NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
61338-1-3

Première édition
First edition
1999-11

Résonateurs diélectriques à modes guidés –

Partie 1-3:
Informations générales et conditions d'essais – Méthode de mesure de la permittivité relative complexe des matériaux diélectriques pour les résonateurs diélectriques fonctionnant aux hyperfréquences

Waveguide type dielectric resonators –

Part 1-3:
General information and test conditions – Measurement method of complex relative permittivity for dielectric resonator materials at microwave frequency

© IEC 1999 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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 photo-copie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission 3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
Telefax: +41 22 919 0300 e-mail: inmail@iec.ch IEC web site http://www.iec.ch

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE T

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

Pages

AVANT-PROPOS 6
INTRODUCTION 10

Articles

1 Domaine d'application et objet 12
2 Paramètres à mesurer 12
3 Théorie et équations de calcul 14
3.1 Permittivité relative et facteur de pertes 14
3.2 Détermination de la conductivité relative des lames conductrices 20
3.3 Coefficient de température de la fréquence de résonance 22
3.4 Dépendance en température de tan δ 26
4 Préparation du spécimen diélectrique 26
4.1 Préparation des barreaux diélectriques normalisés 26
4.2 Préparation du spécimen pour la mesure 28
5 Equipement et appareil de mesure 28
5.1 Equipement de mesure 28
5.2 Appareil de mesure de la permittivité complexe 30
5.3 Appareil de mesure du coefficient de température 34
6 Procédure de mesure 34
6.1 Procédure de mesure de la permittivité complexe 34
6.2 Procédure de mesure du coefficient de température 40
7 Précision de la mesure et évaluation des erreurs 40
7.1 Erreur de mesure due aux dimensions des lames conductrices 40
7.2 Erreur de mesure de la conductivité relative 42
7.3 Erreurs dues à l'espace entre le barreau diélectrique et les lames conductrices ou à la perturbation de champ 44
7.4 Résultat de mesure pendant le cycle «round robin» 44

Annexe A – Bibliographie 46

Figures

Figure 1 – Configuration d'un résonateur diélectrique en barreau cylindrique court-circuité aux deux extrémités par deux lames conductrices parallèles. 14
Figure 2 – Diagramme de calcul de la permittivité relative utilisant le mode $TE_{01\ell}$ 16
Figure 3 – Configuration des résonateurs diélectriques normalisés en barreau pour la mesure de la conductivité des lames conductrices 20
Figure 4 – Dépendance en température de f_0 (figure 4a) et tan δ (figure 4b) pour cinq sortes de matériaux diélectriques (ε' = 21, 25, 30, 38 et 90) 24
Figure 5 – Graphique de mode d'un résonateur diélectrique en barreau court-circuité à deux extrémités par les lames conductrices parallèles 30
Figure 6 – Diagramme synoptique de l'équipement de mesure 32
Figure 7 – Appareil pour la mesure de la permittivité complexe 32

CONTENTS

Page

FOREWORD 7
INTRODUCTION 11

Clause

1 Scope and object 13
2 Measuring parameters 13
3 Theory and calculation equations 15
3.1 Relative permittivity and loss factor 15
3.2 Determination of the relative conductivity of conducting plates 21
3.3 Temperature coefficient of resonance frequency 23
3.4 Temperature dependence of tan δ 27
4 Preparation of dielectric specimen 27
4.1 Preparation of standard dielectric rods 27
4.2 Preparation of test specimen 29
5 Measurement equipment and apparatus 29
5.1 Measurement equipment 29
5.2 Measurement apparatus for complex permittivity 31
5.3 Measurement apparatus for temperature coefficient 35
6 Measurement procedure 35
6.1 Measurement procedure for complex permittivity 35
6.2 Measurement procedure for temperature coefficient 41
7 Accuracy and error estimation 41
7.1 Measurement error due to the size of conducting plates 41
7.2 Measurement error of relative conductivity 43
7.3 Errors due to the airgap between dielectric rod and conducting plates or to field disturbance 45
7.4 Result of round robin test (RRT) 45

Annex A – Bibliography 47

Figures

Figure 1 – Configuration of a cylindrical dielectric rod resonator short-circuited at both ends by two parallel conducting plates 15
Figure 2 – Chart for relative permittivity calculation using $TE_{01\ell}$ mode 17
Figure 3 – Confirmation of standard dielectric rod resonators for measurement of conductivity of conducting plates 21
Figure 4 – Temperature dependence of f_0 (figure 4a) and tan δ (figure 4b) for five kinds of dielectrics (ε' = 21, 25, 30, 38 and 90) 25
Figure 5 – Mode chart of a dielectric rod resonator short-circuited at both ends by parallel conducting plates 31
Figure 6 – Schematic diagram of measurement equipment 33
Figure 7 – Measurement apparatus for complex permittivity 33

Figure 8 – Appareil de mesure du coefficient de température 34

Figure 9 – Réponse en fréquence d'un résonateur en mode TE_{011} ayant ε' = 37,5, d = 8,00 mm et h = 3,3 mm 38

Figure 10 – Affaiblissement d'insertion IA_0, fréquence de résonance f_0 et largeur de bande à demi-puissance Δf 38

Figure 11 – Erreur de mesure sur ε' et tan δ en fonction du rapport des dimensions d'/d 42

Tableaux

Tableau 1 – Exemples de dimensions des barreaux diélectriques normalisés. 26

Tableau 2 – Exemple de la fréquence de résonance en mode TE_{011} pour les différents ε' et différentes dimensions d'un spécimen diélectrique 28

Tableau 3 – Dimensions et matériaux recommandés pour la lame conductrice 34

Figure 8 – Measurement apparatus for temperature coefficient 35

Figure 9 – Frequency response for TE_{011} mode resonator having ε' = 37,5, d = 8,00 mm and h = 3,3 mm 39

Figure 10 – Insertion attenuation IA_0, resonance frequency f_0 and half-power bandwidth Δf 39

Figure 11 – Measurement error on ε' and tan δ by the size ratio d'/d 43

Tables

Table 1 – Examples of dimensions for standard dielectric rods 27

Table 2 – Example of TE_{011} mode resonance frequency for various ε' and dimensions of a dielectric specimen 29

Table 3 – Recommended dimensions and materials for conducting plate 35

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

RÉSONATEURS DIÉLECTRIQUES À MODES GUIDÉS –

Partie 1-3: Informations générales et conditions d'essais – Méthode de mesure de la permittivité relative complexe des matériaux diélectriques pour les résonateurs diélectriques fonctionnant aux hyperfréquences

AVANT-PROPOS

1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI 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, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61338-1-3 a été établie par le comité d'études 49 de la CEI: Dispositifs piézoélectriques et diélectriques pour la commande et le choix de la fréquence.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
49/444/FDIS	49/449/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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

La présente norme constitue la partie 1-3 de la CEI 61338.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

WAVEGUIDE TYPE DIELECTRIC RESONATORS –

Part 1-3: General information and test conditions – Measurement method of complex relative permittivity for dielectric resonator materials at microwave frequency

FOREWORD

1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61338-1-3 has been prepared by IEC technical committee 49: Piezoelectric and dielectric devices for frequency control and selection.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
49/444/FDIS	49/449/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

Annex A is for information only.

This standard forms part 1-3 of IEC 61338.

La CEI 61338, Résonateurs diélectriques à modes guidés, comprend les parties suivantes:

Partie 1-1: Informations générales et conditions d'essais – Informations générales (CEI 61338-1-1)

Partie 1-2: Informations générales et conditions d'essais – Conditions d'esais (CEI 61338-1-2)

Partie 1-3: Informations générales et conditions d'essais – Méthode de mesure de la permittivité relative complexe des matériaux diélectriques pour les résonateurs diélectriques fonctionnant aux hyperfréquences (CEI 61338-1-3)

Partie 2: Guide d'emploi des résonateurs diélectriques à modes guidés (CEI 61338-2) (à l'étude)

Partie 3: Encombrements normalisés (CEI 61338-3) (à l'étude)

Le comité a décidé que cette publication reste valable jusqu'en 2003. A cette date, selon décision préalable du comité, la publication sera

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

IEC 61338, Waveguide type dielectric resonators, consists of the following parts:

Part 1-1: General information and test conditions – General information (IEC 61338-1-1)

Part 1-2: General information and test conditions – Test conditions (IEC 61338-1-2)

Part 1-3: General information and test conditions – Measurement method of complex relative permittivity for dielectric resonator materials at microwave frequency (IEC 61338-1-3)

Part 2: Guide to the use of waveguide type dielectric resonators (IEC 61338-2) (under consideration)

Part 3: Standard outlines (IEC 61338-3) (under consideration)

The committee has decided that this publication remains valid until 2003. At this date, in accordance with the committee's decision, the publication will be

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

INTRODUCTION

Les matériaux diélectriques pour résonateurs et filtres fonctionnant aux hyperfréquences ont une permittivité relative élevée, un faible facteur de pertes et une bonne stabilité en température des fréquences de résonance. La connaissance de ces paramètres est d'une importance primordiale pour le développement de nouveaux matériaux, de la part du fournisseur et pour la conception des composantes fonctionnant aux hyperfréquences, de la part du client.

Les paramètres des matériaux pour résonateurs diélectriques nécessaires pour la construction des composantes fonctionnant aux hyperfréquences sont:

– la composante réelle ε' de la permittivité relative complexe;

– le facteur de pertes tan δ;

– le coefficient de température de la fréquence de résonance (TCF);

– la dépendance en température de tan δ.

Plusieures méthodes de mesure sont proposées pour déterminer la permittivité complexe aux hyperfréquences:

– la méthode du résonateur ayant la forme d'un barreau diélectrique utilisant le mode de résonance TE_{011};

– la méthode de la cavité cylindrique utilisant le mode de résonance $TE_{01\delta}$;

– la méthode de perturbation utilisant une cavité cylindrique;

– la méthode des paramètres S utilisant une ligne coaxiale.

INTRODUCTION

Dielectric materials for microwave resonators and filters have high relative permittivity, a low loss factor and superior temperature stability of resonance frequencies. Knowledge of these parameters is of primary importance for the development of new materials on the supplier side and for the design of dielectric microwave components on the customer side.

The parameters of dielectric resonator materials needed for the design of microwave components are:

– the real component ε' of the complex relative permittivity;

– the loss factor tan δ;

– the temperature coefficient of resonance frequency (TCF);

– the temperature dependence of tan δ.

Several measurement methods are proposed to determine the complex permittivity at microwave frequencies:

– the dielectric rod resonator method using TE_{011} resonance mode;

– the cylindrical cavity method using $TE_{01\delta}$ resonance mode;

– the perturbation method using a cylindrical cavity;

– the S-parameter method using a coaxial line.

RÉSONATEURS DIÉLECTRIQUES À MODES GUIDÉS –

Partie 1-3: Informations générales et conditions d'essais – Méthode de mesure de la permittivité relative complexe des matériaux diélectriques pour les résonateurs diélectriques fonctionnant aux hyperfréquences

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 61338 décrit la méthode d'un résonateur ayant la forme d'un barreau pour une large gamme de propriétés diélectriques dans la gamme des hyperfréquences dans des applications pratiques. Cette méthode a les caractéristiques suivantes:

– une solution mathématique complète et exacte de la permittivité relative complexe est donnée facilement par le programme d'une machine à calculer;

– l'erreur de mesure est inférieure à 0,3 % pour ε' et inférieure à $0{,}05 \times 10^{-4}$ pour tan δ;

– le TCF est mesuré directement sans aucune compensation avec une erreur de mesure inférieure à 1×10^{-6} /K.

L'objet de cette norme est de décrire les méthodes de mesure de la permittivité relative complexe des matériaux pour résonateurs diélectriques fonctionnant aux hyperfréquences par la méthode du résonateur diélectrique ayant la forme d'un barreau court-circuité aux deux extrémités par les lames conductrices parallèles. Les paramètres de mesure sont ε', tan δ, TCF et la dépendance en température de tan δ à la fréquence de résonance. Il est supposé que les matériaux diélectriques sont isotropes et homogènes.

WAVEGUIDE TYPE DIELECTRIC RESONATORS –

Part 1-3: General information and test conditions – Measurement method of complex relative permittivity for dielectric resonator materials at microwave frequency

1 Scope and object

This part of IEC 61338 describes the dielectric rod resonator measurement method for a wide range of microwave dielectric properties in practical applications. This method has the following characteristics:

– a complete and exact mathematical solution of complex relative permittivity is given by easy computer software;

– the measurement error is less than 0,3 % for ε' and less than $0{,}05 \times 10^{-4}$ for $\tan \delta$;

– the *TCF* is directly measured without any compensation with a measurement error less than 1×10^{-6}/K.

The object of this standard is to describe the measurement methods of the complex relative permittivity of dielectric resonator materials at microwave frequencies by means of the dielectric rod resonator method short-circuited at both ends by parallel conducting plates. The measuring parameters are ε', $\tan \delta$, TCF and the temperature dependence of $\tan \delta$ at the resonance frequency. The dielectric materials are assumed to be isotropic and homogeneous.