

DIN EN 62435-1

ICS 31.200

Einsprüche bis 2013-11-20

Entwurf

**Elektronische Bauteile –
Langzeitlagerung elektronischer Halbleiterbauelemente –
Teil 1: Allgemeines
(IEC 47/2172/CD:2013)**

Electronic components –
Long-term storage of electronic semiconductor devices –
Part 1: General
(IEC 47/2172/CD:2013)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2013-09-20 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (Hausanschrift: Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 49 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Inhalt

	Seite
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe und Definitionen	7
4 Zweck der Langzeitlagerung	8
4.1 Entscheidungskriterien für die Lagerung	8
4.2 Ursachen und Methodik	10
4.3 Marktkräfte	11
4.4 Risikominderung und Versicherung	11
4.5 Entschärfung der Obsoleszenz	11
5 Logistik	12
5.1 Anforderungen an die Beschaffung	12
5.2 Elementare Lagereinheit	13
5.3 Lagerungsmanagement	13
5.4 Redundanz	14
5.5 Lagerungsorganisation	14
5.6 Lagerentnahme	15
5.7 Periodische Überprüfung der Bauteile	15
6 Lagerungsaspekte für Bauelemente nach Montage auf eine Leiterplatte (oder etwas anderem)	16
7 Handhabung	16
8 Kontrolle	17
9 Inventur-Kontrollprozess	17
10 Transport	17
11 Oberflächen der Bauelementeanschlüsse	17
12 Anforderungen zu Kommissionierung und Lieferung	17
13 Validierung	17
14 Ungeplante Lagerung und Lagerarten	18
15 Was ist außer den Bauteilen zu lagern?	18
15.1 Relevante Daten	18
15.2 Ausrüstung	18
16 Lagereinrichtungen	18
16.1 Gesamtkosten (Cost of Ownership)	18
16.2 Sicherheit	19
16.3 Örtlichkeit und Umgebungsbedingungen	19
17 Strategien	19
17.1 Allgemeines	19
17.2 Versorgungskette (Supply-Chain)	19
17.3 Wiederaufnahme der Fertigungskette	20

	Seite
18 Gesetzliche Vorschriften und Umweltaspekte	20
Anhang A (informativ) Beispiel einer Bauteileliste	21
A.1 Bauteilelisten	21
A.2 Datenbeschreibung → Siehe 62258 für Datenaustausch-Pakete	21
ANHANG B (informativ) Beispiele für periodische und/oder Lagerentnahme-Prüfungen.....	23
ANHANG C (informativ) Parameter, welche die Menge der zu lagernden Bauteile beeinflussen.....	25
Tabellen	
Tabelle B.1 – Periodische und/oder Lagerentnahme-Prüfungen	23

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 47/2172/CD:2013 „Electronic components – Long-term storage of electronic semiconductor devices – Part 1: General“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 47 „Semiconductor devices“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 631 „Halbleiterbauelemente“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnietsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Elektronische Bauteile – Langzeitlagerung elektronischer Halbleiterbauelemente – Teil 1: Allgemeines

Einleitung

Diese Norm ist für die Langzeitlagerung elektronischer Bauteile anwendbar.

Dieses Dokument wurde erstellt, um einen Industriestandard für die Langzeitlagerung (LTS; en: long-term storage) elektronischer Bauelemente zu haben, indem die besten heute bekannten Langzeitlagerungs-Praktiken aufgezeigt werden. Für die Anwendung dieses Dokumentes ist LTS festgelegt als jede Bauelementelagerung über mehr als 12 Monate, üblicherweise aber viel länger. Obwohl die Lagerung von nicht verpackten Halbleiter-Bauelementen und verpackten elektronischen Bauelementen als Schwerpunkt gedacht ist, wird in dieser Norm in keinerlei Weise die Lagerung von anderen Erzeugnissen unter den hier festgelegten Lagerungsbedingungen ausgeschlossen.

Obwohl sie bereits im gewissen Umfang existiert, wurde die Obsoleszenz elektronischer Bauteile, insbesondere von integrierten Schaltungen in den letzten Jahren zunehmend bedeutungsvoller.

Bei dem existierenden technologischen Aufschwung wurde jedoch die wirtschaftliche Lebensdauer eines Bauteils sehr kurz im Vergleich zur Brauchbarkeitsdauer industrieller Anlagen, wie sie in Luftfahrtanwendungen, der Eisenbahnindustrie oder dem Energiesektor zu finden sind.

Die vielen Lösungen, die es ermöglichen, der Obsoleszenz zu begegnen, sind jetzt ausgewiesen. Allerdings müssen bei der Auswahl von einer dieser Lösungen sowohl eine technische Fallstudie als auch eine wirtschaftliche Durchführbarkeitsstudie vorausgehen, und zwar abhängig davon, ob die Lösung für den Kundendienst oder die Fertigung vorgesehen ist, wie zum Beispiel:

- Lagerung zur Abhilfe, sobald Bauteile nicht mehr länger am Markt sind;
- Lagerung zur Prävention, um einer Abkündigungserklärung zuvorzukommen.

Werden die erwarteten Brauchbarkeitsdauern von einigen Anwendungen, die manchmal einige Dekaden betragen, die Qualifikationszeiten und die Kosten der Nichtverfügbarkeit, die ebenfalls sehr hoch sein können, berücksichtigt, so muss die anzuwendende Lösung für die Obsoleszenz oft schnell implementiert werden. Das ist der Grund, warum die meistens gewählte Lösung im systematischen Lagern der Bauteile besteht, welche sich im Prozess einer werdenden Obsoleszenz befinden.

Die technischen Risiken dieser Lösung sind a priori weitestgehend niedrig. Sie erfordert jedoch eine perfekte Beherrschung des implementierten Prozesses und ganz besonders der Lagerungsbedingungen, wobei diese Lösung kritisch wird, wenn es zu einer Langzeitlagerung kommt.

Alle Tätigkeiten von Handhabung, Schutzvorkehrungen, Lagerung und Prüfungen sind entsprechend dem Stand der Technik durchzuführen.

Die Anwendung des in diesem Dokument vorgeschlagenen Vorgehens garantiert in keiner Weise, dass sich die gelagerten Bauteile am Ende der Lagerung in einem vollkommenen Betriebszustand befinden. Es ist nur ein Mittel, die potenziellen und wahrscheinlichen Degradationsfaktoren zu minimieren.

Einige Anwender elektronischer Bauelemente haben die Erfordernis, elektronische Bauelemente über lange Zeiträume zu lagern. Das Erkaufen von Brauchbarkeitsdauern wird allgemein getätigt, um die laufende Fertigung von Baugruppen aufrecht zu halten den Fertigungszeitraum des einzelnen Teils weit überschreitet. Das zwingt den Anwender in Situationen, die eine sorgfältige und adäquate Lagerung dieser Teile erfordert, um die Lötbarkeit wie im Anlieferzustand aufrecht zu halten und irgendwelche Degradationseffekte an dem Teil für diesen Zeitraum zu minimieren. Die wesentlichen Degradationsfaktoren sind Feuchte, elektrostatische Felder, ultraviolettes Licht, große Temperaturschwankungen, Luftverunreinigungen und Ausgasen.

Garantiefälle und Streitigkeiten sind für den Anwender oder das Reparaturunternehmen ebenfalls Herausforderungen, da einige Systeme für lange Einsatzdauern, manchmal bis 40 Jahre und darüber hinaus, entwickelt werden. Einige dieser Bauelemente, die zur Reparatur dieser Systeme benötigt werden, werden

vom Originalhersteller nicht für die Lebensdauer der Systeme verfügbar sein, oder die Ersatzbaugruppe kann bei der originalen laufenden Fertigung gebaut werden, doch dann erfordert diese eine Langzeitlagerung. Dieses Dokument wurde erarbeitet, um einen Standard zum Lagern elektronischer Bauelemente über lange Zeiträume bereitzustellen. Zur Lagerung von Bauelementen, die feuchteempfindlich sind, aber nicht über lange Zeiträume gelagert werden müssen, siehe JESD-033.

Langzeitlagerung setzt voraus, dass Bauelemente in einer nicht zu unterbrechenden Lagerung über eine Anzahl von Jahren untergebracht sind. Dabei ist wesentlich, dass die Bauelemente nach der Lagerung verwendungsfähig sind. Besondere Aufmerksamkeit sollte den Lagerungsmedien, die um die Bauelemente existieren, zusammen mit den örtlichen Umgebungsbedingungen entgegengebracht werden.

Diese Leitfäden implizieren keinerlei Prozessgarantien oder Garantie der Betriebsfähigkeit über die vom Hersteller gegebene Lebensdauer hinaus.

Die Struktur der Internationalen Norm ist gegenwärtig wie folgt geplant:

Part 1 – General

Part 2 – Deterioration Mechanisms

Part 3 – Data

Part 4 – Storage

Part 5 – Die & Wafer Devices

Part 6 – Packaged or Finished Devices

Part 7 – MEMS

Part 8 – Passive electronic devices

Part 9 – Special Cases

1 Anwendungsbereich

Diese Normenreihe ist dafür gedacht, eine praktische Anleitung für Verfahren der Langzeitlagerung elektronischer Bauteile bereitzustellen, wenn es eine beabsichtigte oder geplante Lagerung des Erzeugnisses über eine Anzahl von Jahren gibt. Lagerungsorganisationen für laufende Erzeugnisfertigungen werden entsprechend den internen Prozessvorgaben des Herstellers gehandhabt und werden von dieser Normenreihe nicht behandelt.

Die Norm ist in mehrere Teile gegliedert. Die Teile 1 bis 4 sind für jede Langzeitlagerung anwendbar und enthalten allgemeine Anforderungen und Anleitungen, während die Teile 5 bis 9 spezifisch für die Bauart des zu lagernden Erzeugnisses sind. Es ist vorgesehen, dass der produktspezifische Teil zusammen mit den allgemeinen Anforderungen der Teile 1 bis 4 zu lesen ist.

Elektronische Bauelemente, die unterschiedliche Lagerungsbedingungen erfordern, werden getrennt behandelt und starten mit Teil 5 – Die and Wafer Devices.

Diese Norm dient dazu sicherzustellen, dass eine adäquate Zuverlässigkeit für Bauelemente in Anwendungen nach einer Langzeitlagerung erreicht wird. Die Anwender werden aufgefordert, Daten von den Lieferanten entsprechend dieser Spezifikation anzufordern, um eine erfolgreiche Lagerungs-Lebensdauer, die vom Anwender gefordert wird, zu demonstrieren. Diese Norm ist nicht gedacht, eingebaute (built-in) Ausfallmechanismen anzusprechen, denn diese würden auch ohne Bezug auf die Lagerungsbedingungen stattfinden.

2 Normative Verweisungen

Die nachfolgend aufgeführten Dokumente sind für die Anwendung dieser Norm unbedingt erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die zitierte Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des zitierten Schriftstücks (einschließlich aller Änderungen).

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

IEC 60068-2-20:1979, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test T: Soldering*

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

IEC 61340-5-1:1998, *Electrostatics – Part 5-1: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena – General requirements*

IEC 61340-5-2:1999, *Electrostatics – Part 5-2: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena – User guide*

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

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

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

3 Begriffe und Definitionen

Lagerungsumgebung

speziell überwachter Lagerungsbereich, mit besonderer Regelung von Temperatur, Luftfeuchte, Atmosphäre und anderen Bedingungen, die von den Produktanwendungen abhängig sind

kritischer Feuchtegrenzwert

höchster sicherer Gleichgewichtszustand des Feuchtegehalts für ein bestimmtes Bauelement im Gehäuse bei Reflow-Montage oder Nacharbeit

Langzeitlagerung**LTS** (en: long-term storage)

ununterbrochene Lagerung, bei der die Bedingungen und Anforderungen von J-STD-033 anderweitig nicht anwendbar sind; wie zum Beispiel Sicherheitslagerung, Lagerungsdauer, Offendauer (Floor-Life)

ANMERKUNG Zugelassene Lagerungsdauern werden abhängig vom Formfaktor (z. B. Gehäusewerkstoffe, Bauform) und den Lagerungsbedingungen variieren. Im Allgemeinen dauern Langzeitlagerungen länger als ein Jahr.

LTS-verpackte Hardware

Wafer, Chips oder Bauelemente in Gehäusen, die eine zusätzliche Lagerungsverpackung haben, und zwar zum Schutz gegen Feuchte und mechanische Beschädigungen, und zur leichten Identifikation sowie zur Handhabung

LTS-Lagerraum

Bereich, der Wafer, Chips oder Bauelemente im Gehäuse enthält, welche eine zusätzliche Lagerungsverpackung haben, und zwar zum Schutz gegen Feuchte und mechanische Beschädigungen oder zur leichten Produktidentifikation sowie zur Handhabung

feuchteempfindliches Bauelement**MSD** (en: moisture-sensitive device)

Bauelement, das eine Feuchteabsorption oder Feuchtespeicherung aufweist, und dessen Qualität und Zuverlässigkeit durch die Feuchte beeinflusst wird

elektronisches Bauelement

elektrisches, elektronisches, elektromechanisches (EEE) Teil in einem Gehäuse oder eine Baugruppe, in der so ein Teil verwendet wird

Trocknungsmittel

hygroskopische Substanz, die verwendet wird, um Feuchte in einer feuchtedichten Verpackung zu entfernen

Feuchtedichte Verpackung**MBB** (en: moisture barrier bag)

Lagerungsverpackung, die aus einer flexiblen laminierten Dampfsperffolie hergestellt wird, welche das Durchlassen von Wasserdampf begrenzt

Feuchteindikatorkarte**HIC** (en: humidity indicator card)

Karte, die mit einer feuchteempfindlichen Chemikalie (Kobaltchlorid) bedruckt wird, und die ihre Farbe von blau nach rosa ändert, wenn Wasserdampf vorhanden ist

Wasserdampf-Durchlassrate**WVTR** (en: water vapour transmission rate)

Maßgröße für die Permeabilität von MBB gegen Wasserdampf

4 Zweck der Langzeitlagerung

4.1 Entscheidungskriterien für die Lagerung

4.1.1 Vorteile

4.1.1.1 Technische Einfachheit – Schnelligkeit

Wenn die unterschiedlichen Schritte des Lagerungsprozesses abgeschlossen und validiert sind, dann ist die Bildung eines Lagers eine einfachere, schnellere und technisch risikoärmere Lösung gegenüber der Entwicklung oder Modifizierung elektronischer Leiterplatten.

Lagerung kann auch eine temporäre Lösung sein, die die Wartung der Baugruppe während der Modifikation oder Entwicklung der elektronischen Leiterplatte ermöglicht.

4.1.1.2 Beständigkeit des Lösungsansatzes

Jede Bestückungsänderung, die auf der Verwendung neuer elektronischer Bauteile basiert, wird möglicherweise mit der Obsoleszenz von diesen neuen Bauteilen konfrontiert werden. Lagerung kann die Obsoleszenzprobleme bis zum Ende der Nutzungsdauer der Baugruppe beheben.

4.1.1.3 Präventivlagerung

Präventivlagerung (d. h. bevor das Bauteil obsolet wird) bietet mehrere zusätzliche Vorteile im Vergleich zu der abhilfeschaftenden Lagerung (d. h. wenn das Bauteil bereits obsolet geworden ist), zum Beispiel wenn:

- der Bauteilpreis untragbar teuer geworden ist wie im Fall der spezifisch obsoleten Bauteile, die sehr selten geworden sind;
- die Qualität sichergestellt ist, sofern die Baueile direkt vom Hersteller oder bestätigten Distributor gekauft werden können. Wenn ein Bauteil seit einer langen Zeitspanne obsolet ist, dann kann es nur von Spezialisten in Einkauf, Lagerung und Wiederverkauf des obsoleten Bauteils ("Broker") gefunden werden. In diesem Fall wird es keine Zuverlässigkeitsgarantie für das Bauteil geben.

4.1.2 Risiken – Nachteile

4.1.2.1 Allgemeine Alterungsrisiken

Die Lagerdimensionierung basiert auf der Annahme einer konstanten Ausfallrate des Bauteils. Das Problem der allgemeinen Alterung der Bauteile ("Badewannenkurve") kann nicht leicht in die Berechnung aufgenommen und quantifiziert werden. Allerdings scheinen die existierenden elektronischen Bauteile extrem lange Lebensdauern unter der Voraussetzung zu besitzen, wenn sie mit allen Qualitätsgarantien hergestellt wurden und entsprechend ihrer Spezifikation verwendet werden.

4.1.2.2 Mangelhafte Lagerdimensionierung

Die Berechnung zum Umfang der zu lagernden Bauteile kann auf Rückmeldungen (Feldeinsatz-Ausfallrate) und/oder theoretischen Modellen (prognostizierte Ausfallrate) basieren. Die Berechnung unter Verwendung der Rückmeldung ist nur gültig, wenn die Stichprobe groß genug ist (signifikante Population von eingebauten Bauteilen, Betrieb über einige Jahre, hohe Anteile von Ausfallereignissen). Prognostizierte Berechnungen berücksichtigen im Allgemeinen nicht die extrinsischen Parameter der Bauteile (Fehler, die durch Handhabung und Reparatur der Leiterplatten, systematisches Ersetzen der Bauteile (einschließlich funktionstüchtiger Bauteile) bei Reparaturen, unsachgemäße Verwendung von Bauteilen usw.). Aus diesen Gründen kann das Lagervolumen nicht genau bestimmt werden.

Die Unterschätzung des Lagervolumens kann zu einem Fehlbestand von Bauteilen für die Reparatur von Leiterplatten führen, was die Lagerstrategie zunichte macht. Die Überschätzung wird zum Beschaffen und Konditionieren, einschließlich der signifikanten zusätzlichen Kosten, von Bauteilen führen, die nicht verwendet werden.

4.1.2.3 Mangelhafte Kontrolle der Zuverlässigkeit während der Lagerung

Die Lagerungsbedingungen sind genauestens festzulegen und zu kontrollieren, um die Zuverlässigkeit der gelagerten Bauteile zu garantieren (siehe 5). Außerdem ist es wichtig, die Qualität der zu lagernden Bauteile zu prüfen (siehe 4). Das kann zum Aufbauen von sehr umfassenden und kostspieligen Infrastrukturen und Verfahren führen.

Das Prüfen der Bauteilqualität kann ein effektives Mittel zur Reduktion des Risikos einer mangelhaften Zuverlässigkeitskontrolle während der Lagerung sein. Das kann erfolgen, indem entweder periodische Stichproben gezogen werden, um Prüfungen an den Bauteilen durchzuführen (siehe 6), oder indem nachgeprüft wird, ob Bauteile, die aus dem Lager entnommen und in Leiterplatten eingesetzt wurden, korrekt arbeiten (vorausgesetzt, die Entnahme der Bauteile aus dem Lager ist ausreichend regelkonform).

4.1.2.4 Einfrieren der Baugruppen-Funktionalität

Die Lagerung von Bauteilen über lange Zeiträume zur Absicherung der Baugruppen-Wartung impliziert aber auch, dass die Baugruppen-Funktionalität eingefroren wird. Eine Langzeitlagerungs-Lösung ist deshalb nicht einfach vereinbar mit dem Wunsch eines Upgrades (Aufrüstung) von der Baugruppe und deren Funktionalität.

4.1.3 Lagerungskosten

Um die Kosten der Lagerungslösung abzuschätzen, sind verschiedene Gesichtspunkte zu berücksichtigen, wie z. B.:

- Bauteilebeschaffung;
- Validierung/Prüfung der beschafften Bauteillose;
- Konditionierung und Dekonditionierung;
- Lagermanagement;
- Wartung der Einrichtungen, die zum Einlagern vorgesehen sind, durch Maßnahmen wie Fertigungsprüfungen und/oder Reparaturen;
- Personal zur Sicherstellung des Lagerbetriebs, Wartungsarbeiten usw.;
- finanzielle Kosten von verbundenen Lagern.

4.1.4 Entscheidungskriterien

Die folgenden Kriterien sollten berücksichtigt werden:

- geplante Lagerungsdauer;
- Lagerdimensionierung;
- Dimensionierung des Zuverlässigkeits-Index;
- Lebensdauer der Prüfmittel;
- Lebensdauer der Fertigungsmittel und/oder Leiterplatten;
- transparente Rückführbarkeit (Traceability) und damit verbundene Dokumentation;
- wirtschaftliche Konsequenzen der Unterdimensionierung oder eines Bauteilausfalls am Ende der Lagerung;
- Konfidenzniveau bezüglich der Kenntnis von potenziellen Bauteil-Ausfallmechanismen;
- Kostenvergleich zu anderen Lösungsansätzen.

4.2 Ursachen und Methodik

Viele elektronische Bauteile haben einen kürzeren Fertigungszeitraum als die Entwicklungs- und Fertigungsdauer der Baugruppe, in der sie verwendet werden. Das gilt besonders für Baugruppen, die für Produkte in Militär-, Raumfahrt-, Automobilbau- oder anderen Hochzuverlässigkeits-Bereichen entwickelt werden, die einen ausgedehnten Entwicklungs- oder geplanten Fertigungs-Zeitraum haben. Einige Bauteile werden daher abgekündigt bevor das Fertigungsintervall abgeschlossen ist.

Entwickler und Hersteller haben für das Produkt während des Fertigungsintervalls die Möglichkeit des Upgrades oder Redesigns, für welche es eine Kostensperre gibt, bei der Entscheidung über ein Erkaufen der Lebensdauer für alle Fertigungs- und Wartungs-Anforderungen, wenn ein Bauteil abgekündigt oder obsolet wird. Zusätzliche Kosten bezüglich des Prüfens und der Bauartzulassung für das Redesign sind zu berücksichtigen, wenn diese Entscheidung getroffen wird.

Bei den Kosten der Langzeitlagerung sollten nicht nur die Vorlaufkosten für die Beschaffung der Bauteile und die Kosten für die Lagerung berücksichtigt werden, sondern auch die Kosten, die mit dem periodischen Überprüfen oder der Qualifikation der gelagerten Bauteile verbunden sind. Es gibt auch Risiken, die mit jeder Strategie verbunden sind und notwendigerweise bei der Bewertung zu berücksichtigen sind.

Werden die Bauteile im Voraus für eine geplante Fertigung beschafft, dann müssen diese Bauteile in einer sorgfältig vorher festgelegten Art und Weise gelagert werden. Wenn die vom Hersteller festgelegte Haltbarkeitsdauer für diese Bauteile, die Fertigungsdauer übersteigt, dann muss betrachtet werden, wie sie für die Lagerung, einschließlich des Prüfens und der Qualifikation, verpackt und ausgepackt werden, um sicherzustellen, dass nur gute Bauelemente eingelagert werden. Für weitere Informationen siehe die Abschnitte der Logistik- und Lagerungsorganisation.

4.3 Marktkräfte

Die Marktkräfte bestimmen, ab wann es nicht mehr wirtschaftlich ist, mit der Fertigung eines Bauteils fortzufahren und die Abkündigung oder Obsoleszenz erklärt wird. Manchmal kann ein Hersteller überzeugt werden, die Fertigung eines obsoleten Bauteils wieder aufzunehmen, doch das wird üblicherweise Investitionen von einigen Millionen Dollar erfordern.

Bauteile werden zunehmend in sehr großen Fertigungslosen hergestellt, wobei die Größe der Bauteile relativ klein ist und die Größe der Siliziumwafer, auf dem die Bauteile gefertigt werden, nimmt kontinuierlich zu. Somit kann ein Minimum von Waferlosen mehr liefern als für die gesamte Fertigungslaufzeit eines Bauteils erforderlich ist, sodass die Hersteller selber gezwungen sind, das Einlagern von Wafern (Wafer-Banking) für die fortgesetzte Bauteilfertigung zu betrachten.

Außerdem wird die Waferfertigung häufig mit Unterauftrag an eine Foundry vergeben. In diesem Fall kann die Foundry die Obsoleszenz einer Fertigungslinie erklären, wenn die Anzahl der Wafer pro Jahr unter einen wirtschaftlichen Richtwert gefallen ist.

Deshalb ist es nicht immer möglich vorherzusagen, wann das Vermarktungsende für ein bestimmtes Bauteil eintritt und die Hersteller selber können nicht in der Lage sein, eine Vorwarnung oder letzten Kauftermin (Last-Time-Buy) zu geben. Es wird aus diesen Gründen nicht empfohlen, anzunehmen, dass es eine Gelegenheit gibt, einen letzten Einkauf zum Ende des Fertigungszeitraums eines bestimmten Bauteils zu tätigen.

4.4 Risikominderung und Versicherung

Unabhängig davon, ob eine Langzeitlagerung angewendet wird oder nicht, gibt es ein Risiko, das mit der zukünftigen Verfügbarkeit des Bauteils für ein bestimmtes Design verbunden ist. Analyse und Berechnung des vorhandenen Risikos, einschließlich der verbundenen Kosten, liegt nicht im Anwendungsbereich dieser Norm. Allerdings gibt es viele Fachgutachter, deren Fachgebiet Risikoanalyse und -management sind.

Ein Faktor bei den Überlegungen zum Lagern von Bauteilen sind die Kosten der Versicherung, wo der schlimmste Fall eintritt und das Bauteil nach der Lagerung nicht verwendet werden kann. Im Allgemeinen nimmt der Versicherungswert während der Lagerungsdauer zu. Zum Beginn der Lagerung, wo der Bauteilersatz über den Hersteller erfolgen könnte, kann der Versicherungswert gerade die Kosten dieses Ersatzes repräsentieren. Mit zunehmender Lagerungsdauer werden die Kosten für den Bauteilersatz steigen bis hin zu den Maximalkosten für Redesign und Qualifikation, wenn die Bauteile nicht verwendbar sein sollten.

Es gibt jedoch verschiedene Risikominderungsverfahren wie die Verwendung mehrerer Lagerorte, welche helfen, das Lagerungsrisiko und die damit verbundenen Kosten zu reduzieren. In ähnlicher Weise sollten die effektive Verwendung von ständiger Kontrolle (Monitoring), Überprüfungen und Qualifikationen während der Lagerung helfen, das Risiko von Beschädigungen, die während der Lagerung auftreten, zu reduzieren.

4.5 Entschärfung der Obsoleszenz

Die Risiken, die mit der Obsoleszenz verbunden sind, sollten so früh wie möglich in der Entwicklungsphase betrachtet werden, um sich gegen die Verwendung von Bauteilen zu schützen, die mit Wahrscheinlichkeit bald obsolet werden und keine Alternativen verfügbar sind. Bei der Entwicklung von fortschrittlicher Elektronik sollte sorgfältig bedacht werden, dass Bauteile, die für Massenmarktprodukte wie Mobiltelefone gedacht sind, meist eine extrem kurze Verwendungsdauer haben. Speicherprodukte tendieren ähnlicherweise dazu, kurze Fertigungszyklen zu haben, wobei künftige Die-Shrinks und das schnelle Anwachsen der Speicherdichte zu früher Obsoleszenz führt. Es sollte nicht angenommen werden, dass ein Speicher größerer Kapazität immer ein obsoletes Speicher-Bauelement ersetzen kann.

5 Logistik

5.1 Anforderungen an die Beschaffung

5.1.1 Bauteileliste

Eine detaillierte Liste der Bauteile, die verwendet werden, ist zu erstellen. Beinhalten sollte sie die Beziehungen, Spezifikationen, Hersteller und die korrespondierenden Handelsreferenzen.

Diese Liste muss auf die unterschiedlichen Listen der elektronischen Leiterplatten (entweder mithilfe eines Beschaffungs-Codes oder einer Bauartbezeichnung) bezogen sein.

Zweck dieser Liste ist

- das Ermitteln aller Bauteile einer auf den Markt zu bringenden Baugruppe oder einer Baugruppe in Serie;
- das Ermöglichen der Bauteilzulassung zu Anfang einer Entwicklungsphase;
- das Ermöglichen der Beschaffung im Kundendienst.

Ein Beispiel für so eine Liste ist in Anhang A gegeben.

Diese Liste muss, so weit möglich, die wahrscheinliche Verfügbarkeit jedes Bauteils über eine Zeitspanne von zehn Jahren anführen.

5.1.2 Menge der zu lagernden Bauteile

Es gibt zwei Arten von Anforderungen:

- Fertigungslager;
- Kundendienstlager.

Besondere Aufmerksamkeit ist zu legen auf:

- Sonderbauteile;
- Single-Source-Bauteile;
- Bauteile, die vor dem Ende der Fertigung obsolet werden.

Es ist darauf zu achten, dass sichergestellt ist, dass bei den eingelagerten Mengen Bauteile, die für zerstörende Prüfungen verwendet werden, berücksichtigt sind.

5.1.2.1 Fertigungslager

Dieser Lagerbestand hat die laufende und zukünftige Fertigung (um eine Vermarktung wieder aufzunehmen) sicherzustellen.

5.1.2.2 Kundendienstlager

Dieser Lagerbestand muss es ermöglichen, die Bauteile während der gesamten Nutzungsdauer der Baugruppen oder Systeme betriebsfähig zu halten (z. B. 25, 30 oder selbst 40 Jahre bei Baugruppen für Militär-, Eisenbahn- und Kernkraftanwendungen).

Ein Lagerbestand der verschiedenen Baueilarten ist auf Basis der Stücklisten, der Materialliste und der Rückmeldungen (bestätigte Ausfallraten) aufzubauen.

((BEWERTUNGS-BEISPIEL: Diese Bauelementelose, die entsprechend der folgenden Gleichungen berechnet werden, sollten nicht kleiner als 3 % der Gesamteinsatzmenge der verbauten Bauteile bezüglich der relevanten Baugruppe sein (es gilt der höhere der beiden Werte):

$$N_0 = N \times h \times \lambda \times A$$

dabei ist

- N_0 Lagerungsmenge;
- N Anzahl der Bauteile im Einsatz;
- h Anzahl der Betriebsstunden pro Jahr;
- A Anzahl der Jahre, während der die Anforderung für diese Bauteile zu garantieren ist;
- λ Betriebsausfallrate der Bauteile, falls bekannt. Im anderen Fall ist die prognostizierte Ausfallrate zu verwenden. Diese ist entweder in einem Zuverlässigkeitshandbuch (IEC 62380) oder vom Hersteller angegeben.

5.1.3 Wann ist das Lagern sinnvoll?

Abhängig von der Bauteileart

- die Beschaffung bestimmter Bauteile sollte spätestens mit dem Zeitpunkt für das letzte Bauteil-Fertigungslos beginnen;
- falls es ein Single-Source-Bauteil ist, muss die Beschaffung zu dem Zeitpunkt beginnen, der vom Hersteller vorgeschrieben ist.

5.1.4 Empfehlungen für die Beschaffung

Jedes Bauteilelos sollte eindeutig identifizierbar sein.

Kein Los sollte Date-Codes älter als zwei Jahre bezogen auf den Zeitpunkt der Anlieferung haben.

Den Losen sind alle Dokumente beizugeben (Compliance-Zertifikate, Ergebnisse der elektrischen Prüfungen usw.), die die Rückführbarkeit der Bauteile sicherstellen.

Die Bauteile sind, falls gefordert, in Verpackungen anzuliefern, die Schutz gegen ESD und Schutz gegen Feuchte sicherstellen.

Verpackungen sind korrekt identifizierbar (Date-Code, Hersteller, Bauteilreferenz).

5.2 Elementare Lagereinheit

Die elementare Lagereinheit ist als die kleinste Einheit bezüglich der Referenz eines gelagerten Bauteils festgelegt.

Die elementare Lagereinheit ist den zu erwartenden Verbrauch anzupassen, um die Anzahl der Arbeitsgänge zum Konditionieren und Dekonditionieren, denen die Bauteile unterzogen werden, zu reduzieren.

Zum Beispiel wird angenommen, dass

- der erwartete Verbrauch eines bestimmten Bauteils ein Stück pro Jahr beträgt;
- diese Teilenummer über 20 Jahre zu lagern ist;
- die 20 zu lagernden Bauteile in der gleichen Lagereinheit gelagert sind.

Die Lagereinheit wird deshalb 20-mal konditioniert und dekonditioniert werden, was die Risiken der Degradation multiplizieren wird.

5.3 Lagerungsmanagement

Beim Vorliegen einer Präventivlagerung wird der Wendepunkt (Turn-over) des Loses im Wesentlichen von den Implementierungskosten für die Lagerung im Vergleich mit der Notwendigkeit einer Erneuerung des Lagerbestandes abhängig sein.

5.4 Redundanz

Um allgemeine Fehlerarten (z. B. Feuer, Überschwemmungen usw.) zu vermeiden, ist es ratsam, die Bauteile an physikalisch unterschiedlichen Orten zu lagern. Zum Beispiel würden bei einem zu 100 % überdimensionierten Lagerbestand, der an zwei unterschiedlichen Lagerorten eingelagert wird, allgemeine Fehlerarten vermieden.

Lagerung in Containern, die schnell evakuiert werden können, ist eine Lösung gegen Katastrophen.

5.5 Lagerungsorganisation

5.5.1 Lagereigenschaften

Die LTS-Dauer kann infolge mangelhafter Lagerungsbedingungen beeinträchtigt werden. Potenzielle Ursachen der Lagereigenschaften sind beispielsweise Umgebungsbedingungen (einschließlich Temperatur, Luftfeuchte, Feuchte, Druck, atmosphärische Gase, elektrostatische Feldentladungen, ausgeübte mechanische Kräfte usw.), Handhabung (Schock, Schwingungen, Stöße usw.), Verunreinigungen, Lebensdauer der Werkstoffe oder andere ausgeübte Stressfaktoren und sie könnten Auswirkungen auf die Gesamtdauer der Langzeitlagerung haben. Degradationsmechanismen, die durch Feuchte hervorgerufen werden, können auftreten, sofern die Unversehrtheit des Trockenlagers (Schrank, MBB) beschädigt ist. Der Nachweis der Feuchtebeanspruchung umfasst, ohne darauf beschränkt zu sein, die Prüfung einer HIC auf jegliche Farbänderung, dem Feuchtemonitoring im Schrank und die Verwendung von Aufzeichnungseinrichtungen zum Anzeigen der Feuchtebeanspruchung. Unterschiedliche Werkstoffe können Feuchte mit unterschiedlichen Raten absorbieren und diese müssen auf Basis der Beanspruchungsdauern ermittelt werden. Für andere Degradationsmechanismen, die Sauerstoff, Strahlung, elektrische Beanspruchungen oder mechanische Einwirkungen erfordern, sollte die LTS-Umgebung untersucht werden, um den Beitrag zu solchen Ausfällen zu verhindern.

5.5.2 Identifikation und Rückführbarkeit

Während der Konditionierung und Dekonditionierung sind verschiedene Daten aufzuzeichnen, mindestens aber:

- Name des Bauteil-Herstellers und Teilenummer;
- Beschaffungsquelle;
- Date-Code;
- Verlauf von Konditionierung/Dekonditionierung;
- durchgeführte Validierungsprüfungen;
- Ursprung der Anforderung für die Teilnummer-Auslagerung;
- Baugruppe, in der das Bauteil zu verwenden ist.

Zweck dieser Daten ist die umfassende Identifikation der eingelagerten Bauteile, um die Rückführbarkeit der Wartungsoperationen sicherzustellen und die Rückmeldungen zu organisieren.

Wenn es periodische Überprüfungen gibt, werden die dazugehörigen Daten (Datum, Art der Überprüfung, geprüfte Bauteile, Prüfergebnisse usw.) aufgezeichnet.

Sofern Erzeugnisse in feuchtedichten Verpackungen (MBB) angeliefert werden, sollte sich auf der Außenseite der Verpackung das Datum der Versiegelung befinden. Diesem Datum sollte der Vorzug gegenüber dem Date-Code des Erzeugnisses gegeben werden bei der Bestimmung wie lange das Erzeugnis im MBB gelagert wurde und ob die Lagerungsdauer im MBB überschritten wurde. Wenn die Lagerungsdauer entsprechend dem Lieferanten überschritten wurde, kann es notwendig sein, die Bauteile vor einer weiteren Lagerung zu rekonditionieren – entsprechend den Vorgaben des Lieferanten zur Rekonditionierung.

5.6 Lagerentnahme

5.6.1 Vorsichtsmaßnahmen

Es ist wichtig, die Kette der ergriffenen Vorsichtsmaßnahmen bezüglich der Lagerung, wie zum Beispiel gegen Temperaturschwankungen, relative Luftfeuchte, aggressive Substanzen, Verunreinigungen, elektrostatische Entladungen, Strahlung und Licht, nicht zu unterbrechen.

Jedes Bauteil, das aus dem Lager entnommen wurde, kann nur dann wieder eingelagert werden, wenn die Lagerungsvorschriften, die für diese Bauteilart vorgesehen sind, eingehalten wurden. Allerdings ist die erste Lagerungsperiode zu berücksichtigen und jedwede erforderlichen Routinen vor der Einlagerung sollten eingehalten werden.

5.6.2 Lagerrotation

Die Lagerentnahme wird im Allgemeinen mit Bezug auf den Date-Code des Bauelementes durchgeführt, um das Bauelement mit dem ältesten Date-Code als erstes zu verwenden.

5.7 Periodische Überprüfung der Bauteile

Bei LTS-Erzeugnissen ist es möglich, den adäquaten Lagerprozess und die Bedingungen des gelagerten Erzeugnisses mit Hilfe von Stichprobenprüfungen zu bewerten. Wenn sowohl durch den Kunden als auch dem Lieferanten bestätigt, kann eine Ersatz-Hardware verwendet werden, um ähnliche Arten von Bauelementen in der Langzeitlagerung zu bewerten. Repräsentative Stichproben des Erzeugnisses können aus dem Langzeitlager nach einem regulären Plan entnommen werden, der dem Bauelemente- und Lagerprotokoll entspricht. Die Stichprobe sollte auf jedwede Anzeichen von Beschädigungen oder Degradationen überprüft werden und, wenn notwendig, auch montiert werden, um die nachfolgende Betriebszuverlässigkeit zu prüfen.

Die Art der Prüfung der Langzeitlagerung, die durchgeführt wird, ist abhängig sowohl von der zu untersuchenden Fehlerart als auch von den Anforderungen an das Erzeugnis. Die folgenden Bewertungen sind Beispiele für die Herangehensweise bezüglich der Langzeitlagerungs-Arbeitsweise; die Verwendung von diesen oder anderen Verfahren und das Festlegen von Annahme-Rückweise-Kriterien hat auf den Langzeitlagerungs-Zielen zu basieren.

- 1) Messen der Massezunahme – die Bauelemente sind unmittelbar nach der Entnahme aus dem MBB zu wiegen. Verglichen mit der Masse nach dem Wärmetrocknen (Dry-Bake) über 24 Stunden bei 125 °C. Die Bewertung wird verwendet, um die Feuchtemenge, die das Produkt während der Langzeitlagerung absorbiert hat, zu bestimmen.
- 2) Montage-Integritätsprüfung – Entnahme von Bauelementen aus dem MBB und unmittelbar darauf Durchführung von drei bleifreien Reflow-Lötungen nach J-STD-020 und dann Durchführen einer akustischen Mikroskopie im C-Modus (C-SAM, en: C-mode scanning acoustic microscopy), um Delaminationen oder mechanische Änderungen des Erzeugnisses zu untersuchen.
- 3) Querschliff des Trägerstreifen-Gehäuses nach der Langzeitlagerung – Bestimmung des intermetallischen Wachstums zwischen Basiswerkstoff und galvanischen Schichten. Vergleichen mit vor kurzem hergestellten Bauelementen.

Beim Prüfen von versandfertigen Erzeugnissen sollte sorgfältig umgegangen werden, um unnötige Beeinträchtigungen der gelagerten Bauelemente zu vermeiden. Es sollte eine Balance zwischen der periodischen Überprüfung und der Notwendigkeit, eine ungestörte Lagerumgebung zu halten, gefunden werden.

5.7.1 Zielstellungen

Die wesentlichen Beanspruchungen, denen ein elektronisches Bauteil während der Lagerung ausgesetzt sein kann, sind mechanischer, thermischer und chemischer Art. Diese Beanspruchungen können bezogen auf das Bauteil sowohl innerlich als auch äußerlich sein (siehe Anhänge E und F).

Die Risiken einer Änderung von Qualität und Zuverlässigkeit rechtfertigen