

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Semiconductor devices – Mobile ion tests for metal-oxide semiconductor field effect transistors (MOSFETs)

Dispositifs à semiconducteurs – Essais d'ions mobiles pour transistors à semiconducteur à oxyde métallique à effet de champ (MOSFETs)



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2010 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: 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 corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC 62417

Edition 1.0 2010-04

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Semiconductor devices – Mobile ion tests for metal-oxide semiconductor field effect transistors (MOSFETs)

Dispositifs à semiconducteurs – Essais d'ions mobiles pour transistors à semiconducteur à oxyde métallique à effet de champ (MOSFETs)

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

H

ICS 31.080

ISBN 978-2-88910-696-7

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope.....	5
2 Abbreviations and letter symbols	5
3 General description	5
4 Test equipment.....	6
5 Test structures	6
6 Sample size.....	6
7 Conditions	6
8 Procedure	7
8.1 Bias temperature stress.....	7
8.2 Voltage sweep.....	7
9 Criteria	7
10 Reporting	8

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SEMICONDUCTOR DEVICES – MOBILE ION TESTS FOR METAL-OXIDE SEMICONDUCTOR FIELD EFFECT TRANSISTORS (MOSFETs)

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 62417 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
47/2042/FDIS	47/2049/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 the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

SEMICONDUCTOR DEVICES – MOBILE ION TESTS FOR METAL-OXIDE SEMICONDUCTOR FIELD EFFECT TRANSISTORS (MOSFETs)

1 Scope

This present standard provides a wafer level test procedure to determine the amount of positive mobile charge in oxide layers in metal-oxide semiconductor field effect transistors. It is applicable to both active and parasitic field effect transistors. The mobile charge can cause degradation of microelectronic devices, e.g. by shifting the threshold voltage of MOSFETs or by inversion of the base in bipolar transistors.

2 Abbreviations and letter symbols

This standard uses the following abbreviations and letter symbols:

CV test	capacitance-voltage measurement
HFCV test	high frequency capacitance-voltage measurement
V_g	gate voltage
t_{ox}	oxide thickness
I_{ds}	drain-source current
V_{dd}	positive power supply voltage
$V_{dd,max}$	maximum supply voltage
V_t	transistor threshold voltage
$V_{t,initial}$	the absolute value of the threshold voltage before the test
V_{supply}	the absolute value of the supply voltage
ϵ_{ox}	dielectric constant of the oxide

3 General description

The stress applied is on test structures at an elevated temperature where mobile ions can overcome the energy barriers at the interfaces and the ion mobility in the oxide is sufficiently high. Two test methods are described in this document.

- Bias temperature stress (BTS)
- Voltage sweep (VS).

The bias temperature stress test is done on transistors. The threshold voltage is determined from an $I_{ds} - V_{gs}$ measurement at room temperature on fresh structures. The threshold voltage is defined as the gate voltage needed to force a fixed drain current through the transistor. Then, a positive gate stress is applied at a high temperature, to sweep the mobile ions towards the substrate. After the stress the test structure is cooled to room temperature with the bias still applied. A second $I_{ds} - V_{gs}$ curve is measured at room temperature. The sequence is completed with a negative gate stress at high temperature followed by an $I_{ds} - V_{gs}$ measurement at room temperature. Mobile charge causes a shift in the $I_{ds} - V_{gs}$ curve. The distance over which the curve is shifted is a measure of the amount of mobile charge in the insulator.

Edge effects of the transistor structure can be taken into account by applying a negative gate bias for 2 minutes duration at the elevated temperature prior to the BTS measurement.

NOTE Mobile charge in dielectric layers above a large area polysilicon or metal-plate cannot be detected, because there is no electric field which drives the ions towards the underlying oxide. To overcome this problem special edge sensitive test structures can be used, that have a large edge/area value, e.g. structures with fingers.

The voltage sweep measurements are done on capacitors. A quasi-static C-V curve is measured and compared with a low-frequency C-V curve. The ionic displacement current, which appears as a peak in the quasi-static C-V curve, is indicative of the mobile ion concentration.

4 Test equipment

The hot chuck shall be capable of maintaining a temperature of 250 °C. A capacitance (LCR) meter is needed for HFCV measurements and quasi-static C-V measurements. A pA-meter is needed for low-frequency C-V (typical frequency = 1 kHz) measurements. The frequency for low-frequency C-V measurements may differ from 1 kHz as long as the accumulation and inversion capacitances differ no more than 10 %.

5 Test structures

The test structures for bias temperature stress are transistors and, for voltage sweep, capacitors are used. The minimum area $A_{\min}$ of this capacitor is calculated from the voltage sweep rate dV/dt and the lowest measurable current $I_{\min}$ (determined by the resolution of the test equipment) according to the following equation:

$$A_{\min} = \frac{I_{\min} \cdot t_{ox}}{\epsilon_{ox} \cdot \epsilon_0 \cdot dV/dt} \quad (1)$$

where

ϵ_0 is the permittivity of vacuum.

6 Sample size

The recommended sample size is 5.

7 Conditions

The electric field during stress is as follows:

$\pm 1,0$ MV/cm with a minimum of (operating voltage +10 %) for gate oxide;

$\pm 0,2$ MV/cm for polysilicon gates on field oxide;

$\pm 0,3$ MV/cm for metal gates on field oxide.

The electric field is calculated as V_g/t_{ox} .

8 Procedure

8.1 Bias temperature stress

The test structures are subsequently subjected to the following procedures:

- measure the first $I_{ds} - V_{gs}$ (or HFCV) characteristic at room temperature;
- apply a positive gate bias to collect mobile ions at the silicon/oxide interface;
- ramp the temperature to 250 °C;
- hold 5 min;
- ramp down to room temperature;
- remove bias;
- measure the second $I_{ds} - V_{gs}$ (or HFCV) characteristic;
- apply a negative gate bias to collect mobile ions at the gate/oxide interface;
- ramp the temperature to 250 °C;
- hold 5 min;
- ramp down to room temperature;
- remove bias;
- measure the third $I_{ds} - V_{gs}$ (or HFCV) characteristic.

$I_{ds} - V_{gs}$ characteristics may be measured at 250 °C (fast tests). HFCV and $I_{ds} - V_{gs}$ measurements shall be started with the polarity used in the preceding high temperature stress.

NOTE Reporting of correlation data is required if the stress temperature deviates from 250 °C by more than 10 °C.

8.2 Voltage sweep

The device temperature is 250 °C. The start/stop values of the gate bias are calculated from the oxide thickness, so that the maximum electric field is ± 1 MV/cm. The stress field is ± 1 MV/cm.

The capacitors are subsequently subjected to

- a positive gate stress of 1 MV/cm for 5 seconds duration to collect mobile ions at the silicon/oxide interface,
- a low-frequency C-V measurement,
- a positive gate stress of 1 MV/cm for a period of 20 s,
- a quasi-static C-V measurement with a negative gate voltage ramp of 100 mV/s.

The electric field is defined as V_g/t_{ox} .

For thick oxides the electric field is limited by the supply voltage of the equipment. The values for the stress field and the start/stop values may then be reduced, but shall be at least 2×10^5 V/cm.

NOTE Reporting of correlation data is required if the temperature deviates from 250 °C by more than 10 °C.

9 Criteria

The shift in the threshold voltage shall be less than

- $0,02 \times V_{dd,max}$ with a minimum value of 100 mV for gate oxides, where $V_{dd,max}$ is the maximum voltage difference between V_{dd} pins and ground;

- $V_{t,initial} - 1,5 \times V_{supply}$ for polysilicon and metal gates on field oxide, where $V_{t,initial}$ is the absolute value of the threshold voltage before the test, and V_{supply} is the absolute value of the supply voltage. If $V_{t,initial} - 1,5 \times V_{supply} \leq 0$, then the shift shall be less than $V_{dd}/10$.

Typical values for the observed shifts are less than 10 mV for gate oxides, less than 1 V for polysilicon gates on field oxide, and less than 3 V for metal gates on field oxides.

If I/O-pins are subjected to a voltage higher than the supply voltage in any production components, then this value shall be used to determine the maximum shift for field oxide structures.

For bias temperature stress the shift in the threshold voltage in the second and third $I_{ds} - V_{gs}$ with respect to the first $I_{ds} - V_{gs}$ curve (or the shift of the flat band voltage for capacitor measurements) shall be less than the maximum allowed threshold voltage shift defined above.

For voltage sweep the maximum allowed mobile ion density (in cm^{-2}) can be calculated from

$$N_{max} = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_{ox} \cdot \Delta V_t}{q \cdot t_{ox}} \quad (2)$$

where

ΔV_t is the maximum threshold voltage shift defined above, and

ϵ_0 is the permittivity of vacuum.

The mobile ion density is given by $N_m = Q_m/(Axq)$, where q is the elementary electronic charge, and A is the area of the capacitor. The total amount of mobile charge Q_m in the insulator equals the area of the peak in the quasi-static C-V curve. This area is found by subtracting the low-frequency C-V curve from the quasi-static C-V curve.

10 Reporting

The sample size, the maximum allowed threshold voltage shift, the test results and any deviations from the given conditions shall be reported.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	11
1 Domaine d'application	13
2 Abréviations et symboles littéraux	13
3 Description générale	13
4 Equipement d'essai	14
5 Structures d'essai	14
6 Taille d'échantillon.....	14
7 Conditions	14
8 Procédure	15
8.1 Contrainte de température de polarisation	15
8.2 Balayage de tension.....	15
9 Critères	16
10 Comptes rendus	16

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –
ESSAIS D'IONS MOBILES POUR TRANSISTORS
À SEMICONDUCTEUR À OXYDE MÉTALLIQUE
À EFFET DE CHAMP (MOSFETs)**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI 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 62417 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
47/2042/FDIS	47/2049/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 la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – ESSAIS D'IONS MOBILES POUR TRANSISTORS À SEMICONDUCTEUR À OXYDE MÉTALLIQUE À EFFET DE CHAMP (MOSFETs)

1 Domaine d'application

La présente norme fournit une procédure d'essai au niveau de la plaquette pour déterminer la quantité de charge positive mobile à l'intérieur des couches d'oxyde dans les transistors à semiconducteur à oxyde métallique à effet de champ. Elle s'applique aux deux transistors à effets parasites et effets actifs. La charge mobile peut causer des dégradations des dispositifs microélectroniques, par exemple en décalant la tension de seuil des MOSFETs ou par inversion de la base dans les transistors bipolaires.

2 Abréviations et symboles littéraux

Cette norme utilise les abréviations et les symboles littéraux suivants

Essai CV	mesure capacité-tension
Essais HFCV	mesure capacité-tension à haute fréquence
V_g	tension de grille
T_{ox}	épaisseur d'oxyde
I_{ds}	courant drain-source
V_{dd}	tension d'alimentation positive
$V_{dd,max}$	tension d'alimentation maximale
V_t	tension de seuil du transistor
$V_{tinitial}$	valeur absolue de la tension de seuil avant l'essai
$V_{alimentation}$	valeur absolue de la tension d'alimentation
ϵ_{ox}	constante diélectrique de l'oxyde

3 Description générale

La contrainte est appliquée sur les structures en essai à une température élevée à laquelle les ions mobiles peuvent traverser les barrières énergétiques au niveau des interfaces et à laquelle la mobilité des ions dans l'oxyde est suffisamment importante. Ce document décrit deux méthodes d'essai.

- Contrainte de température de polarisation (BTS)¹
- Balayage de tension (VS)².

L'essai de contrainte de température de polarisation est effectué sur les transistors. La tension de seuil est déterminée à partir de la mesure de $I_{ds} - V_{gs}$ à température ambiante sur des structures nouvelles. La tension de seuil est définie comme la tension de grille nécessaire pour forcer un courant de drain fixé à traverser le transistor. Une contrainte de grille positive est appliquée à une température élevée pour évacuer les ions mobiles vers le substrat. Après application de la contrainte, la structure en essai est ramenée à température ambiante tout en

¹ BTS = *Bias Temperature Stress*.

² VS = *Voltage Sweep*.

continuant à appliquer la polarisation. Une deuxième courbe $I_{ds} - V_{gs}$ est mesurée à température ambiante. La séquence d'essai se termine par une contrainte de grille négative à température élevée suivie d'une mesure de $I_{ds} - V_{gs}$ à température ambiante. La charge mobile produit un décalage dans la courbe $I_{ds} - V_{gs}$. La distance sur laquelle la courbe est décalée donne une mesure de la quantité de charge mobile à l'intérieur de l'isolant.

Les effets de bord de la structure du transistor peuvent être pris en compte en appliquant une polarisation de grille négative pendant 2 minutes à une température élevée avant la mesure BTS.

NOTE La charge mobile à l'intérieur des couches diélectriques au-dessus d'une plaque en polysilicium ou métallique de grande taille ne peut pas être détectée car il n'y a pas de champ électrique qui entraîne les ions vers l'oxyde sous-jacent. Pour surmonter ce problème, il est possible d'utiliser des structures d'essai spéciales sensibles sur les bords qui présentent une valeur bord/surface élevée, par exemple des structures avec des doigts.

Les mesures de balayage de tension sont réalisées sur des condensateurs. Une courbe C-V quasi-statique est mesurée et comparée avec une courbe C-V à basse fréquence. Le courant de déplacement ionique qui apparaît comme un pic dans la courbe C-V quasi-statique donne une indication de la concentration en ions mobiles.

4 Equipement d'essai

Le plateau chauffant doit être capable de maintenir une température de 250 °C. Un capacimètre (LCR) est nécessaire pour réaliser les mesures HFCV et les mesures C-V quasi-statiques. Un appareil de mesure-pA est nécessaire pour les mesures C-V à basse fréquence (fréquence type = 1 kHz). La fréquence pour les mesures C-V à basse fréquence peut présenter un écart de 1 kHz tant que les capacités d'accumulation et d'inversion ne diffèrent pas de plus de 10 %.

5 Structures d'essai

Les structures d'essai pour la contrainte de température de polarisation sont des transistors, et des condensateurs sont utilisés pour le balayage de tension. La surface minimale A_{min} de ce condensateur est calculée à partir de la vitesse de balayage de tension dV/dt et du courant mesurable le plus faible I_{min} (déterminé par la résolution de l'équipement d'essai) conformément à:

$$A_{min} = \frac{I_{min} \cdot t_{ox}}{\epsilon_{ox} \cdot \epsilon_0 \cdot dV/dt} \quad (1)$$

où

ϵ_0 est la permittivité du vide.

6 Taille d'échantillon

La taille recommandée pour l'échantillon est 5.

7 Conditions

Le champ électrique appliqué au cours de la contrainte est de:

$\pm 1,0$ MV/cm avec un minimum de (tension de fonctionnement +10 %) pour l'oxyde de grille

$\pm 0,2$ MV/cm pour les grilles en polysilicium sur l'oxyde de champ

$\pm 0,3$ MV/cm pour les grilles métalliques sur l'oxyde de champ.

Le champ électrique est calculé comme V_g/t_{ox} .

8 Procédure

8.1 Contrainte de température de polarisation

Les structures d'essai subissent successivement les étapes suivantes:

- mesurer la première caractéristique $I_{ds} - V_{gs}$ (ou HFCV) à température ambiante;
- appliquer une polarisation de grille positive pour collecter les ions mobiles au niveau de l'interface silicium/oxyde;
- porter la température à 250 °C;
- la maintenir pendant 5 minutes;
- ramener à température ambiante;
- mettre fin à la polarisation;
- mesurer la deuxième caractéristique $I_{ds} - V_{gs}$ (ou HFCV);
- appliquer une polarisation de grille négative pour collecter les ions mobiles au niveau de l'interface grille/oxyde;
- porter la température à 250 °C;
- la maintenir pendant 5 minutes;
- ramener à température ambiante;
- mettre fin à la polarisation;
- mesurer la troisième caractéristique $I_{ds} - V_{gs}$ (ou HFCV).

Les caractéristiques $I_{ds} - V_{gs}$ peuvent être mesurées à 250 °C (essais rapides). Les mesures de HFCV et de $I_{ds} - V_{gs}$ doivent démarrer avec la polarité utilisée pour la contrainte de température élevée précédente.

NOTE Il est exigé de consigner les données de corrélation si la température de contrainte s'écarte de 250 °C dans une proportion supérieure à 10 °C.

8.2 Balayage de tension

La température du dispositif est de 250 °C. Les valeurs de démarrage/d'arrêt de la polarisation de grille sont calculées à partir de l'épaisseur d'oxyde, de manière à ce que le champ électrique maximal soit de ± 1 MV/cm. Le champ de contrainte est de ± 1 MV/cm.

Les condensateurs sont ensuite soumis à

- une contrainte de grille positive de 1 MV/cm pendant 5 secondes pour collecter les ions mobiles au niveau de l'interface silicium/oxyde,
- une mesure C-V à basse fréquence,
- une contrainte de grille positive de 1 MV/cm pendant une durée de 20 secondes,
- une mesure C-V quasi-statique avec une augmentation de la tension de grille négative de 100 mV/s.

Le champ électrique est défini comme V_g/t_{ox} .

Pour les oxydes épais, le champ électrique est limité par la tension d'alimentation de l'équipement. Les valeurs pour le champ de contrainte et les valeurs de démarrage/d'arrêt peuvent ensuite être réduites, mais elles doivent au moins être de 2×10^5 V/cm.

NOTE Il est exigé de consigner les données de corrélation si la température s'écarte de 250 °C dans une proportion supérieure à 10 °C.

9 Critères

Le décalage de la tension de seuil doit être inférieur à:

- $0,02 \times V_{dd,max}$ avec une valeur minimale de 100 mV pour les oxydes de grille, où $V_{dd,max}$ est la différence maximale de tension entre les broches V_{dd} et la terre.
- $V_{t,initial} - 1,5 \times V_{alimentation}$ pour les grilles en poly-silicium et métalliques sur l'oxyde de champ, lorsque $V_{t,initial}$ est la valeur absolue de la tension de seuil avant l'essai et $V_{alimentation}$ la valeur absolue de la tension d'alimentation. Si $V_{t,initial} - 1,5 \times V_{alimentation} \leq 0$ alors le décalage doit être inférieur à $V_{dd}/10$.

Les valeurs types des décalages observés sont inférieures à 10 mV pour les oxydes de grille, inférieures à 1 V pour les grilles en polysilicium sur l'oxyde de champ, et inférieures à 3 V pour les grilles métalliques sur les oxydes de champ.

Si les broches E/S sont soumises à une tension supérieure à la tension d'alimentation dans un composant de production quel qu'il soit, alors cette valeur doit être utilisée pour déterminer le décalage maximal pour les structures d'oxyde de champ.

Pour la contrainte de température de polarisation, le décalage de la tension de seuil dans la deuxième et la troisième courbe $I_{ds} - V_{gs}$, en tenant compte du fait que la première courbe $I_{ds} - V_{gs}$ (ou le décalage de la tension de bande plate pour les mesures des condensateurs) doit être inférieure à la tension de seuil maximale définie ci-dessus.

Pour le balayage de tension triangulaire, la densité maximale autorisée d'ions mobiles (en cm^{-2}) peut être calculée à partir de

$$N_{max} = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_{ox} \cdot \Delta V_t}{q \cdot t_{ox}} \quad (2)$$

où

ΔV_t est le décalage maximal de la tension de seuil défini ci-dessus, et

ϵ_0 est la permittivité du vide.

La densité d'ions mobiles est donnée par $N_m = Q_m/(Axq)$, où q est la charge électronique élémentaire et A est la surface du condensateur. La quantité totale de charge mobile Q_m dans l'isolant est égale à la zone du pic dans la courbe C-V quasi-statique. Cette surface est obtenue en déduisant la courbe C-V à basse fréquence de la courbe C-V quasi-statique.

10 Comptes rendus

La taille de l'échantillon, le décalage maximal autorisé de la tension de seuil, les résultats d'essai et tout écart par rapport aux conditions données doivent être consignés.

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch