

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



---

**Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices –  
Part 41: RF MEMS circulators and isolators**

**Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs microélectromécaniques –  
Partie 41: Circulateurs et isolateurs à MEMS RF**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 31.080.99

ISBN 978-2-8322-9886-2

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

## CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references .....	7
3 Terms and definitions .....	7
3.1 General terms .....	8
3.2 RF characteristics parameters .....	8
4 Essential ratings and characteristics.....	9
4.1 Identification and types .....	9
4.2 Application and specification description.....	9
4.3 Limiting values and operating conditions.....	10
4.4 RF characteristics .....	10
4.5 Reliability characteristics .....	10
4.6 Additional information .....	11
5 Measuring methods .....	11
5.1 General.....	11
5.1.1 General precautions .....	11
5.1.2 Characteristic impedance .....	11
5.1.3 Measurement procedure .....	11
5.1.4 Handling precautions .....	12
5.2 Insertion loss ( $L_{ins}$ ) .....	12
5.2.1 Purpose.....	12
5.2.2 Circuit diagram .....	12
5.2.3 Principle of measurement .....	15
5.2.4 Precautions to be observed .....	15
5.2.5 Measurement procedure .....	15
5.2.6 Specified conditions.....	16
5.3 Isolation ( $L_{iso}$ ) .....	17
5.3.1 Purpose.....	17
5.3.2 Circuit diagram .....	17
5.3.3 Principle of measurement .....	17
5.3.4 Precautions to be observed .....	18
5.3.5 Measurement procedure .....	18
5.3.6 Specified conditions.....	19
5.4 Return loss ( $L_{ret}$ ).....	19
5.4.1 Purpose.....	19
5.4.2 Circuit diagram .....	19
5.4.3 Principle of measurement .....	19
5.4.4 Precautions to be observed .....	20
5.4.5 Measurement procedure .....	20
5.4.6 Specified conditions.....	21
5.5 Voltage standing wave ratio ( $VSWR$ ) (optional) .....	21
5.5.1 Purpose.....	21
5.5.2 Circuit diagram .....	21
5.5.3 Principle of measurement .....	21
5.5.4 Precautions to be observed .....	22
5.5.5 Measurement procedure .....	22

5.5.6	Specified conditions.....	23
5.6	Input impedance ( $Z_{in}$ ) (optional).....	23
5.6.1	Purpose.....	23
5.6.2	Circuit diagram.....	23
5.6.3	Principle of measurement.....	23
5.6.4	Precautions to be observed.....	24
5.6.5	Measurement procedure.....	24
5.6.6	Specified conditions.....	25
5.7	Magnetic leakage (optional).....	25
5.7.1	Purpose.....	25
5.7.2	System diagram.....	25
5.7.3	Principle of measurement.....	26
5.7.4	Precautions to be observed.....	26
5.7.5	Measurement procedure.....	26
5.7.6	Specified conditions.....	26
6	Reliability (performance) test.....	26
6.1	General.....	26
6.2	Power handling capability.....	27
6.3	Life time.....	27
6.4	Operating temperature.....	27
6.5	Shock testing.....	27
6.6	Vibration testing.....	28
6.7	Bond/Solder shear testing.....	28
Annex A (informative) General description of circulators and isolators.....		29
Bibliography.....		32
Figure 1 – Terminals of RF MEMS circulators.....		9
Figure 2 – RF MEMS isolator with terminated load.....		9
Figure 3 – Measurement procedure of RF MEMS circulators/isolators.....		11
Figure 4 – Measuring circuit diagram of the circulator with 4-port network analysers.....		13
Figure 5 – Measuring circuit diagram of the isolator with 4-port network analysers.....		13
Figure 6 – Measuring circuit diagram of the circulator with 2-port network analysers.....		14
Figure 7 – Measuring circuit diagram of the isolator with 2-port network analysers.....		14
Figure 8 – Insertion loss of the RF MEMS circulator/isolator.....		15
Figure 9 – Isolation of the RF MEMS circulator/isolator.....		17
Figure 10 – Return loss of the RF MEMS circulator/isolator.....		20
Figure 11 – Smith Chart plot of input impedance of RF MEMS circulators/isolators.....		24
Figure 12 – Near-field scanning measurement system.....		26
Figure 13 – Block diagram of a test setup for evaluating the reliability of the RF MEMS circulator.....		27
Figure A.1 – Signal transmission in circulators.....		29
Figure A.2 – Signal transmission in isolators.....		30
Figure A.3 – Typical structure of RF MEMS circulators/isolators.....		30
Figure A.4 – Typical RF MEMS circulators/ isolators.....		31

Table 1 – Limiting values and operating conditions .....	10
Table 2 – RF characteristics .....	10
Table 3 – Reliability characteristics .....	10

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SEMICONDUCTOR DEVICES –  
MICRO-ELECTROMECHANICAL DEVICES –**

**Part 41: RF MEMS circulators and isolators**

**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.

IEC 62047-41 has been prepared by subcommittee 47F: Micro electro-mechanical systems, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices. It is an International Standard.

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

FDIS	Report on voting
47F/376/FDIS	47F/380/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at [www.iec.ch/members\\_experts/refdocs](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). The main document types developed by IEC are described in greater detail at [www.iec.ch/standardsdev/publications](http://www.iec.ch/standardsdev/publications).

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 [webstore.iec.ch](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.**

# SEMICONDUCTOR DEVICES – MICRO-ELECTROMECHANICAL DEVICES –

## Part 41: RF MEMS circulators and isolators

### 1 Scope

This part of IEC 62047 specifies the terminology, essential ratings and characteristics, and measuring methods of RF (Radio Frequency) MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) circulators and isolators.

### 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 60747-1:2010, *Semiconductor devices – Part 1: General*

IEC 60749-10, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 10: Mechanical shock*

IEC 60749-12, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 12: Vibration, variable frequency*

IEC 60749-21, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 21: Solderability*

IEC 60749-22, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 22: Bond strength*

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

IEC TS 61967-3, *Integrated circuits – Measurement of electromagnetic emissions – Part 3: Measurement of radiated emissions – Surface scan method*

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	37
1 Domaine d'application .....	39
2 Références normatives .....	39
3 Termes et définitions .....	39
3.1 Termes généraux .....	40
3.2 Paramètres des caractéristiques RF .....	40
4 Valeurs assignées et caractéristiques essentielles .....	41
4.1 Identification et types .....	41
4.2 Description de l'application et des spécifications .....	41
4.3 Valeurs limites et conditions de fonctionnement .....	42
4.4 Caractéristiques RF .....	42
4.5 Caractéristiques de fiabilité .....	42
4.6 Informations supplémentaires .....	43
5 Méthodes de mesure .....	43
5.1 Généralités .....	43
5.1.1 Précautions générales .....	43
5.1.2 Impédance caractéristique .....	43
5.1.3 Procédure de mesure .....	43
5.1.4 Précautions de manipulation .....	44
5.2 Perte d'insertion ( $L_{ins}$ ) .....	44
5.2.1 Objectif de l'essai .....	44
5.2.2 Schéma de câblage .....	44
5.2.3 Principe de mesure .....	47
5.2.4 Précautions à prendre .....	47
5.2.5 Procédure de mesure .....	47
5.2.6 Conditions spécifiées .....	49
5.3 Isolement ( $L_{iso}$ ) .....	49
5.3.1 Objectif de l'essai .....	49
5.3.2 Schéma de câblage .....	49
5.3.3 Principe de mesure .....	49
5.3.4 Précautions à prendre .....	50
5.3.5 Procédure de mesure .....	50
5.3.6 Conditions spécifiées .....	51
5.4 Affaiblissement de réflexion ( $L_{ret}$ ) .....	51
5.4.1 Objectif de l'essai .....	51
5.4.2 Schéma de câblage .....	52
5.4.3 Principe de mesure .....	52
5.4.4 Précautions à prendre .....	53
5.4.5 Procédure de mesure .....	53
5.4.6 Conditions spécifiées .....	54
5.5 Rapport d'ondes stationnaires ( $ROS$ ) (facultatif) .....	54
5.5.1 Objectif de l'essai .....	54
5.5.2 Schéma de câblage .....	54
5.5.3 Principe de mesure .....	54
5.5.4 Précautions à prendre .....	55
5.5.5 Procédure de mesure .....	55



5.5.6	Conditions spécifiées.....	56
5.6	Impédance en entrée ( $Z_{in}$ ) (facultatif) .....	56
5.6.1	Objectif de l'essai .....	56
5.6.2	Schéma de câblage .....	56
5.6.3	Principe de mesure.....	56
5.6.4	Précautions à prendre .....	57
5.6.5	Procédure de mesure .....	57
5.6.6	Conditions spécifiées.....	58
5.7	Fuite magnétique (facultatif) .....	59
5.7.1	Objectif de l'essai .....	59
5.7.2	Schéma du système de mesure .....	59
5.7.3	Principe de mesure.....	59
5.7.4	Précautions à prendre .....	59
5.7.5	Procédure de mesure .....	59
5.7.6	Conditions spécifiées.....	59
6	Essai de fiabilité (de fonctionnement) .....	60
6.1	Généralités .....	60
6.2	Tenue en puissance.....	60
6.3	Durée de vie .....	60
6.4	Température de fonctionnement.....	60
6.5	Essai de chocs.....	61
6.6	Essai de vibrations.....	61
6.7	Essai de résistance au cisaillement du contact soudé/de la brasure.....	61
Annexe A (informative) Description générale des circulateurs et isolateurs .....		62
Bibliographie.....		65
Figure 1 – Broches des circulateurs à MEMS RF .....		41
Figure 2 – Isolateur à MEMS RF avec charge appliquée en sortie.....		41
Figure 3 – Procédure de mesure des circulateurs/isolateurs à MEMS RF.....		43
Figure 4 – Schéma de câblage du circulateur avec un analyseur de réseau à 4 accès .....		45
Figure 5 – Schéma de câblage de l'isolateur avec un analyseur de réseau à 4 accès .....		45
Figure 6 – Schéma de câblage du circulateur avec un analyseur de réseau à 2 accès .....		46
Figure 7 – Schéma de câblage de l'isolateur avec un analyseur de réseau à 2 accès .....		46
Figure 8 – Perte d'insertion du circulateur/de l'isolateur à MEMS RF .....		47
Figure 9 – Isolement du circulateur/de l'isolateur à MEMS RF.....		50
Figure 10 – Affaiblissement de réflexion du circulateur/de l'isolateur à MEMS RF .....		52
Figure 11 – Abaque de Smith représentant l'impédance en entrée des circulateurs/isolateurs à MEMS RF .....		57
Figure 12 – Système de mesure du balayage en champ proche .....		59
Figure 13 – Schéma de principe d'un montage d'essai visant à évaluer la fiabilité d'un circulateur à MEMS RF .....		60
Figure A.1 – Transmission du signal au sein d'un circulateur .....		62
Figure A.2 – Transmission du signal au sein d'un isolateur .....		63
Figure A.3 – Structure type des circulateurs/isolateurs à MEMS RF .....		63
Figure A.4 – Circulateurs/isolateurs à MEMS RF types .....		64

Tableau 1 – Valeurs limites et conditions de fonctionnement .....	42
Tableau 2 – Caractéristiques RF .....	42
Tableau 3 – Caractéristiques de fiabilité .....	42

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –  
DISPOSITIFS MICROÉLECTROMÉCANIQUES –**

**Partie 41: Circulateurs et isolateurs à MEMS RF**

**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. 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 du présent document 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 propriété et averti de leur existence.

L'IEC 62047-41 a été établie par le sous-comité 47F: Systèmes microélectromécaniques, du Comité d'études IEC 47: Dispositifs à semiconducteurs. Il s'agit d'une Norme internationale.

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

FDIS	Rapport de vote
47F/376/FDIS	47F/380/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous [www.iec.ch/members\\_experts/refdocs](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous [www.iec.ch/standardsdev/publications](http://www.iec.ch/standardsdev/publications).

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 [webstore.iec.ch](http://webstore.iec.ch) dans les données relatives au document recherché. À 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.**

## **DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS MICROÉLECTROMÉCANIQUES –**

### **Partie 41: Circulateurs et isolateurs à MEMS RF**

#### **1 Domaine d'application**

La présente partie de l'IEC 62047 spécifie la terminologie, les valeurs assignées et caractéristiques essentielles, ainsi que les méthodes de mesure des circulateurs et isolateurs à système microélectromécanique (MEMS) radiofréquence (RF).

#### **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 60747-1:2010, *Dispositifs à semiconducteurs – Partie 1: Généralités*

IEC 60749-10, *Dispositifs à semiconducteurs - Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 10: Chocs mécaniques*

IEC 60749-12, *Dispositifs à semiconducteurs - Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 12: Vibrations, fréquences variables*

IEC 60749-21, *Dispositifs à semiconducteurs - Méthodes d'essai mécaniques et climatiques – Partie 21: Brasabilité*

IEC 60749-22, *Dispositifs à semiconducteurs - Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 22: Robustesse des contacts soudés*

IEC 62047-1, *Dispositifs à semiconducteurs - Dispositifs microélectromécaniques – Partie 1: Termes et définitions*

IEC TS 61967-3, *Circuits intégrés - Mesure des émissions électromagnétiques – Partie 3: Mesure des émissions rayonnées - Méthode de balayage en surface*