



IEC 62562

Edition 1.0 2010-02

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Cavity resonator method to measure the complex permittivity of low-loss dielectric plates

Méthode de la cavité résonante pour mesurer la permittivité complexe des plaques diélectriques à faibles pertes

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

R

ICS 17.220

ISBN 978-2-88910-931-9

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope.....	5
2 Measurement parameters.....	5
3 Theory and calculation equations.....	6
3.1 Relative permittivity and loss tangent.....	6
3.2 Temperature dependence of ϵ' and $\tan \delta$	9
3.3 Cavity parameters.....	9
4 Measurement equipment and apparatus.....	10
4.1 Measurement equipment.....	10
4.2 Measurement apparatus for complex permittivity.....	11
5 Measurement procedure.....	12
5.1 Preparation of measurement apparatus.....	12
5.2 Measurement of reference level.....	12
5.3 Measurement of cavity parameters: D , H , σ_r , α_c , $TC\rho$	12
5.4 Measurement of complex permittivity of test specimen: ϵ' , $\tan \delta$	14
5.5 Temperature dependence of ϵ' and $\tan \delta$	14
Annex A (informative) Example of measured result and accuracy.....	15
Bibliography.....	18
Figure 1 – Resonator structures of two types.....	6
Figure 2 – Correction term $\Delta\epsilon'/\epsilon'_a$	8
Figure 3 – Correction terms $\Delta A/A$ and $\Delta B/B$	8
Figure 4 – Schematic diagram of measurement equipments.....	10
Figure 5 – Cavity resonator used for measurement.....	11
Figure 6 – Photograph of cavity resonator for measurement around 10 GHz.....	11
Figure 7 – Mode chart of cavity resonator.....	12
Figure 8 – Resonance peaks of cavity resonator.....	13
Figure 9 – Resonance frequency f_0 , insertion attenuation IA_0 and half-power band width f_{BW}	13
Figure 10 – Resonance frequency f_0 of TE_{011} mode of cavity resonator with dielectric plate ($D = 35$ mm, $H = 25$ mm).....	14
Figure A.1 – Measured temperature dependence of f_1 and Q_{uc}	16
Figure A.2 – Resonance peaks of cavity resonator clamping sapphire plate.....	16
Figure A.3 – Measured results of temperature dependence of f_0 , Q_u , ϵ' and $\tan \delta$ for sapphire plate.....	17
Table A.1 – Measured results of cavity parameters.....	15
Table A.2 – Measured results of ϵ' and $\tan \delta$ for sapphire plate.....	17

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

CAVITY RESONATOR METHOD TO MEASURE THE COMPLEX PERMITTIVITY OF LOW-LOSS DIELECTRIC PLATES

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 62562 has been prepared by subcommittee 46F: R.F. and microwave passive components, of IEC technical committee 46: Cables, wires, waveguides, R.F. connectors, R.F. and microwave passive components and accessories.

This first edition cancels and replaces the PAS published in 2008.

This bilingual version, published in 2010-02, corresponds to the English version.

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

CDV	Report on voting
46F/118/CDV	46F/143/RVC

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

The French version of this standard has not been voted upon.

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

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

CAVITY RESONATOR METHOD TO MEASURE THE COMPLEX PERMITTIVITY OF LOW-LOSS DIELECTRIC PLATES

1 Scope

The object of this International Standard is to describe a measurement method of dielectric properties in the planar direction of dielectric plate at microwave frequency. This method is called a cavity resonator method. It has been created in order to develop new materials and to design microwave active and passive devices for which standardization of measurement methods of material properties is more and more important.

This method has the following characteristics:

- the relative permittivity ϵ' and loss tangent $\tan \delta$ values of a dielectric plate sample can be measured accurately and non-destructively;
- temperature dependence of complex permittivity can be measured;
- the measurement accuracy is within 0,3 % for ϵ' and within 5×10^{-6} for $\tan \delta$;
- fringing effect is corrected using correction charts calculated on the basis of rigorous analysis.

This method is applicable for the measurements on the following condition:

- frequency : $2 \text{ GHz} < f < 40 \text{ GHz}$;
- relative permittivity: $2 < \epsilon' < 100$;
- loss tangent : $10^{-6} < \tan \delta < 10^{-2}$.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	21
1 Domaine d'application	23
2 Paramètres de mesure	23
3 Théorie et équations de calcul.....	24
3.1 Permittivité relative et tangente de l'angle de perte	24
3.2 Dépendance vis-à-vis de la température de ϵ' et $\tan \delta$	27
3.3 Paramètres de la cavité.....	28
4 Matériel et appareil de mesure	29
4.1 Matériel de mesure.....	29
4.2 Appareil de mesure de la permittivité complexe.....	29
5 Mode opératoire de mesure	30
5.1 Préparation de l'appareil de mesure	30
5.2 Mesure du niveau de référence	31
5.3 Mesure des paramètres de la cavité: D , H , σ_f , α_c , $TC\rho$	31
5.4 Mesure de la permittivité complexe de l'éprouvette: ϵ' , $\tan \delta$	33
5.5 Dépendance de ϵ' et de $\tan \delta$ vis-à-vis de la température	33
Annexe A (informative) Exemple de résultat mesuré et précision	34
Bibliographie.....	37
Figure 1 – Structures de résonateur de deux types	25
Figure 2 – Terme correctif $\Delta\epsilon'/\epsilon'_a$	27
Figure 3 – Termes correctifs $\Delta A/A$ et $\Delta B/B$	27
Figure 4 – Dessin schématique du matériel de mesure	29
Figure 5 – Cavité résonante utilisée pour la mesure.....	30
Figure 6 – Photographie d'une cavité résonante pour des mesures à 10 GHz environ.....	30
Figure 7 – Abaque des modes de la cavité résonante	31
Figure 8 – Crêtes de résonance de la cavité résonante.....	32
Figure 9 – Fréquence de résonance f_0 , affaiblissement d'insertion IA_0 et largeur de bande à demi-puissance f_{BW}	32
Figure 10 – Fréquence de résonance f_0 du mode TE_{011} de la cavité résonante avec plaque diélectrique ($D = 35$ mm, $H = 25$ mm)	33
Figure A.1 – Mesure de la dépendance de f_1 et Q_{uc} vis-à-vis de la température.....	35
Figure A.2 – Crêtes de résonance de la plaque de serrage en saphir de la cavité résonante	35
Figure A.3 – Résultats mesurés de la dépendance de f_0 , Q_u , ϵ' et $\tan \delta$ vis-à-vis de la température pour la plaque en saphir.....	36
Tableau A.1 – Résultats mesurés des paramètres de la cavité.....	34
Tableau A.2 – Résultats mesurés de ϵ' et de $\tan \delta$ pour la plaque en saphir.....	36

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODE DE LA CAVITÉ RÉSONANTE POUR MESURER LA PERMITTIVITÉ COMPLEXE DES PLAQUES DIÉLECTRIQUES À FAIBLES PERTES

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI 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 62562 a été établie par le sous-comité 46F: Systèmes microélectromécaniques, du comité d'études 46 de la CEI: Câbles, fils, guides d'ondes, connecteurs, composants passifs pour micro-onde et accessoires.

La présente version bilingue, publiée en 2010-02, correspond à la version anglaise.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 46F/118/CDV et 46F/143/RVC.

Le rapport de vote 46F/143/RVC donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

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.

MÉTHODE DE LA CAVITÉ RÉSONANTE POUR MESURER LA PERMITTIVITÉ COMPLEXE DES PLAQUES DIÉLECTRIQUES À FAIBLES PERTES

1 Domaine d'application

L'objet de la présente Norme internationale est de décrire une méthode de mesure des propriétés diélectriques en hyperfréquence dans la direction du plan d'une plaque diélectrique. Cette méthode est appelée méthode de la cavité résonante. Elle a été créée pour élaborer de nouveaux matériaux et pour concevoir des dispositifs micro-ondes actifs et passifs pour lesquels la normalisation des méthodes de mesure des propriétés des matériaux est de plus en plus importante.

Cette méthode a les caractéristiques suivantes:

- on peut mesurer de façon précise et non destructive les valeurs de la permittivité relative ϵ' et de la tangente de l'angle de perte $\tan \delta$ d'un échantillon de plaque diélectrique;
- on peut mesurer la dépendance de la permittivité complexe vis-à-vis de la température;
- la précision de mesure est inférieure ou égale à 0,3 % pour ϵ' et inférieure ou égale à 5×10^{-6} pour $\tan \delta$;
- on corrige l'effet de frange en utilisant des abaques de correction calculés en se fondant sur une analyse rigoureuse.

Cette méthode est applicable pour effectuer des mesures dans les conditions suivantes:

- fréquence : $2 \text{ GHz} < f < 40 \text{ GHz}$;
- permittivité relative : $2 < \epsilon' < 100$;
- tangente de l'angle de perte : $10^{-6} < \tan \delta < 10^{-2}$.