

Semiconductor devices - Time Dependent Dielectric Breakdown (TDDB) test for gate dielectric films

Semiconductor devices - Time Dependent Dielectric
Breakdown (TDDB) test for gate dielectric films

EESTI STANDARDI EESSÕNA

NATIONAL FOREWORD

Käesolev Eesti standard EVS-EN 62374:2007 sisaldab Euroopa standardi EN 62374:2007 ingliskeelset teksti. Käesolev dokument on jõustatud 23.11.2007 ja selle kohta on avaldatud teade Eesti standardiorganisatsiooni ametlikus väljaandes. Standard on kättesaadav Eesti standardiorganisatsioonist.	This Estonian standard EVS-EN 62374:2007 consists of the English text of the European standard EN 62374:2007. This document is endorsed on 23.11.2007 with the notification being published in the official publication of the Estonian national standardisation organisation. The standard is available from Estonian standardisation organisation.
--	---

Käsitlusala: This International Standard provides a test method of Time Dependent Dielectric Breakdown (TDDB) for gate dielectric films on semiconductor devices and a product lifetime estimation method of TDDB failure.	Scope: This International Standard provides a test method of Time Dependent Dielectric Breakdown (TDDB) for gate dielectric films on semiconductor devices and a product lifetime estimation method of TDDB failure.
---	---

ICS 31.080

Võtmesõnad:

**Semiconductor devices -
Time Dependent Dielectric Breakdown (TDDB) test
for gate dielectric films
(IEC 62374:2007)**

Dispositifs à semiconductors -
Essai de rupture diélectrique
en fonction du temps (TDDB)
pour films diélectriques de grille
(CEI 62374:2007)

Halbleiterbauelemente -
Prüfung des zeitabhängigen
dielektrischen Durchbruchs (TDDB)
für dielektrische Gate-Schichten
(IEC 62374:2007)

This European Standard was approved by CENELEC on 2007-10-01. CENELEC members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration.

Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the Central Secretariat or to any CENELEC member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CENELEC member into its own language and notified to the Central Secretariat has the same status as the official versions.

CENELEC members are the national electrotechnical committees of Austria, Belgium, Bulgaria, Cyprus, the Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, the Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland and the United Kingdom.

CENELEC

European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung

Central Secretariat: rue de Stassart 35, B - 1050 Brussels

Foreword

The text of document 47/1894/FDIS, future edition 1 of IEC 62374, prepared by IEC TC 47, Semiconductor devices, was submitted to the IEC-CENELEC parallel vote and was approved by CENELEC as EN 62374 on 2007-10-01.

The following dates were fixed:

- latest date by which the EN has to be implemented
at national level by publication of an identical
national standard or by endorsement (dop) 2008-07-01
- latest date by which the national standards conflicting
with the EN have to be withdrawn (dow) 2010-10-01

Endorsement notice

The text of the International Standard IEC 62374:2007 was approved by CENELEC as a European Standard without any modification.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62374

Première édition
First edition
2007-03

**Dispositifs à semiconducteurs –
Essai de rupture diélectrique en fonction du
temps (TDDB) pour films diélectriques de grille**

**Semiconductor devices –
Time dependent dielectric breakdown
(TDDB) test for gate dielectric films**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 62374:2007

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 (www.iec.ch/searchpub) 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 (www.iec.ch/online_news/justpub) 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 (www.iec.ch/searchpub) 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 (www.iec.ch/online_news/justpub) 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**

62374

Première édition
First edition
2007-03

**Dispositifs à semiconducteurs –
Essai de rupture diélectrique en fonction du
temps (TDDB) pour films diélectriques de grille**

**Semiconductor devices –
Time dependent dielectric breakdown
(TDDB) test for gate dielectric films**

© IEC 2007 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

S

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
1 Domaine d'application	8
2 Termes et définitions	8
3 Matériel d'essai	12
4 Echantillons d'essai	12
4.1 Généralités	12
4.2 Structure d'essai: structure de condensateur	12
4.3 Surface	14
5 Procédures	14
5.1 Généralités	14
5.2 Essai préalable	18
5.3 Conditions d'essai	18
5.4 Critères	18
6 Estimation de durée de vie	24
6.1 Généralités	24
6.2 Modèle d'accélération	24
6.3 Procédure de l'estimation de la durée de vie	28
7 Dépendance de la durée de vie par rapport à la surface de l'oxyde de grille	34
Annex A (informative) Condition d'essai de détermination supplémentaire et analyse des données	36
Bibliographie	42
Figure 1 – Organigramme d'essai de méthode de contrainte de tension constante	16
Figure 2 – Exemple type d'application de la méthode de variance pour la détection du claquage	22
Figure 3 – Diagramme de temps représentant la mise en oeuvre de la technique d'interruption de contrainte pour contrôler la modification de SILC (t_{init} doit être <1% de la valeur escomptée de t_{bd})	24
Figure 4 – Ajustement en graphique de la distribution de Weibull/log-normale (Weibull est recommandée)	30
Figure 5 – Procédure d'estimation du facteur d'accélération électrique	32
Figure 6 – Procédure d'estimation de l'énergie d'activation	32
Figure A.1 – Dépendance en tension de la durée de vie pour le TDDB	36
Figure A.2 – Chaque composant tracé en fonction de V_{OX}	40

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	9
2 Terms and definitions	9
3 Test equipment.....	13
4 Test samples.....	13
4.1 General.....	13
4.2 Test structure: capacitor structure	13
4.3 Area	15
5 Procedures.....	15
5.1 General.....	15
5.2 Pre-test.....	19
5.3 Test conditions.....	19
5.4 Criteria.....	19
6 Lifetime estimation	25
6.1 General.....	25
6.2 Acceleration model.....	25
6.3 A procedure for a lifetime estimation	29
7 Lifetime dependence on gate oxide area	35
Annex A (informative) Supplementary determining test condition and data analysis	37
Bibliography.....	43
Figure 1 – Test flow diagram of constant voltage stress method	17
Figure 2– Typical example of implementing the variance method for detecting breakdown	23
Figure 3 – Timing diagram showing the implementation of the stress interruption technique for monitoring the change in SILC (t_{init} shall be <1 % of the anticipated t_{bd})	25
Figure 4– Graph fitted Weibull/Lognormal distribution (Weibull is recommended).....	31
Figure 5 – Estimate procedure of electric acceleration factor	33
Figure 6 – Estimation procedure of activation energy.....	33
Figure A.1 – Voltage dependence of lifetime for TDDB.....	37
Figure A.2 – Each component plotted as a function of V_{OX}	41

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –

ESSAI DE RUPTURE DIÉLECTRIQUE EN FONCTION DU TEMPS (Tddb) POUR FILMS DIÉLECTRIQUES DE GRILLE

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 n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 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 62374 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
47/1894/FDIS	47/1896/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.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SEMICONDUCTOR DEVICES –

TIME DEPENDENT DIELECTRIC BREAKDOWN (TDDB) TEST
FOR GATE DIELECTRIC FILMS

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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 62374 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
47/1894/FDIS	47/1896/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.

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result 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.

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –

ESSAI DE RUPTURE DIÉLECTRIQUE EN FONCTION DU TEMPS (TDDb) POUR FILMS DIÉLECTRIQUES DE GRILLE

1 Domaine d'application

Cette norme décrit une méthode d'essai de la rupture diélectrique en fonction du temps (TDDb) pour films diélectriques de grille des dispositifs à semiconducteurs et une méthode d'estimation de la durée de vie de produit en présence d'une défaillance de type TDDb.

2 Termes et définitions

Pour les besoins de ce document, les termes et définitions suivants s'appliquent:

2.1 champ électrique d'oxyde (intensité)

E_{ox}
défini comme la tension d'oxyde divisée par l'épaisseur d'oxyde.

NOTE

$$E_{ox} = V_{ox}/t_{ox} \quad (1)$$

où

E_{ox} (MV/cm) est le champ électrique d'oxyde;

V_{ox} est la tension d'oxyde;

t_{ox} est l'épaisseur d'oxyde.

Il faut que t_{ox} soit déterminé par une méthode solidement documentée (méthode de mesure physique par microscopie électronique à balayage (SEM), microscopie électronique à transmission (TEM) ou analyse de capacité-tension (CV)). Il est important de noter que la tension appliquée n'est pas nécessairement la tension traversant l'oxyde. Les oxydes ultra-minces montrent des effets de confinement quantique et des effets de déplétion de l'électrode de grille qui diminuent efficacement la tension à travers l'oxyde. Il faut que la méthode pour déterminer t_{ox} ou une référence à des normes documentées soit incorporée dans le rapport des données.

2.2 courant de fuite d'oxyde de grille

I_g
courant de fuite circulant dans la borne de grille d'un transistor à grille isolée à effet de champ

NOTE Le symbole littéral " I_g " est couramment utilisé pour le courant de fuite de grille.

2.3 courant de fuite d'oxyde de grille initial

I_{g0}
courant de fuite circulant dans la borne de grille d'une grille isolée par oxyde lorsqu'une tension d'utilisation est appliquée avant l'application de la tension de contrainte ou du champ électrique de contrainte

SEMICONDUCTOR DEVICES –

TIME DEPENDENT DIELECTRIC BREAKDOWN (TDDB) TEST FOR GATE DIELECTRIC FILMS

1 Scope

This International Standard provides a test method of Time Dependent Dielectric Breakdown (TDDB) for gate dielectric films on semiconductor devices and a product lifetime estimation method of TDDB failure.

2 Terms and definitions

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

2.1 oxide electric field (strength)

E_{ox}

defined as oxide voltage divided by oxide thickness.

NOTE

$$E_{ox} = V_{ox}/t_{ox} \quad (1)$$

where

E_{ox} (MV/cm) is the oxide electric field;

V_{ox} is the oxide voltage;

t_{ox} is the oxide thickness.

t_{ox} must be determined by a consistent, documented method (physical measurement method by Scanning Electron Microscope (SEM), Transmission Electron Microscope (TEM) or Capacitance-Voltage (CV) analysis). It is important to point out that the applied voltage is not necessarily the voltage across the oxide. Ultra-thin oxides exhibit quantum confinement effects and gate electrode depletion effects effectively reducing the voltage across the oxide. The method of determining t_{ox} or a reference to the documented standard must be included in the data report.

2.2 gate oxide leakage current

I_g

the leakage current flowing in the gate terminal of an insulated-gate field-effect transistor

NOTE The letter symbol " I_g " is in common use for the gate leakage current.

2.3 initial gate oxide leakage current

I_{g0}

leakage current flowing in the gate terminal of an oxide insulated-gate when a use voltage is applied before stress voltage or stress electric field is applied