IEC 60749-28

Edition 2.0 2022-03
REDLINE VERSION

INTERNATIONAL STANDARD

colour inside

Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 28: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing – Charged device model (CDM) – device level

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

ICS 31.080.01

ISBN 978-2-8322-1086-7

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission

CONTENTS

FOREWORD 6
INTRODUCTION 8
1 Scope 9
2 Normative references 9
3 Terms and definitions 9
4 Required equipment 10
4.1 CDM ESD tester 10
4.1.1 General 10
4.1.2 Current-sensing element 11
4.1.3 Ground plane 12
4.1.4 Field plate/field plate dielectric layer 12
4.1.5 Charging resistor 12
4.2 Waveform measurement equipment 12
4.2.1 General 12
4.2.2 Cable assemblies 12
4.2.3 Equipment for high-bandwidth waveform measurement 12
4.2.4 Equipment for 1,0 GHz waveform measurement 12
4.3 Verification modules (metal discs) 13
4.4 Capacitance meter 13
4.5 Ohmmeter 13
5 Periodic tester qualification, waveform records, and waveform verification requirements 13
5.1 Overview of required CDM tester evaluations 13
5.2 Waveform capture hardware 13
5.3 Waveform capture setup 13
5.4 Waveform capture procedure 14
5.5 CDM tester qualification/requalification procedure 14
5.5.1 CDM tester qualification/requalification procedure 14
5.5.2 Conditions requiring CDM tester qualification/requalification 15
5.5.3 1 GHz oscilloscope correlation with high bandwidth oscilloscope 15
5.6 CDM tester quarterly and routine waveform verification procedure 15
5.6.1 Quarterly waveform verification procedure 15
5.6.2 Routine waveform verification procedure 15
5.7 Waveform characteristics 16
5.8 Documentation 17
5.9 Procedure for evaluating full CDM tester charging of a device 17
6 CDM ESD testing requirements and procedures 18
6.1 ~~Device handling~~ Tester and device preparation 18
6.2 Test requirements 18
6.2.1 Test temperature and humidity 18
6.2.2 Device test 18
6.3 Test procedures 19
6.4 CDM test recording / reporting guidelines 19
6.4.1 CDM test recording 19
6.4.2 CDM Reporting Guidelines 19
6.5 Testing of Devices in Small Packages 19

7 CDM classification criteria 20
Annex A (normative) Verification module (metal disc) specifications and cleaning guidelines for verification modules and testers 21
A.1 Tester verification modules and field plate dielectric 21
A.2 Care of verification modules 21
Annex B (normative) Capacitance measurement of verification modules (metal discs) sitting on a tester field plate dielectric 22
Annex C (normative) Testing of small package integrated circuits and discrete semiconductors (ICDS) 23
C.1 Testing rationale 23
C.2 Procedure for Determining C_{small} 23
C.3 ICDS Technology requirements 24
Annex D (informative) CDM test hardware and metrology improvements 25
Annex E (informative) CDM tester electrical schematic 27
Annex F (informative) Sample oscilloscope setup and waveform 28
F.1 General 28
F.2 Settings for the 1 GHz bandwidth oscilloscope 28
F.3 Settings for the high-bandwidth oscilloscope 28
F.4 Setup 28
F.5 Sample waveforms from a 1 GHz oscilloscope 28
F.6 Sample waveforms from an 8 GHz oscilloscope 29
Annex G (informative) Field-induced CDM tester discharge procedures 31
G.1 General 31
G.2 Single discharge procedure 31
G.3 Dual discharge procedure 31
Annex H (informative) Waveform verification procedures 33
H.1 Factor/offset adjustment method 33
H.2 Software voltage adjustment method 36
H.3 Example parameter recording tables 38
Annex I (informative) Determining the appropriate charge delay for full charging of a large module or device 40
I.1 General 40
I.2 Procedure for charge delay determination 40
Annex J (informative) Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing direct contact charged device model (DC-CDM) 42
J.1 General 42
J.2 Standard test module 42
J.3 Test equipment (CDM simulator) 42
J.3.1 Test equipment design 42
J.3.2 DUT (device under test) support 43
J.3.3 Metal bar/board 43
J.3.4 Equipment setup 43
J.4 Verification of test equipment 44
J.4.1 General description of verification test equipment 44
J.4.2 Instruments for measurement 45
J.4.3 Verification of test equipment, using a current probe 46
J.5 Test procedure 47
J.5.1 Initial measurement 47

J.5.2 Tests 47
J.5.3 Intermediate and final measurement 48
J.6 Failure criteria 48
J.7 Classification criteria 48
J.8 Summary 48
Bibliography 49

Figure 1 – Simplified CDM tester hardware schematic 11
Figure 2 – CDM characteristic waveform and parameters 17
Figure E.1 – Simplified CDM tester electrical schematic 27
Figure F.1 – 1 GHz TC 500, small verification module 29
Figure F.2 – 1 GHz TC 500, large verification module 29
Figure F.3 – 8 GHz TC 500, small verification module (oscilloscope adjusts for attenuation) 30
Figure F.4 – GHz TC 500, large verification module (oscilloscope adjusts for attenuation) 30
Figure G.1 – Single discharge procedure (field charging, I_{CDM} Pulse, and slow discharge) 31
Figure G.2 – Dual discharge procedure (field charging, 1st I_{CDM} pulse, no field, 2nd I_{CDM} pulse) 32
Figure H.1 – An example of a waveform verification flow for qualification and quarterly checks using the factor/offset adjustment method 34
Figure H.2 – An example of a waveform verification flow for the routine checks using the factor/offset adjustment method 35
Figure H.3 – Example of average I_{peak} for the large verification module – high bandwidth oscilloscope 36
Figure H.4 – An example of a waveform verification flow for qualification and quarterly checks using the software voltage adjustment method 37
Figure H.5 – An example of a waveform verification flow for the routine checks using the software voltage adjustment method 38
Figure I.1 – An example characterization of charge delay vs. I_p 41
Figure J.1 – Examples of discharge circuit where the discharge is caused by closing the switch 43
Figure J.2 – Verification test equipment for measuring the discharge current flowing to the metal bar/board from the standard test module 44
Figure J.3 – Current waveform 45
Figure J.4 – Measurement circuit for verification method using a current probe 46

Table 1 – CDM waveform characteristics for a 1 GHz bandwidth oscilloscope 16
Table 2 – CDM waveform characteristics for a high-bandwidth (≥ 6 GHz) oscilloscope 16
Table 3 – CDM ESDS device classification levels 20
Table A.1 – Specification for CDM tester verification modules (metal discs) 21
Table H.1 – Example waveform parameter recording table for the factor/offset adjustment method 39
Table H.2 – Example waveform parameter recording table for the software voltage adjustment method 39
Table J.1 – Dimensions of the standard test modules 42

Table J.2 – Specified current waveform 45
Table J.3 – Range of peak current I_{p1} for test equipment 45
Table J.4 – Specification of peak current I_{p1} for the current probe verification method 47

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

SEMICONDUCTOR DEVICES – MECHANICAL AND CLIMATIC TEST METHODS –

Part 28: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing – Charged device model (CDM) – device level

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.

This redline version of the official IEC Standard allows the user to identify the changes made to the previous edition IEC 60749-28:2017. A vertical bar appears in the margin wherever a change has been made. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text.

IEC 60749-28 has been prepared by IEC technical committee 47: Semiconductor devices, in collaboration with IEC technical committee 101: Electrostatics. It is an International Standard.

ANSI/ESDA/JEDEC JS-002-2018 has served as a basis for the elaboration of this standard. It is used with permission of the copyright holders, ESD Association and JEDEC Solid state Technology Association. ANSI/ESDA/JEDEC JS-002-2018 describes the field-induced (FI) method. An alternative, the direct contact (DC) method (not based on JS-002-2018), is described in Annex J.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2017. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

a) a new subclause and annex relating to the problems associated with CDM testing of integrated circuits and discrete semiconductors in very small packages;
b) changes to clarify cleaning of devices and testers.

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

Draft	Report on voting
47/2746/FDIS	47/2754/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

A list of all parts in the IEC 60749 series, published under the general title *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this 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.

INTRODUCTION

The earliest electrostatic discharge (ESD) test models and standards simulate a charged object approaching a device and discharging through the device. The most common example is IEC 60749-26, the human body model (HBM). However, with the increasing use of automated device handling systems, another potentially destructive discharge mechanism, the charged device model (CDM), becomes increasingly important. In the CDM, a device itself becomes charged (e.g. by sliding on a surface (tribocharging) or by electric field induction) and is rapidly discharged (by an ESD event) as it closely approaches a conductive object. A critical feature of the CDM is the metal-metal discharge, which results in a very rapid transfer of charge through an air breakdown arc. The CDM test method also simulates metal-metal discharges arising from other similar scenarios, such as the discharging of charged metal objects to devices at different potential.

Accurately quantifying and reproducing this fast metal-metal discharge event is very difficult, if not impossible, due to the limitations of the measuring equipment and its influence on the discharge event. The CDM discharge is generally completed in a few nanoseconds, and peak currents of tens of amperes have been observed. The peak current into the device will vary considerably depending on a large number of factors, including package type and parasitics. The typical failure mechanism observed in MOS devices for the CDM model is dielectric damage, although other damage has been noted.

The CDM charge voltage sensitivity of a given device is package dependent. For example, the same integrated circuit (IC) in a small area package can be less susceptible to CDM damage at a given voltage compared to that same IC in a package of the same type with a larger area. It has been shown that CDM damage susceptibility correlates better to peak current levels than charge voltage.

SEMICONDUCTOR DEVICES – MECHANICAL AND CLIMATIC TEST METHODS –

Part 28: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing – Charged device model (CDM) – device level

1 Scope

This part of IEC 60749 establishes the procedure for testing, evaluating, and classifying devices and microcircuits according to their susceptibility (sensitivity) to damage or degradation by exposure to a defined field-induced charged device model (CDM) electrostatic discharge (ESD). All packaged semiconductor devices, thin film circuits, surface acoustic wave (SAW) devices, opto-electronic devices, hybrid integrated circuits (HICs), and multi-chip modules (MCMs) containing any of these devices are to be evaluated according to this document. To perform the tests, the devices are assembled into a package similar to that expected in the final application. This CDM document does not apply to socketed discharge model testers. This document describes the field-induced (FI) method. An alternative, the direct contact (DC) method, is described in Annex J.

The purpose of this document is to establish a test method that will replicate CDM failures and provide reliable, repeatable CDM ESD test results from tester to tester, regardless of device type. Repeatable data will allow accurate classifications and comparisons of CDM ESD sensitivity levels.

2 Normative references

There are no normative references in this document.

IEC 60749-28

Edition 2.0 2022-03

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 28: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing – Charged device model (CDM) – device level

Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 28: Essai de sensibilité aux décharges électrostatiques (DES) – Modèle de dispositif chargé (CDM) – niveau du dispositif



IEC 60749-28:2022-03(en-fr)

CONTENTS

FOREWORD 6
INTRODUCTION 8
1 Scope 9
2 Normative references 9
3 Terms and definitions 9
4 Required equipment 10
4.1 CDM ESD tester 10
4.1.1 General 10
4.1.2 Current-sensing element 11
4.1.3 Ground plane 11
4.1.4 Field plate/field plate dielectric layer 11
4.1.5 Charging resistor 11
4.2 Waveform measurement equipment 12
4.2.1 General 12
4.2.2 Cable assemblies 12
4.2.3 Equipment for high-bandwidth waveform measurement 12
4.2.4 Equipment for 1,0 GHz waveform measurement 12
4.3 Verification modules (metal discs) 12
4.4 Capacitance meter 12
4.5 Ohmmeter 12
5 Periodic tester qualification, waveform records, and waveform verification requirements 13
5.1 Overview of required CDM tester evaluations 13
5.2 Waveform capture hardware 13
5.3 Waveform capture setup 13
5.4 Waveform capture procedure 13
5.5 CDM tester qualification/requalification procedure 14
5.5.1 CDM tester qualification/requalification procedure 14
5.5.2 Conditions requiring CDM tester qualification/requalification 14
5.5.3 1 GHz oscilloscope correlation with high bandwidth oscilloscope 14
5.6 CDM tester quarterly and routine waveform verification procedure 15
5.6.1 Quarterly waveform verification procedure 15
5.6.2 Routine waveform verification procedure 15
5.7 Waveform characteristics 15
5.8 Documentation 17
5.9 Procedure for evaluating full CDM tester charging of a device 17
6 CDM ESD testing requirements and procedures 18
6.1 Tester and device preparation 18
6.2 Test requirements 18
6.2.1 Test temperature and humidity 18
6.2.2 Device test 18
6.3 Test procedures 19
6.4 CDM test recording / reporting guidelines 19
6.4.1 CDM test recording 19
6.4.2 CDM Reporting Guidelines 19
6.5 Testing of Devices in Small Packages 19

7 CDM classification criteria 20
Annex A (normative) Verification module (metal disc) specifications and cleaning guidelines for verification modules and testers 21
A.1 Tester verification modules and field plate dielectric 21
A.2 Care of verification modules 21
Annex B (normative) Capacitance measurement of verification modules (metal discs) sitting on a tester field plate dielectric 22
Annex C (normative) Testing of small package integrated circuits and discrete semiconductors (ICDS) 23
C.1 Testing rationale 23
C.2 Procedure for Determining C_{small} 23
C.3 ICDS Technology requirements 24
Annex D (informative) CDM test hardware and metrology improvements 25
Annex E (informative) CDM tester electrical schematic 27
Annex F (informative) Sample oscilloscope setup and waveform 28
F.1 General 28
F.2 Settings for the 1 GHz bandwidth oscilloscope 28
F.3 Settings for the high-bandwidth oscilloscope 28
F.4 Setup 28
F.5 Sample waveforms from a 1 GHz oscilloscope 28
F.6 Sample waveforms from an 8 GHz oscilloscope 29
Annex G (informative) Field-induced CDM tester discharge procedures 31
G.1 General 31
G.2 Single discharge procedure 31
G.3 Dual discharge procedure 31
Annex H (informative) Waveform verification procedures 33
H.1 Factor/offset adjustment method 33
H.2 Software voltage adjustment method 36
H.3 Example parameter recording tables 38
Annex I (informative) Determining the appropriate charge delay for full charging of a large module or device 40
I.1 General 40
I.2 Procedure for charge delay determination 40
Annex J (informative) Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing direct contact charged device model (DC-CDM) 42
J.1 General 42
J.2 Standard test module 42
J.3 Test equipment (CDM simulator) 42
J.3.1 Test equipment design 42
J.3.2 DUT (device under test) support 43
J.3.3 Metal bar/board 43
J.3.4 Equipment setup 43
J.4 Verification of test equipment 44
J.4.1 General description of verification test equipment 44
J.4.2 Instruments for measurement 45
J.4.3 Verification of test equipment, using a current probe 45
J.5 Test procedure 46
J.5.1 Initial measurement 46

J.5.2 Tests 47
J.5.3 Intermediate and final measurement 47
J.6 Failure criteria 47
J.7 Classification criteria 47
J.8 Summary 47
Bibliography 49

Figure 1 – Simplified CDM tester hardware schematic 11
Figure 2 – CDM characteristic waveform and parameters 17
Figure E.1 – Simplified CDM tester electrical schematic 27
Figure F.1 – 1 GHz TC 500, small verification module 29
Figure F.2 – 1 GHz TC 500, large verification module 29
Figure F.3 – 8 GHz TC 500, small verification module (oscilloscope adjusts for attenuation) 30
Figure F.4 – GHz TC 500, large verification module (oscilloscope adjusts for attenuation) 30
Figure G.1 – Single discharge procedure (field charging, I_{CDM} Pulse, and slow discharge) 31
Figure G.2 – Dual discharge procedure (field charging, 1st I_{CDM} pulse, no field, 2nd I_{CDM} pulse) 32
Figure H.1 – An example of a waveform verification flow for qualification and quarterly checks using the factor/offset adjustment method 34
Figure H.2 – An example of a waveform verification flow for the routine checks using the factor/offset adjustment method 35
Figure H.3 – Example of average I_{peak} for the large verification module – high bandwidth oscilloscope 36
Figure H.4 – An example of a waveform verification flow for qualification and quarterly checks using the software voltage adjustment method 37
Figure H.5 – An example of a waveform verification flow for the routine checks using the software voltage adjustment method 38
Figure I.1 – An example characterization of charge delay vs. I_p 41
Figure J.1 – Examples of discharge circuit where the discharge is caused by closing the switch 43
Figure J.2 – Verification test equipment for measuring the discharge current flowing to the metal bar/board from the standard test module 44
Figure J.3 – Current waveform 44
Figure J.4 – Measurement circuit for verification method using a current probe 46

Table 1 – CDM waveform characteristics for a 1 GHz bandwidth oscilloscope 16
Table 2 – CDM waveform characteristics for a high-bandwidth (≥ 6 GHz) oscilloscope 16
Table 3 – CDM ESDS device classification levels 20
Table A.1 – Specification for CDM tester verification modules (metal discs) 21
Table H.1 – Example waveform parameter recording table for the factor/offset adjustment method 39
Table H.2 – Example waveform parameter recording table for the software voltage adjustment method 39
Table J.1 – Dimensions of the standard test modules 42

Table J.2 – Specified current waveform 45
Table J.3 – Range of peak current I_{p1} for test equipment 45
Table J.4 – Specification of peak current I_{p1} for the current probe verification method 46

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

SEMICONDUCTOR DEVICES – MECHANICAL AND CLIMATIC TEST METHODS –

Part 28: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing – Charged device model (CDM) – device level

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.

IEC 60749-28 has been prepared by IEC technical committee 47: Semiconductor devices, in collaboration with IEC technical committee 101: Electrostatics. It is an International Standard.

ANSI/ESDA/JEDEC JS-002-2018 has served as a basis for the elaboration of this standard. It is used with permission of the copyright holders, ESD Association and JEDEC Solid state Technology Association. ANSI/ESDA/JEDEC JS-002-2018 describes the field-induced (FI) method. An alternative, the direct contact (DC) method (not based on JS-002-2018), is described in Annex J.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2017. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

a) a new subclause and annex relating to the problems associated with CDM testing of integrated circuits and discrete semiconductors in very small packages;

b) changes to clarify cleaning of devices and testers.

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

Draft	Report on voting
47/2746/FDIS	47/2754/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

A list of all parts in the IEC 60749 series, published under the general title *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this 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.

INTRODUCTION

The earliest electrostatic discharge (ESD) test models and standards simulate a charged object approaching a device and discharging through the device. The most common example is IEC 60749-26, the human body model (HBM). However, with the increasing use of automated device handling systems, another potentially destructive discharge mechanism, the charged device model (CDM), becomes increasingly important. In the CDM, a device itself becomes charged (e.g. by sliding on a surface (tribocharging) or by electric field induction) and is rapidly discharged (by an ESD event) as it closely approaches a conductive object. A critical feature of the CDM is the metal-metal discharge, which results in a very rapid transfer of charge through an air breakdown arc. The CDM test method also simulates metal-metal discharges arising from other similar scenarios, such as the discharging of charged metal objects to devices at different potential.

Accurately quantifying and reproducing this fast metal-metal discharge event is very difficult, if not impossible, due to the limitations of the measuring equipment and its influence on the discharge event. The CDM discharge is generally completed in a few nanoseconds, and peak currents of tens of amperes have been observed. The peak current into the device will vary considerably depending on a large number of factors, including package type and parasitics. The typical failure mechanism observed in MOS devices for the CDM model is dielectric damage, although other damage has been noted.

The CDM charge voltage sensitivity of a given device is package dependent. For example, the same integrated circuit (IC) in a small area package can be less susceptible to CDM damage at a given voltage compared to that same IC in a package of the same type with a larger area. It has been shown that CDM damage susceptibility correlates better to peak current levels than charge voltage.

SEMICONDUCTOR DEVICES – MECHANICAL AND CLIMATIC TEST METHODS –

Part 28: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing – Charged device model (CDM) – device level

1 Scope

This part of IEC 60749 establishes the procedure for testing, evaluating, and classifying devices and microcircuits according to their susceptibility (sensitivity) to damage or degradation by exposure to a defined field-induced charged device model (CDM) electrostatic discharge (ESD). All packaged semiconductor devices, thin film circuits, surface acoustic wave (SAW) devices, opto-electronic devices, hybrid integrated circuits (HICs), and multi-chip modules (MCMs) containing any of these devices are to be evaluated according to this document. To perform the tests, the devices are assembled into a package similar to that expected in the final application. This CDM document does not apply to socketed discharge model testers. This document describes the field-induced (FI) method. An alternative, the direct contact (DC) method, is described in Annex J.

The purpose of this document is to establish a test method that will replicate CDM failures and provide reliable, repeatable CDM ESD test results from tester to tester, regardless of device type. Repeatable data will allow accurate classifications and comparisons of CDM ESD sensitivity levels.

2 Normative references

There are no normative references in this document.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 54
INTRODUCTION 56
1 Domaine d'application 57
2 Références normatives 57
3 Termes et définitions 57
4 Appareillage exigé 58
4.1 Appareil d’essai de DES de CDM 58
4.1.1 Généralités 58
4.1.2 Détecteur de courant 59
4.1.3 Plan de masse 59
4.1.4 Plaque de champ /couche diélectrique de la plaque de champ 59
4.1.5 Résistance de charge 60
4.2 Appareil de mesure de la forme d’onde 60
4.2.1 Généralités 60
4.2.2 Ensembles de câbles 60
4.2.3 Appareil pour le mesurage d’une forme d’onde à largeur de bande élevée 60
4.2.4 Appareil pour le mesurage d’une forme d’onde de 1,0 GHz 60
4.3 Modules de vérification (disques métalliques) 61
4.4 Capacimètre 61
4.5 Ohmmètre 61
5 Exigences de qualification périodique de l’appareil d’essai et exigences concernant les enregistrements et la vérification de la ou des formes d'onde 61
5.1 Présentation des évaluations exigées de l’appareil d'essai de CDM 61
5.2 Matériel de capture de la ou des formes d'onde 61
5.3 Configuration de capture de la ou des formes d'onde 61
5.4 Procédure de capture de la ou des formes d'onde 62
5.5 Procédure de qualification/requalification de l’appareil d'essai de CDM 62
5.5.1 Procédure de qualification/requalification de l’appareil d'essai de CDM 62
5.5.2 Conditions qui exigent la qualification/requalification de l’appareil d'essai de CDM 63
5.5.3 Corrélation entre l’oscilloscope à 1 GHz et l’oscilloscope à largeur de bande élevée 63
5.6 Procédure de vérification trimestrielle et de routine des formes d'onde propre à l’appareil d’essai de CDM 63
5.6.1 Procédure de vérification trimestrielle des formes d’onde 63
5.6.2 Procédure de vérification de routine des formes d’onde 64
5.7 Caractéristiques des formes d’onde 64
5.8 Documentation 66
5.9 Procédure d’évaluation de la charge complète de l’appareil d’essai d’un dispositif 66
6 Exigences et procédures d’essai de DES de CDM 67
6.1 Préparation de l'appareil d’essai et des dispositifs 67
6.2 Exigences d’essai 67
6.2.1 Température et humidité d’essai 67
6.2.2 Essai des dispositifs 67
6.3 Modes opératoires 68

6.4 Lignes directrices d'enregistrement / consignation dans un rapport de l'essai de CDM 68
6.4.1 Enregistrement de l'essai de CDM 68
6.4.2 Lignes directrices relatives à la consignation dans un rapport de l'essai de CDM 68
6.5 Essai des dispositifs dans de petits boîtiers 69
7 Critères de classification de CDM 69
Annexe A (normative) Spécifications des modules de vérification (disques métalliques) et lignes directrices de nettoyage applicables aux modules de vérification et aux appareils d'essai 70
A.1 Modules de vérification de l'appareil d'essai et couche diélectrique de la plaque de champ 70
A.2 Soin apporté aux modules de vérification 70
Annexe B (normative) Mesurage de la capacité des modules de vérification (disques métalliques) placés sur la couche diélectrique de la plaque de champ d'un appareil d'essai 71
Annexe C (normative) Essai des circuits intégrés et des semiconducteurs discrets (ICDS) dans de petits boîtiers 72
C.1 Justification d'essai 72
C.2 Procédure de détermination de C_{faible} 72
C.3 Exigences concernant la technique ICDS 73
Annexe D (informative) Améliorations matérielles et métrologiques de l'essai de CDM 74
Annexe E (informative) Schéma électrique de l'appareil d'essai de CDM 76
Annexe F (informative) Montage et forme d'onde échantillons pour oscilloscope 77
F.1 Généralités 77
F.2 Réglages pour l'oscilloscope à largeur de bande à 1 GHz 77
F.3 Réglages pour l'oscilloscope à largeur de bande élevée 77
F.4 Montage 77
F.5 Formes d'onde échantillons produites par un oscilloscope à 1 GHz 77
F.6 Formes d'onde échantillons produites par un oscilloscope à 8 GHz 78
Annexe G (informative) Procédures de décharge de l'appareil d'essai de CDM induit par champ 80
G.1 Généralités 80
G.2 Procédure de décharge unique 80
G.3 Procédure de double décharge 80
Annexe H (informative) Procédures de vérification des formes d'onde 82
H.1 Méthode d'ajustement du paramètre facteur/décalage 82
H.2 Méthode d'ajustement de la tension logicielle 85
H.3 Exemple de tableaux d'enregistrement des paramètres 87
Annexe I (informative) Détermination du délai de charge approprié pour une charge complète d'un grand module ou d'un dispositif de grande taille 89
I.1 Généralités 89
I.2 Procédure de détermination du délai de charge 89
Annexe J (informative) Essai de sensibilité aux décharges électrostatiques (DES) avec modèle de dispositif chargé par contact direct (DC-CDM) 91
J.1 Généralités 91
J.2 Module d'essai normalisé 91
J.3 Appareillage d'essai (simulateur de CDM) 91
J.3.1 Conception de l'appareillage d'essai 91
J.3.2 Support du DEE (dispositif en essai) 92

J.3.3 Barre/carte métallique 92
J.3.4 Montage de l'appareillage 92
J.4 Vérification de l'appareillage d'essai 93
J.4.1 Description générale de la vérification de l'appareillage d'essai 93
J.4.2 Instruments de mesure 94
J.4.3 Vérification de l'appareillage d'essai à l'aide d'une sonde de courant 94
J.5 Mode opératoire 96
J.5.1 Mesurage initial 96
J.5.2 Essais 96
J.5.3 Mesurages intermédiaires et finaux 96
J.6 Critères de défaillance 96
J.7 Critères de classification 96
J.8 Résumé 97
Bibliographie 98

Figure 1 – Schéma matériel simplifié de l'appareil d'essai de CDM 59
Figure 2 – Forme d'onde et paramètres caractéristiques du CDM 66
Figure E.1 – Schéma électrique simplifié de l'appareil d'essai de CDM 76
Figure F.1 – Petit module de vérification TC 500 à 1 GHz 78
Figure F.2 – Grand module de vérification TC 500 à 1 GHz 78
Figure F.3 – Petit module de vérification TC 500 à 8 GHz (ajustement de l'affaiblissement par l'oscilloscope) 79
Figure F.4 – Grand module de vérification TC 500 à 8 GHz (ajustement de l'affaiblissement par l'oscilloscope) 79
Figure G.1 – Procédure de décharge unique (charge de champ, impulsion de I_{CDM}, et décharge lente) 80
Figure G.2 – Procédure de double décharge (charge de champ, 1re impulsion de I_{CDM}, absence de champ, 2e impulsion de I_{CDM}) 81
Figure H.1 – Exemple de flux de vérification des formes d'onde pour les contrôles de qualification et trimestriels avec application de la méthode d'ajustement du paramètre facteur/décalage 83
Figure H.2 – Exemple de flux de vérification des formes d'onde pour les contrôles de routine avec application de la méthode d'ajustement du paramètre facteur/décalage 84
Figure H.3 – Exemple de valeur $I_{crête}$ moyenne pour le grand module de vérification – oscilloscope à largeur de bande élevée 85
Figure H.4 – Exemple de flux de vérification des formes d'onde pour les contrôles de qualification et trimestriels avec application de la méthode d'ajustement de la tension logicielle 86
Figure H.5 – Exemple de flux de vérification des formes d'onde pour les contrôles de routine avec application de la méthode d'ajustement de la tension logicielle 87
Figure I.1 – Exemple de caractérisation du délai de charge par rapport à la valeur I_p 90
Figure J.1 – Exemples de circuit de décharge avec lequel la décharge est provoquée par la fermeture du commutateur 92
Figure J.2 – Appareillage d'essai de vérification pour mesurer le courant de décharge qui s'écoule vers la barre/carte métallique depuis le module d'essai normalisé 93
Figure J.3 – Forme d'onde de courant 93
Figure J.4 – Circuit de mesure pour la méthode de vérification qui utilise une sonde de courant 95

Tableau 1 – Caractéristiques des formes d’onde de CDM pour un oscilloscope à largeur de bande de 1 GHz 65
Tableau 2 – Caractéristiques des formes d’onde de CDM pour un oscilloscope à largeur de bande élevée (≥ 6 GHz) 65
Tableau 3 – Niveaux de classification des dispositifs de DES de CDM 69
Tableau A.1 – Spécification des modules de vérification (disques métalliques) de l'appareil d’essai de CDM 70
Tableau H.1 – Exemple de tableau d'enregistrement des paramètres de formes d’onde pour la méthode d'ajustement du paramètre facteur/décalage 88
Tableau H.2– Exemple de tableau d'enregistrement des paramètres de formes d’onde pour la méthode d'ajustement de la tension logicielle 88
Tableau J.1 – Dimensions des modules d'essai normalisés 91
Tableau J.2 – Forme d'onde de courant spécifiée 94
Tableau J.3 – Plage de courant de crête I_{p1} pour l'appareillage d'essai 94
Tableau J.4 – Spécification du courant de crête I_{p1} pour la méthode de vérification par sonde de courant 95

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

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

Partie 28: Essai de sensibilité aux décharges électrostatiques (DES) – Modèle de dispositif chargé (CDM) – niveau du dispositif

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. À 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.

L'IEC 60749-28 a été établie par le comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs, en collaboration avec le comité d'études 101 de l'IEC: Électrostatique. Il s'agit d'une Norme internationale.

La présente norme est fondée sur le document ANSI/ESDA/JEDEC JS-002-2018. Elle est utilisée avec l'autorisation des détenteurs des droits d'auteur, ESD Association et JEDEC Solid state Technology Association. Le document ANSI/ESDA/JEDEC JS-002-2018 présente la méthode induite par champ (FI - *field-induced*). Une méthode alternative, la méthode par contact direct (DC - *direct contact*), est décrite à l'Annexe J.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2017. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition contient les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

a) ajout d'un nouveau paragraphe et d'une nouvelle annexe relatifs aux problèmes associés à l'essai de CDM des circuits intégrés et des semiconducteurs discrets dans de très petits boîtiers;
b) introduction de modifications afin de clarifier le nettoyage des dispositifs et des appareils d'essai.

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

Projet	Rapport de vote
47/2746/FDIS	47/2754/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à son approbation.

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous http://www.iec.ch/standardsdev/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60749, publiées sous le titre général *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essai mécaniques et climatiques* peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu du présent 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. À 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 ce document en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

Les premiers modèles et les premières normes d'essai de décharges électrostatiques (DES) simulaient l'approche d'un dispositif par un objet chargé, ainsi que sa décharge dans ledit dispositif. Le modèle du corps humain (HBM - *human body model*), défini dans l'IEC 60749-26, en constitue l'exemple le plus courant. Toutefois, face à une utilisation accrue de systèmes de manipulation automatisée des dispositifs, un autre mécanisme de décharge potentiellement destructeur, le modèle de dispositif chargé (CDM - *charged device model*), devient de plus en plus important. Dans le modèle CDM, le dispositif proprement dit est chargé (par exemple, par glissement sur une surface (charge triboélectrique) ou par induction de champ électrique) puis déchargé rapidement (par un événement de DES) du fait de son rapprochement avec un objet conducteur. La décharge métal-métal, qui constitue une caractéristique essentielle du CDM, entraîne un transfert de charge très rapide par l'intermédiaire d'un arc de claquage dans l'air. La méthode d'essai de CDM simule également les décharges métal-métal issues d'autres scénarii similaires, comme la décharge d'objets métalliques chargés dans des dispositifs à un potentiel différent.

La quantification et la reproduction exactes de cet événement de décharge métal-métal rapide s'avèrent très difficiles, voire impossibles, en raison des limites de l'appareil de mesure et de son influence sur l'événement de décharge. La décharge de CDM s'effectue généralement en quelques nanosecondes, avec l'observation de courants de crête de dizaines d'ampères. Le courant de crête dans le dispositif varie de manière considérable selon de nombreux facteurs, y compris le type de boîtier et les parasites. Le dommage diélectrique constitue le mécanisme de défaillance type observé dans les dispositifs MOS pour le modèle CDM, bien qu'un autre type de dommage ait toutefois été constaté.

La sensibilité d'un dispositif donné à la tension de charge de CDM dépend du boîtier. Par exemple, le même circuit intégré (IC - *integrated circuit*) dans un petit boîtier peut être moins sensible à un dommage de CDM à une tension donnée par comparaison avec ce même IC dans un plus grand boîtier de même type. Il a été démontré que la sensibilité aux dommages de CDM présente une meilleure corrélation avec les niveaux de courant de crête qu'avec la tension de charge.

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

Partie 28: Essai de sensibilité aux décharges électrostatiques (DES) – Modèle de dispositif chargé (CDM) – niveau du dispositif

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60749 établit la procédure d'essai, d'évaluation et de classification des dispositifs et des microcircuits selon leur susceptibilité (sensibilité) au dommage ou leur dégradation par suite de leur exposition à une décharge électrostatique (DES) sur un modèle défini de dispositif chargé (CDM) induit par champ. Tous les dispositifs à semiconducteurs, circuits à couches minces, dispositifs à ondes acoustiques de surface (OAS), dispositifs optoélectroniques, circuits intégrés hybrides (HIC - *hybrid integrated circuits*) et modules multipuces (MCM - *multi-chip modules*) en boîtiers qui contiennent l'un de ces dispositifs doivent être évalués selon le présent document. Pour effectuer les essais, les dispositifs sont assemblés dans un boîtier similaire à celui prévu dans l'application finale. Le présent document CDM ne s'applique pas aux appareils d'essai de modèles de décharge avec support. Il décrit en revanche la méthode induite par champ (FI - *field-induced*). Une méthode alternative, la méthode par contact direct (DC - *direct contact*), est décrite à l'Annexe J.

L'objet du présent document est d'établir une méthode d'essai qui reproduit les défaillances du CDM et de fournir des résultats d'essais de DES de CDM fiables et reproductibles d'un appareil d'essai à un autre, indépendamment du type de dispositif. Des données reproductibles permettent des classifications et des comparaisons exactes des niveaux de sensibilité de DES de CDM.

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.