



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. The main document types developed by IEC are described in greater detail at 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 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. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous 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 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*