IEC 60556

Edition 2.1 2016-03

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE

colour inside

Gyromagnetic materials intended for application at microwave frequencies – Measuring methods for properties

Matériaux gyromagnétiques destinés à des applications hyperfréquences – Méthodes de mesure des propriétés

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.100.10

ISBN 978-2-8322-3292-7

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.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

IEC 60556

Edition 2.1 2016-03

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE

colour inside

Gyromagnetic materials intended for application at microwave frequencies – Measuring methods for properties

Matériaux gyromagnétiques destinés à des applications hyperfréquences – Méthodes de mesure des propriétés



IEC 60556:2006-04+AMD1:2016-03 CSV(en-fr)

CONTENTS

FOREWORD....6
1 Scope....8
2 Normative references....8
3 Terms and definitions....8
4 Saturation magnetization M_S....8
4.1 General....8
4.2 Object....9
4.3 Theory....9
4.4 Test sample....10
4.5 Measuring apparatus for the vibrating coil method (VCM)....10
5.5 Measuring apparatus....22
5.4 Test specimen....21
4.7 Calibration....16
4.8 Measuring procedure....17
4.9 Calculation....18
4.10 Accuracy....18
4.11 Data presentation....19
5 Magnetization (at specified field strength) M_H....19
5.1 General....19
5.2 Object....19
5.3 Theory....19
4.6 Measuring apparatus for the vibrating sample method (VSM)....13
5.6 Calibration....24
5.7 Measuring procedure....25
5.8 Calculation....25
5.9 Accuracy....25
5.10 Data presentation....25
6 Gyromagnetic resonance linewidth ΔH and effective Landé factor g_{eff} (general)....26
6.1 General....26
6.2 Object....26
6.3 Theory....26
6.4 Test specimens and cavities....27
6.5 Measuring apparatus....30
6.6 Measuring procedure....30
6.7 Calculation....32
6.8 Accuracy....32
6.9 Data presentation....32
7 Gyromagnetic resonance linewidth ΔH_{10} and effective Landé factor g_{10} (at 10 GHz)....32
7.1 General....32
7.2 Object....32
7.3 Theory....32
7.4 Test specimen and cavity....33
7.5 Measuring apparatus....34
7.6 Measuring procedure....34
7.7 Calculation....35

7.8 Accuracy 35
7.9 Data presentation 36
8 Spin-wave resonance linewidth ΔH_k 36
8.1 General 36
8.2 Object 36
8.3 Theory 36
8.4 Test specimen and cavity 39
8.5 Measuring apparatus 40
8.6 Calibration 40
8.7 Measuring procedure 40
8.8 Calculation 41
8.9 Accuracy 41
8.10 Data presentation 41
9 Effective linewidth ΔH_{eff} 41
9.1 General 41
9.2 Object 41
9.3 Theory 42
9.4 Test specimen and cavity 44
9.5 Measuring apparatus 44
9.6 Calibration 45
9.7 Apparatus adjustment 45
9.8 Measuring procedure 46
9.9 Calculation 47
9.10 Accuracy 47
9.11 Data presentation 47
10 Complex permittivity $\underline{\varepsilon}_r$ 48
10.1 General 48
10.2 Object 48
10.3 Theory 48
10.4 Test specimen and cavity 51
10.5 Measuring apparatus 51
10.6 Measurement procedure 52
10.7 Calculation 52
10.8 Accuracy 53
10.9 Data presentation 53
11 Apparent density ρ_{app} 53
11.1 General 53
11.2 Apparent density (by mensuration) 53
11.3 Apparent density (by water densitometry) 55
12 Gyromagnetic resonance linewidth ΔH and effective gyromagnetic ratio γ_{eff} by non resonant method 56
12.1 General 56
12.2 Object 57
12.3 Measuring methods 57
Annex A (informative) Method to calculate the linewidth using a spreadsheet software program 73
Bibliography 75

Figure 1 – Vibrating coil method – Sample and coils arrangement 10
Figure 2 – Magnetic field configuration 11
Figure 3 – Measuring apparatus (VCM) 13
Figure 4 – Vibrating sample method – Sample and coil arrangement 14
Figure 5 – Measuring apparatus (VSM) 15
Figure 6 – Hysteresis curves for a magnetic material: $B(H)$ curve, $M(H)$ curve 20
Figure 7 – Test sample with compensation unit 21
Figure 8 – Test specimen 22
Figure 9 – Measuring circuit for determining magnetization (at specified field strength) M_H 23
Figure 10 – Miller integrator 24
Figure 11 – Cavity for measurement of gyromagnetic resonance linewidth and effective Landé factor 28
Figure 12 – Stripline resonator for measurement of gyromagnetic resonance linewidth and effective Landé factor at low frequency 29
Figure 13 – Schematic diagram of the equipment required for measurement of gyromagnetic resonance linewidth and effective Landé factor 31
Figure 14 – Schematic diagram of the equipment required for measurement of gyromagnetic resonance linewidth and effective Landé factor at 10 GHz 35
Figure 15 – Subsidiary absorption and saturation of the normal resonance 37
Figure 16 – Pulse deterioration at onset of subsidiary resonance 37
Figure 17 – Measured critical r.f. field strength as a function of pulse duration t_d 38
Figure 18 – Typical TE_{104} cavity for the measurement of spin-wave resonance linewidth at about 9,3 GHz 39
Figure 19 – Block diagram of spin-wave resonance linewidth test equipment 40
Figure 20 – Sectional view of the cavity with specimen 43
Figure 21 – Dimensions of a cavity designed for resonance at a frequency of 9,1 GHz 43
Figure 22 – Schematic diagram of equipment for measuring effective linewidth ΔH_{eff} 45
Figure 23 – Determination of Q_0 47
Figure 24 – Ideal resonant cavity with specimen, used for theoretical calculation (sectional view) 49
Figure 25 – Dimensions of the resonant cavity with specimen 51
Figure 26 – Schematic diagram of equipment required for the measurement of complex dielectric constant 52
Figure 27 – Schematic drawing of short-circuited microstrip line fixture with specimen 58
Figure 28 – Equivalent circuits of short-circuited microstrip line 58
Figure 29 – Cross-sectional drawing of all-shielded shorted microstrip line with specimen 59
Figure 30 – Block diagram of measurement system 60
Figure 31 –Observed absorption curve of imaginary part $\eta\mu''L_0$ of inductance for a 5 mm square garnet specimen with 0,232 mm thickness and Ms = 0,08 T 62
Figure 32 – Assumed equivalent circuit of the test fixture 63
Figure 33 – Structure of test fixture to measure resonance linewidth by transmission 64
Figure 34 – Model to measure resonance linewidth by transmission 65
Figure 35 – Test fixture for measurement of resonance linewidth by transmission 66
Figure 36 – Example of a test fixture (tolerance: Class f) 67

Figure 37 – Block diagram of the equipment for measuring the resonance linewidth 68
Figure 38 – Measurement procedures 69
Figure 39 – Steps to obtain resonance linewidth by numerical analysis 71

Table 1 – Typical dimensions of test fixture 59
Table 2 – Specimen shape and typical dimensions 59
Table 3 – The fixture constants for 5 mm long specimens 64
Table A.1 – Example of the linewidth calculation using a spreadsheet software program 74

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

GYROMAGNETIC MATERIALS INTENDED FOR APPLICATION AT MICROWAVE FREQUENCIES – MEASURING METHODS FOR PROPERTIES

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.

DISCLAIMER
This Consolidated version is not an official IEC Standard and has been prepared for user convenience. Only the current versions of the standard and its amendment(s) are to be considered the official documents.

This Consolidated version of IEC 60556 bears the edition number 2.1. It consists of the second edition (2006-04) [documents 51/850/FDIS and 51/859/RVD] and its amendment 1 (2016-03) [documents 51/1064/CDV and 51/1089A/RVC]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.

In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendment 1. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.

International Standard IEC 60556 has been prepared by IEC technical committee 51: Magnetic components and ferrite materials.

This second edition is a consolidation of the first edition and its amendments 1 and 2. It includes editorial improvements as well as improvements to the figures.

This standard is to be read in conjunction with IEC 60392.

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 the base publication and its amendment 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.

GYROMAGNETIC MATERIALS INTENDED FOR APPLICATION AT MICROWAVE FREQUENCIES – MEASURING METHODS FOR PROPERTIES

1 Scope

This International Standard describes methods of measuring the properties used to specify polycrystalline microwave ferrites in accordance with IEC 60392 and for general use in ferrite technology. These measuring methods are intended for the investigation of materials, generally referred to as ferrites, for application at microwave frequencies.

Single crystals and thin films generally fall outside the scope of this standard.

NOTE 1 For the purposes of this standard, the words “ferrite” and “microwave” are used in a broad sense:

– by “ferrites” is meant not only magneto-dielectric chemical components having a spinel crystal structure, but also materials with garnet and hexagonal structures;

– the “microwave” region is taken to include wavelengths approximately between 1 m and 1 mm, the main interest being concentrated on the region 0,3 m to 10 mm.

NOTE 2 Examples of components employing microwave ferrites are non-reciprocal devices such as circulators, isolators and non-reciprocal phase-shifters. These constitute the major field of application, but the materials may be used in reciprocal devices as well, for example, modulators and (reciprocal) phase-shifters. Other applications include gyromagnetic filters, limiters and more sophisticated devices, such as parametric amplifiers.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendment) applies.

IEC 60050-221, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 221: Magnetic materials components*

IEC 60205:2006, *Calculation of the effective parameters of magnetic piece parts*

IEC 60392:1972, *Guide for the drafting of specifications for microwave ferrites*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 82
1 Domaine d'application 84
2 Références normatives 84
3 Termes et définitions 84
4 Aimantation à saturation M_S 84
4.1 Généralités 84
4.2 Objet 85
4.3 Théorie 85
4.4 Echantillon d'essai 86
4.5 Appareil de mesure pour la méthode de la bobine vibrante 86
4.6 Appareil de mesure pour la méthode des échantillons vibrants 89
4.7 Etalonnage 92
4.8 Procédure de mesure 94
4.9 Calcul 95
4.10 Précision 95
4.11 Présentation des données 95
5 Aimantation (à l'intensité de champ spécifiée) M_H 95
5.1 Généralités 95
5.2 Objet 96
5.3 Théorie 96
5.4 Spécimen d'essai 98
5.5 Appareil de mesure 99
5.6 Etalonnage 101
5.7 Procédure de mesure 101
5.8 Calcul 101
5.9 Précision 102
5.10 Présentation des données 102
6 Largeur de raie de la résonance gyromagnétique ΔH et facteur de Landé efficace g_{eff} (cas général) 102
6.1 Généralités 102
6.2 Objet 102
6.3 Théorie 103
6.4 Spécimens d'essai et cavités 104
6.5 Appareil de mesure 106
6.6 Procédure de mesure 106
6.7 Calcul 108
6.8 Précision 108
6.9 Présentation des données 108
7 Largeur de raie de la résonance gyromagnétique ΔH_{10} et facteur de Landé efficace g_{10} (à 10 GHz) 108
7.1 Généralités 108
7.2 Objet 108
7.3 Théorie 108
7.4 Spécimen d'essai et cavité 109
7.5 Appareil de mesure 110
7.6 Procédure de mesure 110

7.7 Calcul ... 111
7.8 Précision ... 111
7.9 Présentation des données ... 111
8 Largeur de raie de la résonance des ondes de spin ΔH_k ... 112
8.1 Généralités ... 112
8.2 Objet ... 112
8.3 Théorie ... 112
8.4 Spécimen d'essai et cavité ... 115
8.5 Appareil de mesure ... 116
8.6 Etalonnage ... 116
8.7 Procédure de mesure ... 116
8.8 Calcul ... 117
8.9 Précision ... 117
8.10 Présentation des données ... 117
9 Largeur de raie efficace ΔH_{eff} ... 117
9.1 Généralités ... 117
9.2 Objet ... 118
9.3 Théorie ... 118
9.4 Spécimen d'essai et cavité ... 120
9.5 Appareil de mesure ... 121
9.6 Etalonnage ... 121
9.7 Réglage de l'appareil ... 121
9.8 Procédure de mesure ... 122
9.9 Calcul ... 124
9.10 Précision ... 124
9.11 Présentation des données ... 124
10 Permittivité complexe $\underline{\varepsilon}_r$ ... 124
10.1 Généralités ... 124
10.2 Objet ... 124
10.3 Théorie ... 125
10.6 Procédure de mesure ... 128
10.7 Calcul ... 128
10.8 Précision ... 129
10.9 Présentation des données ... 129
10.4 Spécimen d'essai et cavité ... 127
10.5 Appareil de mesure ... 127
11 Densité apparente ρ_{app} ... 129
11.1 Généralités ... 129
11.2 Densité apparente (par mensuration) ... 129
11.3 Densité apparente (par densitométrie dans l'eau) ... 130
12 Largeur de raie de la résonance gyromagnétique ΔH et rapport gyromagnétique efficace γ_{eff} par une méthode non résonante ... 132
12.1 Généralités ... 132
12.2 Objet ... 133
12.3 Méthodes de mesure ... 133
Annexe A (informative) Méthode de calcul de la largeur de raie utilisant un tableur ... 150
Bibliographie ... 152

Figure 1 – Méthode de la bobine vibrante – Disposition des bobines et de l'échantillon 87
Figure 2 – Configuration des champs magnétiques 87
Figure 3 – Appareil de mesure (méthode de la bobine vibrante) 89
Figure 4 – Méthode de l'échantillon vibrant – Disposition des bobines et de l'échantillon 90
Figure 5 – Appareil de mesure (méthode des échantillons vibrants) 91
Figure 6 – Courbes d'hystérésis pour un matériau magnétique: courbe $B(H)$, courbe $M(H)$ 96
Figure 7 – Echantillon d'essai avec unité de compensation 98
Figure 8 – Spécimen d'essai 98
Figure 9 – Circuit de mesure pour déterminer l'aimantation (à une intensité de champ spécifiée) M_H 99
Figure 10 – Intégrateur de Miller 100
Figure 11 – Cavité pour mesurer la largeur de raie de la résonance gyromagnétique et le facteur de Landé efficace 104
Figure 12 – Résonateur à ligne à ruban pour mesurer la largeur de raie de la résonance gyromagnétique et le facteur de Landé efficace à basse fréquence 105
Figure 13 – Schéma des équipements nécessaires pour mesurer la largeur de raie de la résonance gyromagnétique et le facteur de Landé efficace 107
Figure 14 – Schéma des équipements nécessaires pour mesurer la largeur de raie de la résonance gyromagnétique et le facteur de Landé efficace à 10 GHz 111
Figure 15 – Absorption auxiliaire et saturation de la résonance normale 113
Figure 16 – Détérioration d'une impulsion au début de la résonance auxiliaire 113
Figure 17 – Intensité du champ RF critique mesurée en fonction de la durée d'impulsion t_d 114
Figure 18 – Cavité TE_{104} typique pour la mesure de la largeur de raie de résonance des ondes de spin à environ 9,3 GHz 115
Figure 19 – Schéma fonctionnel des équipements d'essai de largeur de raie de résonance des ondes de spin 116
Figure 20 – Vue en coupe de la cavité avec le spécimen 119
Figure 21 – Dimensions d'une cavité conçue pour entrer en résonance à une fréquence de 9,1 GHz 119
Figure 22 – Représentation schématique des équipements de mesure de la largeur de raie efficace ΔH_{eff} 121
Figure 23 – Détermination de Q_0 123
Figure 24 – Cavité résonante idéale avec spécimen, utilisée pour le calcul théorique (vue en coupe) 125
Figure 25 – Dimensions de la cavité résonante avec le spécimen 127
Figure 26 – Schéma des équipements nécessaires pour la mesure de la constante diélectrique complexe 128
Figure 27 – Représentation schématique d'un montage de ligne à microruban court-circuitée avec un spécimen 134
Figure 28 – Circuits équivalents d'une ligne à microruban court-circuitée 134
Figure 29 – Coupe représentant la ligne à microruban court-circuitée entièrement blindée avec un spécimen 135
Figure 30 – Représentation schématique du système de mesure 136

Figure 31 – Courbe d'absorption observée de la partie imaginaire $\eta\mu''L_0$ de l'inductance pour un spécimen gyromagnétique carré de 5 mm, de 0,232 mm d'épaisseur et avec Ms = 0,08 T 138
Figure 32 – Circuit équivalent du dispositif d'essai 139
Figure 33 – Structure du montage d'essai pour mesurer la largeur de raie de la résonance par transmission 141
Figure 34 – Modèle de mesure de la largeur de raie de la résonance par transmission 141
Figure 35 – Montage d'essai pour mesurer la largeur de raie de la résonance par transmission 143
Figure 36 – Exemple de montage d'essai (tolérance: classe f) 144
Figure 37 – Représentation schématique de l'appareil de mesure de la largeur de raie de la résonance 144
Figure 38 – Procédures de mesure 146
Figure 39 – Etapes pour obtenir une largeur de raie de la résonance par analyse numérique 148

Tableau 1 – Dimensions typiques du montage d'essai 135
Tableau 2 – Formes et dimensions typiques des spécimens 135
Tableau 3 – Constantes du montage pour des spécimens de 5 mm de long 140
Tableau A.1 – Exemple de calcul de largeur de raie utilisant un tableur 151

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

MATÉRIAUX GYROMAGNÉTIQUES DESTINÉS À DES APPLICATIONS HYPERFRÉQUENCES – MÉTHODES DE MESURE DES PROPRIÉTÉS

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. A 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.

DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ
Cette version consolidée n'est pas une Norme IEC officielle, elle a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Seules les versions courantes de cette norme et de son(ses) amendement(s) doivent être considérées comme les documents officiels.

Cette version consolidée de l'IEC 60556 porte le numéro d'édition 2.1. Elle comprend la deuxième édition (2006-04) [documents 51/850/FDIS et 51/859/RVD] et son amendement 1 (2016-03) [documents 51/1064/CDV et 51/1089A/RVC]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.

Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par l'amendement 1. Les ajouts sont en vert, les suppressions sont en rouge, barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.

La Norme internationale IEC 60556 a été établie par le comité d'études 51 de l'IEC: Composants magnétiques et ferrites.

Cette deuxième édition est une consolidation de la première édition et de ses amendements 1 et 2. Elle inclut des améliorations éditoriales et des améliorations des figures.

La présente norme doit être lue conjointement avec l'IEC 60392.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 51/850/FDIS et 51/859/RVD.

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

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

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement 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 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.

MATÉRIAUX GYROMAGNÉTIQUES DESTINÉS À DES APPLICATIONS HYPERFRÉQUENCES – MÉTHODES DE MESURE DES PROPRIÉTÉS

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale décrit des méthodes de mesure des propriétés utilisées pour spécifier des ferrites polycristallins pour hyperfréquences conformément à l'IEC 60392 et l'utilisation générale de la technologie des ferrites. Ces méthodes de mesure sont destinées à l'étude de matériaux, les ferrites, pour les applications hyperfréquences.

Les monocristaux et les couches minces sortent en général du domaine d'application de la présente Norme.

NOTE 1 Pour les besoins de la présente Norme, les mots "ferrite" et "hyperfréquence" sont utilisés au sens large:

– "ferrite" fait référence non seulement aux composants chimiques magnéto-diélectriques présentant une structure cristallographique spinelle, mais aussi aux matériaux avec grenats et structures hexagonales;

– la région "hyperfréquences" inclut les longueurs d'ondes comprises entre environ 1 m et 1 mm, la région de principal intérêt étant dans la gamme allant de 0,3 m à 10 mm.

NOTE 2 Des exemples de composants utilisant des ferrites pour hyperfréquences sont les dispositifs non réciproques tels que les circulateurs, les isolateurs et les déphaseurs non réciproques. Ils constituent le principal champ d'application, mais les matériaux peuvent également être utilisés dans des dispositifs réciproques, par exemple, des modulateurs et des déphaseurs (réciproques). D'autres applications incluent les filtres gyromagnétiques, les limiteurs, mais aussi des dispositifs plus sophistiqués tels les amplificateurs paramétriques.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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 60050-221, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 221: Matériaux et composants magnétiques*

IEC 60205:2006, *Calcul des paramètres effectifs des pièces ferromagnétiques*

IEC 60392:1972, *Directives pour l'établissement des spécifications relatives aux ferrites pour hyperfréquences*

IEC 60556

Edition 2.1 2016-03

FINAL VERSION

VERSION FINALE

colour inside

Gyromagnetic materials intended for application at microwave frequencies – Measuring methods for properties

Matériaux gyromagnétiques destinés à des applications hyperfréquences – Méthodes de mesure des propriétés



IEC 60556:2006-04+AMD1:2016-03 CSV(en-fr)

CONTENTS

FOREWORD....6
1 Scope....8
2 Normative references....8
3 Terms and definitions....8
4 Saturation magnetization M_S....8
4.1 General....8
4.2 Object....9
4.3 Theory....9
4.4 Test sample....10
4.5 Measuring apparatus for the vibrating coil method (VCM)....10
5.5 Measuring apparatus....22
5.4 Test specimen....21
4.7 Calibration....16
4.8 Measuring procedure....17
4.9 Calculation....18
4.10 Accuracy....18
4.11 Data presentation....19
5 Magnetization (at specified field strength) M_H....19
5.1 General....19
5.2 Object....19
5.3 Theory....19
4.6 Measuring apparatus for the vibrating sample method (VSM)....13
5.6 Calibration....24
5.7 Measuring procedure....25
5.8 Calculation....25
5.9 Accuracy....25
5.10 Data presentation....25
6 Gyromagnetic resonance linewidth ΔH and effective Landé factor g_{eff} (general)....26
6.1 General....26
6.2 Object....26
6.3 Theory....26
6.4 Test specimens and cavities....27
6.5 Measuring apparatus....30
6.6 Measuring procedure....30
6.7 Calculation....32
6.8 Accuracy....32
6.9 Data presentation....32
7 Gyromagnetic resonance linewidth ΔH_{10} and effective Landé factor g_{10} (at 10 GHz)....32
7.1 General....32
7.2 Object....32
7.3 Theory....32
7.4 Test specimen and cavity....33
7.5 Measuring apparatus....34
7.6 Measuring procedure....34
7.7 Calculation....35

7.8 Accuracy 35
7.9 Data presentation 36
8 Spin-wave resonance linewidth ΔH_k 36
8.1 General 36
8.2 Object 36
8.3 Theory 36
8.4 Test specimen and cavity 39
8.5 Measuring apparatus 40
8.6 Calibration 40
8.7 Measuring procedure 40
8.8 Calculation 41
8.9 Accuracy 41
8.10 Data presentation 41
9 Effective linewidth ΔH_{eff} 41
9.1 General 41
9.2 Object 41
9.3 Theory 42
9.4 Test specimen and cavity 44
9.5 Measuring apparatus 44
9.6 Calibration 45
9.7 Apparatus adjustment 45
9.8 Measuring procedure 46
9.9 Calculation 47
9.10 Accuracy 47
9.11 Data presentation 47
10 Complex permittivity $\underline{\varepsilon}_r$ 48
10.1 General 48
10.2 Object 48
10.3 Theory 48
10.4 Test specimen and cavity 51
10.5 Measuring apparatus 51
10.6 Measurement procedure 52
10.7 Calculation 52
10.8 Accuracy 53
10.9 Data presentation 53
11 Apparent density ρ_{app} 53
11.1 General 53
11.2 Apparent density (by mensuration) 53
11.3 Apparent density (by water densitometry) 55
12 Gyromagnetic resonance linewidth ΔH and effective gyromagnetic ratio γ_{eff} by non resonant method 56
12.1 General 56
12.2 Object 57
12.3 Measuring methods 57
Annex A (informative) Method to calculate the linewidth using a spreadsheet software program 73
Bibliography 75

Figure 1 – Vibrating coil method – Sample and coils arrangement 10
Figure 2 – Magnetic field configuration 11
Figure 3 – Measuring apparatus (VCM) 13
Figure 4 – Vibrating sample method – Sample and coil arrangement 14
Figure 5 – Measuring apparatus (VSM) 15
Figure 6 – Hysteresis curves for a magnetic material: $B(H)$ curve, $M(H)$ curve 20
Figure 7 – Test sample with compensation unit 21
Figure 8 – Test specimen 22
Figure 9 – Measuring circuit for determining magnetization (at specified field strength) M_H 23
Figure 10 – Miller integrator 24
Figure 11 – Cavity for measurement of gyromagnetic resonance linewidth and effective Landé factor 28
Figure 12 – Stripline resonator for measurement of gyromagnetic resonance linewidth and effective Landé factor at low frequency 29
Figure 13 – Schematic diagram of the equipment required for measurement of gyromagnetic resonance linewidth and effective Landé factor 31
Figure 14 – Schematic diagram of the equipment required for measurement of gyromagnetic resonance linewidth and effective Landé factor at 10 GHz 35
Figure 15 – Subsidiary absorption and saturation of the normal resonance 37
Figure 16 – Pulse deterioration at onset of subsidiary resonance 37
Figure 17 – Measured critical r.f. field strength as a function of pulse duration t_d 38
Figure 18 – Typical TE_{104} cavity for the measurement of spin-wave resonance linewidth at about 9,3 GHz 39
Figure 19 – Block diagram of spin-wave resonance linewidth test equipment 40
Figure 20 – Sectional view of the cavity with specimen 43
Figure 21 – Dimensions of a cavity designed for resonance at a frequency of 9,1 GHz 43
Figure 22 – Schematic diagram of equipment for measuring effective linewidth ΔH_{eff} 45
Figure 23 – Determination of Q_0 47
Figure 24 – Ideal resonant cavity with specimen, used for theoretical calculation (sectional view) 49
Figure 25 – Dimensions of the resonant cavity with specimen 51
Figure 26 – Schematic diagram of equipment required for the measurement of complex dielectric constant 52
Figure 27 – Schematic drawing of short-circuited microstrip line fixture with specimen 58
Figure 28 – Equivalent circuits of short-circuited microstrip line 58
Figure 29 – Cross-sectional drawing of all-shielded shorted microstrip line with specimen 59
Figure 30 – Block diagram of measurement system 60
Figure 31 –Observed absorption curve of imaginary part $\eta\mu''L_0$ of inductance for a 5 mm square garnet specimen with 0,232 mm thickness and Ms = 0,08 T 62
Figure 32 – Assumed equivalent circuit of the test fixture 63
Figure 33 – Structure of test fixture to measure resonance linewidth by transmission 64
Figure 34 – Model to measure resonance linewidth by transmission 65
Figure 35 – Test fixture for measurement of resonance linewidth by transmission 66
Figure 36 – Example of a test fixture (tolerance: Class f) 67

Figure 37 – Block diagram of the equipment for measuring the resonance linewidth 68
Figure 38 – Measurement procedures 69
Figure 39 – Steps to obtain resonance linewidth by numerical analysis 71

Table 1 – Typical dimensions of test fixture 59
Table 2 – Specimen shape and typical dimensions 59
Table 3 – The fixture constants for 5 mm long specimens 64
Table A.1 – Example of the linewidth calculation using a spreadsheet software program 74

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

GYROMAGNETIC MATERIALS INTENDED FOR APPLICATION AT MICROWAVE FREQUENCIES – MEASURING METHODS FOR PROPERTIES

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.

DISCLAIMER
This Consolidated version is not an official IEC Standard and has been prepared for user convenience. Only the current versions of the standard and its amendment(s) are to be considered the official documents.

This Consolidated version of IEC 60556 bears the edition number 2.1. It consists of the second edition (2006-04) [documents 51/850/FDIS and 51/859/RVD] and its amendment 1 (2016-03) [documents 51/1064/CDV and 51/1089A/RVC]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.

This Final version does not show where the technical content is modified by amendment 1. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.

International Standard IEC 60556 has been prepared by IEC technical committee 51: Magnetic components and ferrite materials.

This second edition is a consolidation of the first edition and its amendments 1 and 2. It includes editorial improvements as well as improvements to the figures.

This standard is to be read in conjunction with IEC 60392.

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 the base publication and its amendment 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.

GYROMAGNETIC MATERIALS INTENDED FOR APPLICATION AT MICROWAVE FREQUENCIES – MEASURING METHODS FOR PROPERTIES

1 Scope

This International Standard describes methods of measuring the properties used to specify polycrystalline microwave ferrites in accordance with IEC 60392 and for general use in ferrite technology. These measuring methods are intended for the investigation of materials, generally referred to as ferrites, for application at microwave frequencies.

Single crystals and thin films generally fall outside the scope of this standard.

NOTE 1 For the purposes of this standard, the words “ferrite” and “microwave” are used in a broad sense:

– by “ferrites” is meant not only magneto-dielectric chemical components having a spinel crystal structure, but also materials with garnet and hexagonal structures;

– the “microwave” region is taken to include wavelengths approximately between 1 m and 1 mm, the main interest being concentrated on the region 0,3 m to 10 mm.

NOTE 2 Examples of components employing microwave ferrites are non-reciprocal devices such as circulators, isolators and non-reciprocal phase-shifters. These constitute the major field of application, but the materials may be used in reciprocal devices as well, for example, modulators and (reciprocal) phase-shifters. Other applications include gyromagnetic filters, limiters and more sophisticated devices, such as parametric amplifiers.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendment) applies.

IEC 60050-221, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 221: Magnetic materials components*

IEC 60205:2006, *Calculation of the effective parameters of magnetic piece parts*

IEC 60392:1972, *Guide for the drafting of specifications for microwave ferrites*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 82
1 Domaine d'application 84
2 Références normatives 84
3 Termes et définitions 84
4 Aimantation à saturation M_S 84
4.1 Généralités 84
4.2 Objet 85
4.3 Théorie 85
4.4 Echantillon d'essai 86
4.5 Appareil de mesure pour la méthode de la bobine vibrante 86
4.6 Appareil de mesure pour la méthode des échantillons vibrants 89
4.7 Etalonnage 92
4.8 Procédure de mesure 94
4.9 Calcul 95
4.10 Précision 95
4.11 Présentation des données 95
5 Aimantation (à l'intensité de champ spécifiée) M_H 95
5.1 Généralités 95
5.2 Objet 96
5.3 Théorie 96
5.4 Spécimen d'essai 98
5.5 Appareil de mesure 99
5.6 Etalonnage 101
5.7 Procédure de mesure 101
5.8 Calcul 101
5.9 Précision 102
5.10 Présentation des données 102
6 Largeur de raie de la résonance gyromagnétique ΔH et facteur de Landé efficace g_{eff} (cas général) 102
6.1 Généralités 102
6.2 Objet 102
6.3 Théorie 103
6.4 Spécimens d'essai et cavités 104
6.5 Appareil de mesure 106
6.6 Procédure de mesure 106
6.7 Calcul 108
6.8 Précision 108
6.9 Présentation des données 108
7 Largeur de raie de la résonance gyromagnétique ΔH_{10} et facteur de Landé efficace g_{10} (à 10 GHz) 108
7.1 Généralités 108
7.2 Objet 108
7.3 Théorie 108
7.4 Spécimen d'essai et cavité 109
7.5 Appareil de mesure 110
7.6 Procédure de mesure 110

7.7 Calcul 111
7.8 Précision 111
7.9 Présentation des données 111
8 Largeur de raie de la résonance des ondes de spin ΔH_k 112
8.1 Généralités 112
8.2 Objet 112
8.3 Théorie 112
8.4 Spécimen d'essai et cavité 115
8.5 Appareil de mesure 116
8.6 Etalonnage 116
8.7 Procédure de mesure 116
8.8 Calcul 117
8.9 Précision 117
8.10 Présentation des données 117
9 Largeur de raie efficace ΔH_{eff} 117
9.1 Généralités 117
9.2 Objet 118
9.3 Théorie 118
9.4 Spécimen d'essai et cavité 120
9.5 Appareil de mesure 121
9.6 Etalonnage 121
9.7 Réglage de l'appareil 121
9.8 Procédure de mesure 122
9.9 Calcul 124
9.10 Précision 124
9.11 Présentation des données 124
10 Permittivité complexe $\underline{\varepsilon}_r$ 124
10.1 Généralités 124
10.2 Objet 124
10.3 Théorie 125
10.6 Procédure de mesure 128
10.7 Calcul 128
10.8 Précision 129
10.9 Présentation des données 129
10.4 Spécimen d'essai et cavité 127
10.5 Appareil de mesure 127
11 Densité apparente ρ_{app} 129
11.1 Généralités 129
11.2 Densité apparente (par mensuration) 129
11.3 Densité apparente (par densitométrie dans l'eau) 130
12 Largeur de raie de la résonance gyromagnétique ΔH et rapport gyromagnétique efficace γ_{eff} par une méthode non résonante 132
12.1 Généralités 132
12.2 Objet 133
12.3 Méthodes de mesure 133
Annexe A (informative) Méthode de calcul de la largeur de raie utilisant un tableur 150
Bibliographie 152

Figure 1 – Méthode de la bobine vibrante – Disposition des bobines et de l'échantillon 87
Figure 2 – Configuration des champs magnétiques 87
Figure 3 – Appareil de mesure (méthode de la bobine vibrante) 89
Figure 4 – Méthode de l'échantillon vibrant – Disposition des bobines et de l'échantillon 90
Figure 5 – Appareil de mesure (méthode des échantillons vibrants) 91
Figure 6 – Courbes d'hystérésis pour un matériau magnétique: courbe $B(H)$, courbe $M(H)$ 96
Figure 7 – Echantillon d'essai avec unité de compensation 98
Figure 8 – Spécimen d'essai 98
Figure 9 – Circuit de mesure pour déterminer l'aimantation (à une intensité de champ spécifiée) M_H 99
Figure 10 – Intégrateur de Miller 100
Figure 11 – Cavité pour mesurer la largeur de raie de la résonance gyromagnétique et le facteur de Landé efficace 104
Figure 12 – Résonateur à ligne à ruban pour mesurer la largeur de raie de la résonance gyromagnétique et le facteur de Landé efficace à basse fréquence 105
Figure 13 – Schéma des équipements nécessaires pour mesurer la largeur de raie de la résonance gyromagnétique et le facteur de Landé efficace 107
Figure 14 – Schéma des équipements nécessaires pour mesurer la largeur de raie de la résonance gyromagnétique et le facteur de Landé efficace à 10 GHz 111
Figure 15 – Absorption auxiliaire et saturation de la résonance normale 113
Figure 16 – Détérioration d'une impulsion au début de la résonance auxiliaire 113
Figure 17 – Intensité du champ RF critique mesurée en fonction de la durée d'impulsion t_d 114
Figure 18 – Cavité TE_{104} typique pour la mesure de la largeur de raie de résonance des ondes de spin à environ 9,3 GHz 115
Figure 19 – Schéma fonctionnel des équipements d'essai de largeur de raie de résonance des ondes de spin 116
Figure 20 – Vue en coupe de la cavité avec le spécimen 119
Figure 21 – Dimensions d'une cavité conçue pour entrer en résonance à une fréquence de 9,1 GHz 119
Figure 22 – Représentation schématique des équipements de mesure de la largeur de raie efficace ΔH_{eff} 121
Figure 23 – Détermination de Q_0 123
Figure 24 – Cavité résonante idéale avec spécimen, utilisée pour le calcul théorique (vue en coupe) 125
Figure 25 – Dimensions de la cavité résonante avec le spécimen 127
Figure 26 – Schéma des équipements nécessaires pour la mesure de la constante diélectrique complexe 128
Figure 27 – Représentation schématique d'un montage de ligne à microruban court-circuitée avec un spécimen 134
Figure 28 – Circuits équivalents d'une ligne à microruban court-circuitée 134
Figure 29 – Coupe représentant la ligne à microruban court-circuitée entièrement blindée avec un spécimen 135
Figure 30 – Représentation schématique du système de mesure 136

Figure 31 – Courbe d'absorption observée de la partie imaginaire $\eta\mu''L_0$ de l'inductance pour un spécimen gyromagnétique carré de 5 mm, de 0,232 mm d'épaisseur et avec Ms = 0,08 T 138

Figure 32 – Circuit équivalent du dispositif d'essai 139

Figure 33 – Structure du montage d'essai pour mesurer la largeur de raie de la résonance par transmission 141

Figure 34 – Modèle de mesure de la largeur de raie de la résonance par transmission 141

Figure 35 – Montage d'essai pour mesurer la largeur de raie de la résonance par transmission 143

Figure 36 – Exemple de montage d'essai (tolérance: classe f) 144

Figure 37 – Représentation schématique de l'appareil de mesure de la largeur de raie de la résonance 144

Figure 38 – Procédures de mesure 146

Figure 39 – Etapes pour obtenir une largeur de raie de la résonance par analyse numérique 148

Tableau 1 – Dimensions typiques du montage d'essai 135

Tableau 2 – Formes et dimensions typiques des spécimens 135

Tableau 3 – Constantes du montage pour des spécimens de 5 mm de long 140

Tableau A.1 – Exemple de calcul de largeur de raie utilisant un tableur 151

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

MATÉRIAUX GYROMAGNÉTIQUES DESTINÉS À DES APPLICATIONS HYPERFRÉQUENCES – MÉTHODES DE MESURE DES PROPRIÉTÉS

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. A 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.

DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ
Cette version consolidée n'est pas une Norme IEC officielle, elle a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Seules les versions courantes de cette norme et de son(ses) amendement(s) doivent être considérées comme les documents officiels.

Cette version consolidée de l'IEC 60556 porte le numéro d'édition 2.1. Elle comprend la deuxième édition (2006-04) [documents 51/850/FDIS et 51/859/RVD] et son amendement 1 (2016-03) [documents 51/1064/CDV et 51/1089A/RVC]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.

Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par l'amendement 1. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.

La Norme internationale IEC 60556 a été établie par le comité d'études 51 de l'IEC: Composants magnétiques et ferrites.

Cette deuxième édition est une consolidation de la première édition et de ses amendements 1 et 2. Elle inclut des améliorations éditoriales et des améliorations des figures.

La présente norme doit être lue conjointement avec l'IEC 60392.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 51/850/FDIS et 51/859/RVD.

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

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

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement 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 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.

MATÉRIAUX GYROMAGNÉTIQUES DESTINÉS À DES APPLICATIONS HYPERFRÉQUENCES – MÉTHODES DE MESURE DES PROPRIÉTÉS

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale décrit des méthodes de mesure des propriétés utilisées pour spécifier des ferrites polycristallins pour hyperfréquences conformément à l'IEC 60392 et l'utilisation générale de la technologie des ferrites. Ces méthodes de mesure sont destinées à l'étude de matériaux, les ferrites, pour les applications hyperfréquences.

Les monocristaux et les couches minces sortent en général du domaine d'application de la présente Norme.

NOTE 1 Pour les besoins de la présente Norme, les mots "ferrite" et "hyperfréquence" sont utilisés au sens large:

– "ferrite" fait référence non seulement aux composants chimiques magnéto-diélectriques présentant une structure cristallographique spinelle, mais aussi aux matériaux avec grenats et structures hexagonales;

– la région "hyperfréquences" inclut les longueurs d'ondes comprises entre environ 1 m et 1 mm, la région de principal intérêt étant dans la gamme allant de 0,3 m à 10 mm.

NOTE 2 Des exemples de composants utilisant des ferrites pour hyperfréquences sont les dispositifs non réciproques tels que les circulateurs, les isolateurs et les déphaseurs non réciproques. Ils constituent le principal champ d'application, mais les matériaux peuvent également être utilisés dans des dispositifs réciproques, par exemple, des modulateurs et des déphaseurs (réciproques). D'autres applications incluent les filtres gyromagnétiques, les limiteurs, mais aussi des dispositifs plus sophistiqués tels les amplificateurs paramétriques.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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 60050-221, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 221: Matériaux et composants magnétiques*

IEC 60205:2006, *Calcul des paramètres effectifs des pièces ferromagnétiques*

IEC 60392:1972, *Directives pour l'établissement des spécifications relatives aux ferrites pour hyperfréquences*