

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Electronic components – Long-term storage of electronic semiconductor devices –

Part 7: Micro-electromechanical devices

Composants électroniques – Stockage de longue durée des dispositifs électroniques à semiconducteurs –

Partie 7: Dispositifs microélectromécaniques

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62435-7:2020



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2020 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Electronic components – Long-term storage of electronic semiconductor devices –

Part 7: Micro-electromechanical devices

Composants électroniques – Stockage de longue durée des dispositifs électroniques à semiconducteurs –

Partie 7: Dispositifs microélectromécaniques

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.020

ISBN 978-2-8322-9147-4

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	7
4 Storage considerations	9
4.1 Overview of MEMS applications	9
4.2 Failure mechanisms	9
4.2.1 Occurrence of failure and driving force	9
4.2.2 Storage environment and mitigation for stimuli to prevent failure	12
4.3 Materials management.....	13
4.4 Storage media	13
4.5 Documentation/paper lot identifiers	14
4.6 Inventory check.....	14
4.7 Inventory dry packing refreshing	14
4.8 Inventory re-assessment.....	14
5 Baseline long-term storage requirements.....	14
5.1 General.....	14
5.2 Moisture sensitivity designation	15
5.3 Dry packing for storage	15
5.4 Non-moisture sensitive device storage.....	15
5.4.1 General	15
5.4.2 Storage media	15
5.4.3 Lot data and labelling	15
5.5 Storage of MEMS devices before assembly – Wafer level and die level storage	15
5.6 Storage of moisture sensitive finished devices	15
5.6.1 Moisture barrier bag	15
5.6.2 Dunnage.....	16
5.6.3 Humidity indicator card	16
5.6.4 Desiccant	16
5.6.5 Labelling.....	16
5.6.6 Lot data and labelling	16
5.6.7 Storage environment	17
5.6.8 Process (temperature) sensitivity designation	17
Annex A (informative) Packaged or finished device storage environment considerations	18
Bibliography.....	19
Table 1 – Failure mechanisms in storage and stimuli to mitigate during storage.....	10
Table 2 – Long-term environment – sustained condition requirements	13
Table 3 – Considerations for management, control and documentation during storage.....	13
Table A.1 – Long-term storage environment – sustained condition considerations	18

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRONIC COMPONENTS – LONG-TERM STORAGE
OF ELECTRONIC SEMICONDUCTOR DEVICES –****Part 7: Micro-electromechanical devices**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 62435-7 has been prepared by IEC technical committee 47: Semiconductor devices. It is an International Standard.

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

Draft	Report on voting
47/2664/FDIS	47/2669/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 62435 series, published under the general title *Electronic components – Long-term storage of electronic semiconductor devices*, can be found on the IEC website.

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62435-7:2020

INTRODUCTION

This document applies to the long-term storage of electronic components.

This is a standard for long-term storage (LTS) of electronic devices drawing on the best long-term storage practices currently known. For the purposes of this document, LTS is defined as any device storage whose duration may be more than 12 months for product scheduled for long duration storage. While intended to address the storage of unpackaged semiconductors and packaged electronic devices, nothing in this document precludes the storage of other items under the storage levels defined herein.

Although it has always existed to some extent, obsolescence of electronic components and particularly of integrated circuits, has become increasingly intense over the last few years.

Indeed, with the existing technological boom, the commercial life of a component has become very short compared with the life of industrial equipment such as that encountered in the aeronautical field, the railway industry or the energy sector.

The many solutions enabling obsolescence to be resolved are now identified. However, selecting one of these solutions should be preceded by a case-by-case technical and economic feasibility study, depending on whether storage is envisaged for field service or production, for example:

- remedial storage as soon as components are no longer marketed;
- preventive storage anticipating declaration of obsolescence.

Taking into account the expected life of some installations, sometimes covering several decades, the qualification times, and the unavailability costs, which can also be very high, the solution to be adopted to resolve obsolescence should often be rapidly implemented. This is why the solution retained in most cases consists in systematically storing components which are in the process of becoming obsolescent.

The technical risks of this solution are, a priori, fairly low. However, it requires perfect mastery of the implemented process and especially of the storage environment, although this mastery becomes critical when it comes to long-term storage.

All handling, protection, storage and test operations are recommended to be performed according to the state of the art.

The application of the approach proposed in this document in no way guarantees that the stored components are in perfect operating condition at the end of this storage. It only comprises a means of minimizing potential and probable degradation factors.

Some electronic device users have the need to store electronic devices for long periods of time. Lifetime buys are commonly made to support production runs of assemblies that well exceed the production timeframe of their individual parts. This puts the user in a situation requiring careful and adequate storage of such parts to maintain the as-received solderability and minimize any degradation effects to the part over time. Major degradation concerns are moisture, electrostatic fields, ultraviolet light, large variations in temperature, air-borne contaminants, and outgassing.

Warranties and sparing also present a challenge for the user or repair agency as some systems have been designated to be used for long periods of time, in some cases for up to 40 years or more. Some of the devices needed for repair of these systems will not be available from the original supplier for the lifetime of the system or the spare assembly may be built with the original production run but then require long-term storage. This document was developed to provide a standard for storing electronic devices for long periods of time. For storage of devices that are moisture sensitive but that do not need to be stored for long periods of time, refer to IEC TR 62258-3.

Long-term storage assumes that the device is going to be placed in uninterrupted storage for a number of years. It is essential that it is useable after storage. Particular attention should be paid to storage media surrounding the devices together with the local environment.

These guidelines do not imply any warranty of product or guarantee of operation beyond the storage time given by the manufacturer.

The IEC 62435 series is intended to ensure that adequate reliability is achieved for devices in user applications after long-term storage. Users are encouraged to request data from suppliers to applicable specifications to demonstrate a successful storage life as requested by the user. These standards are not intended to address built-in failure mechanisms that would take place regardless of storage conditions.

These standards are intended to give practical guide to methods of long-duration storage of electronic components where this is intentional or planned storage of product for a number of years. Storage regimes for work-in-progress production are managed according to company internal process requirements and are not detailed in this series of standards.

The overall standard series is split into a number of parts. Parts 1 to 4 apply to any long-term storage and contain general requirements and guidance, whereas Parts 5 to 9 are specific to the type of product being stored. It is intended that the product specific part should be read alongside the general requirements of Part 1 to 4.

Electronic components requiring different storage conditions are covered separately starting with Part 5.

The structure of the IEC 62435 series as currently conceived is as follows:

- Part 1 – General
- Part 2 – Deterioration mechanisms
- Part 3 – Data
- Part 4 – Storage
- Part 5 – Die and wafer devices
- Part 6 – Packaged or finished devices
- Part 7 – Micro-electromechanical devices – MEMS
- Part 8 – Passive electronic devices
- Part 9 – Special cases

ELECTRONIC COMPONENTS – LONG-TERM STORAGE OF ELECTRONIC SEMICONDUCTOR DEVICES –

Part 7: Micro-electromechanical devices

1 Scope

This part of IEC 62435 on long-term storage applies to micro-electromechanical devices (MEMS) in long-term storage that can be used as part of obsolescence mitigation strategy. Long-term storage refers to a duration that may be more than 12 months for products scheduled for storage. Philosophy, good working practice, and general means to facilitate the successful long-term storage of electronic components are also addressed.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60721-3-1, *Classification of environmental conditions – Part 3-1: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Storage*

IEC 60749-20, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 20: Resistance of plastic encapsulated SMDs to the combined effect of moisture and soldering heat*

IEC 60749-20-1, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 20-1: Handling, packing, labelling and shipping of surface-mount devices sensitive to the combined effect of moisture and soldering heat*

IEC 62435-2, *Electronic components – Long-term storage of electronic semiconductor devices – Part 2: Deterioration mechanisms*

IEC 62435-3, *Electronic components – Long-term storage of electronic semiconductor devices – Part 3: Data*

IEC 62435-4, *Electronic components – Long-term storage of electronic semiconductor devices – Part 4: Storage*

IEC 62435-5, *Electronic components – Long-term storage of electronic semiconductor devices – Part 5: Die and wafer devices*

3 Terms and definitions

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

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.1

storage environment

specially controlled storage area, with particular control of temperature, humidity, atmosphere and any other conditions depending on the product requirements

3.2

critical moisture limit

maximum safe equilibrium moisture content for a specific encapsulated device at reflow assembly or rework

3.3

long-term storage

LTS

planned storage of components to extend the life-cycle for a duration with the intention of supporting future use

Note 1 to entry: Allowable storage durations will vary by product, form factor (e.g., packing materials, shape) and storage conditions. In general, long-term storage is longer than 12 months.

3.4

LTS storeroom

area containing components that have additional packaging for storage to protect from moisture or from mechanical impact or for ease of identification or handling

3.5

moisture-sensitive device

MSD

device that has moisture absorption or moisture retention and whose quality, process ability or reliability is affected by moisture

3.6

electronic device

packaged electrical, electronic, electro-mechanical (EEE) item, or assemblies using such items

3.7

desiccant

hygroscopic substance used to remove moisture from an atmosphere

3.8

moisture barrier bag

MBB

storage bag manufactured with a flexible laminated vapour barrier film that restricts the transmission of water vapour

Note 1 to entry: Refer to IEC 60749-20-1 for packaging of moisture sensitive products.

3.9

humidity indicator card

HIC

card printed with a moisture sensitive chemical that changes from blue to pink (colour) in the presence of water vapour

3.10

water vapour transmission rate

WVTR

measure of permeability of MBBs to water vapour

3.11**dunnage**

all the matter stored in a moisture barrier bag that is additional to the packaged electronic component

3.12**electro-static discharge****ESD**

transfer of electric charge between bodies of different electrostatic potentials in proximity or through direct contact

[SOURCE: IEC 60050-561:2014, 561-03-06]

4 Storage considerations**4.1 Overview of MEMS applications**

MEMS (Micro-electromechanical Systems) are miniaturized mechanical or electromechanical elements that typically vary in size from 1 micron to 1 000 microns that are used to mechanically measure or manipulate matter, light or create electric signals from environmental inputs. Storage of MEMS devices should consider different sensitivities and risks compared to other semiconductor devices due to the mechanical nature of the devices. MEMS may be subject to additional mechanical related performance and failure mechanisms in addition traditional semiconductor performance mechanisms. The storage program should consider the end use and failure mechanisms related to the function of the MEMS device. Typical uses are listed for initial consideration and risk assessment.

- Actuator mechanical movement related to electrostatics, thermal changes or piezoelectric effects.
- Physical sensors related to acceleration, vibration, field/flux, force, magnetic field, electrostatic, optical stimulus or radiation effects, pressure, temperature.
- Chemisensors related to gas or liquid induced mechanical response changes (may also have requirements for moisture or solvent which also have shelf life).
- Biosensors liquid, mechanical or fluidic induced mechanical response changes (may also have requirements for moisture or solvent which also have shelf life).

4.2 Failure mechanisms**4.2.1 Occurrence of failure and driving force**

Failures during long-term storage may be mitigated by control of the stimuli driving given failure modes of interest as defined by risk assessment tools, for example, failure modes and effects analysis (FMEA). Storage related failures are often detected as modes of non-operation, visual quality, reduced life time or other non-conformance. The modes of failure during storage are typically related to a failure mechanism that is driven by a physical stimuli or condition. Example failure stimuli are given in Table 1. Additional examples of deterioration mechanisms are found in IEC 62435-2. Successful long-term storage is accomplished by mitigating failures through control of the stimuli or driving force.

Table 1 – Failure mechanisms in storage and stimuli to mitigate during storage

Failure mechanism	Failure mechanism detail	Failure mode	Mechanism stimuli
Popcorn effect	High rate vapour expansion within a package during surface mounting	Open circuit, blistering, package cracks	Temperature increase leading to moisture vapour
Handling damage	Cracking	Open, short, visible crack, sense signal degradation	Application of force
	Visible scratch/smudge	Open, short, surface mark, sense signal degradation	Mechanical abrasion
	Physical crack in sensing device	Open, short, sense signal degradation	Excessive pressure change
	Mechanical overstress	Sensitivity shift, non-parametric sensitivity, offset shift, stuck at	Sources of mechanical overstress are shock, fatigue, vibration, corrosion or the effects of electrical overstress (EOS) or electrostatic discharge (ESD) that result in structural damage to MEMS transducer parts.
	Fractured spring	Non-parametric sensitivity	MEMS motion transducers typically use a collection of springs to establish mechanical positioning in linear sensitivity and travel limits. When springs are compromised by excessive handling the difference between springs and proof mass is compromised resulting in error by nonlinear sensitivity.
	Fractured finger	Sensitivity shift, offset shift, change of sensor dynamics	Capacitive interdigitated fingers used to sense the proof mass movement are damaged. When a finger fractures, the total capacitance is reduced, resulting in a decrease of sensitivity and offset shift.
	Cavity seal breach	Sensitivity shift, offset shift, change of sensor dynamics	The gap between the fingers provides an aerodynamic dampening due to the sealed gas molecules inside the cavity structure that is proportional to the pressure of the sealed gas. The lower pressure results in an increase of sensitivity and then a change of sensor dynamics or cut-off frequency.
	Fractured diaphragm	Offset shift, stuck-at	Pressure transducers are diaphragms that exert a strain on piezo-resistive elements or change a capacitive gap. When a diaphragm fractures, an offset or a complete loss of sensitivity occurs, resulting in a stuck-at ground fault.
Device data loss/damage (currently not typical to MEMs)	Fractured anchor	Offset shift, stuck-at	Motion transducers are typically have springs with anchors used to limit travel distance. If the anchor, or travel-limiter fractures, the proof mass becomes misaligned or travels out of range to contact the inner surfaces of the cavity, resulting in a stuck-at fault
	Electro-magnetic current field induced short/open/error	Open, short, data corruption	Electro-magnetic field
	High ionizing radiation induced open, short or error	Open, short, data corruption	High-energy radiation, x-ray
	Soft error resulting from device damage	Open, short or data corruption	Neutron particle hit Alpha particle emission hit

Failure mechanism	Failure mechanism detail	Failure mode	Mechanism stimuli
Staining residue	Change in surface appearance and specification resulting from unplanned exposure to oxidizing contents	Visible defect, non-conforming appearance and potential of misprocessing	Exposure resulting in aging, oxidation or hardening of residue
Polymer material aging	Polymer embrittlement	Visible cracking, open or shorting sense signal degradation	Temperature exposure, residual mechanical stress and bright light
Storage media Issues	Tape on reel, tube embrittlement/aging	Misalignment during processing	Temperature exposure, mechanical stressing and bright light
	Tray and tube aging embrittlement	Dropped parts from broken tray media or parts out of formed pocket	Temperature, handling and bright light
	Box aging embrittlement	Dropped parts Opens or shorts from ESD Foreign material; mechanical malfunction due to particles	Temperature and bright light
	ESD coating degradations	Opens or shorts from ESD	Triboelectric charging or charge potential difference
	Label aging	Illegible mark	Bright light, temperature
		Missing label	Temperature and bright light
Indirect material issues	Moisture barrier bag leak	Humidity indicator card trigger, visual non-conformance	Handling abrasion, bending and shock events
	Humidity indicator card inactivated	Incorrect colour or no moisture exposure indicated	Temperature, humidity exposure before use
	Label aging	Illegible mark	Bright light, temperature
		Missing label	Temperature and bright light
Solderability	Inability to form a good solder joint	Post surface mount electrical open	Temperature, humidity exposure
Corrosion	Electro-chemical reaction leading failure or reduced mechanical functionality	Open, short, visual non-conformance, stiction related sense signal degradation or failure	Temperature, galvanic cell, chemical residue
Stiction	Reduction in mechanical movement due to effects of static friction coating: may result from corrosion, oxidation, foreign material or mechanical wear	Sense signal degradation, shift, non-parametric sensitivity and stuck at	Temperature humidity, use cycling, dynamic stresses-vibration. Capillary or electrostatic forces cause suspended/cantilevered surfaces to become stuck to other moving surfaces or to fixed surfaces due to anomalies of coatings used to prevent such effects
Wear	Degradation of functionality related to use of a mechanical function	Sense signal degradation	Mechanical cycling, dynamic stresses-vibration, and shock

Failure mechanism	Failure mechanism detail	Failure mode	Mechanism stimuli
Exposure to gas or pressure differential	Degradation of functionality related to use of a mechanical function.	Sense signal degradation	Exposure to Helium. Helium can penetrate Si and change the pressure in a MEMs resulting in altered or degraded performance. Exposure to rapid pressure changes can result in bubbles forming in gel (unless otherwise specified by the manufacturer)
Foreign material = Particles	Unexpected particle or other material that prevents mechanical functionality	Short adhesion sense signal degradation	Mechanical cycling, dynamic stresses-vibration. A particle is capable of introducing multiple failure modes depending on the conductivity of the particle and the individual parts of the transducer that it contacts. It may also impede the movement of the parts. Particles may account for transient faults and general unpredictability.
Solvent extinction	Ineffective solvent for chemical or biosensor	Sense signal degradation	Solvent aging by temperature, humidity or radiation
Tin whiskers	Whisker filament formed by dislocations in metal films with a gradient in surface mechanical stress	Visual whiskers, short	Bright Sn surface finish (un-alloyed) crystal dislocation growth (in un-mitigated parts) Sulphur gas catalysed reaction
Creep	Migration of molecules under various stresses	Changing material performance, fracture	Temperature stress or external load
Delamination	Delamination between depositional layers	Fracture, deformation, adhesion	Shock or vibration

4.2.2 Storage environment and mitigation for stimuli to prevent failure

Mitigation of failures during and after long-term storage occurs by directly controlling or limiting the stimulus for failure by a number of means. Common requirements for sustained long-term storage are given in Table 2. Knowledge and control of the storage environment is of primary importance to identify the risk of failure occurrence and to control or eliminate failure stimuli during storage. Examples of the storage environment are contained in IEC 62435-4. Other storage environment parameters related to long-term storage that could be important for products or devices with certain sensitivities are presented in Annex A. It is the responsibility of the end customer to maintain the storage environment, as well as to ensure that terms and conditions are in place successful long-term storage at the time of product purchase.

The full component thermal and environmental chain should be considered in planning reliability characterization evaluation and for estimation of reliability after storage, and added to the use reliability estimates.

Table 2 – Long-term environment – sustained condition requirements

LTS storeroom environment	Range (terrestrial storage)	Failure mitigation
Temperature ^{a, b}	low/high: + 5 °C / + 40 °C or specified by device manufacturer	Temperature controls or geographical placement.
Relative Humidity (RH) non-condensing ^c	Low / high: 10 % / 85 % RH or specified by device manufacturer	Dry pack (if appropriate for the MEMS device)
Shock and vibration	Specified by device manufacturer	Shock and vibration isolation
Handling – pressure	Specified by device manufacturer	Handling procedure specified by supplier to exclude suction cup / pick up pressure and possibly vacuum during the dry-pack operation
^a IEC 60721-3-1 storage classification 1K21. ^b ASHRAE – climate control class A3 and class C for temperature. ^c RH greater control > 7 % is required for ESD control.		

Other storage environments of interest might be: chemical activity, pressure, altitude and magnetic fields. Considerations are provided in Table A.1.

4.3 Materials management

Long-term materials storage management includes storage of identification data either in physical form and/or in electronic form as determined by supplier/distributor and customer agreement. Table 3 outlines agreement considerations for long-term storage. The objective of data retention schemes is to identify discrepant material.

Table 3 – Considerations for management, control and documentation during storage

Storage information category	Storage data	Form or method
Data/aging	Lot date code	Box/bag date label, barcode/matrix code, physical mark
	Dry packing date	
Environment deviations	Alarms	Box/bag date label and lot history, barcode/matrix code, physical mark or database history
Qualifications	Original qualification report	Supplier/distributor report, report database
	Inventory check report (if agreed)	
	Inventory requalification report	
	Extended storage justification	

4.4 Storage media

The storage media refers to trays, wafer boxes, tubes, tape-and-reel, bulk bag or other purpose built packaging for storage of finished products. Care should be taken to ensure the media does itself not contain absorbed or adsorbed moisture, chemical contaminants or oils that may make their way to the units being stored. Media may include dunnage used to secure the trays together during handling and tension bands and/or straps which are subject to the same requirements as trays.

4.5 Documentation/paper lot identifiers

Lot information and documentation can be stored with units in LTS as a method to ensure unit level and lot level identification during storage and prior to use. Lot information recorded on paper and electronic devices are subject to the same restrictions for absorbed or adsorbed moisture, chemical contaminants or oils that may provide stimuli for failure of parts upon final assembly.

4.6 Inventory check

Inventory checking may be accomplished by either passive or active means depending upon business needs and terms of the obligation. Passive inventory checks are advantageous to ensure proper accounting and minimal added handling.

Added handling, in the case of active checking, introduces additional risk to parts by unintended exposure or damage. Examples of unintended damage include: damage to moisture barrier bags resulting in a leak detected at a later time as well as electrostatic discharge which may be detected at system integration at a later time. A special case of inventory check may be necessary when a new test program or manufacturing issue is detected and found to affect stored inventory. The supplier may determine to manage the process proactively as an issue is uncovered or passively, prior to shipment to the customer. It is the responsibility of the supplier or distributor to manage the inventory to the performance specification sheet and the terms and conditions of the business agreement.

Added handling during an active inventory check and re-assessment is a practice that should be properly planned and executed to prevent handling damage, electrostatic discharge and violation of ambient moisture exposures.

4.7 Inventory dry packing refreshing

A new dry packaging operation may be required after an active inspection of inventory. Refreshing of the desiccant and moisture humidity indicator card should be controlled within a small time interval taking care to limit moisture or other exposures. Modification of the dry pack procedure should consider the special requirements and sensitivity of the MEMS devices to pressure and particulate contamination. A refresh may be necessary if the desiccant used for storage is insufficient in quantity or if moisture has leaked into a rated moisture barrier bag. Similarly, it may be required to refresh with a new humidity indicator card when the storage duration is beyond the demonstrated life or capability of the card to detect moisture exposure.

4.8 Inventory re-assessment

Inventory re-assessment testing should be performed as required. It is not recommended to perform full inventory re-assessment testing, but rather targeted sampling of inventory to determine remaining life or continued suitability for use.

5 Baseline long-term storage requirements

5.1 General

Storage of moisture sensitive components requires that all failure modes are mitigated and that unit level traceability, supply chain of custody are in place and that critical aspects of the storage environment are known and controlled. See IEC 62435-2, IEC 62435-4, and JEDEC JEP-160 for failure mechanisms of interest and typical failure mitigation methods. It is good practice to establish the storage time and environment when the technology is developed, prior to certification or qualification so that added requirements can be integrated if required. Storage requirements beyond the basic storage requirements in this document are the responsibility of the supplier or distributor as agreed in the terms and conditions of the purchasing contract.

5.2 Moisture sensitivity designation

Moisture sensitive devices shall be tested and rated according to IEC 60749-20 and JEDEC JESD-020 prior to packing and storage. Packing shall be performed to ensure that the board or system integration function is capable to utilize the declared floor life or recoverable floor life after baking. Package labelling shall identify moisture sensitivity parts and the designated moisture sensitivity rating per IEC 60749-20-1 and JEDEC JESD-020.

5.3 Dry packing for storage

If the device is rated as moisture sensitive then dry packing with desiccant and a humidity indicator card are required. The process for moisture barrier bag selection and determination of desiccant quantity is outlined in IEC 60749-20-1 or JEDEC JESD-033. For wafer or die level packing a dry packing with desiccant and MBB is suggested although consideration should be given to pressure sensitivities and particulate contamination sensitivities.

5.4 Non-moisture sensitive device storage

5.4.1 General

Parts that are not moisture sensitive should be packed and stored to reduce exposure to dust, condensed moisture, chemical outgassing products and pollution residue. Mechanical integrity and resistance to electrostatic discharge should also be maintained. It is good practice to utilize appropriate dry packing for long-term storage to mitigate unintended exposures and provide further protection during storage.

5.4.2 Storage media

Any storage media used for long-term storage should be free of surface contaminants or outgassing by-products that may act as stimuli for failure during final assembly.

5.4.3 Lot data and labelling

Data that indicates the product and traceability information should be stored with the units, physically or electronically. Consideration should also be given to the storage of lot data stored in paper or electronic device form. Paired lot information that is tied to the traceability information should be stored using the data storage standards in IEC 62435-3.

5.5 Storage of MEMS devices before assembly – Wafer level and die level storage

Storage of MEMS wafers and preassembled dice shall consider MEMS specific sensitivities to pressure and particulate contamination additional to environmental factors. The sensitivities to be considered are listed in Table 1. After consideration of the sensitivities of the MEMS devices, it is recommended to refer to the wafer and dice storage requirements given in IEC 62435-5. Appropriate mitigations for pressure sensitivity and particulate contamination should be considered while adapting the wafer level and die level storage procedures.

5.6 Storage of moisture sensitive finished devices

5.6.1 Moisture barrier bag

Moisture barrier bags used for long-term storage shall be rated for durability and the moisture vapour transmission rate. The durability ensures a minimum level of handling capability. The moisture vapour transmission rate that correlates to the leak rate is used to determine the quantity of desiccant needed to absorb the moisture leaked into the bag over the duration of the long-term storage.

5.6.2 Dunnage

Dunnage refers to all matter stored in a moisture barrier bag that is additional to the packaged electronic component. Examples of dunnage include: JEDEC trays, tape and reel, securing straps and paper.

It is important to know the details of the dunnage moisture absorption prior to packing as well as the occurrence of outgassing from the dunnage. Moisture that is absorbed into dunnage is required to be considered in the calculations for amount of required desiccant.

Outgassing from dunnage should be considered because residues may contribute to next-level assembly integration issues or corrosion and oxidation of exposed metal which results in long-term reliability reduction.

The minimum and maximum rating for environmental exposure shall be known to ensure that ambient storage excursions do not impact the ability of the media to protect the component during and after storage. Accommodation should be made to avoid storage media degradation (cracking, flaking or peeling) for the duration of storage. If components are stored in tape then the stored tape shall also be capable of being processed by the placement tool in a normal manner. It should be noted that some cover tapes and their adhesion may be compromised in storage resulting in dropping of units when storage parts are removed from the tape at final assembly.

5.6.3 Humidity indicator card

Humidity indicator cards in most cases should be packed in moisture barrier bags that contain moisture sensitive electronics components. The validity of the humidity indicator card (HIC) should be assessed periodically.

5.6.4 Desiccant

The appropriate quantity of desiccant should be added to the moisture barrier bag to ensure the customer or end-user receives the maximum declared time out of bag as indicated by the moisture sensitivity level rating. Use of desiccant procedures should take into consideration the sensitivity of the MEMS device to potential particulate matter contamination. The standards that should be used for desiccant charging are IEC 60749-20-1 and JEDEC JESD-033. The standards show the mathematical relationships for determination of the appropriate desiccant to be placed inside the moisture barrier bag given a characteristic moisture vapour transmission rating, the maximum moisture uptake for the dunnage and the moisture removal capability of the desiccant for the intended storage duration.

5.6.5 Labelling

The lowest level of packing shall indicate the dry pack date and the lot traceability information. The bag seal date indicates the beginning of the controlled storage period from which the duration of storage can be determined. IEC 60749-20-1 and JEDEC JESD-020 provide requirements for labelling.

5.6.6 Lot data and labelling

The data that indicates the product and traceability information should be stored with the units, physically or electronically. Consideration should also be given to the storage of lot data stored in paper form or electronic device form. Paired lot information that is tied to the traceability information should be stored using the data storage standards in IEC 62435-3.

5.6.7 Storage environment

The ambient environment conditions of the intended storage area shall be controlled and known prior to electronic component storage. See Table 2 for environment control requirements. The desiccant calculations and the technology or product qualification plan may be adjusted to comprehend the storage environment. It is good practice to consider events that may result in short duration exposures outside the normal, average conditions to ensure that the parts and storage media are capable of protecting the parts.

5.6.8 Process (temperature) sensitivity designation

Components that are processing temperature sensitive shall be rated and labelled according to ECIA/IPC/JEDEC J-STD-075.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62435-7:2020

Annex A (informative)

Packaged or finished device storage environment considerations

Some finished or packaged devices may be sensitive to additional environmental factors. Control requirements for additional environmental factors are costly and should be considered or mitigated based on the device sensitivity.

Table A.1 – Long-term storage environment – sustained condition considerations

Storage environment	Range (terrestrial storage)	Failure mitigation
Chemical activity ^a (air quality index AQI-Level ^b)	Chemically active substances – range: 1C2 (AQI: index: L3-moderate, lifetime)	Dry pack and control
Pressure – Vacuum ^a	Pressure, low/high: 70 kPa/106 kPa	Control open/close changes in pressure
Altitude ^c	Altitude (max): 2 500 m	Radiation shielding (neutron) and/or duration control
Magnetic fields ^a	Sustained average: 60 μ T, lifetime	Control proximity to electro-magnets or use shielding
Dynamic mechanical vibration or shock	Building and storage structure vibration: specific by device manufacturer	Storage media, infrastructure vibration isolation
^a IEC 60721-3-1 storage classification. ^b International air quality/AirNow – index is a standard air quality monitoring metric. ^c JEDEC JESD-89 altitude reference for incident neutron radiation sensitive devices.		

Bibliography

IEC 60050-561:2014, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 561: Piezoelectric, dielectric and electrostatic devices and associated materials for frequency control, selection and detection*

IEC TR 62258-3, *Semiconductor die products – Part 3: Recommendations for good practice in handling, packing and storage*

JEDEC JEP-160, *Long-term storage of electronic solid-state wafer, dice, and devices* (English only)

JEDEC/IPC J-STD-020, *Joint standard for moisture/reflow sensitivity classification for non-hermetic surface-mount devices* (English only)

JEDEC J-STD-033, *Standard for handling, packing, shipping, and use of moisture/reflow sensitive surface mount devices* (English only)

ECIA/IPC/JEDEC J-STD-075, *Classification of Passive and Solid State Devices for Assembly Processes* (English only)

JEDEC JESD-89A, *Measurement and reporting of alpha particle and terrestrial cosmic ray-induced soft errors in semiconductor devices* (English only)

ASHRE TC9.9 Whitepaper, *Thermal Guidelines for Data Processing Environments – Expanded Data Center Classes and Usage Guidance* (English only)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62435-7:2020

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	21
INTRODUCTION.....	23
1 Domaine d'application	25
2 Références normatives	25
3 Termes et définitions	26
4 Remarques relatives au stockage	27
4.1 Présentation des applications des MEMS.....	27
4.2 Mécanismes de détérioration	28
4.2.1 Occurrence de détérioration et force motrice	28
4.2.2 Environnement de stockage et atténuation des stimuli pour empêcher les détériorations	32
4.3 Gestion des matériaux	33
4.4 Moyens de stockage	33
4.5 Documentation/papiers d'identifiants du lot	33
4.6 Vérification de l'inventaire	33
4.7 Rafraîchissement de l'emballage à sec de l'inventaire	34
4.8 Réévaluation de l'inventaire	34
5 Exigences de références relatives au stockage de longue durée	34
5.1 Généralités	34
5.2 Désignation de la sensibilité à l'humidité	34
5.3 Emballage à sec pour stockage	35
5.4 Stockage de dispositif non sensible à l'humidité.....	35
5.4.1 Généralités	35
5.4.2 Moyens de stockage	35
5.4.3 Données et étiquetage de lot	35
5.5 Stockage des dispositifs MEMS avant assemblage – Stockage des niveaux de puces et de plaquettes	35
5.6 Stockage des dispositifs finis sensibles à l'humidité	35
5.6.1 Sachet étanche à l'humidité	35
5.6.2 Fardage	36
5.6.3 Carte indicatrice d'humidité	36
5.6.4 Dessiccant	36
5.6.5 Étiquetage	36
5.6.6 Données et étiquetage de lot	36
5.6.7 Environnement de stockage	37
5.6.8 Désignation de la sensibilité (à la température) du processus	37
Annexe A (informative) Remarques relatives à l'environnement de stockage des dispositifs encapsulés ou finis.....	38
Bibliographie.....	39
Tableau 1 – Mécanismes de détérioration du stockage et stimuli d'atténuation lors du stockage	29
Tableau 2 - Environnement de stockage de longue durée – exigences de condition de soutenabilité	32
Tableau 3 – Remarques relatives à la gestion, au contrôle et à la documentation pendant le stockage.....	33
Tableau A.1 – Environnement de stockage de longue durée – remarques relatives aux conditions de soutenabilité.....	38

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES – STOCKAGE DE LONGUE DURÉE
DES DISPOSITIFS ÉLECTRONIQUES À SEMICONDUCTEURS –****Partie 7: Dispositifs microélectromécaniques****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Électrotechnique 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 et de ne pas avoir signalé leur existence.

L'IEC 62435-7 a été établie par le comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs. Il s'agit d'une Norme internationale.

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

Projet	Rapport de vote
47/2664/FDIS	47/2669/RVD

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

La langue utilisée pour l'élaboration de la présente Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, et développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles à l'adresse www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les types principaux de documents élaborés par l'IEC sont décrits plus précisément à l'adresse www.iec.ch/standardsdev/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62435, publiées sous le titre général *Composants électroniques — Stockage de longue durée des dispositifs électroniques à semiconducteurs*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62435-7:2020

INTRODUCTION

Le présent document s'applique au stockage de longue durée des composants électroniques.

Il s'agit d'une norme relative au stockage de longue durée (LTS - *long-term storage*) de dispositifs électroniques, inspirée des meilleures pratiques actuellement connues pour le stockage de longue durée. Pour les besoins du présent document, le LTS est défini comme étant tout stockage de dispositifs dont la durée peut être supérieure à 12 mois, pour un produit destiné à être stocké pendant une durée prolongée. Bien qu'il soit destiné à traiter du stockage de semiconducteurs non encapsulés et de dispositifs électroniques encapsulés, le présent document n'exclut pas le stockage d'autres articles avec les niveaux de stockage qu'il définit.

Bien qu'elle ait toujours existé dans une certaine mesure, l'obsolescence des composants électroniques et particulièrement des circuits intégrés a pris de plus en plus d'ampleur au cours des dernières années.

De fait, avec l'essor technologique actuel, la durée de vie commerciale d'un composant est devenue très courte comparée à celle des équipements industriels dans le domaine aéronautique, le domaine ferroviaire ou celui de l'énergie.

De nombreuses solutions ont désormais été identifiées pour traiter le problème de l'obsolescence. Avant de choisir l'une de ces solutions, il convient toutefois de mener une étude de faisabilité technique et économique au cas par cas, en tenant compte de l'objet du stockage, maintenance sur le terrain ou production, par exemple:

- stockage curatif dès lors que les composants ne sont plus commercialisés;
- stockage préventif en prévision d'une déclaration d'obsolescence.

Compte tenu de la durée de vie prévue de certaines installations, qui peut être de plusieurs décennies, des temps de qualification et des coûts d'indisponibilité, qui peuvent aussi être très élevés, il convient souvent que la solution à adopter pour résoudre le problème de l'obsolescence soit mise en œuvre rapidement. C'est pourquoi la solution retenue dans la plupart des cas consiste à stocker systématiquement les composants qui sont en train de devenir obsolètes.

Les risques techniques d'une telle solution sont a priori relativement faibles. Celle-ci requiert toutefois une maîtrise parfaite du processus mis en œuvre et en particulier de l'environnement de stockage. Or cette maîtrise devient essentielle dans le cas d'un stockage de longue durée.

Il est recommandé d'effectuer toutes les opérations de manipulation, de protection, de stockage et d'essai conformément à l'état de la technique.

La mise en œuvre de l'approche proposée dans le présent document ne garantit en aucune manière que les composants stockés seront en parfait état de fonctionnement à la fin de ce stockage. Elle offre seulement un moyen de réduire le plus possible les facteurs de dégradation potentiels et probables.

Certains utilisateurs ont besoin de stocker des dispositifs électroniques pendant de longues périodes. Des achats de pièces pour la durée de vie d'un équipement sont habituellement effectués pour prendre en charge les phases de production d'ensembles qui dépassent sensiblement la durée de production prévue de leurs pièces individuelles. Il est par conséquent exigé de l'utilisateur qu'il stocke ces pièces avec soin et d'une manière qui permet de conserver leur brasabilité initiale et de réduire le plus possible toute dégradation dans le temps. Les principales sources de dégradation sont l'humidité, les champs électrostatiques, les rayonnements ultraviolets, les variations importantes de température, les contaminants atmosphériques et les dégazages.

Les garanties et le stockage de pièces de rechange constituent également un défi pour l'utilisateur ou l'entreprise de réparation car certains systèmes ont été conçus pour pouvoir être utilisés pendant de longues périodes, dans certains cas jusqu'à 40 ans ou plus. Certains des dispositifs nécessaires pour la réparation de ces systèmes ne seront pas disponibles auprès du fournisseur d'origine pendant la durée de vie du système, ou bien l'ensemble de rechange peut être construit au moyen du système de production d'origine, mais nécessiter ensuite un stockage de longue durée. Le présent document a été élaboré pour fournir une norme applicable au stockage de dispositifs électroniques pendant de longues périodes. Pour le stockage de dispositifs qui sont sensibles à l'humidité, mais qui ne nécessitent pas d'être stockés pendant de longues périodes, voir l'IEC TR 62258-3.

Par hypothèse, en ce qui concerne le stockage de longue durée, le dispositif sera stocké de façon continue pendant plusieurs années. Il est essentiel qu'il soit utilisable à l'issue du stockage. Il convient d'accorder une attention particulière aux moyens de stockage qui hébergent les dispositifs ainsi qu'à l'environnement local.

Les présentes lignes directrices n'impliquent aucune garantie de produit ou de fonctionnement au-delà de la durée de stockage communiquée par le fabricant.

La série IEC 62435 a pour but d'assurer une fiabilité adéquate des dispositifs dans les applications utilisateur après un stockage de longue durée. Les utilisateurs sont invités à demander aux fournisseurs des données relatives aux spécifications applicables afin de parvenir à un stockage optimum conforme à leurs attentes. Les présentes normes ne sont pas destinées à traiter des mécanismes de détérioration interne qui surviennent indépendamment des conditions de stockage.

Les présentes normes ont pour but de fournir un guide pratique des méthodes de stockage de longue durée de composants électroniques lorsque le stockage du produit est prévu ou planifié pour plusieurs années. Les régimes de stockage dans le cadre d'une production en cours sont gérés conformément aux exigences de processus internes à l'entreprise et ne sont pas détaillés dans la présente série de normes.

La série de normes complète est scindée en plusieurs parties. Les Parties 1 à 4 s'appliquent à tous les stockages de longue durée et contiennent des exigences et des recommandations générales, tandis que les Parties 5 à 9 sont propres au type de produit stocké. Il convient de lire la partie propre au produit conjointement avec les exigences générales des Parties 1 à 4.

Les composants électroniques qui nécessitent des conditions de stockage différentes sont traités séparément à partir de la Partie 5.

La structure de la série IEC 62435 telle qu'elle est actuellement conçue est la suivante:

- Partie 1 – Généralités
- Partie 2 – Mécanismes de détérioration
- Partie 3 – Données
- Partie 4 – Stockage
- Partie 5 – Dispositifs de puces et plaquettes
- Partie 6 – Dispositifs encapsulés ou finis
- Partie 7 – Dispositifs microélectromécaniques – MEMS
- Partie 8 – Dispositifs électroniques passifs
- Partie 9 – Cas spéciaux

COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES – STOCKAGE DE LONGUE DURÉE DES DISPOSITIFS ÉLECTRONIQUES À SEMICONDUCTEURS –

Partie 7: Dispositifs microélectromécaniques

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62435 relative au stockage de longue durée s'applique aux dispositifs microélectromécaniques (MEMS - *micro-electromechanical device*) du stockage de longue durée qui peuvent être utilisés dans le cadre d'une stratégie de réduction de l'obsolescence. Le stockage de longue durée implique une durée qui peut être supérieure à 12 mois, pour les produits destinés à être stockés. Les concepts, les bonnes pratiques professionnelles et les moyens généraux de nature à faciliter un stockage optimum de longue durée de composants électroniques sont aussi traités.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60721-3-1, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3-1: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités - Stockage*

IEC 60749-20, *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques - Partie 20: Résistance des CMS à boîtier plastique à l'effet combiné de l'humidité et de la chaleur de brasage*

IEC 60749-20-1, *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques - Partie 20-1: Manipulation, emballage, étiquetage et transport des composants pour montage en surface sensibles à l'effet combiné de l'humidité et de la chaleur de brasage*

IEC 62435-2, *Composants électroniques – Stockage de longue durée des dispositifs électroniques à semiconducteurs – Partie 2: Mécanismes de détérioration*

IEC 62435-3, *Composants électroniques – Stockage de longue durée des dispositifs électroniques à semiconducteurs – Partie 3: Données*

IEC 62435-4, *Composants électroniques – Stockage de longue durée des dispositifs électroniques à semiconducteurs – Partie 4: Stockage*

IEC 62435-5, *Composants électroniques - Stockage de longue durée des dispositifs électroniques à semiconducteurs – Partie 5: Dispositifs de puces et plaquettes*

3 Termes et définitions

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

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1

environnement de stockage

zone de stockage spécialement contrôlée, avec un contrôle particulier de la température, de l'humidité, de l'atmosphère et de toute autre condition, conformément aux exigences du produit

3.2

limite critique d'humidité

reprise d'humidité stabilisée et sécurisée maximale pour un dispositif à boîtier spécifique au moment de l'assemblage par refusion ou par reprise

3.3

stockage de longue durée

LTS

stockage planifié de composants visant à prolonger la durée de vie sur une certaine période dans le but de permettre une utilisation future

Note 1 à l'article: Les durées de stockage admissibles varient selon le facteur de forme (par exemple, les matériaux d'encapsulation, la forme) et les conditions de stockage. En général, le stockage de longue durée est supérieur à 12 mois.

Note 2 à l'article: L'abréviation "LTS" est dérivée du terme anglais développé correspondant "*long-term storage*".

3.4

Local LTS

zone contenant les composants qui présentent une encapsulation supplémentaire pour le stockage afin d'être protégés contre l'humidité ou les chocs mécaniques ou pour faciliter l'identification ou la manipulation

3.5

dispositif sensible à l'humidité

MSD

dispositif qui absorbe ou retient l'humidité et dont la qualité, la capacité de traitement ou la fiabilité est affectée par l'humidité

Note 1 à l'article: L'abréviation "MSD" est dérivée du terme anglais développé correspondant "*moisture sensitive device*".

3.6

dispositif électronique

article électrique, électronique, électromécanique (EEE) encapsulé, ou ensembles qui utilisent de tels articles

3.7

dessiccant

substance hygroscopique utilisée pour enlever l'humidité d'une atmosphère

3.8

sachet étanche à l'humidité

MBB

sachet de stockage qui comporte un film antivapeur plastifié souple qui limite la transmission de la vapeur d'eau

Note 1 à l'article: Voir l'IEC 60749-20-1 pour l'encapsulation des produits sensibles à l'humidité.

Note 2 à l'article: L'abréviation "MBB" est dérivée du terme anglais développé correspondant "*moisture barrier bag*".

3.9

carte indicatrice d'humidité

HIC

carte imprimée avec un produit chimique sensible à l'humidité qui passe du bleu au rose en présence de vapeur d'eau

Note 1 à l'article: L'abréviation "HIC" est dérivée du terme anglais développé correspondant "*humidity indicator card*".

3.10

coefficient de transmission de la vapeur d'eau

WVTR

mesure de la perméabilité à la vapeur d'eau d'un sachet étanche à l'humidité

Note 1 à l'article: L'abréviation "WVTR" est dérivée du terme anglais développé correspondant "*water vapour transmission rate*".

3.11

fardage

toute la matière stockée dans un sachet étanche à l'humidité qui vient en supplément du composant électronique encapsulé

3.12

décharge électrostatique

DES

transfert de charge électrique entre des corps aux potentiels électrostatiques différents à proximité ou par contact direct

[SOURCE: IEC 60050-561:2014, 561-03-06]

4 Remarques relatives au stockage

4.1 Présentation des applications des MEMS

Les MEMS (systèmes microélectromécaniques) sont des éléments mécaniques ou électromécaniques miniaturisés dont la taille varie généralement entre 1 micron et 1 000 microns, et qui sont utilisés pour mesurer ou manipuler mécaniquement la matière ou la lumière, ou pour créer des signaux électriques à partir de l'environnement. Compte tenu de la nature mécanique des dispositifs, il convient que le stockage des dispositifs MEMS tienne compte des différentes sensibilités et des risques par rapport aux autres dispositifs à semiconducteurs. Les MEMS peuvent être soumis à des mécanismes supplémentaires de détérioration et de performance relatives à la mécanique, en plus des mécanismes de performance traditionnels du semiconducteur. Il convient que le programme de stockage tienne compte de l'utilisation finale et des mécanismes de détérioration liés à la fonction du dispositif MEMS. Les utilisations typiques sont énumérées à des fins de prise en considération initiale et d'appréciation du risque.

- Les mouvements mécaniques des actionneurs relatifs à l'électrostatique, aux changements thermiques ou aux effets piézoélectriques.

- Les capteurs physiques relatifs à l'accélération, à la vibration, au champ/flux, à la force, au champ magnétique, à l'électrostatique, aux stimuli optiques ou aux effets du rayonnement, à la pression, à la température.
- Les capteurs chimiques relatifs aux modifications de réponse mécanique induites par un gaz ou un liquide (il peut également y avoir des exigences pour l'humidité ou les solvants qui ont aussi une durée de stockage).
- Les modifications de réponse mécanique induites par des biocapteurs liquides, mécaniques ou fluidiques (il peut également y avoir des exigences pour l'humidité ou les solvants qui ont aussi une durée de stockage).

4.2 Mécanismes de détérioration

4.2.1 Occurrence de détérioration et force motrice

Les détériorations lors du stockage de longue durée peuvent être atténuées en contrôlant les stimuli conduits selon les modes de détérioration d'intérêt tels que définis par des outils d'appréciation du risque, par exemple l'analyse des modes de défaillances et de leurs effets (AMDE). Les détériorations liées au stockage sont souvent détectées comme des modes de non-fonctionnement, de qualité visuelle, de durée de vie réduite ou autre non-conformité. Les modes de détérioration lors du stockage sont généralement liés à un mécanisme de détérioration conduit par un stimulus ou une condition physique. Des exemples de stimuli de détérioration sont donnés dans le Tableau 1. Des exemples supplémentaires de mécanismes de détérioration sont donnés dans l'IEC 62435-2. Un stockage optimum de longue durée est obtenu en atténuant les détériorations par le contrôle des stimuli ou des forces motrices.

**Tableau 1 – Mécanismes de détérioration du stockage
et stimuli d'atténuation lors du stockage**

Mécanisme de détérioration	Détail du mécanisme de détérioration	Mode de détérioration	Stimuli du mécanisme
Effet popcorn	Expansion rapide de vapeur dans une encapsulation lors du montage en surface	Coupure de circuit, cloquage, fissures de l'encapsulation	Augmentation de la température jusqu'à obtention de vapeur d'eau
Domage lors de la manipulation	Fissure	Coupure, court-circuit, fissure visible, dégradation du signal de détection	Application d'une force
	Éraflure/tache visible	Coupure, court-circuit, marque en surface, dégradation du signal de détection	Abrasion mécanique
	Fissure physique dans le dispositif de détection	Coupure, court-circuit, dégradation du signal de détection	Modification de pression excessive
	Surcharge mécanique	Dérive de sensibilité, sensibilité non paramétrique, dérive de décalage, collé à	Les sources de surcharge mécanique sont les chocs, la fatigue, les vibrations, la corrosion ou les effets des surcharges électriques ou des décharges électrostatiques (DES), qui résultent en des dommages structurels des parties des transducteurs du MEMS.
	Ressort fracturé	Sensibilité non paramétrique	Le transducteur de mouvement MEMS utilise généralement un ensemble de ressorts afin d'établir un positionnement mécanique de sensibilité linéaire et des limites de déplacement. Lorsque les ressorts sont compromis par une manipulation excessive, la différence entre les ressorts et la masse étalon est compromise, ce qui résulte en une erreur par sensibilité non linéaire.
	Doigt fracturé	Dérive de sensibilité, dérive de décalage, modification de la dynamique du capteur	Doigts interdigités capacitifs utilisés pour capter les dommages des mouvements de la masse étalon. Lorsqu'un doigt est fracturé, la capacité totale est réduite, ce qui conduit à une baisse de la sensibilité et à une dérive du décalage.
	Rupture du joint de la cavité	Dérive de sensibilité, dérive de décalage, modification de la dynamique du capteur	L'espace entre les doigts produit une humidification aérodynamique due aux molécules de gaz scellées dans la structure de la cavité, proportionnelle à la pression du gaz scellé. La pression inférieure cause une augmentation de la sensibilité, puis une modification de la dynamique du capteur ou de la fréquence de coupure.

Mécanisme de détérioration	Détail du mécanisme de détérioration	Mode de détérioration	Stimuli du mécanisme
	Diaphragme fracturé	Dérive du décalage, collé à	Les transducteurs de pression sont des diaphragmes qui exercent une force sur les éléments piézorésistants ou modifient un espace capacitif. Lorsqu'un diaphragme se fracture, un décalage ou une perte complète de sensibilité se produit, ce qui donne lieu à un défaut à la terre collé à.
	Ancrage fracturé	Dérive du décalage, collé à	Les transducteurs de mouvement ont généralement des ressorts avec des ancrages qui permettent de limiter les distances de déplacement. Si l'ancrage ou le limiteur de déplacement se fracture, la masse étalon est alors désalignée ou se déplace hors de sa plage et touche les surfaces internes de la cavité, ce qui donne lieu à un défaut collé à
Perte/dommage des données du dispositif (actuellement non typique des MEMS)	Court-circuit/coupure/erreur induit(e) par un champ électromagnétique	Coupure, court-circuit, altération des données	Champ électromagnétique
	Coupure, court-circuit ou erreur induit(e) par un rayonnement hautement ionisant	Coupure, court-circuit, altération des données	Rayonnement à haute énergie, rayons X
	Petite erreur résultant de dommages du dispositif	Coupure, court-circuit ou altération des données	Impact de neutrons Impact d'émission de particules alpha
Résidu de taches	Modification de l'apparence et de la spécification de la surface résultant de l'exposition non prévue à des contenus oxydants	Défaut visible, apparence non conforme et mauvais fonctionnement potentiel	Exposition qui résulte en un vieillissement, à une oxydation ou au durcissement du résidu
Vieillissement du polymère	Fragilisation du polymère	Fissure visible, coupure, court-circuit ou dégradation du signal de détection	Exposition à des températures, contrainte mécanique résiduelle et lumière vive
Problèmes relatifs aux moyens de stockage	Bandes sur bobines, fragilisation/vieillissement du tube	Mauvais alignement lors du traitement	Exposition à des températures, contrainte mécanique et lumière vive
	Fragilisation et vieillissement du plateau et du tube	Chute de parties provenant du plateau cassé ou parties hors de la poche formée	Température, manipulation et lumière vive
	Fragilisation et vieillissement du boîtier	Chute de parties Coupures ou courts-circuits de la DES matériau étranger; mauvais fonctionnement mécanique dû aux particules	Température et lumière vive
	Dégradations du revêtement DES	Coupures ou courts-circuits de la DES	Chargement triboélectrique ou différence potentielle de charge
	Vieillissement de l'étiquette	Marque illisible	Lumière vive, température
		Étiquette manquante	Température et lumière vive
		Effritement – étiquette partielle	Température et lumière vive

Mécanisme de détérioration	Détail du mécanisme de détérioration	Mode de détérioration	Stimuli du mécanisme
Problèmes relatifs aux matériaux indirects	Fuite du sac étanche à l'humidité	Déclenchement de la carte indicatrice d'humidité, non-conformité visuelle	Abrasion, pliage et chocs dus à la manipulation
	Carte indicatrice d'humidité inactivée	Couleur incorrecte ou aucune exposition à l'humidité indiquée	Température, exposition à l'humidité avant utilisation
	Vieillessement de l'étiquette	Marque illisible Étiquette manquante Effritement – étiquette partielle	Lumière vive, température Température et lumière vive Température et lumière vive
Brasabilité	Incapacité à former un bon joint de soudure	Coupure électrique après montage en surface	Température, exposition à l'humidité
Corrosion	Réaction électrochimique qui donne lieu à une détérioration ou à une réduction de la fonctionnalité mécanique	Coupure, court-circuit, non-conformité visuelle, dégradation du signal de détection relativement au frottement par adhérence	Température, cellule galvanique, résidu chimique
Frottement par adhérence	Réduction des mouvements mécaniques du fait des effets de friction statique du revêtement: peut résulter de la corrosion, de l'oxydation, de matériau étranger ou d'usure mécanique	Dégradation du signal de détection, dérive, sensibilité non paramétrique et collé à	Humidité de la température, cycle d'usure, contraintes-vibration dynamiques. Les forces capillaires ou électrostatiques font que les surfaces suspendues/cantilever se collent aux autres surfaces en déplacement ou aux surfaces fixes du fait des anomalies des revêtements utilisés pour éviter ces effets
Usure	Dégradation de la fonctionnalité relative à l'utilisation d'une fonction mécanique	Dégradation du signal de détection	Cycle mécanique, contraintes-vibration dynamiques et choc
Exposition au gaz ou à un différentiel de pression	Dégradation de la fonctionnalité relative à l'utilisation d'une fonction mécanique	Dégradation du signal de détection	Exposition à l'hélium. De l'hélium peut pénétrer à l'intérieur du Si et modifier la pression à l'intérieur d'un MEMS, ce qui a pour conséquence une altération ou une dégradation de sa performance. L'exposition à des changements de pression rapides peut avoir pour conséquence la formation de bulles dans le gel (sauf spécification contraire du fabricant)
Matériau étranger = particules	Particule ou autre matériau imprévu qui empêche la fonctionnalité mécanique	Dégradation du signal de détection à adhésion courte	Cycle mécanique, contraintes-vibration dynamiques. Une particule peut induire de multiples modes de détérioration selon sa conductivité et selon les parties individuelles de transducteur avec lequel elle est en contact. Elle peut également entraver le mouvement des parties. Les particules peuvent constituer des défaillances transitoires et une imprévisibilité générale.
Extinction du solvant	Solvant inefficace pour le capteur chimique ou le biocapteur	Dégradation du signal de détection	Solvant qui se dégrade du fait de la température, de l'humidité ou du rayonnement

Mécanisme de détérioration	Détail du mécanisme de détérioration	Mode de détérioration	Stimuli du mécanisme
Trichites d'étain	Les trichites d'étain formées par dislocation dans les films métalliques inclinés dans les contraintes mécaniques de surface	Trichites visuelles, court-circuit	Finition de surface en étain brillant (non allié) augmentation de la dislocation du cristal (dans les parties non atténuées) Réaction catalysée de gaz soufré
Fluage	Migration des molécules sous l'effet de différentes contraintes	Modification de la performance du matériau fracture	Contrainte de température ou charge externe
Délaminage	Délaminage entre des couches de dépôt	Fracture, déformation, adhérence	Choc ou vibration

4.2.2 Environnement de stockage et atténuation des stimuli pour empêcher les détériorations

Le contrôle ou la limitation direct(e) du stimulus de détérioration par plusieurs moyens permet d'atténuer les détériorations pendant et après un stockage de longue durée. Des exigences communes pour un stockage de longue durée soutenable sont données dans le Tableau 2. La connaissance et le contrôle de l'environnement de stockage sont d'une importance primordiale pour l'identification de l'occurrence du risque de détérioration et pour le contrôle ou l'élimination des stimuli de détérioration pendant le stockage. Des exemples d'environnements de stockage sont donnés dans l'IEC 62435-4. L'0 spécifie d'autres paramètres d'environnement de stockage relatifs au stockage de longue durée qui peuvent être importants pour les produits ou dispositifs qui présentent certaines sensibilités. Il est de la responsabilité de l'utilisateur final d'entretenir l'environnement de stockage et de veiller à bien respecter les termes et conditions pour assurer un stockage optimum de longue durée au moment de l'achat du produit.

Il convient d'étudier l'ensemble de la chaîne thermique et environnementale du composant en planifiant une évaluation de la caractérisation de la fiabilité et une estimation de la fiabilité après stockage, ajouté aux estimations de la fiabilité d'utilisation.

Tableau 2 - Environnement de stockage de longue durée – exigences de condition de soutenabilité

Local LTS de stockage	Plage (stockage terrestre)	Atténuation de la détérioration
Température ^{a, b}	minimale/maximale: + 5 °C / + 40 °C ou spécifiée par le fabricant du dispositif	Contrôle de la température ou placement géographique
Humidité relative (HR) de non-condensation ^c	minimale/maximale: 10 % / 85 % HR ou spécifiée par le fabricant du dispositif	Emballage à sec (si approprié pour le dispositif MEMS)
Choc et vibration	Spécifiée par le fabricant du dispositif	Isolation du choc et de la vibration
Manipulation – pression	Spécifiée par le fabricant du dispositif	Procédure de manipulation spécifiée par le fournisseur afin d'exclure la ventouse/le capteur de pression et le vide possible pendant l'opération d'emballage à sec
^a IEC 60721-3-1 classification de stockage 1K21. ^b ASHRAE – classe de contrôle climatique A3 et classe C pour la température. ^c Un contrôle de HR supérieur à > 7 % est exigé pour le contrôle des DES.		

D'autres environnements de stockage d'intérêt peuvent être: l'activité chimique, la pression, l'altitude et les champs magnétiques. Le Tableau A.1 présente des remarques.

4.3 Gestion des matériaux

La gestion des matériaux de longue durée inclut le stockage des données d'identification sous forme physique et/ou sous forme électronique, comme le définit l'accord entre le fournisseur/distributeur et le client. Le Tableau 3 présente des remarques relatives aux conventions pour le stockage de longue durée. L'objectif des schémas de rétention des données est d'identifier le matériau inconsistant.

Tableau 3 – Remarques relatives à la gestion, au contrôle et à la documentation pendant le stockage

Catégorie d'information de stockage	Données de stockage	Forme ou méthode
Données/vieillesse	Code de la date du lot	Étiquette de la date du sachet/boîte, code-barres/matriciel, marque physique
	Date de l'emballage à sec	
Écarts d'environnement	Alarmes	Étiquette de la date du sachet/boîte et historique du lot, code-barres/matriciel, marque physique ou historique de la base de données
Qualifications	Rapport de qualification original	Rapport du fournisseur/distributeur, base de données du rapport
	Rapport de vérification de l'inventaire (si accord)	
	Rapport de requalification de l'inventaire	
	Justification de stockage étendu	

4.4 Moyens de stockage

Les moyens de stockage désignent les plateaux, boîtes de plaquettes, tubes, bandes et bobines, sacs en vrac ou les autres emballages destinés au stockage des produits finis. Il convient de veiller à ce que les moyens de stockage ne contiennent pas d'humidité, de contaminants chimiques ou d'huiles absorbés ou adsorbés qui peuvent atteindre les unités stockées. Les moyens de stockage peuvent inclure un fardage utilisé pour sécuriser les plateaux lors de la manipulation et des bandes et/ou des sangles de serrage soumises aux mêmes exigences que les plateaux.

4.5 Documentation/papiers d'identifiants du lot

Les informations et la documentation du lot peuvent être stockées avec les unités en LTS. Cette méthode assure l'identification du niveau de l'unité et du lot lors du stockage et avant utilisation. Les informations du lot enregistrées sur papier et dans des dispositifs électroniques sont soumises aux mêmes restrictions relatives à l'humidité, aux contaminants chimiques ou aux huiles absorbés ou adsorbés qui peuvent fournir des stimuli de dégradation des parties au moment de l'assemblage final.

4.6 Vérification de l'inventaire

L'inventaire peut être vérifié de manière active ou passive, selon les besoins commerciaux et les termes de l'obligation. Les vérifications passives de l'inventaire permettent d'assurer une comptabilisation correcte et une manipulation supplémentaire minimale.