

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods –
Part 17: Neutron irradiation**

**Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques –
Partie 17: Irradiation aux neutrons**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60749-17:2019



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2019 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods –
Part 17: Neutron irradiation**

**Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques –
Partie 17: Irradiation aux neutrons**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.080.01

ISBN 978-2-8322-6702-8

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.
--

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope.....	5
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	5
4 Test apparatus	5
4.1 Test instruments	5
4.2 Radiation source	5
4.3 Dosimetry equipment	6
4.4 Dosimetry measurements.....	6
4.4.1 Neutron fluences	6
4.4.2 Dose measurements	6
5 Procedure.....	6
5.1 Safety requirements.....	6
5.2 Test samples	6
5.3 Pre-exposure	7
5.3.1 Electrical tests	7
5.3.2 Exposure set-up	7
5.4 Exposure	7
5.5 Post-exposure.....	7
5.5.1 Electrical tests	7
5.5.2 Anomaly investigation.....	7
5.6 Reporting	7
6 Summary	8
Bibliography.....	9

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60749-17:2019

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SEMICONDUCTOR DEVICES –
MECHANICAL AND CLIMATIC TEST METHODS –****Part 17: Neutron irradiation****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 60749-17 has been prepared by IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2003. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) updates to better align the test method with MIL-STD 883J, method 1017, including removal of restriction of use of the document, and a requirement to limit the total ionization dose;
- b) addition of a Bibliography, including US MIL- and ASTM standards relevant to this test method.

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

FDIS	Report on voting
47/2538/FDIS	47/2553/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 60749 series, published under the general title *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods*, 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60749-17:2019

SEMICONDUCTOR DEVICES – MECHANICAL AND CLIMATIC TEST METHODS –

Part 17: Neutron irradiation

1 Scope

The neutron irradiation test is performed to determine the susceptibility of semiconductor devices to non-ionizing energy loss (NIEL) degradation. The test described herein is applicable to integrated circuits and discrete semiconductor devices and is intended for military- and aerospace-related applications. It is a destructive test.

The objectives of the test are as follows:

- a) to detect and measure the degradation of critical semiconductor device parameters as a function of neutron fluence, and
- b) to determine if specified semiconductor device parameters are within specified limits after exposure to a specified level of neutron fluence (see Clause 6).

2 Normative references

There are no normative references in this document.

3 Terms and definitions

No terms and definitions are listed in this document.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

4 Test apparatus

4.1 Test instruments

Test instrumentation to be used in the radiation test shall be standard laboratory electronic test instruments such as power supplies, digital voltmeters, and pico-ammeters, etc., capable of measuring the electrical parameters required.

4.2 Radiation source

The radiation source used in the test shall be a well characterized neutron source that produces either a broad neutron energy spectrum (such as a TRIGA¹ reactor or a fast burst reactor) or a monoenergetic neutron spectrum such as available from deuterium-tritium or deuterium-deuterium accelerators) provided that the output can be converted to a 1 MeV equivalent spectrum.

¹ TRIGA is the trade name of a product supplied by General Atomics. This information is given for the convenience of users of this document and does not constitute an endorsement by IEC of the product named. Equivalent products may be used if they can be shown to lead to the same results.

4.3 Dosimetry equipment

The following dosimetry equipment shall be used (as required):

- a) fast-neutron threshold activation foils such as ^{32}S , ^{54}Fe , and ^{58}Ni ;
- b) CaF_2 thermoluminescence dosimeters (TLDs);
- c) appropriate activation foil counting and TLD readout equipment.

4.4 Dosimetry measurements

4.4.1 Neutron fluences

The neutron fluence used for device irradiation shall be obtained by measuring the amount of radioactivity induced in a fast-neutron threshold activation foil such as ^{32}S , ^{54}Fe , or ^{58}Ni , irradiated simultaneously with the device.

A standard method for converting the measured radioactivity in the specific activation foil employed into a neutron fluence is given in national and international standards (examples are given in the Bibliography).

The conversion of the foil radioactivity into a neutron fluence requires a knowledge of the neutron spectrum incident on the foil. If the spectrum is not known, it shall be determined by use of a recognised national standard or equivalent (examples are given in the Bibliography).

Once the neutron energy spectrum has been determined and the equivalent monoenergetic fluence calculated, then an appropriate monitor foil (such as ^{32}S , ^{54}Fe , or ^{58}Ni) should be used in subsequent irradiations to determine the neutron fluence. Thus, the neutron fluence is described in terms of the equivalent monoenergetic neutron fluence per unit monitor response. Use of a monitor foil to predict the equivalent monoenergetic neutron fluence is valid only if the energy spectrum remains constant.

4.4.2 Dose measurements

If absorbed dose measurements of the gamma-ray component during the device test irradiations are required, then such measurements shall be made with CaF_2 thermoluminescence dosimeters (TLDs), or their equivalent. These TLDs shall be used in accordance with the recommendations of recognised national standards or their equivalent (examples are given in the Bibliography).

5 Procedure

5.1 Safety requirements

Neutron irradiated devices may be radioactive. Handling and storage of test specimens or equipment subjected to radiation environments shall be governed by the procedures established by the local Radiation Safety Officer or Health Physicist.

5.2 Test samples

A test sample shall be randomly selected and consist of a minimum of 10 devices, unless otherwise specified. All sample devices shall have met all the requirements of the relevant specification for that device. Each device shall be serialised to enable pre- and post-test identification and comparison.

5.3 Pre-exposure

5.3.1 Electrical tests

Pre-exposure electrical tests shall be performed on each device as required. Where delta parameter limits are specified, the pre-exposure data shall be recorded.

5.3.2 Exposure set-up

Each device shall be mounted unbiased and have its terminal leads either all shorted or all open. For MOS devices or any microcircuit containing an MOS element, all leads shall be shorted. An appropriate mounting fixture shall be used. The mounting fixture shall accommodate the units-under-test as well as any required dosimeters. The configuration of the mounting fixture will depend on the type of facility used and should be discussed with facility personnel. Test devices shall be mounted such that the total variation of fluence over the entire sample does not exceed 20 %.

5.4 Exposure

The test devices and dosimeters shall be exposed to the neutron fluence as specified. If multiple exposures are required, the post-radiation electrical tests shall be performed (see 5.5.1) after each exposure. A new set of dosimeters is required for each exposure level. Since the effects of neutrons are cumulative, each additional exposure will have to be determined to give the specified total accumulated fluence. All exposures shall be made at $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ and shall be correlated to a 1 MeV equivalent fluence. To avoid confounding NIEL effects with total ionizing dose (TID) damage effects, units-under-test shall not be exposed to a neutron fluence that causes the unit-under-test to receive a TID in excess of 10 % of its rated value. If necessary, the use of shielding to reduce the accompanying gamma TID exposure is acceptable.

5.5 Post-exposure

5.5.1 Electrical tests

Test items shall be removed only after clearance has been obtained from the Health physicist at the test facility. The temperature of the sample devices shall be maintained at $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ from the time of the exposure until the post-electrical tests are made. The post-exposure electrical tests as specified shall be made within 24 h after the completion of the exposure. If the residual radioactivity level is too high for safe handling – this level to be determined by the local Radiation Safety Officer –, the elapsed time before post-test electrical measurements may be extended to one week. Alternatively, provisions may be made for remote testing. All required data shall be recorded for each device after each exposure.

5.5.2 Anomaly investigation

Devices which exhibit previously defined anomalous behaviour (e.g., non-linear degradation of 0,125) shall be subjected to failure analysis, in accordance with national and international standards (an example is given in the Bibliography, [10]).

5.6 Reporting

As a minimum, the report shall include the device type number, serial number, manufacturer, controlling specification, the date code and other identifying numbers given by the manufacturer. Each data sheet shall include radiation test date, electrical test conditions, radiation exposure levels, ambient conditions as well as the test data. Where other than specified electrical test circuits are employed, the parameter measurement circuits shall accompany the data. Any anomalous incidents during the test shall be fully explained in footnotes to the data.

6 Summary

The following details shall be specified in the request for test or, when applicable, the relevant specification:

- a) device types (see 5.6);
- b) quantities of each device type to be tested, if other than specified in 5.2;
- c) electrical parameters to be measured in pre- and post-exposure tests (see 5.3.1 and 5.5.1);
- d) criteria for pass, fail, record actions on tested devices (see 5.3.1, 5.5.1 and 5.6);
- e) criteria for anomalous behaviour designation (see 5.5.2);
- f) radiation exposure levels (see 5.4);
- g) test instrument requirements (see Clause 4);
- h) radiation dosimetry requirements, if other than 4.3;
- i) ambient temperature, if other than specified herein (see 5.4 and 5.5.1);
- j) requirements for data reporting and submission, where applicable (see 5.6).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60749-17:2019

Bibliography

- [1] ASTM E 263, *Standard test method for measuring fast-neutron reaction rates by radioactivation of iron*
 - [2] ASTM E 264, *Standard test method for measuring fast-neutron reaction rates by radioactivation of nickel*
 - [3] ASTM E 265, *Standard test method for measuring fast-neutron reaction rates by radioactivation of sulfur*
 - [4] ASTM E 720, *Standard guide for selection of a set of neutron-activation foils for determining neutron spectra used in radiation-hardness testing of electronics*
 - [5] ASTM E 721, *Standard method for determining neutron energy spectra with neutron-activation foils for radiation-hardness testing of electronics*
 - [6] ASTM E 722, *Standard practice for characterizing neutron energy fluence spectra in terms of an equivalent monoenergetic neutron fluence for radiation-hardness testing of electronics*
 - [7] ASTM E 1018, *Standard guide for application of ASTM evaluated cross section data file*
 - [8] ASTM E 668, *Standard practice for application of thermoluminescence-dosimetry (TLD) systems for determining absorbed dose in radiation-hardness testing of electronic devices*
 - [9] ASTM E 2450, *Standard practice for application of CaF₂(Mn) thermoluminescence dosimeters in mixed neutron-photon environments*
 - [10] MIL-STD-883 Method 5003, *Failure analysis procedures for microcircuits*
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	11
1 Domaine d'application	13
2 Références normatives	13
3 Termes et définitions	13
4 Appareillage d'essai	13
4.1 Appareils de mesure pour les essais	13
4.2 Source de rayonnements	14
4.3 Equipement dosimétrique	14
4.4 Mesures dosimétriques	14
4.4.1 Fluences des neutrons	14
4.4.2 Mesures de dose	14
5 Procédure	15
5.1 Exigences de sécurité	15
5.2 Echantillons d'essai	15
5.3 Avant exposition	15
5.3.1 Essais électriques	15
5.3.2 Montage pour l'exposition	15
5.4 Exposition	15
5.5 Après exposition	15
5.5.1 Essais électriques	15
5.5.2 Investigation d'anomalie	16
5.6 Rapport	16
6 Résumé	16
Bibliographie	17

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60749-17:2019

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –
MÉTHODES D'ESSAIS MÉCANIQUES ET CLIMATIQUES –****Partie 17: Irradiation aux neutrons****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 60749-17 a été établie par le comité technique 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2003. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) mises à jour afin de mieux aligner la méthode d'essai avec la méthode 1 017 du document MIL-STD 883J, comprenant la suppression des restrictions d'utilisation du document, et une exigence visant à limiter la dose ionisante totale;

- b) ajout d'une bibliographie, comprenant les normes US MIL- et ASTM correspondant à la présente méthode d'essai.

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

FDIS	Rapport de vote
47/2538/FDIS	47/2553/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.

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60749, publiées sous le titre général *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques*, 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60749-17:2019

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – MÉTHODES D'ESSAIS MÉCANIQUES ET CLIMATIQUES –

Partie 17: Irradiation aux neutrons

1 Domaine d'application

L'essai d'irradiation aux neutrons est réalisé pour déterminer la sensibilité des dispositifs à semiconducteurs à la dégradation par perte d'énergie non ionisante (NIEL, Non Ionizing Energy Loss). L'essai décrit dans le présent document s'applique aux circuits intégrés et aux dispositifs discrets à semiconducteurs, et est destiné aux applications des domaines militaire et aérospatial. Il s'agit d'un essai destructif.

Les objectifs de l'essai sont les suivants:

- a) détecter et mesurer la dégradation des paramètres critiques des dispositifs à semiconducteurs en fonction de la fluence des neutrons; et
- b) déterminer si des paramètres spécifiés des dispositifs à semiconducteurs sont dans les limites spécifiées après exposition à un niveau spécifié de fluence de neutrons (voir Article 6).

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.

3 Termes et définitions

Aucun terme n'est défini dans le présent document.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

4 Appareillage d'essai

4.1 Appareils de mesure pour les essais

Les appareils de mesure à utiliser pour l'essai aux rayonnements doivent être des appareils de mesure électroniques de laboratoires normalisés, tels que les alimentations, les voltmètres numériques, les pico-ampèremètres, etc., capables de mesurer les paramètres électriques exigés.

4.2 Source de rayonnements

La source de rayonnements utilisée dans l'essai doit être une source neutronique dûment caractérisée, qui produit soit un spectre d'énergie neutronique étendu (par exemple un réacteur TRIGA®¹ ou un réacteur pulsé à neutrons rapides), soit un spectre de neutrons monoénergétiques, par exemple celui résultant des accélérateurs pour la fusion deutérium-tritium ou deutérium-deutérium), sous réserve que la sortie puisse être convertie en spectre équivalent à 1 MeV.

4.3 Equipement dosimétrique

L'équipement dosimétrique suivant doit être utilisé (selon ce qui est exigé):

- a) feuilles d'activation de seuil à neutrons rapides comme ^{32}S , ^{54}Fe et ^{58}Ni ,
- b) dosimètres thermoluminescents (TLD, ThermoLuminescence Dosimeter) au CaF_2 ,
- c) équipement approprié de comptage de feuilles d'activation et de lecture de TLD.

4.4 Mesures dosimétriques

4.4.1 Fluences des neutrons

La fluence des neutrons utilisée pour l'irradiation des dispositifs doit être obtenue en mesurant la quantité de radioactivité induite dans une feuille d'activation de seuil à neutrons rapides, telle que ^{32}S , ^{54}Fe ou ^{58}Ni , irradiée simultanément avec le dispositif.

Une méthode normalisée pour convertir en fluence de neutrons la radioactivité mesurée dans la feuille d'activation spécifique est donnée dans les normes nationales et les normes internationales (des exemples sont donnés dans la Bibliographie).

La conversion de la radioactivité de la feuille en fluence de neutrons exige une connaissance du spectre des neutrons incident sur la feuille. Si le spectre n'est pas connu, il doit être déterminé en utilisant une norme nationale reconnue ou équivalente (des exemples sont donnés dans la Bibliographie).

Une fois le spectre d'énergie neutronique déterminé et la fluence monoénergétique équivalente calculée, il convient d'utiliser une feuille de contrôle appropriée (par exemple ^{32}S , ^{54}Fe ou ^{58}Ni) dans les irradiations suivantes pour déterminer la fluence des neutrons. Ainsi, la fluence de neutrons est décrite en termes de fluence monoénergétique de neutrons équivalente par réponse de contrôle d'unité. Utiliser une feuille de contrôle pour prédire la fluence monoénergétique des neutrons équivalente n'est valable que si le spectre d'énergie reste constant.

4.4.2 Mesures de dose

Si des mesures de la dose absorbée de la composante de rayons gamma au cours des irradiations des dispositifs d'essai sont exigées, alors de telles mesures doivent être réalisées avec des dosimètres thermoluminescents (TLD) au CaF_2 , ou leur équivalent. Ces TLD doivent être utilisés conformément aux recommandations des normes nationales reconnues ou de leurs équivalents (des exemples sont donnés dans la Bibliographie).

¹ TRIGA est l'appellation commerciale d'un produit distribué par General Atomics. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne signifie nullement que l'IEC approuve ou recommande l'emploi exclusif du produit ainsi désigné. Des produits équivalents peuvent être utilisés s'il est démontré qu'ils aboutissent aux mêmes résultats.

5 Procédure

5.1 Exigences de sécurité

Les dispositifs irradiés par des neutrons peuvent être radioactifs. La manipulation et le stockage des éprouvettes ou de l'équipement soumis aux environnements de rayonnements doivent être régis par les procédures établies par l'inspecteur de la sécurité des rayonnements local ou le spécialiste en radioprotection local.

5.2 Echantillons d'essai

Un échantillon d'essai doit être choisi de manière aléatoire et se compose d'au moins 10 dispositifs, sauf spécification contraire. Tous les dispositifs échantillons doivent avoir satisfait à toutes les exigences de la spécification applicable pour ces dispositifs. Chaque dispositif doit entrer dans une série pour permettre l'identification avant et après les essais, et la comparaison.

5.3 Avant exposition

5.3.1 Essais électriques

Les essais électriques avant exposition doivent être réalisés sur chaque dispositif, selon ce qui est exigé. Lorsque des limites de paramètres delta sont spécifiées, les données avant exposition doivent être consignées.

5.3.2 Montage pour l'exposition

Chaque dispositif doit être monté sans polarisation et avoir toutes ses connexions de broches soit fermées en court-circuit, soit ouvertes. Pour les dispositifs métal-oxyde-semiconducteur (MOS) ou tout microcircuit contenant un élément MOS, toutes les connexions doivent être mises en court-circuit. Une fixation de montage appropriée doit être utilisée. La fixation de montage doit recevoir les unités soumises à essai ainsi que tous les dosimètres exigés. La configuration de la fixation de montage dépend du type de l'installation utilisée et il convient qu'elle soit discutée avec le personnel de l'installation. Les dispositifs d'essai doivent être montés de telle manière que la variation totale de fluence sur l'ensemble de l'échantillon ne dépasse pas 20 %.

5.4 Exposition

Les dispositifs d'essai et les dosimètres doivent être exposés à la fluence de neutrons comme spécifié. Si des expositions multiples sont exigées, les essais électriques après rayonnements doivent être réalisés (voir 5.5.1) après chaque exposition. Un nouveau jeu de dosimètres est exigé pour chaque niveau d'exposition. Les effets des neutrons étant cumulatifs, chaque exposition supplémentaire doit être déterminée pour donner la fluence accumulée totale spécifiée. Toutes les expositions doivent être réalisées à $24\text{ °C} \pm 6\text{ °C}$ et doivent être corrélées à une fluence équivalente de 1 MeV. Pour éviter de confondre les effets de la NIEL avec les dommages dus à la dose ionisante totale (TID, Total Ionizing Dose), les unités soumises à essai ne doivent pas être exposées à une fluence de neutrons qui entraînerait la réception d'une TID dépassant de plus de 10 % sa valeur assignée. Si nécessaire, l'utilisation d'un blindage afin de réduire l'exposition TID liée aux rayons gamma associés est acceptable.

5.5 Après exposition

5.5.1 Essais électriques

Les unités d'essai doivent être retirées uniquement après autorisation du spécialiste en radioprotection de l'installation d'essai. La température des dispositifs échantillons doit être maintenue à $20\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$ à partir du moment de l'exposition jusqu'à la réalisation des essais post-électriques. Les essais électriques post-exposition tels que spécifiés doivent être réalisés dans les 24 h qui suivent la fin de l'exposition. Si le niveau de radioactivité résiduelle est trop élevé pour une manipulation en toute sécurité (ce niveau étant à déterminer par