

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



---

**Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods –  
Part 44: Neutron beam irradiated single event effect (SEE) test method for  
semiconductor devices**

**Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques –  
Partie 44: Méthode d'essai des effets d'un événement isolé (SEE) irradié par un  
faisceau de neutrons pour des dispositifs à semiconducteurs**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 31.080.01

ISBN 978-2-8322-3541-6

**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.**

## CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references.....	6
3 Terms and definitions .....	6
4 Test apparatus .....	9
4.1 Measurement equipment .....	9
4.2 Radiation source .....	10
4.3 Test sample .....	10
5 Procedure neutron irradiated soft error test .....	10
5.1 Surface preparation.....	10
5.2 Power supply voltage .....	10
5.3 Ambient temperature .....	11
5.4 Core cycle time .....	11
5.5 Data pattern.....	11
5.6 Number of measurement samples.....	11
5.7 Calculations for time required in the beam .....	11
6 Evaluation .....	11
6.1 Measurement and failure rate estimation .....	11
6.2 Determination of MCU and MBU cross sections .....	12
6.3 Determination of device FIT (event rate) from cross section .....	12
7 Summary.....	12
Annex A (informative) Additional information for the applicable procurement specification .....	13
A.1 General.....	13
A.2 Description of the beam source .....	13
A.3 Description of the sample and test vehicle .....	13
A.3.1 Sample size .....	13
A.3.2 Vehicle description.....	13
A.4 Test description .....	14
A.5 Test results .....	14
Annex B (informative) White neutron test apparatus .....	16
Annex C (informative) Failure rate calculation.....	18
C.1 An influence of soft error for actual semiconductor devices .....	18
C.1.1 General .....	18
C.1.2 Duty derating .....	18
C.1.3 Utility derating.....	18
C.1.4 Critically derating .....	19
C.2 Failure rate calculation including derating .....	19
Bibliography .....	20
Figure B.1 – Typical white neutron spectra with different shield (polyethylene) thickness .....	16
Figure B.2 – Typical neutron spectrum .....	17
Figure B.3 – Comparison of LANSCE (WNR) and TRIUMF neutron spectra with terrestrial neutron spectrum .....	17

Figure C.1 – Schematic image of duty derating ..... 18  
Figure C.2 – Schematic image of memory effective area for utility derating ..... 19

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SEMICONDUCTOR DEVICES –  
MECHANICAL AND CLIMATIC TEST METHODS –

**Part 44: Neutron beam irradiated single event effect (SEE)  
test method for semiconductor devices**

## 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 60749-44 has been prepared by IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
47/2303/FDIS	47/2312/RVD

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

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

A list of all the 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 publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

**IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.**

## **SEMICONDUCTOR DEVICES – MECHANICAL AND CLIMATIC TEST METHODS –**

### **Part 44: Neutron beam irradiated single event effect (SEE) test method for semiconductor devices**

#### **1 Scope**

This part of IEC 60749 establishes a procedure for measuring the single event effects (SEEs) on high density integrated circuit semiconductor devices including data retention capability of semiconductor devices with memory when subjected to atmospheric neutron radiation produced by cosmic rays. The single event effects sensitivity is measured while the device is irradiated in a neutron beam of known flux. This test method can be applied to any type of integrated circuit.

NOTE 1 Semiconductor devices under high voltage stress can be subject to single event effects including SEB, single event burnout and SEGR single event gate rupture, for this subject which is not covered in this document, please refer to IEC 62396-4 [2].

NOTE 2 In addition to the high energy neutrons some devices can have a soft error rate due to low energy (<1 eV) thermal neutrons. For this subject which is not covered in this document, please refer to IEC 62396-5 [3].

#### **2 Normative references**

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

None.

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	24
1 Domaine d'application.....	26
2 Références normatives .....	26
3 Termes et définitions .....	26
4 Appareillage d'essai .....	30
4.1 Appareil de mesure .....	30
4.2 Source de rayonnement .....	31
4.3 Echantillon d'essai .....	31
5 Procédure d'essai d'erreur logicielle par irradiation par des neutrons.....	31
5.1 Préparation de la surface .....	31
5.2 Tension d'alimentation .....	32
5.3 Température ambiante .....	32
5.4 Temps de cycle du cœur .....	32
5.5 Structure des données .....	32
5.6 Nombre d'échantillons de mesure.....	32
5.7 Calculs du temps nécessaire dans le faisceau .....	32
6 Evaluation .....	32
6.1 Mesure et estimation du taux de défaillance.....	32
6.2 Détermination des sections efficaces de MCU et MBU .....	33
6.3 Détermination de la défaillance dans le temps (FIT) d'un dispositif (taux d'événements) à partir d'une section efficace.....	33
7 Résumé.....	33
Annexe A (informative) Informations supplémentaires pour la spécification d'approvisionnement applicable .....	34
A.1 Généralités .....	34
A.2 Description de la source du faisceau .....	34
A.3 Description de l'échantillon et du véhicule d'essai .....	34
A.3.1 Nombre d'échantillons.....	34
A.3.2 Description du véhicule .....	34
A.4 Description des essais .....	35
A.5 Résultats d'essai.....	36
Annexe B (informative) Appareillage d'essai de neutrons blancs .....	37
Annexe C (informative) Calcul du taux de défaillance .....	39
C.1 Influence des erreurs logicielles pour les dispositifs à semiconducteurs réels .....	39
C.1.1 Généralités .....	39
C.1.2 Taux de réduction de service.....	39
C.1.3 Taux de réduction d'utilisation .....	39
C.1.4 Taux de réduction critique .....	40
C.2 Calcul du taux de défaillance incluant le taux de réduction .....	40
Bibliographie .....	41
Figure B.1 – Spectres typiques de neutrons blancs avec différentes épaisseurs d'écran (polyéthylène).....	37
Figure B.2 – Spectre de neutrons typique .....	38
Figure B.3 – Comparaison entre les spectres de neutrons du LANSCE (WNR) et du TRIUMF et le spectre des neutrons terrestres.....	38

Figure C.1 – Représentation simplifiée de taux de réduction de service .....	39
Figure C.2 – Représentation simplifiée de la zone mémoire effective pour le taux de réduction d'utilisation .....	40



## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

#### Partie 44: Méthode d'essai des effets d'un événement isolé (SEE) irradié par un faisceau de neutrons pour des dispositifs à semiconducteurs

##### 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 60749-44 a été établie par le comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
47/2303/FDIS	47/2312/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.

Cette publication a été rédigée 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 cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

**IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.**

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

### **Partie 44: Méthode d'essai des effets d'un événement isolé (SEE) irradié par un faisceau de neutrons pour des dispositifs à semiconducteurs**

#### **1 Domaine d'application**

La présente partie de la série IEC 60749 établit une procédure pour mesurer les effets d'un événement isolé (SEE: Single Event Effect) sur des dispositifs à semiconducteurs pour circuits intégrés haute densité incluant l'aptitude des dispositifs à semiconducteurs à mémoire à conserver les données lorsqu'ils sont soumis à un rayonnement neutronique atmosphérique produit par des rayons cosmiques. La sensibilité des effets d'un événement isolé est mesurée pendant que le dispositif est irradié par un faisceau de neutrons dont le flux est connu. Cette méthode d'essai peut être appliquée à n'importe quel type de circuit intégré.

NOTE 1 Les dispositifs à semiconducteurs soumis à des contraintes de tension élevée peuvent être sujets aux effets d'un événement isolé, y compris un événement isolé de claquage (SEB: Single Event Burnout) et un événement isolé de claquage de grille (SEGR: Single Event Gate Rupture). Se reporter à l'IEC 62396-4 [2] pour plus d'informations sur ce phénomène qui n'est pas couvert par le présent document.

NOTE 2 Outre les neutrons d'énergie élevée, certains dispositifs peuvent avoir un taux d'erreurs logicielles en raison des neutrons thermiques de faible énergie (<1 eV). Se reporter à l'IEC 62396-5 [3] pour plus d'informations sur ce phénomène qui n'est pas couvert par le présent document.

#### **2 Références normatives**

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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).

Aucune.