

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

Part 2: Deterioration mechanisms

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

Partie 2: Mécanismes de détérioration

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62435-2:2017



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 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
Fax: +41 22 919 03 00
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 corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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 also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions 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

65 000 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.

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: csc@iec.ch.

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.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

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 aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions 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

65 000 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.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

Part 2: Deterioration mechanisms

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

Partie 2: Mécanismes de détérioration

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.020

ISBN 978-2-8322-3836-3

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, definitions and abbreviated terms	7
3.1 Terms and definitions.....	7
3.2 Abbreviated terms.....	8
4 Principles of deterioration.....	8
4.1 General.....	8
4.2 Solderability and oxidation of lead finishes	8
4.3 Popcorning	8
4.4 Delamination.....	8
4.5 Corrosion and tarnishing	8
4.6 Electrical effects	9
4.7 High-energy ionizing radiation damage	9
4.8 Storage temperature risks to semiconductor devices.....	9
4.9 Noble metal finishes	9
4.10 Matte tin and other finishes.....	9
4.11 Solder ball and solder bump.....	9
4.12 Devices containing programmable memory – flash, programmable logic and other devices containing non-volatile memory cells.....	10
5 Technical validation of the components	10
5.1 Purpose	10
5.2 Test selection criteria.....	10
5.3 Measurements and tests.....	11
5.3.1 Assessment of the supplied batch reliability.....	11
5.3.2 List of test methods	11
5.4 Periodic assessment.....	12
Annex A (normative) Failure mechanisms – Encapsulated and non-encapsulated active components.....	14
Bibliography.....	17
Table 1 – List of tests	11
Table A.1 – Failure mechanisms: encapsulated and non-encapsulated active components	14

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRONIC COMPONENTS – LONG-TERM STORAGE
OF ELECTRONIC SEMICONDUCTOR DEVICES –****Part 2: Deterioration mechanisms**

FOREWORD

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

International Standard IEC 62435-2 has been prepared by IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
47/2327/FDIS	47/2350/RVD

Full information on the voting for the approval of this International Standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This document has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts in the IEC 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 62435-2:2017

INTRODUCTION

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

This is a document 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 can 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 standard 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 standard 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 its 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, ultra-violet 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 these 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 includes 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 Parts 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 – MEMS

Part 8 – Passive electronic devices

Part 9 – Special cases

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

Part 2: Deterioration mechanisms

1 Scope

This part of IEC 62435 is related to deterioration mechanisms and is concerned with the way that components degrade over time depending on the storage conditions applied. This part also includes guidance on test methods that may be used to assess generic deterioration mechanisms. Typically, this part is used in conjunction with IEC 62435-1 for any device long-term storage whose duration may be more than 12 months for product scheduled for long duration storage. Mechanisms that apply to specific component types are detailed in IEC 62435-5 to IEC 62435-9 (proposed)¹.

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 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*

3 Terms, definitions and abbreviated terms

For the purposes of this document, the following terms, definitions and abbreviated terms 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 Terms and definitions

3.1.1

storage environment

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

3.1.2

long-term storage

LTS

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

¹ Under preparation.

3.1.3

MBB

moisture barrier bag

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.

3.2 Abbreviated terms

BGA	ball grid array
ES	electro-static
ESD	electro-static discharge
MSD	moisture sensitive device
PWB	printed wiring board
rh	relative humidity

4 Principles of deterioration

4.1 General

In determining the deterioration mechanisms for products stored under LTS, it is important to consider not only the deterioration of the product itself (see Annex A) but also any deterioration mechanism that can affect the subsequent processing and use of the product.

4.2 Solderability and oxidisation of lead finishes

Device surfaces that will be soldered to another surface using reflow and/or wave soldering operations should join successfully. Solderability determines whether the surfaces intended to be joined metallurgically can perform as expected. Failure to form a complete metallurgical joint can result in conditions known as non-wets or de-wets; oxides typically contribute to solderability degradation. LTS factors that can impact the ability for a part to form a good metallurgical joint include humidity, oxygen exposure, cleanliness, foreign material, and contamination.

4.3 Popcorning

Moisture content within a material when heated rapidly results in expansion of the moisture in form of vapour. This vapour occupies greater space than the moisture from which it was derived. If this vapour is not allowed to dissipate, then the materials within which it is contained will increase in size and exceed the strength or ability of the material to contain the vapour. Subsequently an electronic device that was manufactured correctly (i.e., all materials were properly adhered) may then develop a loss of adhesion. This may lead to interface delamination, package blistering, cracking, and bubbling.

4.4 Delamination

Delamination can occur when moisture accumulates in the materials, voids or at the interface between layers. Subsequent exposure to cycling or thermal processing can cause a separation of materials. Dies with organic passivation, organic substrates, polymer encapsulants, and PWBs tend to absorb moisture which could subsequently outgas during high-temperature processing. The primary failure mode is interfacial disbanding and cohesive separation.

4.5 Corrosion and tarnishing

Corrosion is a chemical reaction that results in the oxidation and/or structural decomposition of metals. Metal migration is also a form of corrosion. Moisture, chemical attack and contamination enhances corrosion mechanisms; contaminants (including fluorine and chlorine)

may be hydrated with atmospheric moisture or pollutants during shipment, handling and ambient storage and act as corrosion catalyst. Eliminating the moisture is key to inhibiting corrosion. Corrosion can lead to opens, shorts, dendrites, and discoloration.

Tarnishing of some metal finishes can lead to solderability issues, notably the tarnishing of silver and silver alloys predominantly caused by chemical reaction to oxygen and/or sulphur.

4.6 Electrical effects

Conductive or electro-static (ES) dissipative materials should be used when required for ESD protection. ESD may be caused by using inappropriate packing materials, too low relative humidity (rH), or proximity to ES field sources. This may lead to p-n junction damage, oxide breakdown/puncturing, or other sensitive parameter effects.

4.7 High-energy ionizing radiation damage

Where the product is known to be susceptible to damage caused by ionizing radiation (e.g., as from x-rays or other high energy radiation sources), exposure to such radiation shall be qualified and quantified to understand the potential damage. Some die types can be particularly sensitive to damage and parameter drift caused by radiation. Care should be taken to ensure protection from ionizing radiation sources for those products that are sensitive.

4.8 Storage temperature risks to semiconductor devices

Exposure to heat over time can accelerate some semiconductor failure mechanisms, including stress voiding in metallization and data loss in some non-volatile memory cell types that have been written to a desired state prior to storage. Refer to JEP-122 for further details on such mechanisms..

4.9 Noble metal finishes

No failure mechanisms have been identified that would compromise the reliability of plastic encapsulated solid state devices with lead finishes containing Au or Pd owing to storage. The best practise for long-duration storage is associated with a warehouse environment as described in IEC 60721-3-1 and as required by IEC 60749-20-1.

4.10 Matte tin and other finishes

Assuming proper MSD protection for the term of storage, lead finishes not containing Au or Pd may require tests such as solderability on aged units to confirm long-term storage integrity.

Consideration should be given to the likelihood of the creation of tin whiskers and oxide degradation that gives rise to solderability issues. Refer to lead finish guidelines in IEC 60749-21.

4.11 Solder ball and solder bump

Assuming proper MSD protection for the term of storage and that the solder balls or bumps are fully reflowed, no failure mechanisms have been identified that compromise the reliability of solder balled or bumped BGA packages stored for extended periods of time in a warehouse environment per IEC TR 62258-3. However, if the solder balls or bumps are not reflowed but are attached with an adhesive or a solder paste that has a lower melting point, the solder balls or bumps shall be examined for oxide growth that could affect adhesion or solderability. Surface analysis of the balls/bumps and solderability testing on aged units can be required to confirm acceptance for attach of the next level of assembly after long-term storage.

4.12 Devices containing programmable memory – flash, programmable logic and other devices containing non-volatile memory cells

Devices that contain memory cells may contain certain locations that are factory programmed. These may be used to contain identification information and code that the device uses during normal component use or user programming. It is important to check that these types of components will not lose essential data during storage which can render the component non-functional after storage. The original component manufacturer may recommend special storage conditions, such as temperature maxima and minima to ensure that this data is not corrupted.

Subject to original component manufacturers' recommendations, it is recommended that such devices are stored in the un-programmed state. However, care should be taken to ensure that equipment to programme the devices will also be available when the components are taken out of storage. This may require storage of special programming equipment.

Where programmable devices are stored in the programmed state, then removal from storage should also include a test to check that the programming is not corrupted.

5 Technical validation of the components

5.1 Purpose

The purpose of the technical validation of the components with a view to their storage is to detect *a priori* the batches which do not offer proper reliability and life-time guarantees.

In designing the tests, consideration should be given to the application mission profile and the storage mission profile.

5.2 Test selection criteria

The first thing to be taken into account to select the tests to be implemented for storing components is to have these components previously qualified, depending on the profile of their expected mission.

In addition, in the case of multiple-source components, the selection of the sources shall have been validated by a method capable of evidencing "false" second sources.

The selection of the required tests and measurements will depend on the storage strategy adopted. It can cover a range from a minimal utilization with no tests to a maximal utilization, where all tests described in Table 1 would be performed.

As a whole, the technical validation of the components requires the following items to be checked:

- a) compliance with the visual inspection criteria;
- b) solderability checking;
- c) sealing/hermeticity checking (for components with hermetic packages);
- d) compliance with the electrical specifications in the temperature range;
- e) checking of manufacturing control (technological analysis);
- f) checking the supplied batch reliability.

The criteria for sanctions and the number of tested components may vary depending on the requirements and level of reliability, as well as the data collected from the original component manufacturer. At the end of the technical validation, a status is established for this batch in order to decide on its storage capability.

5.3 Measurements and tests

5.3.1 Assessment of the supplied batch reliability

All failures affecting electronic components initiate originally from a mechanism of a mechanical, chemical, electrical type, or a combination of the three types.

Any failure mechanism, as soon as the process has started, can be accelerated by a constraint adapted to the nature of the failure:

- temperature for chemical corrosion;
- temperature associated to a potential difference for an electrolytic migration.

The component environment varies depending on the application.

It is important to be able to estimate the impact of the constraints on the failure mechanisms in order to determine any possible induced acceleration (for example, humidity).

Depending on the defects and efficiency expected, and according to the technical means available as well as the affordable costs, various test methods may be used.

5.3.2 List of test methods

Table 1 describes the main test methods, the nature of the defects, the relative cost and their efficiency, as well as the test conditions and average times.

Table 1 – List of tests

Operation	Defects concerned	Efficiency	Relative cost	Criteria/ duration	Remarks
Rapid temperature variations (RTV)	– Packaging – Sealing – Electrical connections – Chip crack – Differential expansion	Good	Very low	Min. $T = -55\text{ °C}$ Max. $T = +125\text{ °C}$ $N = 500$ to 1 000 cycles 30 min/30 min	One of the most efficient for chips mounted with aluminium connecting wires and power components (diodes, transistors, etc.)
High-temperature storage power off	– Jitter – Bonding – Corrosion – Substrate	Good	Very low	125 °C or 150 °C depending on the component 1 000 h or 2 000 h	Good method
High-temperature storage with static operation	– Bonding – Substrate – Oxide films – Inversion layer – Design – Contamination	Good	High	125 °C or 150 °C depending on the component 1 000 h or 2 000 h	Efficient method, especially for MOS technology
High-temperature storage with dynamic operation	– Bonding – Substrate – Oxide films – Inversion layer – Design – Contamination	Very good	High	Generally 125 °C or as per T_j 1 000 h or 2 000 h	Very efficient method
High-temperature storage with reverse bias	– Inversion layer – Contamination	Good	High	125 °C or 150 °C 1 000 h or 2 000 h	Efficient for discrete components

Operation	Defects concerned	Efficiency	Relative cost	Criteria/ duration	Remarks
Damp heat 85 % rH, 85 °C	– Package – Sealings – Chip crack – Differential expansion – Contamination	Very good	Very low	1 000 h or 2 000 h	Efficient for non-cavity packages, especially plastic packages
HAST High accelerated stress test 85 % rH polarized components		Very good	Very high	240 h or 500 h	Very efficient for plastic packages
PCT (pressure cooker test) 121 °C 100 % RH components power off		Very good	High	240 h or 500 h	Not recommended for organic substrate packages
Package sealing	– Leakage of cavities – Significant with fluorinated or golden – Small with helium	Very good	Low		For sealed package with cavity
Thermal stress	Mounting	Very good	Very high	$T_j \geq 70\text{ °C}$ 10 000 cycles on/off	For power components

5.4 Periodic assessment

An assessment plan should be established which outlines the periodic testing regime, including which tests should be performed and when. This should take into account the reliability testing already performed by the manufacturer or supplier and the batch status of the components as determined by 5.2 and Annex A.

This plan should take into account the expected deterioration mechanisms for the stored components and the expected timescale for any deterioration to take effect, but the periodic testing should be minimised as far as possible. The plan should justify the rationale behind the testing regime and the expected outcome.

Where possible, periodic assessment should also be made of the local storage environment by, for instance, taking samples of the atmosphere inside the MBB in which the components are stored. Cabinet and storage area environmental controls are covered in IEC 62435-4².

For each type of component stored the plan should detail:

- component type;
- relevant deterioration mechanism;
- time period for repeat testing or qualification;
- assessment method.

² Under preparation.

Where additional components are required to perform these tests then this shall be taken into account when purchasing the quantity of components.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62435-2:2017

Annex A (normative)

Failure mechanisms – Encapsulated and non-encapsulated active components

Known failure mechanism and failure modes are referenced in Table A.1 for the purpose of risk mitigation by managing the accelerating or excitation parameter.

Table A.1 – Failure mechanisms: encapsulated and non-encapsulated active components

Mechanism name	Physical origin	Failure mode	Acceleration parameter	Family-related components	Non-encapsulated components	Storage criticality (indicated by number of Ts)
1) Contamination	Presence of contaminants (Na)	Parametric shift	E, T	All components	YES	T
2) Surface charges	Presence of surface charges in gate oxides	Parametric shift	E, T	All components	YES	T
3) Charge inversion	Induced charges	Parametric shift	E, T	Bipolar	YES	T
4) Accumulation of surface charges	Ionic impurity in resin	Parametric shift	E, T	Plastic packages, components mainly	YES	T
5) Charge losses	Poor programming or oxide quality	Stored information loss	T	Electrically programmable components	YES	TTT
6) Cracking of dielectric	Poor oxide manufacturing quality	Isolation loss	T, ΔT , E	All components with isolating oxides	YES	T
7) Dielectric breakdown Melting of metal or Si	ESD	Short circuits Open circuits Leaks	T, rH Environment	All bipolar components concerned Hypersensitivity of power MOS	YES	TTTT
8) Inter-metallic growth	Formation of compounds $Au_x - Al_y$	Open circuits	T favoured by contaminants (for example, Br and Si)	All components including an Au and Al contact	YES	T

Mechanism name	Physical origin	Failure mode	Acceleration parameter	Family-related components	Non-encapsulated components	Storage criticality (indicated by number of Ts)
9) Separation or break (shearing) of the connecting wires	Mechanical stress relieving	Open circuits	T, ΔT , rH	Plastic package components	NO	TTT
	Welding and wiring weaknesses		ΔT , humidity inside the package			TT
10) Pop-corn	Water absorption in the encapsulation. Resin permeability	Open circuits	Temperature/ die bonding profile	Plastic package components/SMD (refer to JEDEC xxx)	NO	TTTT
11) Metal-Si interaction	Metal diffusion in Si	Short circuits	T	Bipolar integrated circuits and discrete	YES	T
12) Chip corrosion (bonding and pads)	Presence of an electrolyte favoured by contaminants Passivation integrity	Open circuits Parametric shifts Leaks	T, rH, E	Mainly plastic package components	YES	TT
13) Pin corrosion	Presence of an electrolyte, aggressive contaminants, nature of the pin coatings	Open circuits Solderability loss	T, rH Aggressive atmosphere	All components except golden pins	NO	TTTT
14) Pin oxidation	Presence of oxidants, nature of the pin coating	Solderability loss	T	All components except golden pins	NO	TTTT
15) Intermediate diffusion of materials at the pins	Nature of coatings	Solderability loss	T	All components	NO	TTTT
16) Chip cracking	Si defect created by a manufacture (for example, sawing) Relieving stresses related to chip mounting	Open circuits Parametric shifts	ΔT Mechanical impacts	All components Especially big chips	YES	T
17) Hermetic package cracking	Pin feed through cracking	Hermeticity loss	ΔT Mechanical impacts	Sealed package components (mainly glass)	NO	T

Bibliography

IEC 60068-2-17:1994, *Basic environmental testing procedures – Part 2-17: Tests – Test Q: Sealing*

IEC 60068-2-20:2008, *Environmental testing – Part 2-20: Tests – Test T: Test methods for solderability and resistance to soldering heat of devices with leads*

IEC 60410:1973, *Sampling plans and procedures for inspection by attributes*

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

IEC 60721-3-3, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 3: Stationary use at weatherprotected locations*

IEC 60749-21, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 21: Solderability*

IEC 61340-5-1:2007, *Electrostatics – Part 5-1: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena – General requirements*

IEC TR 61340-5-2:2007, *Electrostatics – Part 5-2: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena – User guide*

IEC 61760-4, *Surface mounting technology – Part 4: Classification, packaging, labelling and handling of moisture sensitive devices*

IEC TS 61945, *Integrated circuits – Manufacturing line approval – Methodology for technology and failure analysis*

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

IEC TR 62380, *Reliability data handbook – Universal model for reliability prediction of electronics components, PCBs and equipment*

IEC 62435-1, *Electronic components – Long-term storage of electronic semiconductor devices – Part 1: General*

IEC 62435-4³, *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*

IEC 62435-9⁴, *Electronic components – Long-term storage of electronic semiconductor devices – Part 9: Special cases*

EN 190 000:1995, *Generic specification – Integrated monolithic circuits*

³ Under preparation.

⁴ Under preparation.

JEDEC J-STD-033, *Handling, packing, shipping and use of moisture/reflow sensitive surface mount devices*

JEDEC JESD-020, *Moisture/reflow sensitivity level classification for non-hermetic surface mount devices*

JEDEC JEP160, *Long-term storage for electronic semiconductor wafers, dice and devices*

JEDEC JEP122, *Failure mechanisms and models for semiconductor devices*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62435-2:2017

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62435-2:2017

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	21
INTRODUCTION.....	23
1 Domaine d'application	25
2 Références normatives	25
3 Termes, définitions et termes abrégés	25
3.1 Termes et définitions	25
3.2 Termes abrégés.....	26
4 Principes de la détérioration	26
4.1 Généralités	26
4.2 Brasabilité et oxydation des finitions des connexions	26
4.3 Effet popcorn	26
4.4 Délaminage	26
4.5 Corrosion et ternissure	27
4.6 Effets électriques	27
4.7 Dommages causés par un rayonnement ionisant à haute énergie.....	27
4.8 Risques liés à la température de stockage des dispositifs à semiconducteurs.....	27
4.9 Finitions en métaux nobles	27
4.10 Etain mat et autres finitions	27
4.11 Billes et perles de soudure.....	28
4.12 Dispositifs contenant une mémoire programmable – flash, logique programmable et autres dispositifs contenant des cellules de mémoire non volatile	28
5 Validation technique des composants	28
5.1 Objectif.....	28
5.2 Critères de choix des essais	28
5.3 Mesures et essais	29
5.3.1 Evaluation de la fiabilité du lot fourni	29
5.3.2 Liste des méthodes d'essai.....	29
5.4 Evaluation périodique	31
Annexe A (normative) Mécanismes de défaillance – Composants actifs encapsulés et non encapsulés.....	32
Bibliographie.....	35
Tableau 1 – Liste des essais.....	30
Tableau A.1 – Mécanismes de défaillance: composants actifs encapsulés et non encapsulés	32

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES – STOCKAGE DE LONGUE DURÉE
DES DISPOSITIFS ÉLECTRONIQUES À SEMICONDUCTEURS –****Partie 2: Mécanismes de détérioration****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62435-2 a été établie par le comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
47/2327/FDIS	47/2350/RVD

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

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. A cette date, le document sera

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62435-2:2017

INTRODUCTION

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

Il s'agit d'une norme concernant le stockage de longue durée (LTS) 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 que destinée à traiter du stockage des semiconducteurs non encapsulés et des dispositifs électroniques encapsulés, la présente norme n'exclut pas le stockage d'autres articles avec les niveaux de stockage qu'elle 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 critique dans le cas d'un stockage de longue durée.

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

La mise en œuvre de l'approche proposée dans la présente norme 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. L'utilisateur doit par conséquent stocker ces pièces avec soin et d'une manière permettant 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 pourra 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, concernant 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 hébergeant 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 de garantir aux dispositifs une fiabilité adéquate dans les applications utilisateur après un stockage de longue durée. Les utilisateurs sont invités à demander des données aux fournisseurs concernant ces spécifications afin d'aboutir à un stockage optimum conforme à leurs attentes. Les présentes normes ne sont pas destinées à aborder les mécanismes de défaillance interne qui surviendraient 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 norme complète comprend plusieurs parties. Les Parties 1 à 4 s'appliquent à tous les stockages de longue durée et contiennent des exigences et des préconisations 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 nécessitant des conditions de stockage différentes sont abordés 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 – MEMS
- Partie 8 – Dispositifs électroniques passifs
- Partie 9 – Cas spéciaux

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

Partie 2: Mécanismes de détérioration

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62435 a trait aux mécanismes de détérioration et traite de la façon dont les composants se dégradent dans le temps en fonction des conditions de stockage appliquées. La présente partie contient aussi des préconisations sur les méthodes d'essai qui peuvent être utilisées pour évaluer les mécanismes de détérioration génériques. Elle s'utilise habituellement conjointement avec l'IEC 62435-1 pour tout stockage de dispositifs dont la durée peut être supérieure à 12 mois, pour un produit destiné à être stocké pendant une durée prolongée. Les mécanismes qui s'appliquent aux types de composants spécifiques sont détaillés dans les parties IEC 62435-5 à IEC 62435-9 (proposées)¹.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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 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*

3 Termes, définitions et termes abrégés

Pour les besoins du présent document, les termes, définitions et termes abrégés 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 Termes et définitions

3.1.1

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

3.1.2

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

¹ En préparation.

Note 1 à l'article: L'abréviation "LTS " est dérivée du terme anglais développé correspondant "*long-term storage*"

Note 2 à l'article: L'abréviation "MSL" est dérivée du terme anglais développé correspondant "*moisture sensitivity level*"

3.1.3

sachet étanche à l'humidité

MBB

sachet de stockage comportant 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'emballage des produits sensibles à l'humidité.

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

3.2 Termes abrégés

BGA	grille matricielle à billes (ball grid array)
DES	décharge électrostatique
ES	électrostatique (electro-static)
HR	humidité relative
MSD	dispositif sensible à l'humidité (moisture sensitive device)
PWB	carte de câblage imprimé (printed wiring board)

4 Principes de la détérioration

4.1 Généralités

En déterminant les mécanismes de détérioration des produits stockés dans un cadre de LTS, il est important de prendre en compte non seulement la détérioration du produit à proprement parler (voir l'Annexe A), mais aussi tout mécanisme de détérioration qui peut affecter le traitement ultérieur et l'utilisation du produit.

4.2 Brasabilité et oxydation des finitions des connexions

Il convient que les surfaces des dispositifs qui seront soudées à une autre surface par refusion et/ou à la vague se joignent correctement. La brasabilité détermine si les surfaces destinées à être jointes par des opérations métallurgiques peuvent avoir le comportement attendu. L'incapacité à former un joint métallurgique complet peut aboutir à des défauts de mouillage; les oxydes contribuent généralement à la dégradation de la brasabilité. Les facteurs LTS susceptibles d'agir sur la capacité d'une pièce à former un joint métallurgique correct incluent l'humidité, l'exposition à l'oxygène, la propreté, les corps étrangers et la contamination.

4.3 Effet popcorn

Lors d'un chauffage rapide, l'humidité présente dans un matériau subit une expansion et se transforme en vapeur. Cette vapeur occupe un volume plus important que l'humidité dont elle provient. Si cette vapeur ne peut pas se dissiper, les matériaux qui la contiennent vont grossir et dépasser la résistance ou la capacité du matériau à contenir la vapeur. Un dispositif électronique qui avait été fabriqué correctement (c'est-à-dire que tous les matériaux avaient correctement adhéré) peut alors développer un défaut d'adhésion. Cela peut conduire à un délaminage de l'interface, un cloquage de l'enveloppe, des fissures ou un bullage.

4.4 Délaminage

Le délaminage peut se produire lorsque l'humidité s'accumule dans les matériaux, les espaces ou l'interface entre deux couches. Une exposition à un cyclage ou un traitement thermique peut alors provoquer la séparation des matériaux. Les puces avec passivation

organique, les substrats organiques, les encapsulations en polymère et les circuits de câblage imprimé tendent à absorber de l'humidité qui pourrait ensuite s'évacuer pendant un traitement à haute température. Le principal mode de défaillance est la séparation d'interface et le décollement.

4.5 Corrosion et ternissure

La corrosion est une réaction chimique qui aboutit à l'oxydation et/ou à la décomposition structurelle des métaux. La migration de métal est aussi une forme de corrosion. La migration amplifie les mécanismes de corrosion; les contaminants (notamment le fluor et le chlore) peuvent être hydratés par l'humidité atmosphérique ou par des polluants pendant le transport, la manipulation et le stockage ambiant et agir comme catalyseurs de corrosion. L'élimination de l'humidité revêt une importance clé pour empêcher la corrosion. La corrosion peut conduire à des coupures, des courts-circuits, des dendrites et de la décoloration.

La ternissure de certaines finitions métalliques peut conduire à des problèmes de brasabilité, notamment la ternissure de l'argent et des alliages d'argent principalement causée par une réaction chimique à l'oxygène et/ou au soufre.

4.6 Effets électriques

Il convient d'utiliser des matériaux dissipateurs d'électricité statique lorsqu'une protection contre les décharges électrostatiques (DES) est nécessaire. Les DES peuvent être causées par l'utilisation de matériaux d'emballage inappropriés, une humidité relative (HR) trop faible ou la proximité de sources de champs électrostatiques. Cela peut conduire à des altérations de jonctions p-n, des claquages/perforations d'oxydes ou d'autres effets affectant les paramètres.

4.7 Dommages causés par un rayonnement ionisant à haute énergie

Lorsque le produit est connu comme étant susceptible d'être endommagé par un rayonnement ionisant (par exemple par des rayons X ou d'autres sources de rayonnements à haute énergie), l'exposition à de tels rayonnements doit être qualifiée et quantifiée pour permettre de comprendre les dommages potentiels. Certains types de puces peuvent être particulièrement sensibles aux dommages et aux dérives de paramètres causés par les rayonnements. Il convient d'assurer la protection contre les sources de rayonnements ionisants des produits qui y sont sensibles.

4.8 Risques liés à la température de stockage des dispositifs à semiconducteurs

L'exposition à la chaleur au cours du temps peut accélérer certains mécanismes de défaillance des semiconducteurs, notamment l'évacuation des contraintes dans la métallisation et la perte de données dans certains types de cellules de mémoires non volatiles ayant fait l'objet d'une écriture dans un état souhaité avant le stockage. Voir la norme JEP-122 pour plus de détails sur ces mécanismes..

4.9 Finitions en métaux nobles

Aucun mécanisme de défaillance n'a été identifié qui soit susceptible de compromettre la fiabilité des dispositifs à semiconducteurs encapsulés dans du plastique avec des finitions de connexions contenant de l'or (Au) ou du palladium (Pd) du fait d'un stockage. La meilleure pratique pour le stockage de longue durée est associée à un environnement d'entrepôt tel que défini dans l'IEC 60721-3-1 et tel qu'exigé par l'IEC 60749-20-1.

4.10 Etain mat et autres finitions

En prenant comme hypothèse que la protection des MSD est correctement assurée pendant la durée du stockage, les finitions de connexions ne contenant ni or (Au) ni palladium (Pd) peuvent nécessiter des essais, par exemple de brasabilité sur des unités vieillies, afin de confirmer l'intégrité du stockage de longue durée.

Il convient de prendre en considération la probabilité de création de trichites d'étain et d'oxydations pouvant donner lieu à des problèmes de brasabilité. Voir les lignes directrices relatives à la finition des connexions dans l'IEC 60749-21.

4.11 Billes et perles de soudure

En prenant comme hypothèse que la protection des MSD est correctement assurée pendant la durée du stockage et que les billes ou les perles de soudure ont été entièrement refusionnées, aucun mécanisme de défaillance n'a été identifié qui compromette la fiabilité des encapsulations BGA avec billes ou perles de soudure stockées pendant de longues périodes dans un environnement d'entreposage conforme à l'IEC TR 62258-3. Par contre, si les billes ou les perles de soudure ne sont pas refusionnées mais fixées au moyen d'un adhésif ou d'une pâte à braser de point de fusion plus bas, les billes ou les perles de soudure doivent être examinées afin de détecter toute croissance d'oxydation susceptible d'affecter l'adhérence ou la brasabilité. Une analyse de surface des billes/perles et un essai de brasabilité sur des unités vieilles peuvent être nécessaires pour confirmer l'acceptation de fixation du niveau suivant d'assemblage après un stockage de longue durée.

4.12 Dispositifs contenant une mémoire programmable – flash, logique programmée et autres dispositifs contenant des cellules de mémoire non volatile

Les dispositifs équipés de cellules de mémoire peuvent contenir certains emplacements qui ont été programmés en usine. Ceux-ci peuvent être utilisés pour mémoriser des informations d'identification et du code que le dispositif emploie pendant l'utilisation normale du composant ou la programmation utilisateur. Il est important de vérifier que ces types de composants ne perdront pas de données essentielles pendant le stockage pour devenir ainsi inopérants après le stockage. Le fabricant du composant d'origine peut recommander des conditions de stockage spéciales, comme des températures maximum et minimum pour garantir que ces données ne seront pas endommagées.

Suivant les recommandations des fabricants des composants d'origine, il est recommandé que de tels dispositifs soient stockés dans l'état non programmé. Il convient toutefois de s'assurer que l'équipement de programmation des dispositifs sera également disponible lorsque les composants seront extraits du stockage. Cela peut nécessiter le stockage d'équipements de programmation spéciaux.

Lorsque des dispositifs programmables sont stockés dans l'état programmé, il convient que la sortie du stockage inclue également un essai pour vérifier que la programmation n'a pas été endommagée.

5 Validation technique des composants

5.1 Objectif

La validation technique des composants quant à leur stockage a pour objectif de détecter *a priori* les lots n'offrant pas une fiabilité et des garanties de durée de vie correctes.

Dans la conception des essais, il convient de prendre en compte le profil de mission de l'application et le profil de mission du stockage.

5.2 Critères de choix des essais

Le premier élément à prendre en compte pour choisir les essais à mettre en œuvre pour le stockage des composants est la qualification préalable de ces composants en fonction du profil de leur mission attendue.

En outre, dans le cas de composants issus de plusieurs sources, le choix des sources doit avoir été validé par une méthode capable de mettre en évidence les «mauvaises» sources secondaires.

Le choix des essais et des mesures nécessaires dépend de la stratégie de stockage adoptée. Il peut aller d'une utilisation minimale sans essais à une utilisation maximale dans laquelle tous les essais décrits dans le Tableau 1 seraient effectués.

Globalement, la validation technique des composants requiert la vérification des éléments suivants:

- a) conformité avec les critères d'examen visuel;
- b) vérification de brasabilité;
- c) vérification d'étanchéité/herméticité (pour les composants avec des encapsulations hermétiques);
- d) conformité avec les spécifications électriques dans la plage de températures;
- e) vérification du contrôle de fabrication (analyse technologique);
- f) vérification de la fiabilité du lot fourni.

Les critères de sanctions et le nombre de composants soumis à essai peuvent varier selon les exigences et le niveau de fiabilité, ainsi que les données collectées auprès du fabricant du composant d'origine. A la fin de la validation technique, un état est défini pour ce lot afin de décider de sa possibilité de stockage.

5.3 Mesures et essais

5.3.1 Evaluation de la fiabilité du lot fourni

Toutes les défaillances affectant les composants électroniques découlent à l'origine d'un mécanisme de type mécanique, chimique, électrique, ou d'une combinaison des trois types.

Tout mécanisme de défaillance, dès que le processus a démarré, peut être accéléré par une contrainte adaptée à la nature de la défaillance:

- température pour une corrosion chimique;
- température associée à une différence de potentiel pour une migration électrolytique.

L'environnement du composant varie en fonction de l'application.

Il est important de pouvoir estimer l'impact des contraintes sur les mécanismes de défaillance afin de déterminer toute accélération résultante possible (par exemple l'humidité).

Selon les défauts et l'efficacité attendue, et selon les moyens techniques disponibles ainsi que les coûts acceptables, différentes méthodes d'essai peuvent être utilisées.

5.3.2 Liste des méthodes d'essai

Le Tableau 1 décrit les principales méthodes d'essai, la nature des défauts, le coût relatif et son efficacité, ainsi que les conditions d'essai et les temps moyens.

Tableau 1 – Liste des essais

Opération	Défauts concernés	Efficacité	Coût relatif	Critères/ durée	Remarques
Variations rapides de température (RTV, rapid temperature variations)	– Encapsulations – Joints – Connexions électriques – Fissure de puce – Expansion différentielle	Bonne	Très faible	Min. $T = -55\text{ °C}$ Max. $T = +125\text{ °C}$ $N = 500$ à 1 000 cycles 30 min/30 min	Une des méthodes les plus efficaces pour les puces équipées de fils de connexion en aluminium et les composants de puissance (diodes, transistors, etc.)
Stockage à haute température hors tension	– Crénelure – Collage – Corrosion – Substrat	Bonne	Très faible	125 °C ou 150 °C selon le composant 1 000 h ou 2 000 h	Bonne méthode
Stockage à haute température avec fonctionnement statique	– Collage – Substrat – Films d'oxyde – Couche d'inversion – Conception – Contam-ination	Bonne	Elevé	125 °C ou 150 °C selon le composant 1 000 h ou 2 000 h	Méthode efficace, particulièrement pour la technologie MOS
Stockage à haute température avec fonctionnement dynamique	– Collage – Substrat – Films d'oxyde – Couche d'inversion – Conception – Contam-ination	Très bonne	Elevé	Généralement 125 °C ou selon T_j 1 000 h ou 2 000 h	Méthode très efficace
Stockage à haute température avec polarisation inverse	– Couche d'inversion – Contamination	Bonne	Elevé	125 °C ou 150 °C 1 000 h ou 2 000 h	Efficace pour les composants discrets
Chaleur humide 85 % HR, 85 °C	– Encapsulations – Joints – Fissure de puce – Expansion différentielle – Contamination	Très bonne	Très faible	1 000 h ou 2 000 h	Efficace pour les encapsulations sans cavités, particulièrement les encapsulations en plastique
Essai de contrainte très accéléré (HAST, High accelerated stress test) Composants polarisés avec 85 % HR		Très bonne	Très élevé	240 h ou 500 h	Très efficace pour les encapsulations en plastique
Essai à l'autocuiseur (PCT, pressure cooker test) 121 °C 100 % HR composants hors tension		Très bonne	Elevé	240 h ou 500 h	Non recommandé pour les encapsulations de substrats organiques