

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60749-18

Première édition
First edition
2002-12

**Dispositifs à semiconducteurs –
Méthodes d'essais mécaniques et climatiques –**

**Partie 18:
Rayonnements ionisants (dose totale)**

**Semiconductor devices –
Mechanical and climatic test methods –**

**Part 18:
Ionizing radiation (total dose)**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60749-18:2002

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60749-18

Première édition
First edition
2002-12

**Dispositifs à semiconducteurs –
Méthodes d'essais mécaniques et climatiques –**

**Partie 18:
Rayonnements ionisants (dose totale)**

**Semiconductor devices –
Mechanical and climatic test methods –**

**Part 18:
Ionizing radiation (total dose)**

© IEC 2002 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

N

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
1 Domaine d'application.....	6
2 Termes et définitions	6
3 Appareillage d'essai.....	8
3.1 Source de rayonnements	8
3.2 Système dosimétrique	8
3.3 Appareils de mesure pour essais électriques	8
3.4 Carte(s) de circuit d'essai	8
3.5 Câblage.....	10
3.6 Interconnexion ou système de commutation.....	10
3.7 Enceinte environnementale.....	10
4 Procédure.....	10
4.1 Choix et manipulation de l'échantillon.....	10
4.2 Vieillessement artificiel à chaud.....	12
4.3 Mesures dosimétriques.....	12
4.4 Conteneur en plomb/aluminium (Pb/Al).....	12
4.5 Niveau(x) de rayonnements.....	12
4.6 Débit de dose de rayonnements.....	14
4.6.1 Condition A.....	14
4.6.2 Condition B.....	14
4.6.3 Condition C.....	14
4.7 Exigences de température	14
4.8 Mesures des performances électriques.....	14
4.9 Conditions d'essai	16
4.9.1 Essai en flux.....	16
4.9.2 Essais à distance.....	16
4.9.3 Conditions de polarisation et de charge	16
4.10 Procédure après irradiation.....	16
4.11 Essai de recuit étendu à température ambiante	18
4.11.1 Besoin de réaliser un essai de recuit étendu à température ambiante	18
4.11.2 Procédure d'essai de recuit étendu à température ambiante	18
4.12 Essai de recuit accéléré MOS.....	20
4.12.1 Besoin de réalisation d'un essai de recuit accéléré	20
4.12.2 Procédure pour l'essai de recuit accéléré.....	22
4.13 Rapport d'essai.....	22
5 Résumé	24

CONTENTS

FOREWORD	5
1 Scope	7
2 Terms and definitions	7
3 Test apparatus	9
3.1 Radiation source	9
3.2 Dosimetry system	9
3.3 Electrical test instruments	9
3.4 Test circuit board(s)	9
3.5 Cabling	11
3.6 Interconnect or switching system	11
3.7 Environmental chamber	11
4 Procedure	11
4.1 Sample selection and handling	11
4.2 Burn-in	13
4.3 Dosimetry measurements	13
4.4 Lead/aluminium (Pb/Al) container	13
4.5 Radiation level(s)	13
4.6 Radiation dose rate	15
4.6.1 Condition A	15
4.6.2 Condition B	15
4.6.3 Condition C	15
4.7 Temperature requirements	15
4.8 Electrical performance measurements	15
4.9 Test conditions	17
4.9.1 In-flux testing	17
4.9.2 Remote testing	17
4.9.3 Bias and loading conditions	17
4.10 Post-irradiation procedure	17
4.11 Extended room temperature anneal test	19
4.11.1 Need to perform an extended room temperature anneal test	19
4.11.2 Extended room temperature anneal test procedure	19
4.12 MOS accelerated annealing test	21
4.12.1 Need to perform accelerated annealing test	21
4.12.2 Accelerated annealing test procedure	23
4.13 Test report	23
5 Summary	25

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

Partie 18: Rayonnements ionisants (dose totale)

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI 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, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60749-18 a été établie par le comité d'études 47 de la CEI: Dispositifs à semiconducteurs.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
47/1657/FDIS	47/1666/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/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2007. A cette date, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SEMICONDUCTOR DEVICES –
MECHANICAL AND CLIMATIC TEST METHODS –****Part 18: Ionizing radiation (total dose)**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60749-18 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
47/1657/FDIS	47/1666/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.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2007. At this date, the publication will be

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

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

Partie 18: Rayonnements ionisants (dose totale)

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60749 présente une procédure d'essai permettant de définir les exigences des essais des circuits intégrés à semiconducteurs sous boîtier et des dispositifs discrets à semiconducteurs concernant les effets des rayonnements ionisants (dose totale) provenant d'une source de rayons gamma au cobalt-60 (^{60}Co).

Cette norme propose un essai de recuit accéléré pour l'estimation des effets des rayonnements ionisants à faible débit de dose sur les dispositifs. Cet essai de recuit est important pour les faibles débits de dose ou certaines autres applications dans lesquelles les dispositifs peuvent présenter des effets liés au temps qui sont significatifs.

Cette norme ne concerne que les irradiations continues et n'est pas applicable aux irradiations de type à impulsions.

Cet essai est destiné aux applications des domaines militaire et spatial.

Cette norme peut être à l'origine d'une dégradation importante des propriétés électriques des dispositifs irradiés et il convient par conséquent de la considérer comme un essai destructif.

2 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 60749, les termes et définitions suivants s'appliquent.

2.1

effets des rayonnements ionisants

variations des paramètres électriques d'un dispositif ou d'un circuit intégré à la suite d'une charge induite par rayonnement

NOTE Ces effets sont également désignés par l'expression effets de dose totale.

2.2

essai en flux

mesures électriques réalisées sur les dispositifs au cours de leur exposition aux irradiations

2.3

essai hors flux

mesures électriques réalisées sur des dispositifs à tout moment autre que celui de l'irradiation

2.4

essais à distance

mesures électriques réalisées sur les dispositifs qui sont physiquement retirés de l'emplacement de rayonnement

SEMICONDUCTOR DEVICES – MECHANICAL AND CLIMATIC TEST METHODS –

Part 18: Ionizing radiation (total dose)

1 Scope

This part of IEC 60749 provides a test procedure for defining requirements for testing packaged semiconductor integrated circuits and discrete semiconductor devices for ionizing radiation (total dose) effects from a cobalt-60 (^{60}Co) gamma ray source.

This standard provides an accelerated annealing test for estimating low dose rate ionizing radiation effects on devices. This annealing test is important for low dose rate or certain other applications in which devices may exhibit significant time-dependent effects.

This standard addresses only steady-state irradiations, and is not applicable to pulse type irradiations.

It is intended for military- and space-related applications.

This standard may produce severe degradation of the electrical properties of irradiated devices and thus should be considered a destructive test.

2 Terms and definitions

For the purposes of this part of IEC 60749, the following terms and definitions apply.

2.1

ionizing radiation effects

changes in the electrical parameters of a device or integrated circuit resulting from radiation-induced charge

NOTE These are also referred to as total dose effects.

2.2

in-flux test

electrical measurements made on devices during irradiation exposure

2.3

non in-flux test

electrical measurements made on devices at any time other than during irradiation

2.4

remote tests

electrical measurements made on devices that are physically removed from the radiation location

2.5

effets liés au temps

dégradation importante des paramètres électriques causée par la croissance ou le recuit ou les deux, en raison de la charge absorbée induite par les rayonnements après irradiation

NOTE Des effets similaires se manifestent également au cours de l'irradiation.

2.6

essai de recuit accéléré

procédure utilisant une température élevée pour accélérer les effets liés au temps

3 Appareillage d'essai

L'appareillage doit se composer d'une source de rayonnements, d'appareils de mesure pour les essais électriques, d'une ou de plusieurs cartes de circuit d'essai, de câblage, de carte d'interconnexion ou d'un système de commutation, d'un système de mesure de dosimétrie approprié et d'une enceinte environnementale (si cela est exigé pour les mesures des effets liés au temps). Des précautions adéquates doivent être observées pour obtenir un système de mesure électrique présentant une isolation suffisante, un blindage étendu, une mise à la terre satisfaisante et des caractéristiques de faible bruit adaptées.

3.1 Source de rayonnements

La source de rayonnements utilisée dans l'essai doit être le champ uniforme d'une source de rayons gamma ^{60}Co . Sauf spécification contraire, l'uniformité du champ de rayonnement dans le volume où les dispositifs sont irradiés doit être dans les limites de $\pm 10\%$ comme mesuré par le système dosimétrique. L'intensité du champ de rayons gamma de la source ^{60}Co doit être connue avec une incertitude inférieure à $\pm 5\%$. L'uniformité et l'intensité du champ peuvent être affectées par des variations d'emplacement du dispositif par rapport à la source de rayonnement et la présence de matériaux d'absorption et de diffusion de rayonnement.

3.2 Système dosimétrique

Un système dosimétrique approprié doit être fourni qui soit capable de réaliser les mesures demandées en 4.2.

3.3 Appareils de mesure pour essais électriques

Tous les instruments de mesure utilisés pour les mesures électriques doivent avoir la stabilité, la précision et la résolution nécessaires pour une mesure précise des paramètres électriques. Tout appareil de mesure devant fonctionner dans un environnement soumis à des rayonnements doit être muni d'un blindage approprié.

3.4 Carte(s) de circuit d'essai

Les dispositifs qui doivent être irradiés doivent être soit montés sur, soit connectés à des cartes de circuit avec toutes les connexions associées nécessaires à la polarisation des dispositifs au cours de l'irradiation ou des mesures *in situ*. Sauf spécification contraire, toutes les bornes d'entrée de dispositif et toute autre borne pouvant affecter la réponse aux rayonnements doivent être électriquement connectées pendant l'irradiation, c'est-à-dire, ne pas être laissées flottantes.

La disposition et les matériaux de la carte terminée doivent permettre une irradiation uniforme des dispositifs en essai. Une conception et des pratiques de construction de bonne qualité doivent être utilisées pour empêcher les oscillations, réduire les courants de fuite, empêcher les dommages électriques et obtenir des mesures précises. Seuls les supports qui résistent aux rayonnements et ne présentent pas de fuites importantes (par rapport aux dispositifs en essai) doivent être utilisés pour le montage des dispositifs et des connexions associées sur la ou les cartes d'essai.

2.5

time-dependent effects

significant degradation in electrical parameters caused by the growth or annealing or both of radiation-induced trapped charge after irradiation

NOTE Similar effects also take place during irradiation.

2.6

accelerated annealing test

procedure utilizing elevated temperature to accelerate time-dependent effects

3 Test apparatus

The apparatus shall consist of the radiation source, electrical test instrumentation, test circuit board(s), cabling, interconnect board or switching system, an appropriate dosimetry measurement system, and an environmental chamber (if required for time-dependent effects measurements). Adequate precautions shall be observed to obtain an electrical measurement system with sufficient insulation, ample shielding, satisfactory grounding, and suitable low noise characteristics.

3.1 Radiation source

The radiation source used in the test shall be the uniform field of a ^{60}Co gamma ray source. Uniformity of the radiation field in the volume where devices are irradiated shall be within $\pm 10\%$ as measured by the dosimetry system, unless otherwise specified. The intensity of the gamma ray field of the ^{60}Co source shall be known with an uncertainty of no more than $\pm 5\%$. Field uniformity and intensity can be affected by changes in the location of the device with respect to the radiation source and the presence of radiation absorption and scattering materials.

3.2 Dosimetry system

An appropriate dosimetry system shall be provided that is capable of carrying out the measurements called for in 4.2.

3.3 Electrical test instruments

All instrumentation used for electrical measurements shall have the stability, accuracy, and resolution required for accurate measurement of the electrical parameters. Any instrumentation required to operate in a radiation environment shall be appropriately shielded.

3.4 Test circuit board(s)

Devices to be irradiated shall either be mounted on or connected to circuit boards together with any associated circuitry necessary for device biasing during irradiation or for in situ measurements. Unless otherwise specified, all device input terminals and any others which may affect the radiation response shall be electrically connected during irradiation, i.e. not left floating.

The geometry and materials of the completed board shall allow uniform irradiation of the devices under test. Good design and construction practices shall be used to prevent oscillations, minimize leakage currents, prevent electrical damage and obtain accurate measurements. Only sockets that are radiation resistant and do not exhibit significant leakages (relative to the devices under test) shall be used to mount devices and associated circuitry to the test board(s).

Tous les appareils utilisés de manière répétée dans les champs de rayonnement doivent être vérifiés périodiquement pour surveiller toute dégradation physique ou électrique. Les composants qui sont placés sur la carte de circuit d'essai, autres que les dispositifs en essai ne doivent pas être sensibles aux rayonnements accumulés ou doivent être blindés contre ces rayonnements. Les fixations d'essai doivent être réalisées dans des matériaux qui ne perturbent pas l'uniformité de l'intensité du champ de rayonnement sur les dispositifs en essai.

Le courant de fuite doit être mesuré à l'extérieur du champ de rayonnement. Aucun dispositif n'étant installé dans les supports, la carte de circuit d'essai doit être connectée au système d'essai de telle manière que toutes les sources de bruit et d'interférence attendues soient opérationnelles. La polarisation maximale spécifiée pour le dispositif en essai étant appliquée, le courant de fuite entre deux bornes quelconques ne doit pas dépasser 10 % de la valeur limite de courant la plus faible de la spécification de dispositif avant irradiation.

Il faut que les cartes de circuit d'essai utilisées pour la polarisation des dispositifs au cours du recuit accéléré soient capables de résister aux exigences de température de l'essai de recuit accéléré et leur dégradation physique et électrique doit être vérifiée avant et après les essais.

3.5 Câblage

Les câbles qui relient les cartes de circuit d'essai dans le champ de rayonnement aux appareils de mesure doivent être aussi courts que possible. Si des câbles de grande longueur sont nécessaires, des excitateurs de ligne peuvent être nécessaires. Les câbles doivent être de faible capacitance et avoir une faible perte à la terre et une faible fuite entre fils.

3.6 Interconnexion ou système de commutation

Ce système doit être situé hors de l'emplacement de l'environnement de rayonnement et il constitue l'interface entre les appareils d'essai et les dispositifs en essai. Il fait partie du système d'essai complet et il est soumis à la limitation spécifiée en 3.4 pour la fuite entre les bornes.

3.7 Enceinte environnementale

L'enceinte environnementale pour les essais des effets liés au temps doit, le cas échéant, être capable de maintenir la température de recuit accéléré choisie dans les limites de ± 5 °C.

4 Procédure

Les dispositifs d'essai doivent être irradiés et soumis à l'essai de recuit accéléré (si cela est exigé pour les essais des effets liés au temps) comme spécifié dans un plan d'essai. Ce plan doit spécifier la description du dispositif, les conditions d'irradiation, les conditions de polarisation du dispositif, le système dosimétrique, les conditions de fonctionnement, les paramètres et les conditions de mesure et les conditions d'essai de recuit accéléré (le cas échéant).

4.1 Choix et manipulation de l'échantillon

Seuls les dispositifs qui ont passé avec succès les spécifications électriques telles que définies dans le plan d'essai doivent être soumis aux essais de rayonnements. Sauf spécification contraire, les échantillons d'essai doivent être choisis de manière aléatoire dans la population apparentée et être mis sous boîtier de manière identique. Chaque pièce doit être identifiable individuellement pour permettre une comparaison avant et après irradiation. Pour les types de dispositifs sensibles aux ESD, des techniques de manipulation adaptées doivent être utilisées pour empêcher l'endommagement des dispositifs.

All apparatus used repeatedly in radiation fields shall be checked periodically for physical or electrical degradation. Components which are placed on the test circuit board, other than devices under test, shall be insensitive to the accumulated radiation or they shall be shielded from the radiation. Test fixtures shall be made such that materials will not perturb the uniformity of the radiation field intensity on the devices under test.

Leakage current shall be measured outside the field of radiation. With no devices installed in the sockets, the test circuit board shall be connected to the test system such that all expected sources of noise and interference are operative. With the maximum specified bias for the test device applied, the leakage current between any two terminals shall not exceed 10 % of the lowest current limit value in the pre-irradiation device specification.

Test circuit boards used to bias devices during accelerated annealing must be capable of withstanding the temperature requirements of the accelerated annealing test and shall be checked before and after testing for physical and electrical degradation.

3.5 Cabling

Cables connecting the test circuit boards in the radiation field to the test instrumentation shall be as short as possible. If long cables are necessary, line drivers may be required. The cables shall have low capacitance and low leakage to ground, and low leakage between wires.

3.6 Interconnect or switching system

This system shall be located external to the radiation environment location, and provides the interface between the test instrumentation and the devices under test. It is part of the entire test system and subject to the limitation specified in 3.4 for leakage between terminals.

3.7 Environmental chamber

The environmental chamber for time-dependent effects testing, if required, shall be capable of maintaining the selected accelerated annealing temperature within ± 5 °C.

4 Procedure

The test devices shall be irradiated and subjected to accelerated annealing testing (if required for time-dependent effects testing) as specified by a test plan. This plan shall specify the device description, irradiation conditions, device bias conditions, dosimetry system, operating conditions, measurement parameters and conditions and accelerated annealing test conditions (if required).

4.1 Sample selection and handling

Only devices that have passed the electrical specifications as defined in the test plan shall be submitted to radiation testing. Unless otherwise specified, the test samples shall be randomly selected from the parent population and identically packaged. Each part shall be individually identifiable to enable pre- and post-irradiation comparison. For device types that are ESD-sensitive, proper handling techniques shall be used to prevent damage to the devices.

4.2 Vieillessement artificiel à chaud

Pour certains dispositifs, il existe des différences dans la réponse aux rayonnements en dose totale avant et après le vieillissement artificiel à chaud. Sauf s'il a été démontré par une caractérisation préalable ou par la conception que le vieillissement artificiel à chaud a un effet négligeable (les paramètres restent dans les limites électriques spécifiées après irradiation) sur la réponse aux rayonnements en dose totale, il faut alors procéder à l'une des opérations suivantes:

- a) le fabricant doit soumettre les échantillons destinés à être exposés aux rayonnements aux conditions de vieillissement artificiel à chaud avant de réaliser les essais de rayonnements en dose totale; ou
- b) le fabricant doit élaborer un facteur de correction (acceptable pour les parties prenantes à l'essai) prenant en compte les variations de la réponse en dose totale à la suite du vieillissement artificiel à chaud du produit. Le facteur de correction doit ensuite être utilisé pour accepter le produit pour une réponse en dose totale sans soumettre les échantillons d'essai au vieillissement artificiel à chaud.

4.3 Mesures dosimétriques

L'intensité du champ de rayonnement à l'emplacement du dispositif en essai doit être déterminée avant les essais par dosimétrie ou par des calculs de correction de la baisse de la source, selon ce qui est approprié, pour assurer la conformité au niveau d'essai et aux exigences d'uniformité.

La dose appliquée au dispositif en essai doit être déterminée de l'une des deux manières suivantes:

- a) par mesure au cours de l'irradiation avec un dosimètre approprié; ou
- b) en corrigeant une valeur dosimétrique antérieure pour la baisse de l'intensité de la source de ^{60}Co au cours du temps d'intervention. La correction appropriée doit être faite pour passer de la dose mesurée ou calculée dans le matériau du dosimètre à la dose dans le dispositif en essai.

4.4 Conteneur en plomb/aluminium (Pb/Al)

Les spécimens d'essai doivent être placés à l'intérieur d'un conteneur en Pb/Al pour réduire les effets accrus de la dose causés par les rayonnements diffusés à faible énergie. Du plomb (Pb) d'une épaisseur minimale de 1,5 mm, entourant un écran intérieur en aluminium (Al) d'une épaisseur minimale de 0,7 mm, est exigé. Ce conteneur Pb/Al produit un équilibre de particules chargées approximatif pour les Si et les TLD comme le CaF_2 . L'intensité du champ de rayonnement doit être mesurée à l'intérieur du conteneur Pb/Al (1) initialement, (2) lorsque la source est modifiée ou (3) lorsque l'orientation ou la configuration de la source, du conteneur ou de la fixation d'essai est modifiée. Cette mesure peut être réalisée en plaçant un dosimètre (par exemple, un TLD) dans le conteneur d'irradiation du dispositif à la position approximative du dispositif d'essai. S'il peut être démontré que des rayonnements diffusés à faible énergie sont assez faibles pour ne pas causer d'erreurs de dosimétrie dues à un accroissement de la dose, le conteneur Pb/Al peut être laissé de côté.

4.5 Niveau(x) de rayonnements

Les dispositifs d'essai doivent être irradiés au(x) niveau(x) de dose spécifié(s) dans le plan d'essai dans les limites de $\pm 10\%$. Si des irradiations multiples sont nécessaires pour un jeu de dispositifs d'essai, alors les mesures de paramètres électriques après irradiation doivent être réalisées pour chaque irradiation.

4.2 Burn-in

For some devices, there are differences in the total dose radiation response before and after burn-in. Unless it has been shown by prior characterization or by design that burn-in has a negligible effect (parameters remain within post-irradiation specified electrical limits) on the total dose radiation response, then one of the following functions must take place:

- a) the manufacturer shall subject the radiation samples to the specified burn-in conditions prior to conducting total dose radiation testing; or
- b) the manufacturer shall develop a correction factor, (which is acceptable to the parties to the test) taking into account the changes in total dose response resulting from subjecting the product to burn-in. The correction factor shall then be used to accept the product for total dose response without subjecting the test samples to burn-in.

4.3 Dosimetry measurements

The radiation field intensity at the location of the device under test shall be determined prior to testing by dosimetry or by source decay correction calculations, as appropriate, to assure conformance to the test level and uniformity requirements.

The dose applied to the device under test shall be determined in one of two ways:

- a) by measurement during the irradiation with an appropriate dosimeter; or
- b) by correcting a previous dosimetry value for the decay of the ^{60}Co source intensity in the intervening time. Appropriate correction shall be made to convert from the measured or calculated dose in the dosimeter material to the dose in the device under test.

4.4 Lead/aluminium (Pb/Al) container

Test specimens shall be enclosed in a Pb/Al container to minimize dose enhancement effects caused by low-energy scattered radiation. A minimum of 1,5 mm of lead (Pb), surrounding an inner shield of at least 0,7 mm aluminium (Al) is required. This Pb/Al container produces an approximate charged particle equilibrium for Si and for TLDs such as CaF_2 . The radiation field intensity shall be measured inside the Pb/Al container (1) initially, (2) when the source is changed, or (3) when the orientation or configuration of the source, container or test-fixture is changed. This measurement shall be performed by placing a dosimeter (e.g. a TLD) in the device-irradiation container at the approximate test-device position. If it can be demonstrated that low energy scattered radiation is small enough that it will not cause dosimetry errors due to dose enhancement, the Pb/Al container may be omitted.

4.5 Radiation level(s)

The test devices shall be irradiated to the dose level(s) specified in the test plan within $\pm 10\%$. If multiple irradiations are required for a set of test devices, then the post-irradiation electrical parameter measurements shall be performed after each irradiation.

4.6 Débit de dose de rayonnements

ATTENTION: Pour l'application de certains dispositifs bipolaires et biCMOS à des débits de dose de niveau espace, les essais selon les débits de dose de la condition A peuvent ne pas donner les résultats du cas le plus défavorable. Il s'agit de dispositifs qui connaissent des défaillances à cause du gain réduit de transistor.

NOTE Pour les dispositifs bipolaires et biCMOS pour lesquels l'application implique des débits de dose de niveau espace et pour lesquels on a noté une augmentation du courant de base en excès aux débits de dose décroissants, les essais peuvent être réalisés au débit de dose intéressant le plus faible conformément à la condition C de manière à obtenir une estimation modeste des performances du dispositif.

4.6.1 Condition A

Pour la condition A (condition normale), le débit de dose doit être compris entre 0,5 Gy(Si)/s et 3 Gy(Si)/s pour les circuits intégrés et entre 0,5 Gy(Si)/s et 20 Gy(Si)/s pour les dispositifs discrets à semiconducteurs. Les débits de dose peuvent être différents pour chaque niveau de dose de rayonnements dans une série; cependant, le débit de dose ne doit pas varier de plus de $\pm 10\%$ au cours de chaque irradiation.

4.6.2 Condition B

Pour la condition B, pour les dispositifs MOS uniquement, si le débit de dose maximal est $< 0,5$ Gy(Si)/s dans l'application prévue, les parties participant à l'essai peuvent s'accorder pour réaliser l'essai à un débit de dose S, le débit de dose maximal pour l'application prévue. Sauf cas des exclusions de 4.12.1 b), l'essai de recuit accéléré de 4.12.2 doit être réalisé.

4.6.3 Condition C

Pour la condition C, (comme variante) l'essai peut être réalisé au débit de dose de l'application prévue si les parties prenantes à l'essai sont d'accord.

4.7 Exigences de température

Les effets des rayonnements étant liés à la température, les dispositifs en essai doivent être irradiés à une température ambiante de $24\text{ °C} \pm 6\text{ °C}$ mesurée en un point de l'enceinte à proximité de la fixation d'essai. Les mesures électriques doivent être réalisées à une température ambiante de $25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$. Si les dispositifs sont transportés vers ou à partir d'un site de mesure électrique éloigné, la température des dispositifs d'essai ne doit pas augmenter de plus de 10 °C par rapport à l'environnement d'irradiation. Si une autre gamme de températures est nécessaire, elle doit être spécifiée.

4.8 Mesures des performances électriques

Les paramètres électriques à mesurer et les essais fonctionnels à réaliser doivent être spécifiés dans le plan d'essai. Pour vérifier la validité du système de mesure et des données avant et après irradiation, au moins un échantillon de contrôle doit être mesuré en utilisant les conditions de fonctionnement données dans les spécifications sur les dispositifs. Pour les équipements d'essai automatiques, il n'y a pas de restriction concernant la séquence d'essai dans la mesure où l'augmentation de la température de la jonction du dispositif est minimisée. Pour les mesures manuelles, l'ordre de mesure des paramètres doit être choisi pour permettre la durée de mesure la plus courte possible. Si une série de mesures est réalisée, les essais doivent être organisés de telle manière que la dissipation de puissance la plus faible intervienne dans le dispositif au cours des premières mesures et qu'elle augmente ensuite avec les mesures.

4.6 Radiation dose rate

CAUTION: For the application of some bipolar and biCMOS devices to space-level dose rates, testing at condition A dose rates may not provide worst case results. These are devices that fail due to reduced transistor gain.

NOTE For those bipolar and biCMOS devices, where the application involves space-level dose rates and the excess base current has been observed to increase at decreasing dose rates, testing may be accomplished at the lowest dose rate of interest in accordance with Condition C in order to obtain a conservative estimate of the device performance.

4.6.1 Condition A

For condition A (standard condition), the dose rate shall be between 0,5 Gy(Si)/s and 3 Gy(Si)/s for integrated circuits and between 0,5 Gy(Si)/s and 20 Gy(Si)/s for discrete semiconductor devices. The dose rates may be different for each radiation dose level in a series; however, the dose rate shall not vary by more than $\pm 10\%$ during each irradiation.

4.6.2 Condition B

For condition B, for MOS devices only, if the maximum dose rate is $< 0,5$ Gy(Si)/s in the intended application, the parties to the test may agree to perform the test at a dose rate $\dot{S}$, the maximum dose rate of the intended application. Unless the exclusions in 4.12.1 b) are met, the accelerated annealing test of 4.12.2 shall be performed.

4.6.3 Condition C

For condition C, (as an alternative) the test may be performed at the dose rate of the intended application if this is agreed to by the parties to the test.

4.7 Temperature requirements

Since radiation effects are temperature dependent, devices under test shall be irradiated in an ambient temperature of $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ as measured at a point in the test chamber in close proximity to the test fixture. The electrical measurements shall be performed in an ambient temperature of $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. If devices are transported to and from a remote electrical measurement site, the temperature of the test devices shall not be allowed to increase by more than $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ from the irradiation environment. If any other temperature range is required, it shall be specified.

4.8 Electrical performance measurements

The electrical parameters to be measured and functional tests to be performed shall be specified in the test plan. As a check on the validity of the measurement system and pre- and post-irradiation data, at least one control sample shall be measured using the operating conditions provided in the governing device specifications. For automatic test equipment, there is no restriction on the test sequence provided that the rise in the device junction temperature is minimized. For manual measurements, the sequence of parameter measurements shall be chosen to allow the shortest possible measurement period. When a series of measurements is made, the tests shall be arranged so that the lowest power dissipation in the device occurs in the earliest measurements and the power dissipation increases with subsequent measurements in the sequence.

Les mesures électriques avant et après irradiation doivent être effectuées avec le même système de mesure et le même ordre de mesure doit être maintenu pour chaque série de mesures électriques des dispositifs dans un échantillon d'essai. Il convient d'utiliser les mesures de type à impulsions des paramètres électriques lorsque cela est approprié pour minimiser l'échauffement et les effets de recuit qui en découlent. Les dispositifs qui seront soumis aux essais de recuit accéléré (voir 4.12) peuvent subir un vieillissement artificiel à chaud avant irradiation pour éliminer les défaillances connexes.

4.9 Conditions d'essai

L'utilisation des essais en flux ou hors flux doit être spécifiée dans le plan d'essai. (Cela peut dépendre de l'application prévue pour laquelle les données sont obtenues.) L'utilisation des essais en flux peut aider à éviter les variations introduites par les effets liés au temps après l'irradiation. Cependant, des erreurs peuvent apparaître lorsqu'un dispositif est irradié en flux avec une polarisation statique, et que les conditions d'essai électriques exigent l'utilisation de la polarisation dynamique pour une fraction significative de la période totale d'irradiation. Les essais hors flux permettent généralement des essais électriques plus complets, mais ils peuvent être trompeurs si des effets post-irradiation de grande ampleur, liés au temps, se manifestent.

4.9.1 Essai en flux

Le fonctionnement de chaque dispositif d'essai doit être vérifié dans le cadre des spécifications avant l'irradiation. Lorsque tout le système est en place pour l'essai de rayonnement en flux, on doit vérifier que les interconnexions sont correctes et vérifier le niveau de fuite (voir 3.4) et le niveau de bruit. Pour assurer le bon fonctionnement et la stabilité du montage d'essai, un dispositif de contrôle avec valeurs de paramètres connues doit être mesuré dans toutes les conditions opérationnelles prévues dans le plan d'essai. Cette mesure doit être réalisée soit avant l'insertion des dispositifs d'essai ou à l'issue de l'irradiation après retrait des dispositifs d'essai ou les deux.

4.9.2 Essais à distance

Sauf spécification contraire, la polarisation doit être retirée et les connexions des dispositifs placées dans de la mousse conductrice (ou être court-circuitées de manière similaire) au cours du transfert entre la source d'irradiation et l'appareil d'essai à distance et du retour pour continuer l'irradiation. Cela minimise les effets post-irradiation liés au temps.

4.9.3 Conditions de polarisation et de charge

Les conditions de polarisation des dispositifs d'essai au cours de l'irradiation ou du recuit accéléré doivent se situer dans les limites de $\pm 10\%$ de celles spécifiées par le plan d'essai. La polarisation appliquée aux dispositifs d'essai doit être choisie pour produire les dommages les plus importants induits par rayonnement ou les dommages du cas le plus défavorable pour l'application prévue, s'ils sont connus. La polarisation spécifiée doit être maintenue sur chaque dispositif conformément au plan d'essai. La polarisation doit être vérifiée immédiatement avant et après irradiation. On doit veiller à choisir la charge de telle manière que l'augmentation de la température de jonction soit minimisée.

4.10 Procédure après irradiation

Sauf spécification contraire, les intervalles de temps suivants doivent être observés:

- a) le temps qui s'écoule entre la fin d'une irradiation et le début des mesures électriques doit être de 1 h maximum;
- b) le temps pour réaliser les mesures électriques et ramener les dispositifs pour une nouvelle irradiation, le cas échéant, doit être compris dans les limites de 2 h suivant la première irradiation.

The pre- and post-irradiation electrical measurements shall be carried out on the same measurement system and the same sequence of measurements shall be maintained for each series of electrical measurements of devices in a test sample. Pulse-type measurements of electrical parameters should be used as appropriate to minimize heating and subsequent annealing effects. Devices which will be subjected to the accelerated annealing testing (see 4.12) may be given a pre-irradiation burn-in to eliminate burn-in related failures.

4.9 Test conditions

The use of in-flux or non in-flux testing shall be specified in the test plan. (This may depend on the intended application for which the data are being obtained.) The use of in-flux testing may help to avoid variations introduced by post-irradiation time dependent effects. However, errors may occur for the situation where a device is irradiated in-flux with static bias, but where the electrical testing conditions require the use of dynamic bias for a significant fraction of the total irradiation period. Non-in-flux testing generally allows for more comprehensive electrical testing, but can be misleading if significant post-irradiation time dependent effects occur.

4.9.1 In-flux testing

Each test device shall be checked for operation within specifications prior to being irradiated. After the entire system is in place for the in-flux radiation test, it shall be checked for proper interconnections, leakage (see 3.4), and noise level. To ensure the proper operation and stability of the test set-up, a control device with known parameter values shall be measured at all operational conditions called for in the test plan. This measurement shall be carried out either before the insertion of test devices or upon completion of the irradiation after removal of the test devices or both.

4.9.2 Remote testing

Unless otherwise specified, the bias shall be removed and the device leads placed in conductive foam (or similarly shorted) during transfer from the irradiation source to a remote tester and back again for further irradiation. This minimizes post-irradiation time-dependent effects.

4.9.3 Bias and loading conditions

Bias conditions for test devices during irradiation or accelerated annealing shall be within $\pm 10\%$ of those specified by the test plan. The bias applied to the test devices shall be selected to produce the greatest radiation induced damage or the worst-case damage for the intended application, if known. The specified bias shall be maintained on each device in accordance with the test plan. Bias shall be checked immediately before and after irradiation. Care shall be taken in selecting the loading such that the rise in the junction temperature is minimized.

4.10 Post-irradiation procedure

Unless otherwise specified, the following time intervals shall be observed:

- a) the time from the end of an irradiation to the start of electrical measurements shall be a maximum of 1 h;
- b) the time to perform the electrical measurements and to return the device for a subsequent irradiation, if any, shall be within 2 h of the end of the prior irradiation.

Pour réduire les effets liés au temps, ces intervalles doivent être aussi courts que possible. L'ordre des mesures des paramètres doit être maintenu constant tout au long des séries d'essais.

4.11 Essai de recuit étendu à température ambiante

Les essais de 4.1 à 4.10 sont connus pour être trop limités pour certains dispositifs dans un environnement de débit de dose très faible (par exemple débits de dose caractéristiques des missions spatiales). L'essai de recuit étendu à température ambiante fournit une estimation des performances d'un dispositif dans un environnement à très faible débit de dose même si l'essai est réalisé à un débit de dose relativement élevé (par exemple, 0,5–3 Gy(Si)/s). Cette procédure consiste à irradier le dispositif selon les étapes de 4.1 à 4.10 et après irradiation à soumettre le dispositif en essai à un recuit à température ambiante pendant une durée appropriée (voir 4.11.2 c) pour permettre aux paramètres liés à la fuite qui peuvent avoir dépassé leur spécification avant irradiation de revenir dans les limites de la spécification. Cette procédure est connue pour conduire à un taux plus élevé d'acceptation de dispositifs dans les cas suivants:

- a) lorsque la défaillance du dispositif suite aux essais 4.1 à 4.10 a été causée par la formation de charge positive piégée dans des oxydes relativement tendres; et
- b) lorsque cette charge positive piégée recuit à taux relativement élevé.

4.11.1 Besoin de réaliser un essai de recuit étendu à température ambiante

Les critères suivants doivent être utilisés pour déterminer si un essai de recuit étendu à température ambiante est approprié.

- a) La procédure est appropriée soit pour les dispositifs MOS, soit pour les dispositifs à technologie bipolaire.
- b) La procédure est appropriée lorsque seules des défaillances paramétriques apparaissent (par opposition à des défaillances fonctionnelles). Les parties prenantes aux essais doivent prendre les mesures appropriées pour déterminer que le dispositif en essai sera soumis à la seule défaillance paramétrique sur toute la plage d'essai de dose ionisante.
- c) La procédure est appropriée lorsque la réponse de recuit naturelle d'un dispositif en essai servira à corriger la part hors spécification de toute réponse paramétrique. De plus, la procédure est connue pour conduire à un taux plus élevé d'acceptation de dispositifs dans les cas où le débit de dose d'irradiation d'application attendu est suffisamment faible pour que le recuit à température ambiante de la charge positive piégée induite par le rayonnement puisse conduire à une amélioration significative du comportement du dispositif. Il convient de considérer comme acceptables pour cette procédure les cas où le débit de dose d'application attendu est inférieur au débit de dose d'essai et inférieur à 0,001 Gy(Si)/s. Les parties prenantes aux essais doivent prendre les mesures appropriées pour déterminer que la technologie en essai peut offrir la réponse de recuit exigée sur toute la plage d'essai de dose ionisante.

4.11.2 Procédure d'essai de recuit étendu à température ambiante

Si le dispositif échoue à l'irradiation et aux essais spécifiés de 4.1 à 4.10, un essai complémentaire de recuit à température ambiante peut être réalisé comme suit.

- a) A la suite de l'irradiation et des essais de 4.1 à 4.10, soumettre le dispositif en essai à un recuit à température ambiante dans les conditions de polarisation statique du cas le plus défavorable. Pour les informations concernant la polarisation du cas le plus défavorable, voir 4.9.3.
- b) L'essai sera réalisé de telle manière que le boîtier du dispositif en essai aura une température de $24\text{ °C} \pm 6\text{ °C}$.

To minimize time dependent effects, these intervals shall be as short as possible. The sequence of parameter measurements shall be maintained constant throughout the tests series.

4.11 Extended room temperature anneal test

The tests of 4.1 through 4.10 are known to be overly conservative for some devices in a very low dose rate environment (e.g. dose rates characteristic of space missions). The extended room temperature anneal test provides an estimate of the performance of a device in a very low dose rate environment even though the testing is performed at a relatively high dose rate (e.g. 0,5–3 Gy(Si)/s). The procedure involves irradiating the device per steps 4.1 through 4.10 and post-irradiation subjecting the device under test to a room temperature anneal for an appropriate period of time (see 4.11.2 c) to allow leakage-related parameters that may have exceeded their pre-irradiation specification to return to within specification. The procedure is known to lead to a higher rate of device acceptance in cases:

- a) where device failure when subjected to the tests in 4.1 through 4.10 has been caused by the buildup of trapped positive charge in relatively soft oxides; and
- b) where this trapped positive charge anneals at a relatively high rate.

4.11.1 Need to perform an extended room temperature anneal test

The following criteria shall be used to determine whether an extended room temperature anneal test is appropriate.

- a) The procedure is appropriate for either MOS or bipolar technology devices.
- b) The procedure is appropriate where only parametric failures (as opposed to functional failure) occurs. The parties to the test shall take appropriate steps to determine that the device under test is subject to only parametric failure over the total ionizing dose testing range.
- c) The procedure is appropriate where the natural annealing response of the device under test will serve to correct the out-of-specification of any parametric response. Further, the procedure is known to lead to a higher rate of device acceptance in cases where the expected application irradiation dose rate is sufficiently low that ambient temperature annealing of the radiation induced trapped positive charge can lead to a significant improvement of device behaviour. Cases where the expected application dose rate is lower than the test dose rate and lower than 0,001 Gy(Si)/s should be considered candidates for the application of this procedure. The parties to the test shall take appropriate steps to determine that the technology under test can provide the required annealing response over the total ionizing dose testing range.

4.11.2 Extended room temperature anneal test procedure

If the device fails the irradiation and testing specified in 4.1 through 4.10, an additional room temperature annealing test may be performed as follows.

- a) Following the irradiation and testing of 4.1 through 4.10, subject the device under test to a room temperature anneal under worst-case static bias conditions. For information on worst case bias see 4.9.3.
- b) The test will be carried out in such a fashion that the case of the device under test will have a temperature within the range $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- c) Lorsque cela est possible, il convient que le recuit à température ambiante continue pendant une durée suffisante pour permettre aux paramètres des dispositifs qui ont dépassé leur spécification pré-irradiation de revenir dans les limites spécifiées ou dans la limite paramétrique post-irradiation (PIPL) telle qu'elle est établie par le fabricant. Cependant, le temps de recuit à température ambiante ne doit pas dépasser $t_{\max}$, où

$$t_{\max} = \frac{D_{\text{spec}}}{R_{\max}}$$

D_{spec} est la spécification de la dose ionisante totale pour la pièce et

$R_{\max}$ le débit de dose maximal pour l'utilisation envisagée.

- d) Soumettre le dispositif en essai aux essais de performances électriques comme spécifié en 4.7 et 4.8. Si le dispositif en essai passe avec succès les essais de performance électrique à la suite du recuit étendu à température ambiante, on doit considérer que cela constitue une performance acceptable pour un environnement à très faible débit de dose, même en ayant échoué auparavant aux essais post-irradiation et électriques de 4.1 à 4.10.

4.12 Essai de recuit accéléré MOS

L'essai de recuit accéléré fournit une estimation du cas le plus défavorable de dégradation des microcircuits MOS dans des environnements à faible débit de dose. La procédure consiste à chauffer le dispositif à la suite de l'irradiation selon des conditions de température, de durée et de polarisation spécifiées. Un essai de recuit accéléré (voir 4.12.2) doit être réalisé pour les cas où les effets liés au temps (TDE) peuvent causer la dégradation significative ou la défaillance d'un dispositif. On ne doit réaliser que les essais normaux tels que spécifiés de 4.1 à 4.10 pour les cas où les TDE sont connus pour ne pas causer de dégradation significative ou de défaillance du dispositif (voir 4.12.1) ou dans les cas où ils n'ont pas besoin d'être pris en compte, comme spécifié en 4.12.1.

4.12.1 Besoin de réalisation d'un essai de recuit accéléré

Les parties prenantes à l'essai doivent prendre les mesures appropriées pour déterminer si l'essai de recuit accéléré est nécessaire. Les critères suivants doivent être utilisés.

- a) Les essais de 4.12.2 doivent être réalisés pour tout type de dispositif ou de circuit qui contient des éléments de circuit MOS (par exemple, des transistors ou des condensateurs).
- b) Les essais TDE peuvent être omis si
 - 1) il est établi que les circuits ne contiennent pas d'éléments MOS de par leur conception, ou
 - 2) la dose ionisante dans l'application, si elle est connue, est inférieure à 50 Gy(Si), ou
 - 3) la durée de vie du dispositif à partir du début de l'irradiation dans l'application prévue, si elle est connue, est courte comparée aux durées des TDE, ou
 - 4) l'essai est réalisé au débit de dose de l'application prévue, ou
 - 5) il a été démontré par des essais de caractérisation que le type de dispositif ou la technologie CI ne présente pas de variations des TDE dans les paramètres de dispositifs supérieurs à l'erreur expérimentale (ou supérieurs à une valeur plafond spécifiée d'une autre façon) et il est démontré que les variables qui affectent la réponse des TDE sont sous contrôle pour les processus spécifiques vendeur.

Au minimum, les essais de caractérisation du point 5) doivent inclure une évaluation des TDE sur les paramètres de temps de propagation, de sortie et de tension minimale de fonctionnement. Un contrôle de processus continu des variables affectant les TDE peut être démontré par des essais d'échantillons de lot de la résistance aux rayonnements des structures d'essai MOS.

- c) Where possible, the room temperature anneal should continue for a length of time great enough to allow device parameters that have exceeded their pre-irradiation specification to return to within specification or post-irradiation parametric limit (PIPL) as established by the manufacturer. However, the time of the room temperature anneal shall not exceed $t_{\max}$, where

$$t_{\max} = \frac{D_{\text{spec}}}{R_{\max}}$$

D_{spec} is the total ionizing dose specification for the part and

$R_{\max}$ is the maximum dose rate for the intended use.

- d) Test the device under test for electrical performance as specified in 4.7 and 4.8. If the device under test passes electrical performance tests following the extended room temperature anneal, this shall be considered acceptable performance for a very low dose rate environment in spite of having previously failed the post-irradiation and electrical tests of 4.1 through 4.10.

4.12 MOS accelerated annealing test

The accelerated annealing test provides an estimate of worst-case degradation of MOS microcircuits in low dose rate environments. The procedure involves heating the device following irradiation at specified temperature, time and bias conditions. An accelerated annealing test (see 4.12.2) shall be performed for cases where time-dependent effects (TDE) can cause a device to degrade significantly or fail. Only standard testing shall be performed as specified in 4.1 through 4.10 for cases where TDE are known not to cause significant device degradation or failure (see 4.12.1) or where they do not need to be considered, as specified in 4.12.1.

4.12.1 Need to perform accelerated annealing test

The parties to the test shall take appropriate steps to determine whether accelerated annealing testing is required. The following criteria shall be used.

- a) The tests called out in 4.12.2 shall be performed for any device or circuit type that contains MOS circuit elements (e.g. transistors or capacitors).
- b) TDE tests may be omitted if
 - 1) circuits are known not to contain MOS elements by design, or
 - 2) the ionizing dose in the application, if known, is below 50 Gy(Si), or
 - 3) the lifetime of the device from the onset of the irradiation in the intended application, if known, is short compared with TDE times, or
 - 4) the test is carried out at the dose rate of the intended application, or
 - 5) the device type or IC technology has been demonstrated via characterization testing not to exhibit TDE changes in device parameters greater than experimental error (or greater than an otherwise specified upper limit) and the variables that affect TDE response are demonstrated to be under control for the specific vendor processes.

At a minimum, the characterization testing in item 5) above shall include an assessment of TDE on propagation delay, output drive, and minimum operating voltage parameters. Continuing process control of variables affecting TDE may be demonstrated through lot sample tests of the radiation hardness of MOS test structures.

- c) Cette norme ne donne pas de lignes directrices concernant le besoin de réaliser des essais de recuit accéléré sur des technologies qui ne comprennent pas d'éléments de circuit MOS.

4.12.2 Procédure pour l'essai de recuit accéléré

Si le dispositif passe avec succès les essais 4.1 à 4.10 ou l'essai 4.11 (si cette dernière procédure est utilisée) au niveau de dose totale ionisante spécifiée dans le plan d'essai ou la spécification de dispositif ou le schéma et si les exclusions de 4.12.1 ne s'appliquent pas, l'essai de recuit accéléré doit être conduit comme suit:

a) Essai augmenté

- 1) Irradier chaque dispositif d'essai 0,5 fois plus que la dose spécifiée en utilisant les conditions d'essai normales (4.1 à 4.10). Noter qu'aucun essai électrique n'est exigé à ce stade.
- 2) L'irradiation complémentaire de 0,5 fois en 4.12.2, point a) 1) peut être omise s'il a été démontré par l'essai de caractérisation que
 - aucun des paramètres de temps de propagation, de sortie et de tension minimale de fonctionnement ne reprend une valeur proche de celle avant irradiation supérieure par rapport à l'essai expérimental de recuit accéléré de 4.12.2, point b), et
 - les polarisations d'irradiation choisies pour les essais d'irradiation et de recuit accéléré correspondent au cas le plus défavorable pour la réponse de ces paramètres pendant le recuit accéléré.

L'essai de caractérisation pour l'établissement des polarisations d'irradiation et de recuit du cas le plus défavorable doit être réalisé au niveau spécifié. L'essai doit comprendre au minimum des expositions séparées avec polarisation d'irradiation statique et dynamique, chacune suivie par la polarisation statique du cas le plus défavorable au cours du recuit accéléré selon 4.12.2, point b).

b) Recuit accéléré

Chauffer chaque dispositif dans les conditions de polarisation statique du cas le plus défavorable dans une enceinte environnementale en respectant l'une des conditions suivantes:

- 1) à $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ pendant $168\text{ h} \pm 12\text{ h}$, ou
- 2) avec une température et une durée alternatives connues d'après l'essai de caractérisation pour provoquer une variation égale ou supérieure du ou des paramètres étudiés, par exemple temps de propagation, sortie et tension minimale de fonctionnement, dans chaque dispositif d'essai comme provoqué par 4.12.2, point b) 1), ou
- 3) avec une température et une durée alternatives qui causeront un recuit de trou piégé $>60\%$ et un recuit d'état d'interface $<10\%$ selon détermination par l'essai de caractérisation des transistors d'essai NMOS du même processus. Il doit être démontré que la réponse en rayonnements des transistors d'essai représente celle du dispositif en essai.

c) Essais électriques

A la suite du recuit accéléré, les mesures des essais électriques doivent être réalisées comme spécifié en 4.8 et 4.9.

4.13 Rapport d'essai

Au minimum, le rapport doit comporter le numéro de type, le numéro de série, le nom du fabricant, le type de boîtier, la spécification de contrôle, le code date et tout autre numéro d'identification fourni par le fabricant.