

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Semiconductor devices – Flexible and stretchable semiconductor devices –
Part 2: Evaluation method for electron mobility, sub-threshold swing, and
threshold voltage of flexible devices**

**Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs à semiconducteurs souples et
extensibles –**

**Partie 2: Méthode d'évaluation pour la mobilité des électrons, la pente en régime
de sous-seuil et la tension de seuil des dispositifs souples**



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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 – Flexible and stretchable semiconductor devices –
Part 2: Evaluation method for electron mobility, sub-threshold swing, and
threshold voltage of flexible devices**

**Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs à semiconducteurs souples et
extensibles –**

**Partie 2: Méthode d'évaluation pour la mobilité des électrons, la pente en régime
de sous-seuil et la tension de seuil des dispositifs souples**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.080.99

ISBN 978-2-8322-6817-9

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 method	6
4.1 General.....	6
4.2 Test of electrical characteristics before bending.....	7
4.3 Test of electrical characteristics under bending.....	8
4.4 Test report.....	9
Bibliography.....	10
Figure 1 – Procedure for measurement of flexible thin-film transistor	7
Figure 2 – Schematic circuit diagram of the test.....	8
Figure 3 – Configuration for the TFT bending test	9

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62951-2:2019

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SEMICONDUCTOR DEVICES –
FLEXIBLE AND STRETCHABLE SEMICONDUCTOR DEVICES –****Part 2: Evaluation method for electron mobility, sub-threshold swing, and
threshold voltage of flexible 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 62951-2 has been prepared by IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

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

FDIS	Report on voting
47/2541/FDIS	47/2564/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 62951 series, published under the general title *Semiconductor devices – Flexible and stretchable semiconductor devices*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62951-2:2019

SEMICONDUCTOR DEVICES – FLEXIBLE AND STRETCHABLE SEMICONDUCTOR DEVICES –

Part 2: Evaluation method for electron mobility, sub-threshold swing, and threshold voltage of flexible devices

1 Scope

This part of IEC 62951 specifies terms, definitions, symbols, configurations and evaluation methods that can be used to evaluate and determine the performance characteristics of flexible thin-film transistor (TFT) devices. This document specifies test methods and characteristic parameters for accurately evaluating the performance and reliability in practical use of flexible TFT devices under the bending status.

2 Normative references

There are no normative references in this document.

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

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>

3.1

flexible thin-film transistor

flexible TFT

thin-film transistor fabricated on mechanically flexible substrates such as polymers and metal foils

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.2

mobility

<of an electron> quantity equal to the quotient of the modulus of the mean velocity of a charge carrier (electron) in the direction of an electric field by the modulus of the field strength

[SOURCE: IEC 60050-521:2002, 521-02-58, modified — "electron" has been added.]

3.3

sub-threshold swing

S

parameter for quantifying how sharply the transistor is turned off by the gate voltage, defined by the following formula

$$s = \ln(10) \frac{kT}{q} \left(1 + \frac{C_d}{C_{ox}} \right)$$

where C_d and C_{ox} represent depletion layer capacitance and gate-oxide capacitance, respectively

3.4

threshold voltage

gate-source voltage at which the magnitude of the drain current reaches a specified low value

[SOURCE: IEC 60050-521:2002, 521-07-24]

3.5

gate voltage

V_{GS}

voltage between gate and source

3.6

drain voltage

V_{DS}

voltage between drain and source

3.7

drain current

I_{DS}

current between drain and source

3.8

transconductance

g_m

ratio of the increment in the drain current to a corresponding incremental change of the gate-source voltage with the drain-source voltage held constant

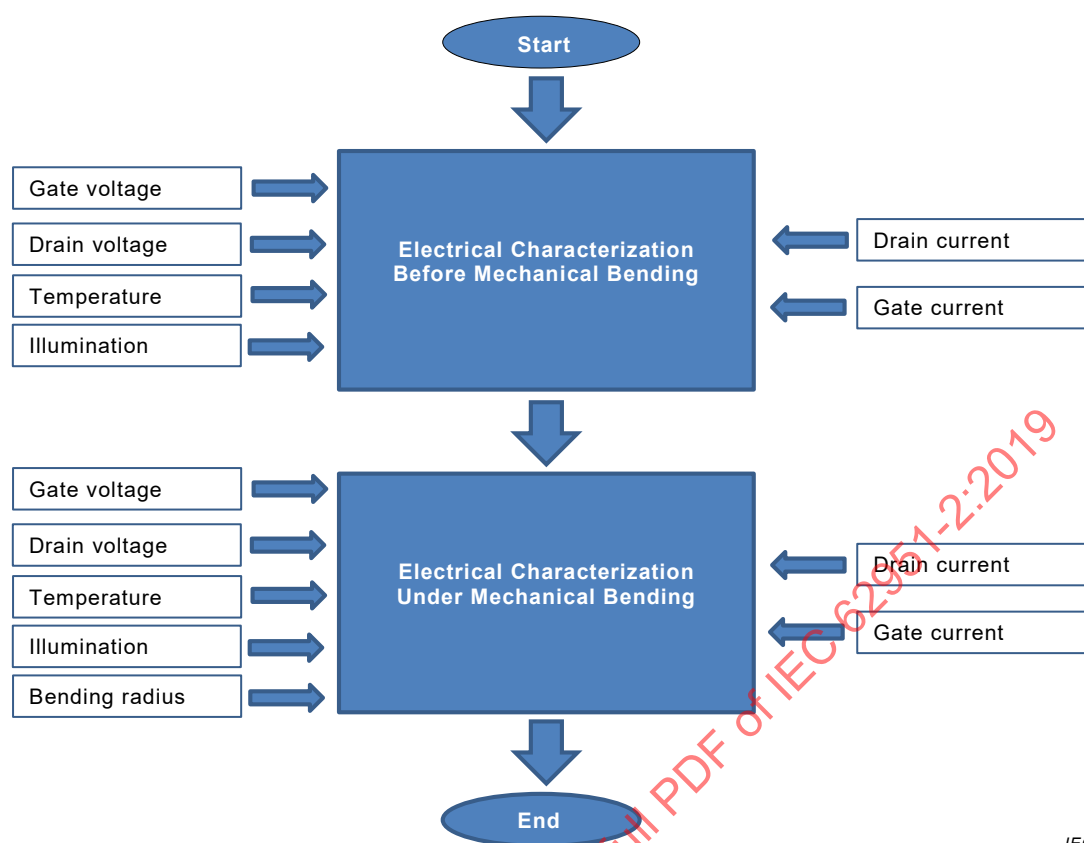
[SOURCE: IEC 60050-521:2002, 521-07-25]

4 Test method

4.1 General

To investigate the reliability of the flexible TFTs, bending tests are performed as follows (see Figure 1):

- a) prior to any bending, the electrical characteristics of the TFTs are measured;
- b) under the mechanical bending state, the electrical characteristics of the TFTs are re-measured as shown in Figure 3.



IEC

Figure 1 – Procedure for measurement of flexible thin-film transistor

4.2 Test of electrical characteristics before bending

The stability test of a flexible TFT is carried out using four kinds of biased evaluation. The negative-bias-stress (NBS) test is carried out with a V_{GS} of -20 V at a fixed V_{DS} of 10 V under dark and the substrate temperature is maintained at 20 °C and 60 °C. The negative-bias-illumination-stress (NBIS) test is carried out with a V_{GS} of -20 V at a fixed V_{DS} of 10 V under illumination with a white light-emitting diode of 300 cd/m² brightness and the substrate temperature is maintained at 20 °C and 60 °C. The positive-bias-stress (PBS) test is carried out with a V_{GS} of $+20$ V at a fixed V_{DS} of $0,1$ V under dark and the substrate temperature is maintained at 20 °C and 60 °C. The positive-bias-illumination-stress (PBIS) test is carried out with a V_{GS} of $+20$ V at a fixed V_{DS} of $0,1$ V under illumination with a white light-emitting diode of 300 cd/m² brightness and the substrate temperature is maintained at 20 °C and 60 °C.

In the test procedure, the drain current is measured at room temperature by sweeping the gate voltage from -30 V to 30 V, at a fixed drain voltage of $0,1$ V. Afterwards, the device stability tests are performed for 3 h. The field-effect mobility shall be calculated using Formula (1). The mobility is extracted from the linear-regime transconductance g_m at the low drain voltage of $0,1$ V as follows:

$$\mu_{FE} = \frac{g_m}{C_{ox}(W/L)V_{DS}} \quad (1)$$

where, L and W are the channel length and width, respectively. The sub-threshold swing shall be obtained using the slope of transfer curves in the sub-threshold regime by application of Formula (2).

$$S = \left(\frac{\partial \log I_{DS}}{\partial V_{GS}} \right)^{-1} \quad (2)$$

Threshold voltage shall also be determined by plotting $(I_{DS})^{1/2}$ versus V_{GS} and extrapolating the curve to zero drain current. The on/off ratio is estimated from the transfer curves by calculating the ratio between the maximal on-current (at $V_{GS} = 30$ V) and the minimal off-current. Finally the gate leakage current shall be obtained measuring the gate-to-source current at 30 V of the gate voltage applied. A schematic circuit diagram is shown in Figure 2.

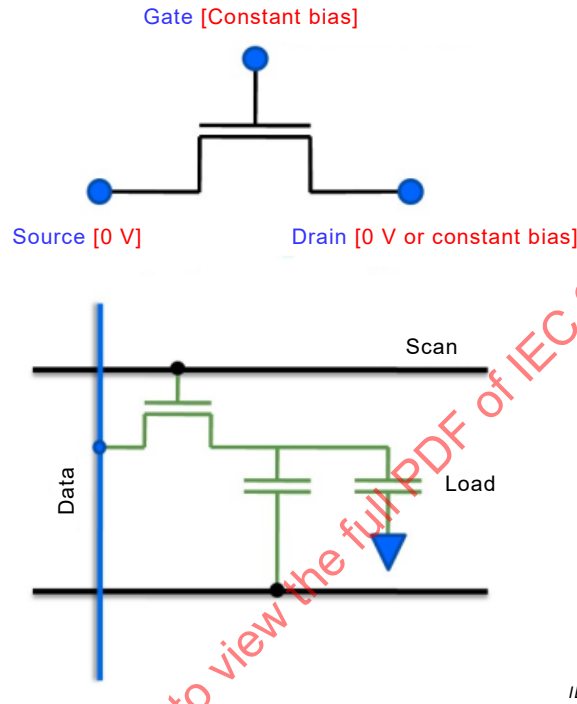


Figure 2 – Schematic circuit diagram of the test

4.3 Test of electrical characteristics under bending

To characterize the effects of mechanical stress on flexible TFTs, strain is applied on the TFTs by bending the device convexly (i.e., inducing a tensile strain on the active devices) or concavely (i.e., inducing a compressive strain on the active devices) with varied radius of curvature R as shown in Figure 3. The bending direction is parallel or perpendicular to the drain-to-source current path. The TFTs are first bent to the maximum R for 1 min and then released to the flat state and are measured. This test cycle is repeated at decreasing R down to the minimum R . After each mechanical bending, the TFT on-current, the off-current and the gate leakage current are monitored.

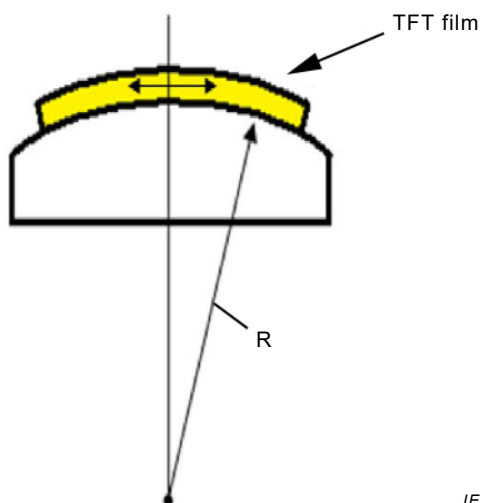


Figure 3 – Configuration for the TFT bending test

In the bended state, all bending radii (R) are converted to percent strain (ε) using Formula (3)

$$\varepsilon = \frac{d_T + d_S}{2 \times R} \quad (3)$$

Where, d_T and d_S are the corresponding thicknesses of the TFT stack and the flexible substrate. Simple mechanical fatigue testing is performed by putting the flexible TFTs through repeated bending (i.e., at constant R) and flattening up to 50 000 times. The substrate temperature is maintained at 20 °C and 60 °C. The TFTs are periodically measured while flat without removal from the bending apparatus.

The four kinds of test shall proceed under the bending state. To obtain the results of negative-bias-stress under the bending state (i.e., at different R), the NBS stability test is carried out with a V_{GS} of -20 V at a fixed V_{DS} of 10 V under dark, and the substrate temperature is maintained at 20 °C and 60 °C. The test of negative-bias-illumination-stress under the bending state is carried out with a V_{GS} of -20 V at a fixed V_{DS} of 10 V under illumination with a white light-emitting diode of 300 cd/m² brightness, and the substrate temperature is maintained at 20 °C and 60 °C. Under the mechanical bending state, the positive-bias-stress stability test is carried out with a V_{GS} of +20 V at a fixed V_{DS} of 0,1 V under dark and the substrate temperature is maintained at 20 °C and 60 °C. The value of positive-bias-illumination-stress under the bending state stability test is also carried out with a V_{GS} of +20 V at a fixed V_{DS} of 0,1 V under illumination with a white light-emitting diode of 300 cd/m² brightness, and the substrate temperature is maintained at 20 °C and 60 °C.

4.4 Test report

The test report shall include the following elements:

- a) reference to IEC 62951-2;
- b) the layer materials including gate, insulator, active, source and drain of the tested device;
- c) test conditions:
 - illumination, in test case of NBIS and PBIS;
 - gate and drain voltage;
 - drain current;
 - time under bending state;
 - bending radius of the tested device;
 - ambient temperature.
- d) test results:
 - threshold voltage;
 - sub-threshold swing.

Bibliography

IEC 60050-521, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 521: Semiconductor devices and integrated circuits* (available at <http://www.electropedia.org>)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62951-2:2019

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62951-2:2019

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	13
1 Domaine d'application	15
2 Références normatives	15
3 Termes et définitions	15
4 Méthode d'essai	16
4.1 Généralités	16
4.2 Essai des caractéristiques électriques avant courbure	17
4.3 Essai des caractéristiques électriques avec courbure	18
4.4 Rapport d'essai	19
Bibliographie.....	21
Figure 1 – Procédure de mesurage d'un transistor en couche mince souple.....	17
Figure 2 – Représentation schématique du circuit pour l'essai	18
Figure 3 – Configuration pour l'essai de courbure du TFT	19

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62951-2:2019

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS SOUPLES ET EXTENSIBLES –

Partie 2: Méthode d'évaluation pour la mobilité des électrons, la pente en régime de sous-seuil et la tension de seuil des dispositifs souples

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 62951-2 a été établie par le comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs.

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

FDIS	Rapport de vote
47/2541/FDIS	47/2564/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 62951, publiées sous le titre général *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs à semiconducteurs souples et extensibles*, 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.

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 – DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS SOUPLES ET EXTENSIBLES –

Partie 2: Méthode d'évaluation pour la mobilité des électrons, la pente en régime de sous-seuil et la tension de seuil des dispositifs souples

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62951 spécifie les termes, définitions, symboles, configurations et méthodes d'évaluation pouvant être utilisés pour évaluer et déterminer les caractéristiques de performance des dispositifs à transistors en couche mince (TFT) souples. Le présent document spécifie les méthodes d'essai et les paramètres caractéristiques permettant d'évaluer précisément, dans le cadre d'une utilisation pratique, la performance et la fiabilité des dispositifs TFT souples soumis à une contrainte de courbure.

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

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>

3.1

transistor en couche mince souple TFT souple

transistor en couche mince basé sur des substrats mécaniquement souples, tels que des polymères ou des feuilles métalliques

Note 1 à l'article: Le terme abrégé «TFT» est dérivé du terme anglais développé correspondant «thin film transistor».

3.2

mobilité

<d'un électron> grandeur égale au quotient du module de la vitesse moyenne d'un porteur de charge (électron) dans la direction d'un champ électrique par le module de ce champ

[SOURCE: IEC 60050-521:2002, 521-02-58, modifié — Ajout du qualificatif «électron» dans la définition.]

3.3

pente en régime de sous-seuil

S

paramètre permettant de quantifier la soudaineté selon laquelle le transistor est éteint par la tension de grille, défini par la formule suivante:

$$s = \ln(10) \frac{kT}{q} \left(1 + \frac{C_d}{C_{ox}}\right)$$

où C_d et C_{ox} désignent respectivement la capacité de la couche d'appauvrissement et la capacité de l'oxyde de grille

3.4

tension de seuil

tension grille-source pour laquelle l'amplitude du courant de drain atteint une valeur spécifiée, faible

[SOURCE: IEC 60050-521:2002, 521-07-24]

3.5

tension de grille

V_{GS}

tension entre la grille et la source

3.6

tension de drain

V_{DS}

tension entre le drain et la source

3.7

courant de drain

I_{DS}

courant entre le drain et la source

3.8

transconductance

g_m

rapport de l'accroissement du courant de drain à l'accroissement correspondant de la tension grille-source, la tension drain-source étant maintenue constante

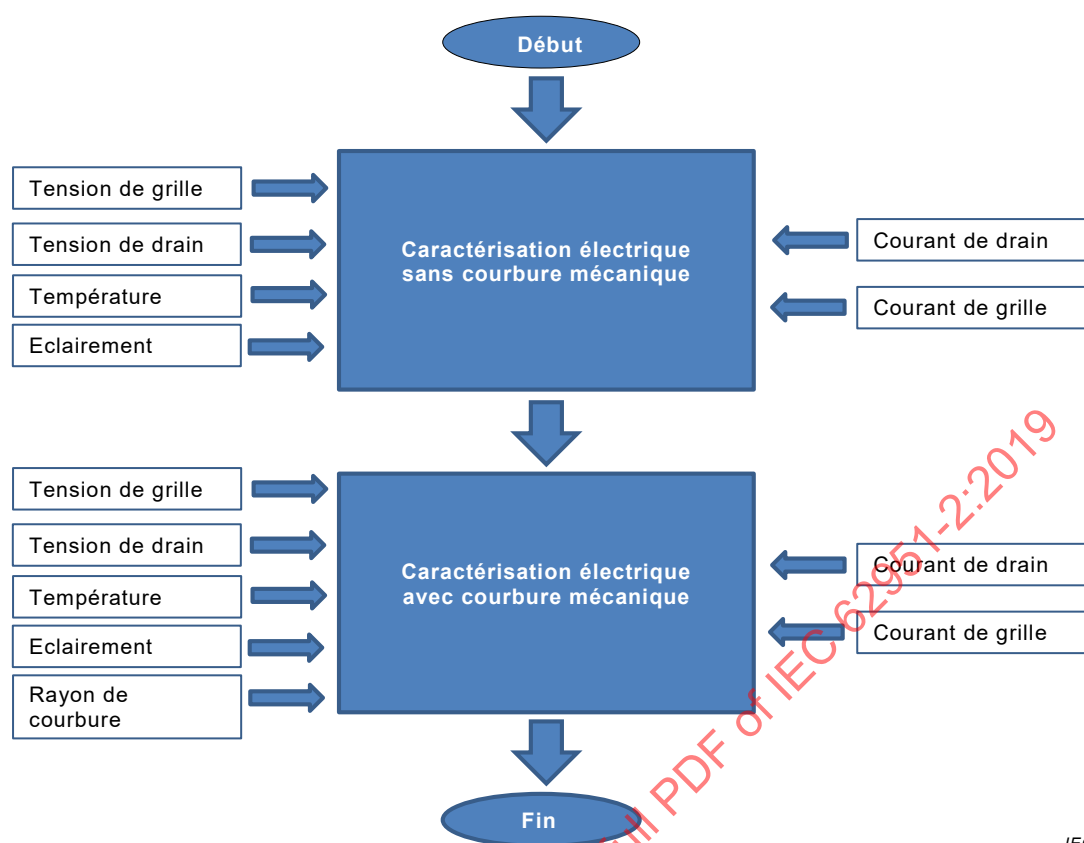
[SOURCE: IEC 60050-521:2002, 521-07-25]

4 Méthode d'essai

4.1 Généralités

Pour étudier la fiabilité des TFT souples, des essais de courbure sont réalisés comme suit (voir la Figure 1):

- a) les caractéristiques électriques des TFT sont mesurées avant d'exercer une quelconque contrainte de courbure;
- b) les caractéristiques électriques des TFT sont mesurées à nouveau une fois que la contrainte de courbure est exercée, comme représenté à la Figure 3.



IEC

Figure 1 – Procédure de mesurage d'un transistor en couche mince souple

4.2 Essai des caractéristiques électriques avant courbure

L'essai de stabilité d'un TFT souple est réalisé en utilisant quatre types d'évaluation par polarisation. L'essai de contrainte par polarisation négative (NBS – *negative-bias-stress*) est réalisé à une tension V_{GS} de -20 V, à une tension V_{DS} fixe de 10 V, dans l'obscurité, et la température du substrat est maintenue à 20 °C et à 60 °C. L'essai de contrainte par éclaircissement à polarisation négative (NBIS – *negative-bias-illumination-stress*) est réalisé à une tension V_{GS} de -20 V, à une tension V_{DS} fixe de 10 V, avec éclaircissement via une diode électroluminescente blanche présentant une luminosité de 300 cd/m², et la température du substrat est maintenue à 20 °C et à 60 °C. L'essai de contrainte par polarisation positive (PBS – *positive-bias-stress*) est réalisé à une tension V_{GS} de $+20$ V, à une tension V_{DS} fixe de $0,1$ V, dans l'obscurité, et la température du substrat est maintenue à 20 °C et à 60 °C. L'essai de contrainte par éclaircissement à polarisation positive (PBIS – *positive-bias-illumination-stress*) est réalisé à une tension V_{GS} de $+20$ V, à une tension V_{DS} fixe de $0,1$ V, avec éclaircissement via une diode électroluminescente blanche présentant une luminosité de 300 cd/m², et la température du substrat est maintenue à 20 °C et à 60 °C.

Dans la procédure d'essai, le courant de drain est mesuré à température ambiante en faisant varier la tension de grille sur une plage allant de -30 V à 30 V, à une tension de drain fixe de $0,1$ V. Les essais de stabilité du dispositif sont ensuite réalisés pendant 3 h. La mobilité d'effet de champ doit être calculée en appliquant la Formule (1). La mobilité est extraite de la transconductance en régime linéaire g_m à la tension de drain basse de $0,1$ V:

$$\mu_{FE} = \frac{g_m}{C_{ox}(W/L)V_{DS}} \quad (1)$$

où L et W désignent respectivement la longueur et la largeur du canal. La pente en régime de sous-seuil doit être obtenue en utilisant la pente des courbes de transfert dans le régime de sous-seuil, en appliquant la Formule (2).

$$S = \left(\frac{\partial \log I_{DS}}{\partial V_{GS}} \right)^{-1} \quad (2)$$

La tension de seuil doit également être déterminée en traçant $(I_{DS})^{1/2}$ en fonction de V_{GS} , et en extrapolant la courbe jusqu'à une valeur de courant de drain nulle. Le rapport activation/désactivation est estimé à partir des courbes de transfert en calculant le rapport entre le courant maximal, c'est-à-dire le courant d'activation (à $V_{GS} = 30$ V), et le courant minimal, c'est-à-dire le courant de désactivation. Enfin, le courant de fuite de grille doit être obtenu en mesurant le courant grille-source à 30 V de la tension de grille appliquée. La représentation schématique du circuit est donnée à la Figure 2.

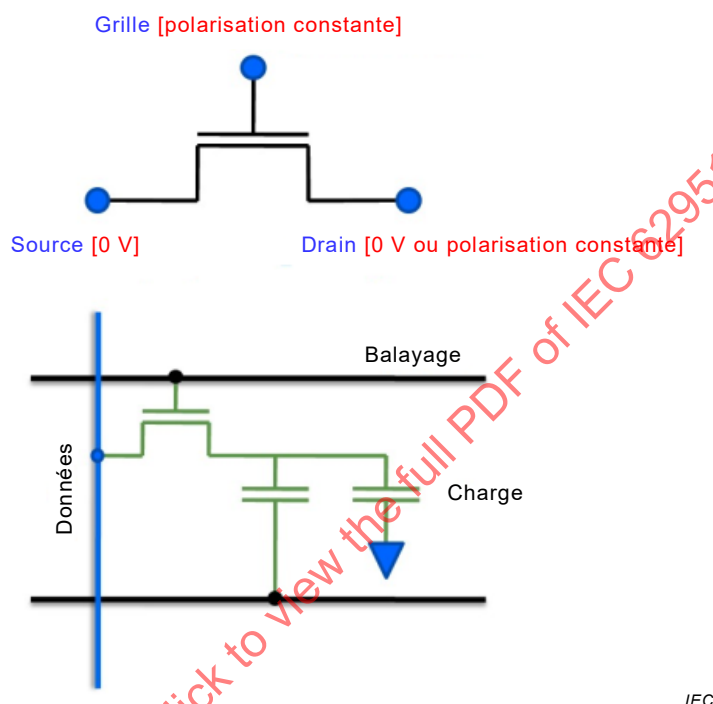


Figure 2 – Représentation schématique du circuit pour l'essai

4.3 Essai des caractéristiques électriques avec courbure

Pour caractériser les effets de la contrainte mécanique sur les TFT souples, une déformation est appliquée aux TFT en courbant le dispositif de manière convexe (c'est-à-dire en exerçant une déformation de traction sur les dispositifs actifs) ou concave (c'est-à-dire en exerçant une déformation de compression sur les dispositifs actifs), selon un rayon de courbure R variable, comme représenté à la Figure 3. La direction de courbure est soit parallèle, soit perpendiculaire au trajet conducteur drain-source. Les TFT sont d'abord soumis à une contrainte de courbure à la valeur maximale de R pendant 1 min, puis sont dégagés de la contrainte pour revenir à leur position de repos, et ils sont alors mesurés. Ce cycle d'essai est répété en diminuant progressivement R jusqu'à atteindre sa valeur minimale. Après chaque courbure mécanique, le courant d'activation, le courant de désactivation et le courant de fuite de grille du TFT sont surveillés.