IEC 63275-2

Edition 1.0 2022-05

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

## Semiconductor devices – Reliability test method for silicon carbide discrete metal-oxide semiconductor field effect transistors – Part 2: Test method for bipolar degradation due to body diode operation

## Dispositifs à semiconducteurs – Méthode d'essai de fiabilité pour les transistors à effet de champ métal-oxyde-semiconducteurs discrets en carbure de silicium – Partie 2: Méthode d'essai de la dégradation bipolaire due au fonctionnement de la diode intrinsèque

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ICS 31.080.30

ISBN 978-2-8322-0121-3

**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

# CONTENTS

FOREWORD ..... 3
INTRODUCTION ..... 5
1 Scope ..... 6
2 Normative references ..... 6
3 Terms and definitions ..... 6
4 Method ..... 7
4.1 General ..... 7
4.2 Principle ..... 7
4.3 Requirements ..... 7
4.3.1 Samples ..... 7
4.3.2 Test temperature ..... 8
4.3.3 Test current ..... 8
4.3.4 Test time ..... 8
4.3.5 Failure criteria ..... 8
4.4 Parameter setting ..... 8
4.5 Procedures ..... 9
4.5.1 Setting ..... 9
4.5.2 Ambient temperature ..... 9
4.5.3 Initial measurement ..... 9
4.5.4 Stress current ..... 9
4.5.5 Intermediate measurement ..... 10
4.6 Evaluation ..... 10
4.7 Test report ..... 10

Figure 1 – Test flow chart ..... 7
Figure 2 – Circuit diagram for body diode current stress test ..... 9
Figure 3 – Rectangular current waveform by the current source in the test circuit ..... 9

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

# SEMICONDUCTOR DEVICES – RELIABILITY TEST METHOD FOR SILICON CARBIDE DISCRETE METAL-OXIDE SEMICONDUCTOR FIELD EFFECT TRANSISTORS –

## Part 2: Test method for bipolar degradation due to body diode operation

## FOREWORD

1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 63275-2 has been prepared by IEC technical committee 47: Semiconductor devices. It is an International Standard.

The text of this International Standard is based on the following documents:

| Draft | Report on voting |
|---|---|
| 47/2756/FDIS | 47/2765/RVD |

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

A list of all parts in the IEC 63275 series, published under the general title *Semiconductor devices – Reliability test method for silicon carbide discrete metal-oxide semiconductor field effect transistors*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

# INTRODUCTION

Silicon carbide (SiC) is widely used as a semiconductor material for next-generation power semiconductor devices. SiC, as compared with silicon (Si), has superior physical properties such as a higher breakdown electric field, higher thermal conductivity, lower carrier generation rate, higher saturated electron drift velocity, and lower intrinsic carrier concentration. These attributes realize SiC-based power semiconductor devices with faster switching speeds, lower losses, higher blocking voltages, and higher temperature operation relative to standard Si based power semiconductor devices.

Possible reliability issues include on-state voltage drop change, on-state resistance increase and reverse drain voltage change of metal-oxide semiconductor field effect transistors due to a current flowing through the body diode. This occurs because the body diode current causes the formation of stacking faults that expand within the drift region of the MOSFET and impede current flow within the area that they occupy. This increases the on-state resistance and degrades the operation of the power electronics system. This effect will only occur if the active device volume contains basal plane dislocations (BPDs), and there is electron-hole pair (EHP) recombination such as occurs during forward biasing of the body diode of the SiC MOSFET. That means some of the devices may show parameter drift, others will not drift. Therefore, it is indispensable to establish an International Standard with regard to evaluation of on-state voltage drop change and on-state resistance change as reliability issues.

This document defines the evaluation method of on-state voltage drop change and on-state resistance change under body diode current stress on SiC metal-oxide semiconductor field effect transistors.

# SEMICONDUCTOR DEVICES – RELIABILITY TEST METHOD FOR SILICON CARBIDE DISCRETE METAL-OXIDE SEMICONDUCTOR FIELD EFFECT TRANSISTORS –

## Part 2: Test method for bipolar degradation due to body diode operation

## 1 Scope

This part of IEC 63275 gives the test method and a procedure using this method to evaluate the on-state voltage change, on-state resistance change and reverse drain voltage change of silicon carbide (SiC) power MOSFET devices due to body diode operation. This test is not generally requested for Si power transistors.

## 2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

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

# SOMMAIRE

AVANT-PROPOS ..... 13
INTRODUCTION ..... 15
1 Domaine d’application ..... 16
2 Références normatives ..... 16
3 Termes et définitions ..... 16
4 Méthode ..... 17
4.1 Généralités ..... 17
4.2 Principe ..... 17
4.3 Exigences ..... 18
4.3.1 Échantillons ..... 18
4.3.2 Température d’essai ..... 18
4.3.3 Courant d'essai ..... 18
4.3.4 Durée d’essai ..... 18
4.3.5 Critères de défaillance ..... 18
4.4 Réglage des paramètres ..... 18
4.5 Procédures ..... 19
4.5.1 Réglage ..... 19
4.5.2 Température ambiante ..... 19
4.5.3 Mesure initiale ..... 19
4.5.4 Contrainte de courant ..... 19
4.5.5 Mesure intermédiaire ..... 20
4.6 Évaluation ..... 20
4.7 Rapport d’essai ..... 20

Figure 1 – Logigramme d’essai ..... 17
Figure 2 – Schéma de circuit pour l’essai de contrainte de courant dans la diode intrinsèque ..... 19
Figure 3 – Forme d’onde de courant rectangulaire par la source de courant dans le circuit d’essai- ..... 19

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

# DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – MÉTHODE D'ESSAI DE FIABILITÉ POUR LES TRANSISTORS À EFFET DE CHAMP MÉTAL-OXYDE-SEMICONDUCTEURS DISCRETS EN CARBURE DE SILICIUM –

## Partie 2: Méthode d'essai de la dégradation bipolaire due au fonctionnement de la diode intrinsèque

## AVANT-PROPOS

1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments 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.

L'IEC 63275-2 a été établie par le comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs. Il s'agit d'une Norme internationale.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

| Projet | Rapport de vote |
|---|---|
| 47/2756/FDIS | 47/2765/RVD |

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à son approbation.

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 63275, publiées sous le titre général *Dispositifs à semiconducteurs – Méthode d'essai de fiabilité pour les transistors à effet de champ métal-oxyde-semiconducteurs discrets en carbure de silicium*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

# INTRODUCTION

Le carbure de silicium (SiC) est largement utilisé comme matériau semiconducteur pour les dispositifs à semiconducteurs de puissance de la prochaine génération. Le carbure de silicium, par rapport au silicium (Si), possède des propriétés physiques supérieures telles qu'un champ électrique de claquage plus élevé, une conductivité thermique plus élevée, un taux de génération de porteurs plus faible, une vélocité saturée des électrons plus élevée et une concentration de porteurs intrinsèques plus faible. Ces attributs permettent d'obtenir des dispositifs à semiconducteurs de puissance à base de SiC avec des vitesses de commutation plus rapides, des pertes plus faibles, des tensions de blocage plus élevées et un fonctionnement à température plus élevée par rapport aux dispositifs à semiconducteurs de puissance à base de Si standards.

Les problèmes de fiabilité éventuels sont une dérive de la chute de tension à l'état passant, une augmentation de la résistance à l'état passant et une variation de tension de drain inverse des transistors à effet de champ métal-oxyde-semiconducteurs en raison d'un courant traversant la diode intrinsèque. Ceci se produit parce que le passage du courant dans la diode intrinsèque provoque la formation de fautes d'empilement qui se répandent dans la zone de chute de tension du MOSFET (transistor à effet de champ métal-oxyde-semiconducteurs) et empêchent la circulation du courant dans la zone qu'elles occupent. Cela augmente la résistance à l'état passant et dégrade le fonctionnement du système électronique de puissance. Cet effet ne se produira que si le volume du dispositif actif contient des dislocations de plan basal (BPD, *basal plane dislocations*) et s'il y a une recombinaison de paires électron-trou (EHP, *electron-hole pair*), comme cela se produit au cours de la polarisation directe de la diode intrinsèque du MOSFET à base de SiC. Ceci signifie que certains des dispositifs peuvent présenter une dérive des paramètres et que d'autres ne dériveront pas. Par conséquent, il est indispensable d'établir une Norme internationale en ce qui concerne l'évaluation de la dérive de la chute de tension à l'état passant et de la dérive de la résistance à l'état passant en tant que problème de fiabilité.

Le présent document définit la méthode d'évaluation de la dérive de la chute de tension à l'état passant et de la dérive de la résistance à l'état passant sous une contrainte de courant dans la diode intrinsèque sur les transistors à effet de champ métal-oxyde-semiconducteurs à base de SiC.

# DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – MÉTHODE D'ESSAI DE FIABILITÉ POUR LES TRANSISTORS À EFFET DE CHAMP MÉTAL-OXYDE-SEMICONDUCTEURS DISCRETS EN CARBURE DE SILICIUM –

## Partie 2: Méthode d'essai de la dégradation bipolaire due au fonctionnement de la diode intrinsèque

## 1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 63275 donne la méthode d'essai et une procédure utilisant cette méthode pour évaluer la dérive de la tension à l'état passant, la dérive de la résistance à l'état passant et la variation de tension de drain inverse des dispositifs MOSFET de puissance en carbure de silicium (SiC) en raison du fonctionnement de la diode intrinsèque. Cet essai n'est généralement pas demandé pour les transistors de puissance en Si.

## 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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