IEC 63068-3

Edition 1.0 2020-07

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Semiconductor devices – Non-destructive recognition criteria of defects in silicon carbide homoepitaxial wafer for power devices – Part 3: Test method for defects using photoluminescence

Dispositifs à semiconducteurs – Critères de reconnaissance non destructifs des défauts au sein d'une plaquette homoépitaxiale de carbure de silicium pour des dispositifs d'alimentation – Partie 3: Méthode d'essai pour les défauts à l'aide de la photoluminescence

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ICS 31.080.99

ISBN 978-2-8322-8614-2

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 4
INTRODUCTION 6
1 Scope 7
2 Normative references 7
3 Terms and definitions 7
4 Photoluminescence method 11
4.1 General 11
4.2 Principle 11
4.3 Requirements 11
4.3.1 Measuring equipment 11
4.3.2 Wafer positioning and focusing 13
4.3.3 Image capturing 13
4.3.4 Image processing 13
4.3.5 Image analysis 13
4.3.6 Image evaluation 14
4.3.7 Documentation 14
4.4 Parameter settings 14
4.4.1 General 14
4.4.2 Parameter setting process 14
4.5 Procedure 14
4.6 Evaluation 14
4.6.1 General 14
4.6.2 Mean width of planar and volume defects 14
4.6.3 Evaluation process 15
4.7 Precision 15
4.8 Test report 15
4.8.1 Mandatory elements 15
4.8.2 Optional elements 15
Annex A (informative) Photoluminescence images of defects 16
A.1 General 16
A.2 BPD 16
A.3 Stacking fault 17
A.4 Propagated stacking fault 18
A.5 Stacking fault complex 19
A.6 Polytype inclusion 19
Annex B (informative) Photoluminescence spectra of defects 21
B.1 General 21
B.2 BPD 21
B.3 Stacking fault 21
B.4 Propagated stacking fault 23
B.5 Stacking fault complex 23
B.6 Polytype inclusion 24
Bibliography 25

Figure 1 – Schematic diagram of PL imaging system 12

Figure A.1 – BPD 17
Figure A.2 – Stacking fault 18
Figure A.3 – Propagated stacking fault 18
Figure A.4 – Stacking fault complex 19
Figure A.5 – Polytype inclusion 20
Figure B.1 – PL spectrum from BPD 21
Figure B.2 – PL spectra from Frank-type stacking faults 22
Figure B.3 – PL spectra from Shockley-type stacking faults 22
Figure B.4 – PL spectra from various stacking faults in the wavelength range longer than 650 nm 23
Figure B.5 – PL spectrum from stacking fault complex 24
Figure B.6 – PL spectrum from polytype inclusion 24

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

SEMICONDUCTOR DEVICES – NON-DESTRUCTIVE RECOGNITION CRITERIA OF DEFECTS IN SILICON CARBIDE HOMOEPITAXIAL WAFER FOR POWER DEVICES –

Part 3: Test method for defects using photoluminescence

FOREWORD

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

International Standard IEC 63068-3 has been prepared by IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

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

FDIS	Report on voting
47/2628/FDIS	47/2638/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 63068 series, published under the general title *Semiconductor devices – Non-destructive recognition criteria of defects in silicon carbide homoepitaxial wafer for power devices*, 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 "http://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 thermal 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.

SiC-based power semiconductor devices are not fully realized due to some issues including high costs, low yield, and low long-term reliability. In particular, one of the serious issues lies in the defects existing in SiC homoepitaxial wafers. Although efforts of decreasing defects in SiC homoepitaxial wafers are actively implemented, there are a number of defects in commercially available SiC homoepitaxial wafers. Therefore, it is indispensable to establish an international standard regarding the quality assessment of SiC homoepitaxial wafers.

The IEC 63068 series of standards is planned to comprise Part 1, Part 2, and Part 3, as detailed below. This document provides definitions and guidance in use of photoluminescence for detecting defects in commercially available silicon carbide (SiC) homoepitaxial wafers.

Part 1: Classification of defects

Part 2: Test method for defects using optical inspection

Part 3: Test method for defects using photoluminescence

SEMICONDUCTOR DEVICES – NON-DESTRUCTIVE RECOGNITION CRITERIA OF DEFECTS IN SILICON CARBIDE HOMOEPITAXIAL WAFER FOR POWER DEVICES –

Part 3: Test method for defects using photoluminescence

1 Scope

This part of IEC 63068 provides definitions and guidance in use of photoluminescence for detecting as-grown defects in commercially available 4H-SiC (Silicon Carbide) epitaxial wafers. Additionally, this document exemplifies photoluminescence images and emission spectra to enable the detection and categorization of the defects in SiC homoepitaxial wafers.

2 Normative references

There are no normative references in this document.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 28
INTRODUCTION 30
1 Domaine d'application 31
2 Références normatives 31
3 Termes et définitions 31
4 Méthode par photoluminescence 35
4.1 Généralités 35
4.2 Principe 35
4.3 Exigences 36
4.3.1 Equipement de mesure 36
4.3.2 Focalisation et positionnement de la plaquette 38
4.3.3 Capture d'images 38
4.3.4 Traitement d'image 38
4.3.5 Analyse d'image 38
4.3.6 Evaluation d'image 39
4.3.7 Documentation 39
4.4 Paramétrages 39
4.4.1 Généralités 39
4.4.2 Processus de paramétrage 39
4.5 Procédure 39
4.6 Evaluation 40
4.6.1 Généralités 40
4.6.2 Largeur moyenne des défauts planaires et de volume 40
4.6.3 Processus d'évaluation 40
4.7 Précision 40
4.8 Rapport d'essai 40
4.8.1 Eléments obligatoires 40
4.8.2 Eléments facultatifs 41
Annexe A (informative) Images de photoluminescence des défauts 42
A.1 Généralités 42
A.2 BPD 42
A.3 Faute d'empilement 43
A.4 Faute d'empilement propagée 44
A.5 Complexe de faute d'empilement 45
A.6 Inclusion de polytype 45
Annexe B (informative) Spectres de photoluminescence des défauts 47
B.1 Généralités 47
B.2 BPD 47
B.3 Faute d'empilement 47
B.4 Faute d'empilement propagée 49
B.5 Complexe de faute d'empilement 49
B.6 Inclusion de polytype 50
Bibliographie 51

Figure 1 – Diagramme du système d'imagerie par photoluminescence 37

Figure A.1 – BPD 43
Figure A.2 – Faute d'empilement 44
Figure A.3 – Faute d'empilement propagée 44
Figure A.4 – Complexe de faute d'empilement 45
Figure A.5 – Inclusion de polytype 46
Figure B.1 – Spectre de photoluminescence à partir d'une BPD 47
Figure B.2 – Spectre de photoluminescence à partir de fautes d'empilement de type Frank 48
Figure B.3 – Spectre de photoluminescence à partir de fautes d'empilement de type Shockley 48
Figure B.4 – Spectre de photoluminescence à partir de différentes fautes d'empilement au sein d'une plage de longueurs d'onde supérieures à 650 nm 49
Figure B.5 – Spectre de photoluminescence depuis un complexe de faute d'empilement 50
Figure B.6 – Spectre de photoluminescence à partir d'une inclusion de polytype 50

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – CRITÈRES DE RECONNAISSANCE NON DESTRUCTIFS DES DÉFAUTS AU SEIN D'UNE PLAQUETTE HOMOÉPITAXIALE DE CARBURE DE SILICIUM POUR DES DISPOSITIFS D'ALIMENTATION – Partie 3: Méthode d'essai pour les défauts à l'aide de la photoluminescence

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.

La Norme internationale IEC 63068-3 a été établie par le comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs.

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

FDIS	Rapport de vote
47/2628/FDIS	47/2638/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette Norme internationale.

La version française de la norme n’a pas été soumise au vote.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 63068, publiées sous le titre général *Dispositifs à semiconducteurs – Critères de reconnaissance non destructifs des défauts au sein d’une plaquette homoépitaxiale de carbure de silicium pour des dispositifs d’alimentation*, 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 "http://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 communément utilisé comme matériau semiconducteur pour la prochaine génération de semiconducteurs de puissance. Le carbure de silicium, comparé au silicium (Si), possède de meilleures propriétés physiques, comme un champ électrique de rupture plus élevé, une meilleure conductivité thermique, une vitesse de production thermique plus lente, une vitesse de dérive des électrons saturés plus élevée, et une concentration de porteurs intrinsèque plus faible. Ces attributs permettent aux semiconducteurs de puissance formés de SiC de disposer de plus grandes vitesses de commutation, de pertes plus faibles, de tensions de blocages plus élevées, et d'un fonctionnement à de plus hautes températures que les semiconducteurs de puissance conventionnels formés de Si.

La création des semiconducteurs de puissance formés de SiC n'est pas encore finalisée en raison de plusieurs problèmes, comme un coût élevé, un rendement faible et une fiabilité médiocre à long terme. Plus particulièrement, la présence de défauts au niveau des plaquettes homoépitaxiales en SiC est l'un des principaux problèmes. Malgré les nombreux efforts visant à diminuer les défauts des plaquettes homoépitaxiales en SiC, les plaquettes disponibles dans le commerce présentent un certain nombre de défauts. Par conséquent, il est indispensable d'établir une Norme internationale relative à l'évaluation de la qualité des plaquettes homoépitaxiales en SiC.

Il est prévu que la série de normes IEC 63068 se compose de la Partie 1, la Partie 2 et la Partie 3, telles qu'elles sont détaillées ci-dessous. Le présent document décrit les définitions et les recommandations relatives à l'utilisation de la photoluminescence pour la détection des défauts au sein des plaquettes homoépitaxiales en carbure de silicium (SiC) disponibles dans le commerce.

Partie 1: Classification des défauts

Partie 2: Méthode d'essai pour les défauts à l'aide d'une vérification optique

Partie 3: Méthode d'essai pour les défauts à l'aide de la photoluminescence

DISPOSITIFS A SEMICONDUCTEURS – CRITÈRES DE RECONNAISSANCE NON DESTRUCTIFS DES DÉFAUTS AU SEIN D'UNE PLAQUETTE HOMOÉPITAXIALE DE CARBURE DE SILICIUM POUR DES DISPOSITIFS D'ALIMENTATION –

Partie 3: Méthode d'essai pour les défauts à l'aide de la photoluminescence

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 63068 décrit les définitions et les recommandations relatives à l'utilisation de la photoluminescence pour la détection de défauts bruts au sein de plaquettes homoépitaxiales en carbure de silicium (4H-SiC) disponibles dans le commerce. De plus, le présent document donne des exemples d'images de photoluminescence et de spectres d'émission, permettant la détection et la catégorisation des défauts au sein de plaquettes homoépitaxiales en SiC.

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.