IEC 60747-4

Edition 2.1 2017-01

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE

colour inside

Semiconductor devices – Discrete devices – Part 4: Microwave diodes and transistors

Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets – Partie 4: Diodes et transistors hyperfréquences

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ICS 31.080.10; 31.080.30

ISBN 978-2-8322-3919-3

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 60747-4

Edition 2.1 2017-01

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE

colour inside

Semiconductor devices – Discrete devices – Part 4: Microwave diodes and transistors

Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets – Partie 4: Diodes et transistors hyperfréquences



IEC 60747-4:2007-08+AMD1:2017-01 CSV(en-fr)

CONTENTS

FOREWORD 6
1 Scope 8
2 Normative references 8
3 Variable capacitance, snap-off diodes and fast-switching schottky diodes 8
3.1 Variable capacitance diodes 8
3.1.1 General 8
3.1.2 Terminology and letter symbols 9
3.1.3 Essential ratings and characteristics 9
3.1.4 Measuring methods 12
3.2 Snap-off diodes, Schottky diodes 39
3.2.1 General 39
3.2.2 Terminology and letter symbols 39
3.2.3 Essential ratings and characteristics 39
3.2.4 Measuring methods 41
4 Mixer diodes and detector diodes 48
4.1 Mixer diodes used in radar applications 48
4.1.1 General 48
4.1.2 Terminology and letter symbols 48
4.1.3 Essential ratings and characteristics 48
4.1.4 Measuring methods 50
4.2 Mixer diodes used in communication applications 69
4.2.1 General 69
4.2.2 Terminology and letter symbols 69
4.2.3 Essential ratings and characteristics 69
4.2.4 Measuring methods 71
4.3 Detector diodes 71
5 Impatt diodes 71
5.1 Impatt diodes amplifiers 71
5.1.1 General 71
5.1.2 Terms and definitions 71
5.1.3 Essential ratings and characteristics 74
5.2 Impatt diodes oscillators 77
6 Gunn diodes 77
6.1 General 77
6.2 Terms and definitions 78
6.3 Essential ratings and characteristics 78
6.4 Measuring methods 78
6.4.1 Pulse breakdown voltage $V_{(BR)}$ 78
6.4.2 Threshold voltage 79
6.4.3 Resistance 80
7 Bipolar transistors 81
7.1 General 81
7.2 Terms and definitions 81
7.3 Essential ratings and characteristics 84
7.3.1 General 84
7.3.2 Limiting values (absolute maximum rating system) 84

7.4 Measuring methods 87
7.4.1 General 87
7.4.2 DC characteristics 89
7.4.3 RF characteristics 89
7.5 Verifying methods 103
7.5.1 Load mismatch tolerance (Ψ_L) 103
7.5.2 Source mismatch tolerance (Ψ_S) 106
7.5.3 Load mismatch ruggedness (Ψ_R) 110
8 Field-effect transistors 111
8.1 General 111
8.2 Terms and definitions 111
8.3 Essential ratings and characteristics 114
8.3.1 General 114
8.3.2 Limiting values (absolute maximum rating system) 115
8.4 Measuring methods 116
8.4.1 General 116
8.4.2 DC characteristics 117
8.4.3 RF characteristics 123
8.5 Verifying methods 134
8.5.1 Load mismatch tolerance ($\Psi_{\mathbf{L}}$) 134
8.5.2 Source mismatch tolerance ($\Psi_{\mathbf{S}}$) 134
8.5.3 Load mismatch ruggedness ($\Psi_{\mathbf{R}}$) 134
9 Assessment and reliability – specific requirements 134
9.1 Electrical test conditions 134
9.2 Failure criteria and failure-defining characteristics for acceptance tests 134
9.3 Failure criteria and failure-defining characteristics for reliability tests 134
9.4 Procedure in case of a testing error 134

Figure 1 – Equivalent circuit 12
Figure 2 – Circuit for the measurement of reverse current I_R 12
Figure 3 – Circuit for the measurement of forward voltage V_F 13
Figure 4 – Circuit for the measurement of capacitance C_{tot} 14
Figure 5 – Circuit for the measurement of effective quality factor 15
Figure 6 – Circuit for the measurement of series inductance 17
Figure 7 – Circuit for the measurement of thermal resistance R_{th} 18
Figure 8 – Circuit for the measurement of transient thermal impedance Z_{th} 19
Figure 9 – Waveguide mounting 21
Figure 10 – Equivalent circuit of mounted diode 21
Figure 11 – Block diagram of transmission loss measurement circuit 22
Figure 12 – Curve indicating transmitted power versus frequency 24
Figure 13 – Example of cavity 26
Figure 14 – Block diagram for the measurement of effective Q in cavity method 28

Figure 15 – Block diagram of transformed impedance measurement circuit 35
Figure 16 – Example of plot of diode impedance as a function of bias 36
Figure 17 – Modified Smith Chart indicating constant *Q* and constant *R* circles 38
Figure 18 – Transition time t_t 39
Figure 19 – Circuit for the measurement of transition time (t_t) 41
Figure 20 – The time interval (t_{t1}) 43
Figure 21 – Circuit for the measurement of reverse recovery time 43
Figure 22 – The reverse recovery time t_{rr} 44
Figure 23 – Circuit for the measurement of the excess carrier effective lifetime 45
Figure 24 – Circuit for the measurement of the excess carrier effective lifetime 46
Figure 25 – the ratio of i_{pr} to i_{pf} 47
Figure 26 – Circuit for the measurement of forward current (I_F) 50
Figure 27 – Circuit for the measurement of rectified current (I_0) 51
Figure 28 – Circuit for the measurement of intermediate frequency impedance (Z_{if}) in the method 1 52
Figure 29 – Circuit for the measurement of intermediate frequency impedance (Z_{if}) in the method 2 53
Figure 30 – Circuit for the measurement of voltage standing wave ratio 55
Figure 31 – Circuit for the measurement of overall noise factor 57
Figure 32 – Circuit for the measurement of output noise ratio 61
Figure 33 – Circuit for the measurement of conversion loss in dc incremental method 63
Figure 34 – Circuit for the measurement of conversion loss in amplitude modulation method 64
Figure 35 – Block diagram of burnout energy measurement circuit 65
Figure 36 – Circuit for the measurement of pulse breakdown voltage 78
Figure 37 – Circuit for the measurement of threshold voltage 79
Figure 38 – Circuit for the measurement of resistance in voltmeter-ammeter method 80
Figure 39 – Circuit for the measurement of resistance in alternative method 81
Figure 40 – Circuit for the measurement of scattering parameters 91
Figure 41 – Incident and reflected waves in a two-port network 92
Figure 42 – Circuit for the measurements of two-tone intermodulation distortion 98
Figure 43 – Example of third order intermodulation products indicated by the spectrum analyser 100
Figure 44 – Typical intermodulation products output power characteristic 102
Figure 45 – Circuit for the verification of load mismatch tolerance in the method 1 103
Figure 46 – Circuit for the verification of load mismatch tolerance in the method 2 105
Figure 47 – Circuit for the verification of source mismatch tolerance in the method 1 107

Figure 48 – Circuit for the verification of source mismatch tolerance in the method 2 109
Figure 49 – Circuit for the verification of load mismatch ruggedness 110
Figure 50 – Circuit for the measurements of gate-source breakdown voltage, $V_{(BR)GSO}$ 118
Figure 51 – Circuit for the measurements of gate-drain breakdown voltage, $V_{(BR)GDO}$ 118
Figure 52 – Circuit for the measurement of thermal resistance, channel-to-case 119
Figure 53 – Timing chart of DC pulse to be supplied to the device being measured 121
Figure 54 – Calibration curve $V_{GSF} = f(T_{ch})$ for fixed $I_{G(ref)}$, evaluation of α 122
Figure 55 – V_{GSF2} in function of delay time τ_4 123
Figure 56 – Circuit for the measurement of output power at specified input power 124
Figure 57 – Circuit for the measurements of the noise figure and associated gain 129

Table 1 – Electrical limiting values 84
Table 2 – DC characteristics 85
Table 3 – RF characteristics 86
Table 4 – Replacing rule for terms 87
Table 5 – Replacing rule for symbols in the case of constant base current 88
Table 6 – Replacing rule for symbols in the case of constant base voltage 88
Table 7 – Electrical limiting values 115
Table 8 – DC characteristics 115
Table 9 – RF characteristics 116
Table 10 – Replacing rules for terms 117
Table 11 – Replacing rules for symbols 117
Table 12 – Operating conditions and Test circuits 135
Table 13 – Failure criteria and measurement conditions 137

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

SEMICONDUCTOR DEVICES – DISCRETE DEVICES –

Part 4: Microwave diodes and transistors

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 60747-4 bears the edition number 2.1. It consists of the second edition (2007-08) [documents 47E/330/FDIS and 47E/339/RVD] and its amendment 1 (2017-01) [documents 47E/499/CDV and 47E/517/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 60747-4 has been prepared by subcommittee 47E: Discrete semiconductor devices, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

This second edition constitutes a technical revision.

The major technical changes with regard to the previous edition are as follows:

a) the clause of bipolar transistors has been added;

b) the clause of field-effect transistors has been amended.

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

The list of all parts of the IEC 60747 series, under the general title *Semiconductor devices – Discrete devices,* can be found on the IEC website.

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.

SEMICONDUCTOR DEVICES – DISCRETE DEVICES –

Part 4: Microwave diodes and transistors

1 Scope

This part of IEC 60747 gives requirements for the following categories of discrete devices:

– variable capacitance diodes and snap-off diodes (for tuning, up-converter or harmonic multiplication, switching, limiting, phased shift, parametric amplification);
– mixer diodes and detector diodes;
– avalanche diodes (for direct harmonic generation, amplification);
– gunn diodes (for direct harmonic generation);
– bipolar transistors (for amplification, oscillation);
– field-effect transistors (for amplification, oscillation).

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 amendments) applies.

IEC 60050-702~~:1992~~, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 702: Oscillations, signals and related devices* (available at: <http://www.electropedia.org>)

IEC 60747-1:2006, *Semiconductor devices – Part 1: General*
IEC 60747-1/AMD 1:2010

IEC 60747-7:2000, *Semiconductor devices – Part 7: Bipolar transistors*

IEC 60747-8:2000, *Semiconductor devices – Part 8: Field-effect transistors*

~~IEC 60747-16-1:2001, *Semiconductor devices – Part 16-1: Microwave integrated circuits – Amplifiers*
Amendment 1(2007)~~

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 142
1 Domaine d'application 144
2 Références normatives 144
3 Diodes à capacité variable, diodes à retour rapide et diodes schottky de commutation rapide 144
3.1 Diodes à capacité variable 144
3.1.1 Généralités 144
3.1.2 Terminologie et symboles littéraux 145
3.1.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles 145
3.1.4 Méthodes de mesure 148
3.2 Diodes à retour rapide, diodes Schottky 176
3.2.1 Généralités 176
3.2.2 Terminologie et symboles littéraux 176
3.2.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles 176
3.2.4 Méthodes de mesure 178
4 Diodes mélangeuses et diodes détectrices 185
4.1 Diodes mélangeuses utilisées dans les applications radar 185
4.1.1 Généralités 185
4.1.2 Terminologie et symboles littéraux 185
4.1.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles 185
4.1.4 Méthodes de mesure 187
4.2 Diodes mélangeuses utilisées en transmission 206
4.2.1 Généralités 206
4.2.2 Terminologie et symboles littéraux 206
4.2.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles 206
4.2.4 Méthodes de mesure 208
4.3 Diodes détectrices 208
5 Diodes Impatt 208
5.1 Diodes Impatt pour applications en amplificateur 208
5.1.1 Généralités 208
5.1.2 Termes et définitions 208
5.1.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles 211
5.2 Diodes Impatt pour applications en oscillateur 214
6 Diodes Gunn 214
6.1 Généralités 214
6.2 Termes et définitions 215
6.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles 215
6.4 Méthodes de mesure 215
6.4.1 Tension de claquage d'impulsion $V_{(BR)}$ 215
6.4.2 Tension de seuil 216
6.4.3 Résistance 217
7 Transistors bipolaires 218
7.1 Généralités 218
7.2 Termes et définitions 218
7.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles 221
7.3.1 Généralités 221

7.3.2 Valeurs limites (système de valeurs limites maximales absolues) 221
7.4 Méthodes de mesure 224
7.4.1 Généralités 224
7.4.2 Caractéristiques en continu 226
7.4.3 Caractéristiques RF 226
7.5 Méthodes de vérification 240
7.5.1 Tolérance de charge non adaptée (Ψ_L) 240
7.5.2 Tolérance de source non adaptée (Ψ_S) 243
7.5.3 Robustesse de charge non adaptée (Ψ_R) 246
8 Transistors à effet de champ 247
8.1 Généralités 247
8.2 Termes et définitions 247
8.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles 250
8.3.1 Généralités 250
8.3.2 Valeurs limites (système de valeurs limites maximales absolues) 250
8.4 Méthodes de mesure 252
8.4.1 Généralités 252
8.4.2 Caractéristiques en continu 253
8.4.3 Caractéristiques RF 260
8.5 Méthodes de vérification 271
8.5.1 Tolérance de charge non adaptée (Ψ_L) 271
8.5.2 Tolérance de source non adaptée (Ψ_S) 271
8.5.3 Robustesse de charge non adaptée (Ψ_R) 271
9 Réception et fiabilité – Exigences spécifiques 271
9.1 Conditions pour les essais électriques 271
9.2 Critères de défaillance et caractéristiques définissant la défaillance pour les essais de réception 271
9.3 Critères de défaillance et caractéristiques définissant la défaillance pour les essais de fiabilité 271
9.4 Procédure à suivre dans le cas d'une erreur d'essai 271

Figure 1 – Circuit équivalent 148
Figure 2 – Circuit pour la mesure du courant inverse I_R 149
Figure 3 – Circuit pour la mesure de la tension directe V_F 150
Figure 4 – Circuit pour la mesure de la capacité totale C_{tot} 151
Figure 5 – Circuit de base pour la mesure du facteur de qualité effectif 152
Figure 6 – Circuit de base pour la mesure de l'inductance série 153
Figure 7 – Circuit pour la mesure de la résistance thermique R_{th} 155
Figure 8 – Circuit pour la mesure de l'impédance thermique transitoire Z_{th} 156
Figure 9 – Montage en guide d'ondes 158
Figure 10 – Circuit équivalent de la diode dans sa monture 158
Figure 11 – Schéma fonctionnel du circuit de mesure des pertes de transmission 159
Figure 12 – Courbe indiquant la puissance transmise en fonction de la fréquence 161
Figure 13 – Exemple de cavité 163
Figure 14 – Schéma synoptique 165
Figure 15 – Schéma fonctionnel du circuit de mesure par transformation de la représentation d'impédance 172

Figure 16 – Exemple de diagramme de l'impédance de la diode en fonction de la polarisation 173
Figure 17 – Diagramme de Smith modifié, indiquant les cercles de *Q* constant et de *R* constante 175
Figure 18 – Temps de transition t_t 176
Figure 19 – Circuit pour la mesure du temps de transition (t_t) 178
Figure 20 – L'intervalle de temps (t_{t1}) 180
Figure 21 – Circuit pour la mesure du temps de recouvrement inverse 180
Figure 22 – Le temps de recouvrement inverse t_{rr} 181
Figure 23 –Principe de mesure de durée de vie des porteurs en excès 182
Figure 24 – Circuit pour la mesure de la durée de vie effective des porteurs en excès 183
Figure 25 – le rapport i_{pr} sur i_{pf} 184
Figure 26 – Circuit pour la mesure du courant direct (I_F) 187
Figure 27 – Circuit pour la mesure du courant redressé (I_0) 188
Figure 28 – Circuit pour la mesure de l'impédance à la fréquence intermédiaire (Z_{if}) dans la méthode 1 189
Figure 29 – Circuit pour la mesure de l'impédance à la fréquence intermédiaire (Z_{if}) dans la méthode 2 190
Figure 30 – Circuit pour la mesure du rapport d'ondes stationnaires 192
Figure 31 – Circuit pour la mesure du facteur de bruit total 194
Figure 32 – Circuit pour la mesure du rapport de température de bruit en sortie 198
Figure 33 – Circuit pour la mesure de la perte de conversion par la méthode d'accroissement continu 200
Figure 34 – Circuit pour la mesure de la perte de conversion par la méthode de modulation d'amplitude 201
Figure 35 – Schéma du circuit de mesure de l'énergie de destruction 202
Figure 36 – Circuit pour la mesure de la tension de claquage d'impulsion 215
Figure 37 – Circuit pour la mesure de la tension de seuil 216
Figure 38 – Circuit pour la mesure de la résistance par la méthode voltmètre – ampèremètre 217
Figure 39 – Circuit pour la mesure de la résistance par la méthode de substitution 218
Figure 40 – Schéma du circuit de mesure des paramètres de diffusion 228
Figure 41 – Ondes incidentes et réfléchies dans un réseau à deux ports 229
Figure 42 – Circuit de base pour la mesure de la distorsion d'intermodulation à deux fréquences porteuses 235
Figure 43 – Exemple de produit d'intermodulation du troisième ordre par l'analyseur de spectre 237
Figure 44 – Caractéristique typique de la de puissance de sortie des produits d'intermodulation 239
Figure 45 – Circuit de base pour les mesures de la tolérance de charge non adaptée dans la méthode de vérification 1 240
Figure 46 – Circuit de base pour les mesures de la tolérance de charge non adaptée dans la méthode de vérification 2 242
Figure 47 – Circuit pour les mesures de la tolérance de source non adaptée dans la méthode de vérification 1 243
Figure 48 – Circuit pour les mesures de la tolérance de source non adaptée dans la méthode de vérification 2 245

Figure 49 – Circuit de base pour les mesures de la robustesse de charge non adaptée 246
Figure 50 – Circuit de base pour la mesure de la tension de claquage grille-source $V_{(BR)GSO}$ 254
Figure 51 – Circuit de base pour la mesure de la tension de claquage grille-source, $V_{(BR)GDO}$ 255
Figure 52 – Circuit pour la mesure de la résistance thermique canal-boîtier 256
Figure 53 – Ordre d'application des impulsions de courant continu du dispositif à mesurer 258
Figure 54 – Courbe d'étalonnage $V_{GSF} = f(T_{ch})$ pour une valeur spécifiée de $I_{G(ref)}$, évaluation du coefficient α 259
Figure 55 – V_{GSF2} en fonction du temps de retard τ_4 260
Figure 56 – Circuit de mesure de la puissance de sortie pour une puissance d'entrée spécifiée 261
Figure 57 – Circuit de base pour la mesure du facteur de bruit 266

Tableau 1 – Valeurs limites électriques 221
Tableau 2 – Caractéristiques en continu 222
Tableau 3 – Caractéristiques RF 223
Tableau 4 – Règle de remplacement des termes 224
Tableau 5 – Règle de remplacement des symboles dans le cas du courant de base constant 225
Tableau 6 – Règle de remplacement des symboles dans le cas de la tension de base constante 225
Tableau 7 – Valeurs limites électriques 251
Tableau 8 – Caractéristiques en continu 251
Tableau 9 – Caractéristiques RF 252
Tableau 10 – Règles de remplacement des termes 253
Tableau 11 – Règles de remplacement des symboles 253
Tableau 12 – Modes opératoires et circuits de test 272
Tableau 13 – Critères de défaillance et conditions de mesure 274

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS DISCRETS –

Partie 4: Diodes et transistors hyperfréquences

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 60747-4 porte le numéro d'édition 2.1. Elle comprend la deuxième édition (2007-08) [documents 47E/330/FDIS et 47E/339/RVD] et son amendement 1 (2017-01) [documents 47E/499/CDV et 47E/517/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 60747-4 a été établie par le sous-comité 47E: Dispositifs discrets à semiconducteurs, du comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs.

Cette deuxième édition elle constitue une révision technique.

Les changements techniques majeurs par rapport à l'édition précédente sont les suivants:

a) l'article concernant les transistors bipolaires a été ajouté ;

b) l'article concernant les transistors à effet de champ a été modifié.

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

La liste de toutes les parties de la série IEC 60747, présentées sous le titre général *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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.

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS DISCRETS –

Partie 4: Diodes et transistors hyperfréquences

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60747 donne les exigences pour les catégories suivantes de dispositifs discrets:

– diodes à capacité variable et diodes à retour rapide (pour accord, transposition ou multiplication de fréquence, commutation, limitation, déphasage, amplification paramétrique);
– diodes mélangeuses et diodes détectrices;
– diodes à avalanche (pour génération directe d'harmoniques, amplification);
– diodes à effet Gunn (pour génération directe d'harmoniques);
– transistors bipolaires (pour amplification, oscillation);
– transistors à effet de champ (pour amplification, oscillation).

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 60050-702~~:1992~~, *Vocabulaire électrotechnique international – Chapitre 702 :Oscillations, signaux et dispositifs associés* (disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org>)

IEC 60747-1:2006, ~~*– Semiconductor devices – Part 1: General (disponible en anglais seulement)*~~ *Dispositifs à semiconducteurs – Partie 1 : Généralités*
IEC 60747-1/AMD1:2010

IEC 60747-7:2000, *Dispositifs à semiconducteurs – Partie 7: Transistors bipolaires*

IEC 60747-8:2000, *Dispositifs à semiconducteurs – Partie 8: Transistors à effet de champ*

~~IEC 60747-16-1:2001, *Semiconductor devices – Part 16-1: Microwave integrated circuits – Amplifiers (disponible en anglais seulement)*~~
~~Amendement 1(2007)~~

IEC 60747-4

Edition 2.1 2017-01

FINAL VERSION

VERSION FINALE

Semiconductor devices – Discrete devices – Part 4: Microwave diodes and transistors

Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets – Partie 4: Diodes et transistors hyperfréquences



IEC 60747-4:2007-08+AMD1:2017-01 CSV(en-fr)

CONTENTS

FOREWORD 6
1 Scope 8
2 Normative references 8
3 Variable capacitance, snap-off diodes and fast-switching schottky diodes 8
3.1 Variable capacitance diodes 8
3.1.1 General 8
3.1.2 Terminology and letter symbols 9
3.1.3 Essential ratings and characteristics 9
3.1.4 Measuring methods 12
3.2 Snap-off diodes, Schottky diodes 39
3.2.1 General 39
3.2.2 Terminology and letter symbols 39
3.2.3 Essential ratings and characteristics 39
3.2.4 Measuring methods 41
4 Mixer diodes and detector diodes 48
4.1 Mixer diodes used in radar applications 48
4.1.1 General 48
4.1.2 Terminology and letter symbols 48
4.1.3 Essential ratings and characteristics 48
4.1.4 Measuring methods 50
4.2 Mixer diodes used in communication applications 69
4.2.1 General 69
4.2.2 Terminology and letter symbols 69
4.2.3 Essential ratings and characteristics 69
4.2.4 Measuring methods 71
4.3 Detector diodes 71
5 Impatt diodes 71
5.1 Impatt diodes amplifiers 71
5.1.1 General 71
5.1.2 Terms and definitions 71
5.1.3 Essential ratings and characteristics 74
5.2 Impatt diodes oscillators 77
6 Gunn diodes 77
6.1 General 77
6.2 Terms and definitions 78
6.3 Essential ratings and characteristics 78
6.4 Measuring methods 78
6.4.1 Pulse breakdown voltage $V_{(BR)}$ 78
6.4.2 Threshold voltage 79
6.4.3 Resistance 80
7 Bipolar transistors 81
7.1 General 81
7.2 Terms and definitions 81
7.3 Essential ratings and characteristics 84
7.3.1 General 84
7.3.2 Limiting values (absolute maximum rating system) 84

7.4 Measuring methods 87
7.4.1 General 87
7.4.2 DC characteristics 89
7.4.3 RF characteristics 89
7.5 Verifying methods 103
7.5.1 Load mismatch tolerance (Ψ_L) 103
7.5.2 Source mismatch tolerance (Ψ_S) 106
7.5.3 Load mismatch ruggedness (Ψ_R) 110
8 Field-effect transistors 111
8.1 General 111
8.2 Terms and definitions 111
8.3 Essential ratings and characteristics 114
8.3.1 General 114
8.3.2 Limiting values (absolute maximum rating system) 115
8.4 Measuring methods 116
8.4.1 General 116
8.4.2 DC characteristics 117
8.4.3 RF characteristics 123
8.5 Verifying methods 134
8.5.1 Load mismatch tolerance ($\Psi_{\mathbf{L}}$) 134
8.5.2 Source mismatch tolerance ($\Psi_{\mathbf{S}}$) 134
8.5.3 Load mismatch ruggedness ($\Psi_{\mathbf{R}}$) 134
9 Assessment and reliability – specific requirements 134
9.1 Electrical test conditions 134
9.2 Failure criteria and failure-defining characteristics for acceptance tests 134
9.3 Failure criteria and failure-defining characteristics for reliability tests 134
9.4 Procedure in case of a testing error 134

Figure 1 – Equivalent circuit 12
Figure 2 – Circuit for the measurement of reverse current I_R 12
Figure 3 – Circuit for the measurement of forward voltage V_F 13
Figure 4 – Circuit for the measurement of capacitance C_{tot} 14
Figure 5 – Circuit for the measurement of effective quality factor 15
Figure 6 – Circuit for the measurement of series inductance 17
Figure 7 – Circuit for the measurement of thermal resistance R_{th} 18
Figure 8 – Circuit for the measurement of transient thermal impedance Z_{th} 19
Figure 9 – Waveguide mounting 21
Figure 10 – Equivalent circuit of mounted diode 21
Figure 11 – Block diagram of transmission loss measurement circuit 22
Figure 12 – Curve indicating transmitted power versus frequency 24
Figure 13 – Example of cavity 26
Figure 14 – Block diagram for the measurement of effective Q in cavity method 28

Figure 15 – Block diagram of transformed impedance measurement circuit 35
Figure 16 – Example of plot of diode impedance as a function of bias 36
Figure 17 – Modified Smith Chart indicating constant *Q* and constant *R* circles 38
Figure 18 – Transition time t_t 39
Figure 19 – Circuit for the measurement of transition time (t_t) 41
Figure 20 – The time interval (t_{t1}) 43
Figure 21 – Circuit for the measurement of reverse recovery time 43
Figure 22 – The reverse recovery time t_{rr} 44
Figure 23 – Circuit for the measurement of the excess carrier effective lifetime 45
Figure 24 – Circuit for the measurement of the excess carrier effective lifetime 46
Figure 25 – the ratio of i_{pr} to i_{pf} 47
Figure 26 – Circuit for the measurement of forward current (I_F) 50
Figure 27 – Circuit for the measurement of rectified current (I_0) 51
Figure 28 – Circuit for the measurement of intermediate frequency impedance (Z_{if}) in the method 1 52
Figure 29 – Circuit for the measurement of intermediate frequency impedance (Z_{if}) in the method 2 53
Figure 30 – Circuit for the measurement of voltage standing wave ratio 55
Figure 31 – Circuit for the measurement of overall noise factor 57
Figure 32 – Circuit for the measurement of output noise ratio 61
Figure 33 – Circuit for the measurement of conversion loss in dc incremental method 63
Figure 34 – Circuit for the measurement of conversion loss in amplitude modulation method 64
Figure 35 – Block diagram of burnout energy measurement circuit 65
Figure 36 – Circuit for the measurement of pulse breakdown voltage 78
Figure 37 – Circuit for the measurement of threshold voltage 79
Figure 38 – Circuit for the measurement of resistance in voltmeter-ammeter method 80
Figure 39 – Circuit for the measurement of resistance in alternative method 81
Figure 40 – Circuit for the measurement of scattering parameters 91
Figure 41 – Incident and reflected waves in a two-port network 92
Figure 42 – Circuit for the measurements of two-tone intermodulation distortion 98
Figure 43 – Example of third order intermodulation products indicated by the spectrum analyser 100
Figure 44 – Typical intermodulation products output power characteristic 102
Figure 45 – Circuit for the verification of load mismatch tolerance in the method 1 103
Figure 46 – Circuit for the verification of load mismatch tolerance in the method 2 105
Figure 47 – Circuit for the verification of source mismatch tolerance in the method 1 107

Figure 48 – Circuit for the verification of source mismatch tolerance in the method 2 109
Figure 49 – Circuit for the verification of load mismatch ruggedness 110
Figure 50 – Circuit for the measurements of gate-source breakdown voltage, $V_{(BR)GSO}$ 118
Figure 51 – Circuit for the measurements of gate-drain breakdown voltage, $V_{(BR)GDO}$ 118
Figure 52 – Circuit for the measurement of thermal resistance, channel-to-case 119
Figure 53 – Timing chart of DC pulse to be supplied to the device being measured 121
Figure 54 – Calibration curve $V_{GSF} = f(T_{ch})$ for fixed $I_{G(ref)}$, evaluation of α 122
Figure 55 – V_{GSF2} in function of delay time τ_4 123
Figure 56 – Circuit for the measurement of output power at specified input power 124
Figure 57 – Circuit for the measurements of the noise figure and associated gain 129

Table 1 – Electrical limiting values 84
Table 2 – DC characteristics 85
Table 3 – RF characteristics 86
Table 4 – Replacing rule for terms 87
Table 5 – Replacing rule for symbols in the case of constant base current 88
Table 6 – Replacing rule for symbols in the case of constant base voltage 88
Table 7 – Electrical limiting values 115
Table 8 – DC characteristics 115
Table 9 – RF characteristics 116
Table 10 – Replacing rules for terms 117
Table 11 – Replacing rules for symbols 117
Table 12 – Operating conditions and Test circuits 135
Table 13 – Failure criteria and measurement conditions 137

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

SEMICONDUCTOR DEVICES – DISCRETE DEVICES –

Part 4: Microwave diodes and transistors

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 60747-4 bears the edition number 2.1. It consists of the second edition (2007-08) [documents 47E/330/FDIS and 47E/339/RVD] and its amendment 1 (2017-01) [documents 47E/499/CDV and 47E/517/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 60747-4 has been prepared by subcommittee 47E: Discrete semiconductor devices, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

This second edition constitutes a technical revision.

The major technical changes with regard to the previous edition are as follows:

a) the clause of bipolar transistors has been added;
b) the clause of field-effect transistors has been amended.

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

The list of all parts of the IEC 60747 series, under the general title *Semiconductor devices – Discrete devices,* can be found on the IEC website.

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.

SEMICONDUCTOR DEVICES – DISCRETE DEVICES –

Part 4: Microwave diodes and transistors

1 Scope

This part of IEC 60747 gives requirements for the following categories of discrete devices:

– variable capacitance diodes and snap-off diodes (for tuning, up-converter or harmonic multiplication, switching, limiting, phased shift, parametric amplification);
– mixer diodes and detector diodes;
– avalanche diodes (for direct harmonic generation, amplification);
– gunn diodes (for direct harmonic generation);
– bipolar transistors (for amplification, oscillation);
– field-effect transistors (for amplification, oscillation).

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 amendments) applies.

IEC 60050-702, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 702: Oscillations, signals and related devices* (available at: <http://www.electropedia.org>)

IEC 60747-1:2006, *Semiconductor devices – Part 1: General*
IEC 60747-1/AMD 1:2010

IEC 60747-7:2000, *Semiconductor devices – Part 7: Bipolar transistors*

IEC 60747-8:2000, *Semiconductor devices – Part 8: Field-effect transistors*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 142
1 Domaine d'application 144
2 Références normatives 144
3 Diodes à capacité variable, diodes à retour rapide et diodes schottky de commutation rapide 144
3.1 Diodes à capacité variable 144
3.1.1 Généralités 144
3.1.2 Terminologie et symboles littéraux 145
3.1.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles 145
3.1.4 Méthodes de mesure 148
3.2 Diodes à retour rapide, diodes Schottky 176
3.2.1 Généralités 176
3.2.2 Terminologie et symboles littéraux 176
3.2.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles 176
3.2.4 Méthodes de mesure 178
4 Diodes mélangeuses et diodes détectrices 185
4.1 Diodes mélangeuses utilisées dans les applications radar 185
4.1.1 Généralités 185
4.1.2 Terminologie et symboles littéraux 185
4.1.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles 185
4.1.4 Méthodes de mesure 187
4.2 Diodes mélangeuses utilisées en transmission 206
4.2.1 Généralités 206
4.2.2 Terminologie et symboles littéraux 206
4.2.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles 206
4.2.4 Méthodes de mesure 208
4.3 Diodes détectrices 208
5 Diodes Impatt 208
5.1 Diodes Impatt pour applications en amplificateur 208
5.1.1 Généralités 208
5.1.2 Termes et définitions 208
5.1.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles 211
5.2 Diodes Impatt pour applications en oscillateur 214
6 Diodes Gunn 214
6.1 Généralités 214
6.2 Termes et définitions 215
6.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles 215
6.4 Méthodes de mesure 215
6.4.1 Tension de claquage d'impulsion $V_{(BR)}$ 215
6.4.2 Tension de seuil 216
6.4.3 Résistance 217
7 Transistors bipolaires 218
7.1 Généralités 218
7.2 Termes et définitions 218
7.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles 221
7.3.1 Généralités 221

7.3.2 Valeurs limites (système de valeurs limites maximales absolues) 221
7.4 Méthodes de mesure 224
7.4.1 Généralités 224
7.4.2 Caractéristiques en continu 226
7.4.3 Caractéristiques RF 226
7.5 Méthodes de vérification 240
7.5.1 Tolérance de charge non adaptée (Ψ_L) 240
7.5.2 Tolérance de source non adaptée (Ψ_S) 243
7.5.3 Robustesse de charge non adaptée (Ψ_R) 246
8 Transistors à effet de champ 247
8.1 Généralités 247
8.2 Termes et définitions 247
8.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles 250
8.3.1 Généralités 250
8.3.2 Valeurs limites (système de valeurs limites maximales absolues) 250
8.4 Méthodes de mesure 252
8.4.1 Généralités 252
8.4.2 Caractéristiques en continu 253
8.4.3 Caractéristiques RF 260
8.5 Méthodes de vérification 271
8.5.1 Tolérance de charge non adaptée (Ψ_L) 271
8.5.2 Tolérance de source non adaptée (Ψ_S) 271
8.5.3 Robustesse de charge non adaptée (Ψ_R) 271
9 Réception et fiabilité – Exigences spécifiques 271
9.1 Conditions pour les essais électriques 271
9.2 Critères de défaillance et caractéristiques définissant la défaillance pour les essais de réception 271
9.3 Critères de défaillance et caractéristiques définissant la défaillance pour les essais de fiabilité 271
9.4 Procédure à suivre dans le cas d'une erreur d'essai 271

Figure 1 – Circuit équivalent 148
Figure 2 – Circuit pour la mesure du courant inverse I_R 149
Figure 3 – Circuit pour la mesure de la tension directe V_F 150
Figure 4 – Circuit pour la mesure de la capacité totale C_{tot} 151
Figure 5 – Circuit de base pour la mesure du facteur de qualité effectif 152
Figure 6 – Circuit de base pour la mesure de l'inductance série 153
Figure 7 – Circuit pour la mesure de la résistance thermique R_{th} 155
Figure 8 – Circuit pour la mesure de l'impédance thermique transitoire Z_{th} 156
Figure 9 – Montage en guide d'ondes 158
Figure 10 – Circuit équivalent de la diode dans sa monture 158
Figure 11 – Schéma fonctionnel du circuit de mesure des pertes de transmission 159
Figure 12 – Courbe indiquant la puissance transmise en fonction de la fréquence 161
Figure 13 – Exemple de cavité 163
Figure 14 – Schéma synoptique 165
Figure 15 – Schéma fonctionnel du circuit de mesure par transformation de la représentation d'impédance 172

Figure 16 – Exemple de diagramme de l'impédance de la diode en fonction de la polarisation 173
Figure 17 – Diagramme de Smith modifié, indiquant les cercles de *Q* constant et de *R* constante 175
Figure 18 – Temps de transition t_t 176
Figure 19 – Circuit pour la mesure du temps de transition (t_t) 178
Figure 20 – L'intervalle de temps (t_{t1}) 180
Figure 21 – Circuit pour la mesure du temps de recouvrement inverse 180
Figure 22 – Le temps de recouvrement inverse t_{rr} 181
Figure 23 –Principe de mesure de durée de vie des porteurs en excès 182
Figure 24 – Circuit pour la mesure de la durée de vie effective des porteurs en excès 183
Figure 25 – le rapport i_{pr} sur i_{pf} 184
Figure 26 – Circuit pour la mesure du courant direct (I_F) 187
Figure 27 – Circuit pour la mesure du courant redressé (I_0) 188
Figure 28 – Circuit pour la mesure de l'impédance à la fréquence intermédiaire (Z_{if}) dans la méthode 1 189
Figure 29 – Circuit pour la mesure de l'impédance à la fréquence intermédiaire (Z_{if}) dans la méthode 2 190
Figure 30 – Circuit pour la mesure du rapport d'ondes stationnaires 192
Figure 31 – Circuit pour la mesure du facteur de bruit total 194
Figure 32 – Circuit pour la mesure du rapport de température de bruit en sortie 198
Figure 33 – Circuit pour la mesure de la perte de conversion par la méthode d'accroissement continu 200
Figure 34 – Circuit pour la mesure de la perte de conversion par la méthode de modulation d'amplitude 201
Figure 35 – Schéma du circuit de mesure de l'énergie de destruction 202
Figure 36 – Circuit pour la mesure de la tension de claquage d'impulsion 215
Figure 37 – Circuit pour la mesure de la tension de seuil 216
Figure 38 – Circuit pour la mesure de la résistance par la méthode voltmètre – ampèremètre 217
Figure 39 – Circuit pour la mesure de la résistance par la méthode de substitution 218
Figure 40 – Schéma du circuit de mesure des paramètres de diffusion 228
Figure 41 – Ondes incidentes et réfléchies dans un réseau à deux ports 229
Figure 42 – Circuit de base pour la mesure de la distorsion d'intermodulation à deux fréquences porteuses 235
Figure 43 – Exemple de produit d'intermodulation du troisième ordre par l'analyseur de spectre 237
Figure 44 – Caractéristique typique de la de puissance de sortie des produits d'intermodulation 239
Figure 45 – Circuit de base pour les mesures de la tolérance de charge non adaptée dans la méthode de vérification 1 240
Figure 46 – Circuit de base pour les mesures de la tolérance de charge non adaptée dans la méthode de vérification 2 242
Figure 47 – Circuit pour les mesures de la tolérance de source non adaptée dans la méthode de vérification 1 243
Figure 48 – Circuit pour les mesures de la tolérance de source non adaptée dans la méthode de vérification 2 245

Figure 49 – Circuit de base pour les mesures de la robustesse de charge non adaptée 246
Figure 50 – Circuit de base pour la mesure de la tension de claquage grille-source $V_{(BR)GSO}$ 254
Figure 51 – Circuit de base pour la mesure de la tension de claquage grille-source, $V_{(BR)GDO}$ 255
Figure 52 – Circuit pour la mesure de la résistance thermique canal-boîtier 256
Figure 53 – Ordre d'application des impulsions de courant continu du dispositif à mesurer 258
Figure 54 – Courbe d'étalonnage $V_{GSF} = f(T_{ch})$ pour une valeur spécifiée de $I_{G(ref)}$, évaluation du coefficient α 259
Figure 55 – V_{GSF2} en fonction du temps de retard τ_4 260
Figure 56 – Circuit de mesure de la puissance de sortie pour une puissance d'entrée spécifiée 261
Figure 57 – Circuit de base pour la mesure du facteur de bruit 266

Tableau 1 – Valeurs limites électriques 221
Tableau 2 – Caractéristiques en continu 222
Tableau 3 – Caractéristiques RF 223
Tableau 4 – Règle de remplacement des termes 224
Tableau 5 – Règle de remplacement des symboles dans le cas du courant de base constant 225
Tableau 6 – Règle de remplacement des symboles dans le cas de la tension de base constante 225
Tableau 7 – Valeurs limites électriques 251
Tableau 8 – Caractéristiques en continu 251
Tableau 9 – Caractéristiques RF 252
Tableau 10 – Règles de remplacement des termes 253
Tableau 11 – Règles de remplacement des symboles 253
Tableau 12 – Modes opératoires et circuits de test 272
Tableau 13 – Critères de défaillance et conditions de mesure 274

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS DISCRETS –

Partie 4: Diodes et transistors hyperfréquences

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 60747-4 porte le numéro d'édition 2.1. Elle comprend la deuxième édition (2007-08) [documents 47E/330/FDIS et 47E/339/RVD] et son amendement 1 (2017-01) [documents 47E/499/CDV et 47E/517/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 60747-4 a été établie par le sous-comité 47E: Dispositifs discrets à semiconducteurs, du comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs.

Cette deuxième édition elle constitue une révision technique.

Les changements techniques majeurs par rapport à l'édition précédente sont les suivants:

a) l'article concernant les transistors bipolaires a été ajouté ;
b) l'article concernant les transistors à effet de champ a été modifié.

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

La liste de toutes les parties de la série IEC 60747, présentées sous le titre général *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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.

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS DISCRETS –

Partie 4: Diodes et transistors hyperfréquences

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60747 donne les exigences pour les catégories suivantes de dispositifs discrets:

– diodes à capacité variable et diodes à retour rapide (pour accord, transposition ou multiplication de fréquence, commutation, limitation, déphasage, amplification paramétrique);
– diodes mélangeuses et diodes détectrices;
– diodes à avalanche (pour génération directe d'harmoniques, amplification);
– diodes à effet Gunn (pour génération directe d'harmoniques);
– transistors bipolaires (pour amplification, oscillation);
– transistors à effet de champ (pour amplification, oscillation).

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 60050-702, *Vocabulaire électrotechnique international – Chapitre 702 :Oscillations, signaux et dispositifs associés* (disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org>)

IEC 60747-1:2006, *Dispositifs à semiconducteurs – Partie 1 : Généralités*
IEC 60747-1/AMD1:2010

IEC 60747-7:2000, *Dispositifs à semiconducteurs – Partie 7: Transistors bipolaires*

IEC 60747-8:2000, *Dispositifs à semiconducteurs – Partie 8: Transistors à effet de champ*