he/she places an order for an RF SAW/BAW device for a new application. Such a procedure will be the user's means of preventing unsatisfactory performance related to premature device failure resulting from high-power exposure of RF SAW/BAW devices.

2 Normative references

There are no normative references in this document.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	23
INTRODUCTION.....	25
1 Domaine d'application	26
2 Références normatives	26
3 Termes et définitions	26
3.1 Termes généraux.....	26
3.2 Termes relatifs à la durabilité.....	32
4 Propriétés de base de la durée de vie des appareils de radiofréquence à OAV et à OAS	32
4.1 Durée de vie et essai de vieillissement accéléré	32
4.2 Mécanismes de défaillance	34
4.2.1 Généralités	34
4.2.2 Acousto-migration.....	36
4.2.3 Autoéchauffement et emballement thermique	37
4.2.4 Autres mécanismes	37
4.3 Modélisation	37
5 Mesurage de la durée de vie	39
5.1 Configuration de mesure	39
5.2 Procédure de mesure.....	41
5.3 Estimation de la durée de vie.....	41
5.4 Spécifications de mesure	41
Bibliographie.....	42
Figure 1 – Configuration du FBAR	28
Figure 2 – Configuration du SMR	29
Figure 3 – Réponse en fréquence d'un filtre RF à OAS/OAV	29
Figure 4 – Courbe d'Arrhenius avec mise en œuvre de mécanismes multiples	33
Figure 5 – Structure d'un filtre en échelle.....	35
Figure 6 – Caractéristiques de transmission types d'un filtre en échelle	35
Figure 7 – Création de vides et de monticules.....	36
Figure 8 – Translation de la bande passante du filtre avec variation de température.....	38
Figure 9 – Configuration de base pour le mesurage de la TF dans une application de puissance de radiofréquence	39
Figure 10 – Configuration de base pour le mesurage de la TF d'un duplexeur à OAS/OAV.....	39
Figure 11 – Configuration pour le mesurage de la TF comprenant le contrôle de la réponse du filtre.....	40
Figure 12 – Autre configuration pour le mesurage de la TF comprenant le contrôle de la réponse du filtre	40

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

LIGNES DIRECTRICES RELATIVES À LA MÉTHODE DE MESURE DE LA DURABILITÉ DE PUISSANCE DES APPAREILS À ONDES ACOUSTIQUES DE SURFACE (OAS) ET DES APPAREILS À ONDES ACOUSTIQUES DE VOLUME (OAV) DANS LES APPLICATIONS DE RADIOFRÉQUENCE (RF)

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 présente Norme internationale IEC 63155 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.

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

FDIS	Rapport de vote
49/1339/FDIS	49/1342/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.

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

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

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.

INTRODUCTION

Les appareils de radiofréquence (RF) à ondes acoustiques de surface (OAS) et à ondes acoustiques de volume (OAV) sont désormais communément utilisés au sein de différents systèmes de communication en raison de leurs caractéristiques telles que leur petite taille, leur poids léger, une nécessité de réglage réduite, voire inexistante, ainsi qu'une stabilité et une fiabilité élevées.

L'une des applications majeures de ces appareils est le duplexeur d'antenne dans les appareils de communication mobiles. Il sépare les signaux récepteurs entrants (Rx) provenant des stations de base des signaux transmetteurs sortants (Tx) dans le domaine des fréquences. Il est établi que les vibrations acoustiques peuvent accélérer la destruction des métaux d'électrodes dans les transducteurs interdigités (TID) employés, ce qui entraîne une défaillance de l'appareil. Par conséquent, la durée de vie de l'appareil (durée de fonctionnement avant défaillance, TF – *time to failure*) dépend non seulement de la température de puce, mais aussi du niveau de puissance d'entrée et de la fréquence du signal de radiofréquence appliqué. Il convient de noter que la température de puce peut être légèrement différente de la température ambiante, car le niveau de puissance d'entrée des signaux transmetteurs dans les applications susmentionnées est d'environ 1 W au maximum et la génération de chaleur due à la consommation d'énergie n'est pas négligeable.

La durée de fonctionnement avant défaillance (TF) requise pour les duplexeurs à OAS et à OAV est généralement spécifiée par le niveau de puissance d'entrée, la plage de fréquence d'exposition et la température ambiante. Néanmoins, le mesurage de la TF selon des spécifications données n'est pas réaliste, car la TF est trop longue (cela peut prendre de nombreuses années). Les essais de vieillissement accéléré sont appliqués pour raccourcir la TF. La TF est mesurée dans des situations plus rigoureuses, à savoir une puissance et/ou une température ambiante plus élevées. Selon des spécifications données, la TF est estimée par une extrapolation fondée sur la loi d'Arrhenius comprenant la loi de puissance inverse. Bien que le modèle explique bien la variation de TF en ce qui concerne le niveau de puissance d'entrée et la température, il est nécessaire de déterminer les paramètres intervenant dans celui-ci de manière expérimentale et ses procédures n'ont pas été bien établies. Les méthodes de mesure sont donc spécifiquement établies pour estimer la TF des appareils de radiofréquence à OAS et à OAV.

Le présent document a été établi pour répondre à la demande générale des utilisateurs et des fabricants d'obtenir des informations générales quant aux recommandations des conditions d'essai des filtres RF à OAS et à OAV, afin que les filtres puissent être utilisés de manière optimale. À cette fin, le présent document explique les caractéristiques générales et fondamentales.

LIGNES DIRECTRICES RELATIVES À LA MÉTHODE DE MESURE DE LA DURABILITÉ DE PUISSANCE DES APPAREILS À ONDES ACOUSTIQUES DE SURFACE (OAS) ET DES APPAREILS À ONDES ACOUSTIQUES DE VOLUME (OAV) DANS LES APPLICATIONS DE RADIOFRÉQUENCE (RF)

1 Domaine d'application

Le présent document définit la méthode de mesure pour la détermination de la durabilité des appareils de radiofréquence (RF) à ondes acoustiques de surface (OAS) et à ondes acoustiques de volume (OAV), tels que les filtres et les duplexeurs, pour ce qui est des signaux RF de puissance élevée qui sont utilisés dans les télécommunications, les équipements de mesure, les systèmes radars et les produits de consommation. Les appareils RF à OAV sont de deux types: le premier se fonde sur la technologie du résonateur acoustique de volume de couche (FBAR, *film bulk acoustic resonator*), le second se fonde sur la technologie du résonateur monté solidement (SMR, *solidly mounted resonator*).

Le présent document inclut les propriétés de défaillance de base des appareils RF à OAS et à OAV et des lignes directrices afin de configurer le système de mesure et d'établir la procédure pour estimer la durée de fonctionnement avant défaillance (TF). La TF étant principalement régie par la puissance de radiofréquence appliquée dans les appareils, les études se concentrent sur la durabilité de puissance.

Le présent document n'est pas destiné à expliquer la partie théorique ni à traiter toutes les éventualités qui peuvent se produire dans la pratique. Il attire l'attention sur certaines des questions fondamentales que l'utilisateur a besoin de prendre en considération avant de commander un appareil de radiofréquence à OAS ou à OAV pour une nouvelle application. Cette procédure protège l'utilisateur contre des performances non satisfaisantes de l'appareil relatives à une défaillance prématurée causée par l'exposition de celui-ci à une puissance élevée.

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.