IEC 63284

Edition 1.0 2022-04

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Semiconductor devices – Reliability test method by inductive load switching for gallium nitride transistors

Dispositifs à semiconducteurs – Méthode d'essai de fiabilité par la commutation sur charge inductive pour les transistors au nitrure de gallium

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.080.30

ISBN 978-2-8322-1101-6

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 Objectives 7
5 Applicable GaN transistors 7
6 Dynamic high temperature operating life test 7
6.1 Test sample 7
6.2 Test circuit 7
6.2.1 Scheme of a hard switching circuit 7
6.2.2 Electrical parameters 7
6.2.3 Diode 8
6.2.4 Gate driver 8
6.2.5 Inductance and resistance 8
6.3 Test condition 9
6.3.1 General 9
6.3.2 Electrical stress 10
6.3.3 Thermal stress 10
6.4 Test procedure 10
6.4.1 Flow chart 10
6.4.2 Initial measurement 11
6.4.3 Intermediate measurement 11
6.5 Failure criteria 12
6.6 Failure mechanism 12
6.7 Acceleration parameters 12
6.8 Number of samples 12
6.9 Test report 12
Bibliography 13

Figure 1 – Test circuit 7
Figure 2 – Wave forms of switching 9
Figure 3 – Switching locus at hard switching 9
Figure 4 – Test flow chart 11

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

SEMICONDUCTOR DEVICES – RELIABILITY TEST METHOD BY INDUCTIVE LOAD SWITCHING FOR GALLIUM NITRIDE 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.

IEC 63284 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
47/2753/FDIS	47/2763/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.

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

Gallium nitride (GaN), one of the wide bandgap semiconductors, has superior properties over conventional silicon (Si) for power devices, such as high breakdown electric field and high saturation velocity. Two dimensional electron gas with high mobility and high concentration is induced by forming heterojunction of GaN with aluminum gallium nitride (AlGaN) due to polarization effects, which is another merit of GaN related materials. Moreover, several kinds of materials such as Si, sapphire, silicon-carbide (SiC) or GaN can be selected as epitaxial growth substrates in terms of device performances and costs. Recently, GaN power transistors have been widely developed and commercialized.

GaN power transistors have some unique failure modes due to device construction differences and carrier trapping effects. In addition, GaN power transistors are more compact, so are exposed to higher fields. Further, some hot-carrier and robustness tests for silicon Field Effect Transistors (FETs) are not applicable to GaN FETs. For example, the hot carrier injection (HCI) test for lateral MOSFETs is not applicable to lateral GaN FETs due to the blocking nature of the buffer, and the unclamped inductive switching (UIS) test is not useful because it could cause damage. Therefore, several unique reliability test methods, which are not generally requested for Si power transistors, are performed as reliability examination, for example, test methods of dynamic on-resistances. Especially, switching test methods and reliability procedures are significant for practical use and need to be standardized in order to establish switching reliability of GaN power transistors.

This document is a guideline focusing on inductive load switching in order to confirm the conditions under which GaN power transistors are used reliably. Since the inductive load switching is considered to be an important stress application for power devices, this guideline will promote the acceptance of GaN power transistors in the power device market. However, it is important to note that there are other application-relevant stress conditions, such as soft-switching at high frequencies, which will not be covered by this document.

SEMICONDUCTOR DEVICES – RELIABILITY TEST METHOD BY INDUCTIVE LOAD SWITCHING FOR GALLIUM NITRIDE TRANSISTORS

1 Scope

This document covers the protocol of performing a stress procedure and a corresponding test method to evaluate the reliability of gallium nitride (GaN) power transistors by inductive load switching, specifically hard-switching stress.

2 Normative references

There are no normative references in this document.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 15
INTRODUCTION 17
1 Domaine d’application 18
2 Références normatives 18
3 Termes et définitions 18
4 Objectifs 19
5 Transistors GaN applicables 19
6 Essai de durée de vie en fonctionnement sous température élevée dynamique 19
6.1 Échantillon d'essai 19
6.2 Circuit d'essai 19
6.2.1 Schéma d'un circuit de commutation dure 19
6.2.2 Paramètres électriques 20
6.2.3 Diode 20
6.2.4 Dispositif de commande de grille 20
6.2.5 Inductance et résistance 20
6.3 Conditions d'essai 22
6.3.1 Généralités 22
6.3.2 Contrainte électrique 22
6.3.3 Contrainte thermique 22
6.4 Procédure d’essai 22
6.4.1 Logigramme 22
6.4.2 Mesure initiale 23
6.4.3 Mesure intermédiaire 23
6.5 Critères de défaillances 24
6.6 Mécanisme de défaillances 24
6.7 Paramètres d’accélération 24
6.8 Nombre d'échantillons 24
6.9 Rapport d’essai 24
Bibliographie 25

Figure 1 – Circuit d’essai 20
Figure 2 – Formes d’ondes de commutation 21
Figure 3 – Courbe de commutation en commutation dure 22
Figure 4 – Logigramme d’essai 23

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – MÉTHODE D'ESSAI DE FIABILITÉ PAR LA COMMUTATION SUR CHARGE INDUCTIVE POUR LES TRANSISTORS AU NITRURE DE GALLIUM

AVANT-PROPOS

1) La Commission Électrotechnique 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 63284 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
47/2753/FDIS	47/2763/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.

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 nitrure de gallium (GaN), l'un des semiconducteurs à large bande interdite, dispose de propriétés supérieures à celles du silicium (Si) conventionnel pour les dispositifs électriques, telles qu'un champ électrique de claquage élevé et une vitesse de saturation élevée. Le gaz bidimensionnel d'électrons à mobilité élevée et forte concentration résulte de la formation d'une hétérojonction de GaN avec le nitrure de gallium-aluminium (AlGaN) due aux effets de polarisation, ce qui constitue un autre mérite des matériaux liés au GaN. En outre, plusieurs types de matériaux tels que le Si, le saphir, le carbure de silicium (SiC) ou le GaN peuvent être choisis comme substrats de croissance épitaxiale sur le plan des performances et de coûts des dispositifs. Récemment, des transistors de puissance à base de GaN ont été largement élaborés et commercialisés.

Les transistors de puissance à base de GaN présentent certains modes de défaillance uniques en raison des différences de construction des dispositifs et de leurs effets de piégeage des porteurs. De plus, les transistors de puissance GaN sont plus compacts et sont donc exposés à des champs plus élevés. En outre, certains essais de résistance aux porteurs chauds et de robustesse portant sur les transistors à effet de champ (FET, *field-effect transistor*) au silicium ne sont pas applicables aux FET au GaN. Par exemple, l'essai d'injection de porteurs chauds (HCI, hot carrier injection) pour les MOSFET latéraux n'est pas applicable aux FET GaN latéraux, en raison de la nature bloquante de la couche tampon, et l'essai de commutation sur charge inductive sans diode de roue libre (aussi désigné *UIS*, *unclamped inductive switching*) n'est pas utile, car susceptible de provoquer des dommages. Par conséquent, plusieurs méthodes d'essai de fiabilité uniques, qui ne sont généralement pas demandées pour les transistors de puissance à base de Si, sont effectuées en tant qu'examen de la fiabilité, par exemple, les méthodes d'essai des résistances dynamiques à l'état passant. En particulier, les méthodes d'essai de commutation et les procédures de fiabilité sont importantes pour l'utilisation pratique et il est nécessaire de les normaliser, afin d'établir la fiabilité de commutation des transistors de puissance à base de GaN.

Le présent document fournit les lignes directrices portant sur la commutation sur charge inductive, afin de confirmer les conditions dans lesquelles les transistors de puissance à base GaN sont utilisés de manière fiable. Etant donné que la commutation sur charge inductive est considérée comme une application de contrainte importante pour les dispositifs de puissance, les présentes lignes directrices sont destinées à promouvoir l'acceptation des transistors de puissance à base de GaN au sein du marché des dispositifs électriques. Toutefois, il est important de noter que d'autres conditions de contraintes liées à l'application, telles que la commutation douce à hautes fréquences, qui ne sont pas couvertes par le présent document.

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – MÉTHODE D'ESSAI DE FIABILITÉ PAR LA COMMUTATION SUR CHARGE INDUCTIVE POUR LES TRANSISTORS AU NITRURE DE GALLIUM

1 Domaine d'application

Le présent document couvre le protocole d'exécution d'une procédure de contrainte et une méthode d'essai correspondante, en vue d'évaluer la fiabilité des transistors de puissance à base de nitrure de gallium (GaN) par la commutation sur charge inductive, en particulier la contrainte de commutation dure.

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.