

Edition 1.0 2014-10

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



Electronics assembly technology – Part 4: Endurance test methods for solder joint of area array type package surface mount devices

Technique d'assemblage des composants électroniques – Partie 4: Méthodes d'essais d'endurance des joints brasés des composants pour montage en surface à boîtiers de type matriciel





# THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED Copyright © 2014 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	Tel.: +41 22 919 02 11
3, rue de Varembé	Fax: +41 22 919 03 00
CH-1211 Geneva 20	info@iec.ch
Switzerland	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 more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

#### IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 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 plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

#### Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 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.



Edition 1.0 2014-10

# INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Electronics assembly technology – Part 4: Endurance test methods for solder joint of area array type package surface mount devices

Technique d'assemblage des composants électroniques – Partie 4: Méthodes d'essais d'endurance des joints brasés des composants pour montage en surface à boîtiers de type matriciel

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PRICE CODE CODE PRIX



ICS 31.190

ISBN 978-2-8322-1873-0

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.

 Registered trademark of the International Electrotechnical Commission Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

# CONTENTS

- 2 -

FC	DREWO	RD	6
1	Scop	e	8
2	Norm	ative references	8
3	Term	s definitions and abbreviations	9
	3.1	Terms and definitions	9
	3.2	Abbreviations	9
4	Gene	ral	9
5	Test	apparatus and materials	.10
	5.1	Specimen	.10
	5.2	Reflow soldering equipment	.10
	5.3	Temperature cycling chamber	.10
	5.4	Electrical resistance recorder	.10
	5.5	Test substrate	.10
	5.6	Solder paste	.11
6	Spec	imen preparation	.11
7	Temp	perature cycling test	.13
	7.1	Pre-conditioning	.13
	7.2	Initial measurement	.13
	7.3	Test procedure	.13
	7.4	End of test criteria	.15
	7.5	Recovery	. 15
	7.6	Final measurement	.15
8	Temp	perature cycling life	.15
9	Items	to be specified in the relevant product specification	.15
Ar	nnex A (	informative) Acceleration of the temperature cycling test for solder joints	.17
	A.1	General	.17
	A.2	Acceleration of the temperature cycling test for an Sn-Pb solder joint	.17
	A.3	Temperature cycling life prediction method for an Sn-Ag-Cu solder joint	.18
	A.4	Factor that affects the temperature cycling life of the solder joint	.22
Ar	nnex B (	informative) Electrical continuity test for solder joints of the package	.23
	B.1	General	.23
	B.2	Package and daisy chain circuit	.23
	B.3	Mounting condition and materials	.23
	B.4	Test method	.23
	B.5	Temperature cycling test using the continuous electric resistance monitoring	22
۸.		system	.23
lai	nd	informative) Renow solderability test method for package and test substrate	.25
	C 1	General	25
	C.2	Test equipment	.25
	C.2.1	Test substrate	.25
	C.2.2	Pre-conditioning oven	.25
	C.2.3	Solder paste	.25
	C.2.4	Metal mask for screen printing	.25
	C.2.5	Screen printing equipment	.25

- 3 -	_
-------	---

C.2.6	Package mounting equipment	25
C.2.7	Reflow soldering equipment	25
C.2.8	X-ray inspection equipment	26
C.3 S	Standard mounting process	26
C.3.1	Initial measurement	
C.3.2	Pre-conditioning	26
C.3.3	Package mounting on test substrate	26
C.3.4	Recovery	27
C.3.5	Final measurement	27
C.4 E	xamples of faulty soldering of area array type packages	27
C.4.1	Repelled solder by contamination on the ball surface of the BGA package	27
C.4.2	Defective solder ball wetting caused by a crack in the package	27
C.5 I	tems to be given in the product specification	28
Annex D (ir	oformative) Test substrate design guideline	29
D.1 0	General	29
D.2 [	Design standard	29
D.2.1	General	29
D.2.2	Classification of substrate specifications	29
D.2.3	Material of the test substrate	31
D.2.4	Configuration of layers of the test substrate	31
D.2.5	Land shape of test substrate	31
D.2.6	Land dimensions of the test substrate	31
D.3 I	tems to be given in the product specification	32
Annex E (ir	formative) Heat resistance to reflow soldering for test substrate	33
E.1 0	General	33
E.2 T	est apparatus	33
E.2.1	Pre-conditioning oven	33
E.2.2	Reflow soldering equipment	33
E.3 T	est procedure	33
E.3.1	General	33
E.3.2	Pre-conditioning	33
E.3.3	Initial measurement	33
E.3.4	Moistening process (1)	34
E.3.5	Reflow heating (1)	34
E.3.6	Moistening process (2)	34
E.3.7	Reflow heating process (2)	34
E.3.8	Final measurement	34
E.4 I	tems to be given in the product specification	34
Annex F (in	formative) Pull strength measurement method for the test substrate land	35
F.1 C	General	
F.2 T	est apparatus and materials	35
F.2.1	Pull strength measuring equipment	35
F.2.2	Reflow soldering equipment	35
F.2.3	Test substrate	35
F.2.4	Solder ball	35
F.2.5	Solder paste	35
F.2.6	Flux	35
F.3 N	leasurement procedure	36

F.3.1	Pre-conditioning	36
F.3.2	Solder paste printing	
F.3.3	Solder ball placement	
F.3.4	Reflow heating process	
F.3.5	Pull strength measurement	
F 3 6	Final measurement	
F 4 It	ems to be given in the product specification	37
Annex G (in	formative) Standard mounting process for the packages	
G 1 G	eneral	38
G 2 T	est annaratus and materials	30 38
G 2 1	Test substrate	
G.2.1	Solder paste	30 38
G.2.2	Motol mask for scroon printing	
G.2.3	Sereen printing equipment	
G.2.4	Screen printing equipment	30 20
G.2.5	Package mounting equipment	30
G.2.6	Renow soldering equipment	38
G.3 S	tandard mounting process	39
G.3.1		39
G.3.2	Solder paste printing	39
G.3.3	Package mounting	39
G.3.4	Reflow heating process	39
G.3.5	Recovery	40
G.3.6	Final measurement	40
G.4 Ite	ems to be given in the product specification	40
Annex H (in	formative) Mechanical stresses to the packages	41
H.1 G	eneral	41
H.2 M	echanical stresses	41
Bibliography	/	42
Figure 1 P	Provide for evolution of the endurance test	10
		10
Figure 2 – 1	ypical reflow soldering profile for Sn63Pb37 solder alloy	12
Figure 3 – T	ypical reflow soldering profile for Sn96,5Ag3Cu,5 solder alloy	13
Figure 4 – T	est conditions of temperature cycling test	14
Figure A.1 – factors <i>AF</i>	- FBGA package device and FEA model for calculation of acceleration	20
Figure A.2 – Sn96.5Ag30	- Example of acceleration factors <i>AF</i> with an FBGA package device using	21
Figure A.3 – $(N_f = 20 \%)$	- Fatigue characteristics of Sn96,5Ag3Cu,5 an alloy micro solder joint	22
Eigure B 1 -	Example of a test circuit for the electrical continuity test of a solder joint	23
Figure D.1 -	Measurement exemple of continuously manifered accietance in the	20
temperature	- Measurement example of continuously monitored resistance in the cycling test	24
Figure C.1 -	- Temperature measurement of specimen using thermocouples	26
Figure C.2 -	- Repelled solder caused by contamination on the solder ball surface	27
Figure C.3 -	- Defective soldering as a result of a solder ball drop	28
Figure D 1 -	- Standard land shapes of the test substrate	31
	Moscuring methods for pull strength	
Figure F.1 -	· measuring methods for pull strength	30

- 4 -

Figure G.1 – Example of printed conditions of solder paste	39
Figure G.2 – Temperature measurement of the specimen using thermocouples	40
Table 1 – Test conditions of temperature cycling test	14
Table A.1 – Example of test results of the acceleration factor (Sn63Pb37 solder alloy)	18
Table A.2 – Example test results of the acceleration factor (Sn96,5Ag3Cu,5 solder alloy)	20
Table A.3 – Material constant and inelastic strain range calculated by FEA for FBGA	
package devices as shown in Figure A.1 (Sn96,5Ag3Cu,5 solder alloy)	21
Table D.1 – Types classification of the test substrate	30
Table D.2 – Standard layers' configuration of test substrates	31
Table G.1 – Stencil design standard for packages	38
Table H.1 – Mechanical stresses to mounted area array type packages	41

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

### INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

# ELECTRONICS ASSEMBLY TECHNOLOGY -

# Part 4: Endurance test methods for solder joint of area array type package surface mount devices

#### FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 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 62137-4 has been prepared by IEC technical committee 91: Electronics assembly technology.

IEC 62137-4 (first edition) cancels and replaces IEC 62137:2004. This edition constitutes a technical revision.

IEC 62137-4 includes the following significant technical changes with respect to IEC 62137:2004:

- test conditions for use of lead-free solder are included;
- test conditions for lead-free solders are added;
- accelerations of the temperature cycling test for solder joints are added.

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

FDIS	Report on voting
91/1188/FDIS	91/1205/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 62137 series, published under the general title *Electronics* assembly technology can be found in the IEC website.

Future standards in this series will carry the new general title as cited above. Titles of existing standards in this series will be updated at the time of the next edition.

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

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

## ELECTRONICS ASSEMBLY TECHNOLOGY –

# Part 4: Endurance test methods for solder joint of area array type package surface mount devices

#### 1 Scope

This part of IEC 62137 specifies the test method for the solder joints of area array type packages mounted on the printed wiring board to evaluate solder joint durability against thermo-mechanical stress.

This part of IEC 62137 applies to the surface mounting semiconductor devices with area array type packages (FBGA, BGA, FLGA and LGA) including peripheral termination type packages (SON and QFN) that are intended to be used in industrial and consumer electrical or electronic equipment.

An acceleration factor for the degradation of the solder joints of the packages by the temperature cycling test due to the thermal stress when mounted, is described Annex A.

Annex H provides some explanations concerning various types of mechanical stress when mounted.

The test method specified in this standard is not intended to evaluate semiconductor devices themselves.

NOTE 1 Mounting conditions, printed wiring boards, soldering materials, and so on, significantly affect the result of the test specified in this standard. Therefore, the test specified in this standard is not regarded as the one to be used to guarantee the mounting reliability of the packages.

NOTE 2 The test method is not necessary, if there is no stress (mechanical or other) to solder joints in field use and handling after mounting.

#### 2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60068-2-14, Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature

IEC 60191-6-2, Mechanical standardization of semiconductor devices – Part 6-2: General rules for the preparation of outline drawings of surface mounted semiconductor device packages – Design guide for 1,50 mm, 1,27 mm and 1,00 mm pitch ball and column terminal packages

IEC 60191-6-5, Mechanical standardization of semiconductor devices – Part 6-5: General rules for the preparation of outline drawings of surface mounted semiconductor device packages – Design guide for fine-pitch ball grid array (FBGA)

IEC 60194, Printed board design, manufacture and assembly – Terms and definitions

IEC 62137-4:2014 © IEC 2014

IEC 61190-1-3, Attachment materials for electronic assembly – Part 1-3: Requirements for electronic grade solder alloys and fluxed and non-fluxed solid solders for electronic soldering applications

IEC 61249-2-7, Materials for printed boards and other interconnecting structures – Part 2-7: Reinforced base materials clad and unclad – Epoxide woven E-glass laminated sheet of defined flammability (vertical burning test), copper-clad

IEC 61249-2-8, Materials for printed boards and other interconnecting structures – Part 2-8: Reinforced base materials clad and unclad – Modified brominated epoxide woven fibreglass reinforced laminated sheets of defined flammability (vertical burning test), copper-clad

IEC 62137-3:2011, Electronics assembly technology – Part 3: Selection guidance of environmental and endurance test methods for solder joints

#### 3 Terms definitions and abbreviations

#### 3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60191-6-2, IEC 60191-6-5 and IEC 60194, as well as the following, apply.

#### 3.1.1

#### temperature cycling life

period of time to reach a lost performance state as agreed between the trading partners during the temperature cycling test

#### 3.1.2

#### momentary interruption detector

instrument capable to detect an electrical discontinuity in the daisy chain circuits

Note 1 to entry: See Annex B for the electrical continuity test of solder joint.

#### 3.2 Abbreviations

- FBGA Fine-pitch ball grid array
- BGA Ball grid array
- FLGA Fine-pitch land grid array
- LGA Land grid array
- SON Small outline non-leaded package
- QFN Quad flat-pack non-leaded package
- SMD Surface mounting device
- OSP Organic solderability preservative
- FR-4 Flame retardant type 4
- FEA Finite element method analysis
- CGA Column grid array

#### 4 General

The regions of the solder joints to be evaluated are shown in Figure 1. The test method in this standard is applicable to evaluate the durability of the solder joints against thermal stress to the package mounted on substrate but not to test the mechanical strength of the package itself.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

Therefore, the conditions for accelerated stress conditioning by a temperature cycling test may exceed the maximum allowable temperature range for the package.

The test method specified in this standard is mainly applicable to the solder joint between substrates of printed wiring board and the package as an evaluation target. However, the test results depend on conditions such as the mounting method and the condition, materials and the printed wiring board, etc. See Annex C to Annex G.



Figure 1 – Region for evaluation of the endurance test

# 5 Test apparatus and materials

#### 5.1 Specimen

Specimen is the package mounted on the test substrate (refer to Clause 6 for preparation).

### 5.2 Reflow soldering equipment

The reflow soldering equipment shall be able to realize the reflow soldering temperature profile specified in Clause 6. Examples of temperature profile are shown in Figure 2 and Figure 3.

NOTE A standard mounting process for the package is shown in Annex G.

#### 5.3 Temperature cycling chamber

The temperature cycling chamber shall be able to realize the temperature cycling profile specified in Figure 4. The general requirements for the temperature cycling chamber are specified in IEC 60068-2-14.

### 5.4 Electrical resistance recorder

The electrical resistance recorder shall be able to detect electrical continuity interruption in the daisy chain circuit. If there is no doubt of the measuring result, an electrical resistance measuring instrument featured with a momentary interruption detector and/or a continuous electrical resistance data logger should be used.

The interruption detector should be sufficiently sensitive to detect a 100  $\mu s$  momentary interruption. Furthermore, the electrical resistance measuring instrument should be able to measure a resistance exceeding 1 000  $\Omega.$ 

### 5.5 Test substrate

Unless otherwise specified in the product specification, the test substrate shall be as follows.

a) Test substrate material

Test substrate material shall be a single sided printed wiring board for general use, for example, copper-clad epoxide woven fiberglass reinforced laminated sheets as specified in IEC 61249-2-7 or IEC 61249-2-8. The thickness shall be (1,6  $\pm$  0,2) mm including copper foil. The copper foil thickness shall be (35  $\pm$  10)  $\mu$ m.

NOTE 1 Heat resistance to reflow soldering for the test substrate is described in Annex E.

b) Test substrate dimensions

The test substrate dimensions depend on the mounted package size and shape. However, the test substrate dimensions shall be fixed on the pull strength test equipment.

c) Land shape and land dimensions

Land shape and land dimensions should be as specified in IEC 61188-5-8 or as recommended by the package manufacturer.

Moreover, the test substrate and the test package shall be designed in such a way that their land pattern forms a daisy chain circuit after mounting for the electrical continuity measurement.

NOTE 2 Annex D provides a test substrate design guide.

NOTE 3  $\,$  Annex C provides a solderability test for the substrate land. And Annex F provides a strength test for the substrate land.

d) Surface finish of land pattern

If specified in the product specification, a solderable region (land pattern of the test substrate) shall be treated suitably against oxidization, for example, by means of an organic solderability preservative (OSP) layer. The surface protection shall not interfere with the solderability of the land pattern being soldered by using the reflow soldering equipment specified in 5.2.

#### 5.6 Solder paste

Solder paste is made of flux, finely divided particles of solder and additives to promote wetting and to control viscosity, tackiness, slumping, drying rate, etc. Unless otherwise specified in the product specification, one of the solder alloys listed below (as specified in IEC 61190-1-3) shall be used. The product specification shall specify details of the solder paste.

The major composition of the solder alloys are as follows:

- a) 63 % mass fraction of Sn (tin) and 37 % mass fraction on Pb (lead);
- b) from 3,0 % to 4,0 % mass fraction of Ag (silver), from 0,5 % to 1,0 % mass fraction of Cu (copper) and the remainder of Sn (tin).

Example: Sn-Ag-Cu ternary alloy such as Sn96,5Ag3Cu,5 alloy is used.

#### 6 Specimen preparation

The package shall be mounted on the test substrate using the following reflow soldering process. The package for the specimen shall be modified as for test dummy package to form a daisy chain circuit with a land pattern of the test substrate after reflow soldering.

NOTE The solderability test to confirm the termination of the package and the test substrate land which affects the solder joint strength is described in Annex C.

The specimen preparation process and the conditions are as follows.

- a) Unless otherwise specified in the product specification, the solder paste specified in 5.6 shall be printed on the test substrate land specified in 5.5, using a stencil made of stainless steel being 120  $\mu$ m to 150  $\mu$ m thick, and that have the same aperture dimensions as the dimensions, shape and arrangement of the test substrate land.
- b) The package shall be placed onto the printed solder paste.

c) The reflow soldering equipment specified in 5.2 shall be used for soldering the package terminals under the conditions shown in Figure 2 or Figure 3. The measuring point of the temperature shall be on the land portion.

- 12 -

Figure 2 shows an example of a typical reflow soldering profile using Sn63Pb37 solder alloy, as stated in IEC 61760-1:2006, Figure 13.

Figure 3 shows an example of a typical reflow soldering profile using Sn96,5Ag3Cu,5 solder alloy, as stated in IEC 61760-1:2006, Figure 14.



Continous line: typical process (terminal temperature) Dotted line: process limits. Bottom process limit (terminal temperature). Upper process limit (top surface temperature)

IEC

#### Figure 2 – Typical reflow soldering profile for Sn63Pb37 solder alloy



- 13 -

Continous line: typical process (terminal temperature) Dotted line: process limits. Bottom process limit (terminal temperature). Upper process limit (top surface temperature)



#### 7 Temperature cycling test

#### 7.1 Pre-conditioning

If the specimen needs to be cleaned, the product specification should specify the cleaning method.

#### 7.2 Initial measurement

The specimen shall be subjected to visual examination. There shall be no defect, which may impair the validity of the test.

Electrical resistance as electrical continuity of the specimen (daisy chain circuit) shall be confirmed using the momentary interruption detector specified in 5.4.

#### 7.3 Test procedure

The temperature cycling test is according to test Na (rapid change of temperature within the prescribed time of transfer) specified in IEC 60068-2-14 with the following details.

Place the specimen in the temperature cycling chamber where the best airflow is obtained and where there is sufficient airflow around the specimen.

The test condition shall be selected from Figure 4 and Table 1, and the test shall be performed to the specified cycles in the product specification.

The electrical resistance of the daisy chain circuit shall be monitored continuously during the test using the momentary interruption detector specified in 5.4.



- 14 -

#### Figure 4 – Test conditions of temperature cycling test

Step		Test condition A	Test condition B	Test condition C	Test condition D	
Minimum storage temperature: T <sub>min</sub>	°C	-40 ± 5	-25 ± 5	-30 ± 5	$T_{ m op,\ min}\pm 5$	
Maximum storage temperature: T <sub>max</sub>	°C	$125\pm5$	$125\pm5$	80 ± 5	$T_{ m op,\ max}\pm 5$	
Hold time: $t_1, t_2$		$t_1 = t_2 \ge 7 \text{ min for Sn63Pb37 solder alloy}$				
		$t_1 \leq 30 \text{ min}, t_2 \geq 15 \text{ min}$ for Sn96,5Ag3Cu,5 solder alloy				

#### Table 1 – Test conditions of temperature cycling test

For Sn96,5Ag3Cu,5 solder alloy, the dwell time in the temperature cycling chamber shall be set to 30 min at maximum storage temperature, including the hold time  $t_2$ ; 15 min for stress relaxation and 15 min for stable temperature. Refer to IEC 62137-3:2011, Annex A. At minimum storage temperature, it may not be necessary that the stress relaxation be 15 min. It is acceptable to set the hold time:  $t_1$  to equal or less than 30 min.

Maximum period of transfer time from one chamber to another shall not be more than 3 min as described in IEC 60068-2-14.

The condition setting of the temperature cycling test should be adopted in the product specification as listed below.

- The test condition can be reproduced, the defect mode is supposed in the field condition.
- The test condition can be correlated to linear acceleration to the field condition.
- The test condition can be correlated to a nearby conventional specification.
- The test condition can be a shortened test period.

NOTE  $T_{op, min}$  is the minimum operating temperature of the specimen.

 $T_{\rm op, max}$  is the maximum operating temperature of the specimen.

The hold time starts when the temperature of the specimen reaches the specified value.

The transition time from maximum storage temperature to minimum storage temperature and vice versa is included in the one cycle period.

#### 7.4 End of test criteria

The test shall continue until the electrical resistance of the daisy chain circuit within all or a specified number of specimens increases, caused by a solder joint break, or because the number of test cycles has been reached, as specified.

The criteria of the increased electrical resistance value shall be specified in the product specification. The threshold value of the increased electrical resistance should be defined as percentage of the typical resistance of the daisy chain circuit within the specimen at maximum storage temperature, or the fixed value of the higher electrical resistance, 1 000  $\Omega$ .

#### 7.5 Recovery

If it is necessary to arrange the measurement condition, the specimen shall be placed, after the test, under the final measurement conditions, as specified in the product specification.

The product specification may prescribe a specific recovery period such as cooling down and a stabilized temperature for the specimen.

#### 7.6 Final measurement

The specimen shall be subjected to visual inspection. There shall be no defect, which may impair the test result.

The electrical resistance of the daisy chain circuit shall be confirmed using the momentary interruption detector as electrical resistance measuring instrument specified in 5.4.

#### 8 Temperature cycling life

When the electrical resistance of the daisy chain circuit increases caused by the solder joint break, the number of test cycles at that moment is the number of failure cycles of the specimen.

Statistically, the temperature cycling life should be determined as mean life or characteristic life of the Weibull distribution resulting from the failure cycles data of the specimens. Similarly, the life time shall be calculated from the test result of the specimens specified by the number of samples as indicated in the product specification.

Using the test result and acceleration factor, the life time in the field can be estimated. However, the acceleration factor depends on the conditions such as package dimensions, materials and the printed wiring board, etc. The acceleration factor shall be estimated individually between the field condition and the accelerated temperature cycling condition. See Annex A.

#### 9 Items to be specified in the relevant product specification

The following items shall be specified in the product specification.

a)	Specification of the test substrate	(see 5.5)
b)	Solder paste	(see 5.6)
c)	Specimen preparation	(see Clause 6)
d)	Pre-treatment conditions (if necessary)	(see 7.1)
e)	Items and conditions of initial measurement	(see 7.2)
f)	Test conditions	(see 7.3)

g)	Hold time, transition time and transfer time at low and high temperatures and at normal ambient temperature (if different from 7.3)	(see 7.3).
h)	Whether or not to continuously monitor the electrical resistance	(see 7.3)
i)	End of test criteria (number of repetitive cycles)	(see 7.4)
j)	Recovery	(see 7.5)
k)	Items and conditions of final measurement	(see 7.6)
I)	Temperature cycling life and the condition of calculation	(see Clause 8)

- 16 -

# Annex A

### (informative)

## Acceleration of the temperature cycling test for solder joints

#### A.1 General

This annex describes the acceleration characteristic to evaluate durability in the field from the temperature cycling test results of solder joints.

#### A.2 Acceleration of the temperature cycling test for an Sn-Pb solder joint

The temperature cycling test specified in the standard is mainly applied when obtaining the temperature cycling life at the solder joint between the device and the substrate. A modified Coffin-Manson's law is conventionally used to obtain thermal fatigue life as the temperature cycling life of the solder joint. It can conveniently be expressed as shown in Equation (A.1).

$$NF = C \times f^m \times (\Delta \varepsilon_{\rm in})^{-n} \times \exp\left(\frac{H}{kT_{\rm max}}\right)$$
(A.1)

where

NF	is the	number	of failu	e cycles	(thermal	fatigue	life)
----	--------	--------	----------	----------	----------	---------	-------

- *C* is the material constant
- f is the On/Off frequency (cycles/day)
- *m* is the frequency parameter
- $\Delta \boldsymbol{\varepsilon}_{in}$  is the inelastic strain range of thermal fatigue
- *n* is the material constant (inverse of fatigue elongation exponent)
- It is known that the soldering life is inversely proportional to the inelastic strain range of thermal fatigue.
- k is the Boltzmann constant: 8,617 385  $\times$  10<sup>-5</sup> (eV/K)
- *H* is the activation energy of solder (eV)

The temperature dependence is expressed by exponential law

 $T_{\text{max}}$  is the maximum test temperature (K)

An acceleration factor: AF of the temperature cycling test under test and in field conditions is given as shown in Equation (A.2).

$$AF = \left[\frac{f_{\rm f}}{f_{\rm t}}\right]^m \times \left[\frac{\Delta T_{\rm f}}{\Delta T_{\rm t}}\right]^{-n} \times \exp\left[\frac{H}{k} \times \left(\frac{1}{T_{\rm max-f}} - \frac{1}{T_{\rm max-t}}\right)\right]$$
(A.2)

#### where

$f_{f}$	is the number of On/Off cycles in the field (cycles/day)
$f_{t}$	is the number of On/Off cycles under the test condition (cycles/day)
$\Delta T_{\mathrm{f}}$	is the temperature variation in the field (°C)
$\Delta T_{t}$	is the temperature variation under test condition (°C)
T <sub>max-f</sub>	is the maximum temperature in the field (K)
T <sub>max-t</sub>	is the maximum temperature under test condition (K)

In the case of Sn-Pb solder joint, H is the activation energy of the solder which is 0,123 eV, k is a Boltzmann constant, m is 1/3, and n is 1,9 in general.

- 18 -

Table A.1 shows an example of temperature cycling test results of the acceleration factor in specific field conditions related to the temperature cycling test conditions.

Conditions	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	$\Delta T$	Temperature cycling frequency (cycles per day) <sup>a</sup>	Number of temperature cycles		Test result (acceleration factor in the field condition) <sup>b</sup>
	°C	°C	°C		5 years	10 years	
Field	25	70	45	1	1 825	3 650	-
А	-40	125	165	72	365	730	5,0
В	-25	125	150	72	435	869	4,2
С	-30	80	110	72	1 217	2 433	1,5

Table A.1 – Example of test results of the acceleration factor (Sn63Pb37 solder alloy)

<sup>a</sup> Calculation was made assuming the hold time at maximum and minimum storage temperatures set to 7 min and the transition time from maximum storage temperature to minimum storage temperature and vice versa set to 3 min.

<sup>b</sup> These calculation results are, for example, an estimation of the number of test cycles according to Equation (A.2).

NOTE The acceleration factors in Table A.1 are only applicable to the specified conditions.

Currently, it is possible that a computer simulation output using as finite element method can solve an equivalent inelastic strain range  $\Delta \varepsilon_{in}$ . The activation energy of solder, the fatigue elongation exponent and the acceleration factor can be obtained. The acceleration factor can be calculated from the obtained inelastic strain range instead of the temperature range  $\Delta T$  of the accelerated test condition.

### A.3 Temperature cycling life prediction method for an Sn-Ag-Cu solder joint

In the case of an Sn96,5Ag3Cu,5 solder alloy, a state of the art of fatigue life prediction model for lead-free solder is proposed that considers the microstructural characteristics of the Sn96,5Ag3Cu,5 solder joint.

This new fatigue life prediction model is a solution of the result of the physical analysis of the Coffin-Manson's law that examined the consideration of the material scientific factors related to microstructural variety involving thermo-mechanical fatigue characteristics of the lead-free Sn96,5Ag3Cu,5 solder alloy.

On reflection, basically the Coffin-Manson's empirical law is shown in Equation (A.3).

$$\Delta \varepsilon_{\rm in} \cdot NF^{\,\alpha} = C \tag{A.3}$$

where

NF	is the number of failure cycles (thermal fatigue lif	fe)
----	--	-----

*C* is the fatigue ductility coefficient

- $\Delta \boldsymbol{\varepsilon}_{in}$  is the inelastic strain range of thermal fatigue
- *α* is the fatigue ductility exponent (inverse of material constant *n*)

– 19 –

In the case of Sn96,5Ag3Cu,5 solder alloy, the fatigue ductility exponent  $\alpha$  is obtained from Equations (A.4) and (A.5). And the fatigue ductility coefficient *C* is derived from Equation (A.6), theoretically and experimentally.

$$\alpha = 0.6/(n'+1)$$
 (A.4)

where n' is cyclic strain hardening exponent which is determined by the following equation.

$$n' = A_1 \exp\left(\frac{Q}{RT}\right) \sqrt{\frac{1}{r}}$$
(A.5)

where

- T is the maximum temperature
- $A_1$  and Q are material constants for the cyclic strain hardening exponent
- *r* is radius of intermetallic compound during fatigue deformation which is determined by the thermal diffusion growth and the strain-enhanced growth due to cyclic deformation during the temperature cycling.

$$C = A_2 \cdot T - A_3 \tag{A.6}$$

where  $A_2$  and  $A_3$  are material constants regarding the fatigue ductility coefficient.

The material constants are applied to become a function of the temperature and the microstructural factor during fatigue deformation resulting from the Equations (A.4), (A.5) and (A.6). It is possible to predict the fatigue life of the Sn96,5Ag3Cu,5 solder alloy given the temperature, time and microstructural change during the temperature cycling test by substituting the applied material constants to the Coffin-Manson's Equation (A.3).

This new fatigue life prediction model can calculate the acceleration factor AF using Equation (A.7).

$$AF = \frac{N_{\text{field}}}{N_{\text{test}}} = \frac{\left(C_{\text{field}} / \Delta \varepsilon_{\text{field}}\right)^{1/\alpha_{\text{field}}}}{\left(C_{\text{test}} / \Delta \varepsilon_{\text{test}}\right)^{1/\alpha_{\text{test}}}} = \left(\frac{C_{\text{field}}}{\Delta \varepsilon_{\text{field}}}\right)^{1/\alpha_{\text{field}}} \left(\frac{\Delta \varepsilon_{\text{test}-\text{max}}}{C_{\text{test}-\text{max}}}\right)^{1/\alpha_{\text{test}}}$$
(A.7)

where

$N_{field}$	is the number of failure cycles in the field condition (cycles)
N <sub>test</sub>	is the number of failure cycles under test condition (cycles)
C <sub>field</sub>	is the material constant in the field condition
C <sub>test</sub>	is the material constant under test condition
$\Delta \boldsymbol{\varepsilon}_{field}$	is the inelastic strain range of thermal fatigue in the field
$\Delta \boldsymbol{\varepsilon}_{test}$	is the inelastic strain range of thermal fatigue under test condition
$a_{\sf field}$	is the fatigue elongation exponent in the field
$a_{\text{test}}$	is the fatigue elongation exponent under test condition
NOTE	The temperatures $T$ in the field and test condition are each maximum temperatures.

Table A.2 shows an example of temperature cycling test results of the acceleration factor in specific field conditions related to the temperature cycling test conditions.

Conditions	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	$\Delta T$	Temperature cycling frequency (cycles per day) <sup>a</sup>	Number of temperature cycles		Test result (acceleration factor in the field condition) <sup>b</sup>
	°C	°C	°C		5 years	10 years	
Field	25	70	45	1	1 825	3 650	-
А	-40	125	165	40	119	239	15,3
В	-25	125	150	40	135	270	13,5
С	-30	80	110	40	493	986	3,7

# Table A.2 – Example test results of the acceleration factor (Sn96,5Ag3Cu,5 solder alloy)

- 20 -

<sup>a</sup> The calculation was made assuming that the hold time at maximum and minimum storage temperatures is set to 15 min and the transition time from maximum storage temperature to minimum storage temperature and vice versa is set to 3 min.

<sup>b</sup> These calculation results are, for example, an estimation of the number of test cycles using FBGA package devise mounting on the FR-4 test substrate based on Equation (A.7).

NOTE The acceleration factors in Table A.2 are only applicable in the specified conditions.

The acceleration factors AF are calculated by a finite element analysis about the FBGA package device using this fatigue life model. An example is shown in Figure A.2. The acceleration factors AF are different for each test temperature range caused by two different mount substrate materials, between FR-4 and alumina, as shown in Figure A.1.



Units are in millimetres.





- 21 -

Figure A.2 – Example of acceleration factors AF with an FBGA package device using Sn96,5Ag3Cu,5 solder alloy

The fatigue life prediction model mentioned above is derived to consider a physical meaning of fatigue fracture behaviour from the fatigue test data of the Sn96,5Ag3Cu,5 solder joint, under the various temperature and the stress conditions. The fatigue characteristics reveal a state of alloy microstructure within the micro solder joint, using the fatigue test results of a single solder ball joint specimen such as BGA. They are shown in Figure A.3. The material constant of Equation (A.7) and the inelastic strain range of solder are listed in Table A.3. The material constant was determined according to Equations (A.4), (A.5) and (A.6) using experimental data as shown in Figure A.3.

<b>0</b>	Fatigue ductility	Fatigue ductility	Inelastic strain range of solder		
Conditions	exponent α	Coefficient C	FR-4	Ceramics	
Field	0,54	0,33	0,005	0,001 5	
Condition A	0,53	0,44	0,03	0,007 1	
Condition B	0,53	0,44	0,028	0,006 6	
Condition C	0,51	0,35	0,013	0,003 6	

Table A.3 – Material constant and inelastic strain range calculated by FEA for FBGA package devices as shown in Figure A.1 (Sn96,5Ag3Cu,5 solder alloy)



- 22 -

Figure A.3 – Fatigue characteristics of Sn96,5Ag3Cu,5 an alloy micro solder joint ( $N_f$  = 20 % load drop from initial load)

### A.4 Factor that affects the temperature cycling life of the solder joint

To analyse the test data so as to predict the acceleration characteristic in the field use, it is desirable to carry out the statistical process in the Weibull distribution, log normal distribution, etc.

Solder, both the thickness and the layer configuration of the substrate, as well as the packaging density on the substrate, significantly affect the temperature cycling life of the solder joint with the package being mounted on the substrate. It is well known that the temperature cycling life becomes about half, especially when the area array type packages are mounted on the same area of both sides of the substrate.

When the packages subject to the evaluation test can be mounted on a double sided substrate, it is recommended to evaluate the life of the solder joint with the packages mounted on the same area of both sides of the substrate.

## Annex B

(informative)

# Electrical continuity test for solder joints of the package

#### B.1 General

This annex describes a test that allows to evaluate the solder joint durability of the package using electrical continuity.

#### B.2 Package and daisy chain circuit

The package for this test is a dummy package within which terminations are connected as shown in Figure B.1. All the terminations of the specimen and of the test substrate are connected alternately to form a daisy chain circuit after reflow soldering.

It is highly recommended that the structure of the package for this test has the same structure as that of the actual package to be evaluated.



Figure B.1 – Example of a test circuit for the electrical continuity test of a solder joint

#### **B.3** Mounting condition and materials

The specimen should be made according to the procedure specified in Clause 6 using test apparatus and the materials specified in Clause 5.

#### B.4 Test method

Measure the electrical resistance of the daisy chain before and after the accelerated stress conditioning specified in Clause 7 to evaluate the presence of a solder joint break. The resistance value of the daisy chain should be continuously monitored to find the degree of degradation of solder joints. It is desirable to continue the resistance measurement until a solder joint break is detected.

# B.5 Temperature cycling test using the continuous electric resistance monitoring system

When evaluating the life of the solder joint on the substrate, conventionally, a failure such as the development of a crack was presumed by measuring the contact electrical resistance of

the specimen outside the temperature cycling chamber, in normal ambient temperature at certain moments. However, for the area array type packages subject to the evaluation of this standard, as shown in Figure B.2, a failure occurs at high temperatures as "open" indicated by infinite electrical resistance, but it recovers to normal resistance at normal ambient temperature.

- 24 -

Therefore, it is desirable during the temperature cycling test to monitor the electrical resistance continuously.





#### Annex C

(informative)

# Reflow solderability test method for package and test substrate land

#### C.1 General

This annex gives an explanation to the test method for the reflow solderability of packages.

#### C.2 Test equipment

#### C.2.1 Test substrate

The test substrate should be as specified in 5.5.

#### C.2.2 Pre-conditioning oven

The pre-conditioning oven can maintain the conditions specified in the product specification for a long time.

The humidifier should maintain the temperature and humidity as specified in the product specification for a long time. The material of the oven at high temperature should not react. The water used for the test should be purified water or de-ionized water, with resistivity of 5 000  $\Omega$ m (0,5 M $\Omega$ ·cm) or higher (conductivity of 2  $\mu$ S/cm or less). The equipment should performed test according to IEC 60068-2-78.

#### C.2.3 Solder paste

The solder paste should be as specified in 5.6.

#### C.2.4 Metal mask for screen printing

The metal mask for screen printing should be as described in G.2.3.

#### C.2.5 Screen printing equipment

The screen printing equipment should be capable of solder printing as described in G.2.4.

#### C.2.6 Package mounting equipment

The package mounting equipment should be capable of mounting the packages as described in G.3.3.

#### C.2.7 Reflow soldering equipment

The reflow soldering equipment should meet the heating process conditions specified in Figure 2 or Figure 3. The temperature of the specimen should be measured at thermocouple measuring point A (the centre on the top of the package) and thermocouple measuring point B (the soldered inner part of the terminal), shown in Figure C.1.

Each thermocouple wire should be routed in such a way that there is no interference and no influence to the temperature measurement.



- 26 -



#### C.2.8 X-ray inspection equipment

The X-ray inspection equipment should be able to transparently observe the area array type packages being mounted on the test substrate.

### C.3 Standard mounting process

#### C.3.1 Initial measurement

The initial measurement of the electrical characteristics of the specimen should be carried out according to the items and conditions specified in the product specification. Also, a visual inspection of the specimen, magnified  $10\times$ , should be carried out.

### C.3.2 Pre-conditioning

When the product specification specifies the pre-conditioning as a moisture treatment, this pre-conditioning should be carried out under the specified conditions.

In the case where multiple reflow heating is specified in the product specification, the moisture treatment of the specimen should be repeated under the following specified conditions.

The multiple reflow heating methods are as follows.

- a) The multiple reflow heating is repeated after the moisture treatment.
- b) The moisture treatment and the reflow heating are performed one after the other.

#### C.3.3 Package mounting on test substrate

The package mounted on the test substrate becomes the specimen according to the standard mounting process described in Annex G. For Sn63Pb37 solder alloy, apply the reflow heating process that meets the reflow temperature profile in Figure 2. For Sn96,5Ag3Cu,5 solder alloy, apply the reflow temperature profile in Figure 3.

When the specimen is subjected to the multiple reflow heating process, apply the same reflow heating process as above.

#### C.3.4 Recovery

At the end of the test, and if necessary, the recovery process specified in the product specification should be carried out on the specimen.

#### C.3.5 Final measurement

Measure the electrical characteristics of the specimen according to the product specification. Also, a visual inspection of the specimen, magnified  $10\times$ , should be carried out.

The following items should then be checked:

- insufficient solder wetting;
- repelled solder;
- solder ball drop out;
- solder dissolution.

Then, using X-ray inspection equipment, check the soldered condition. If necessary, observe the cross-sectional view after the casting process in a resin.

# C.4 Examples of faulty soldering of area array type packages

#### C.4.1 Repelled solder by contamination on the ball surface of the BGA package

Figure C.2 shows an example of a cross-sectional view of repelled solder caused by contamination on the solder ball surface. The solder ball surface was examined and the contamination was found to be organic material.



Figure C.2 – Repelled solder caused by contamination on the solder ball surface

#### C.4.2 Defective solder ball wetting caused by a crack in the package

Figure C.3 shows a defective soldering as a result of the solder ball drop caused by the moistening of the package.



- 28 -

Figure C.3 – Defective soldering as a result of a solder ball drop

# C.5 Items to be given in the product specification

The following items should be specified in the product specification.

- a) Solder paste printing conditions (if different from C.2.3).
- b) Metal mask specifications (if different from C.2.4).

c)	Items and conditions of initial measurement	(see C.3.1).
d)	Pre-conditioning conditions (if necessary)	(see C.3.2).
e)	Reflow heating process conditions (if different from C.3.3).	
f)	Multiple reflow was done or not, and moisture treatment conditions	(see C.3.3).
g)	Recovery conditions (if necessary)	(see C.3.4).
h)	Items and conditions of final measurement	(see C.3.5).

# Annex D

#### (informative)

# Test substrate design guideline

#### D.1 General

This annex gives an explanation to the test substrate design guideline. It applies to the design guideline of the printed wiring board to be used to evaluate the durability of packages.

In the case of the substrate, both of thickness and the layer configuration, as well as the mount congestion on the substrate, significantly affect the temperature cycling durability of the solder joint with the package being mounted on the substrate. It is well known that the durability of solder joint becomes about half particularly when the area array type packages are mounted on the same area of both sides of the substrate.

When the packages subject to the evaluation test are mounted on a double side of the printed wiring board, it is recommended to evaluate the life of the soldering with the components mounted on both sides of the substrate.

#### D.2 Design standard

#### D.2.1 General

The items listed below shall be taken into account for the design standard of the test substrate.

- a) Classification of the substrate specification (see D.2.2 and D.2.4).
- b) Test substrate thickness, number of layers, copper foil thickness.
- c) Material of the test substrate (see D.2.3).
- d) Land shape, land size and the surface finish (see D.2.5 and D.2.6).

#### D.2.2 Classification of substrate specifications

#### D.2.2.1 Types of classification of the test substrate

Both the substrate thickness and the number of layers of the test substrate applicable to the area array type packages are to be determined by selecting the appropriate type in Table D.1, according to the usage of the evaluation package subject to the test.

Тур	bes	Туре А	Туре В	Туре С	Type D	Туре Е
Example of application		Cell phones, video cameras, recorders, etc.	Notebook type PCs, etc.	Desktop type PCs, etc.	Server, Telecommu- nications equipment, etc.	Pre-test, General
Substrate thickness		0,6 mm to 0,8 mm	1,0 mm to 1,2 mm	1,6 mm	2,4 mm	Not specified
Number of layers		4 layers or more	4 layers or more	4 layers or more	6 layers or more	1 layer or more
	1,27 mm		х	х	х	х
	1,00 mm		Х	Х	х	х
	0,80 mm	Х	Х			х
Terminal pitch	0,75 mm	Х	Х			Х
P	0,65 mm	х	X			х
	0,50 mm	х	Х			Х
	≤ 0,40 mm	х				Х
Standard	18 μm/12 μm	Х	Х			Х
thickness (outer layer/ inner layer) <sup>a</sup>	35 μm/18 μm		x	x	x	x

#### Table D.1 – Types classification of the test substrate

NOTE 1 Because the thickness and the number of layers of the substrates affect the solder joint reliability, the substrate types have been classified as types A through E.

NOTE 2 The substrate design significantly depends on the terminal pitch of the component to be mounted. Therefore, the table shows the example of applications and the terminal pitch which corresponds to the application. The checked mark "X" indicates the major applications.

NOTE 3 The copper foil thickness significantly depends on the terminal pitch of the component to be mounted. It also significantly depends on the method of the substrate manufacturing process. For this reason, this table gives two kinds of copper foil thicknesses for type B.

<sup>a</sup> Nominal dimensions.

#### D.2.2.2 General comment

In general, thicker test substrates result in the degradation of the durability of the solder joint in the temperature cycling test. In view of the mechanical strength, the stress of the solder joint tends to decrease with the increase of the substrate thickness. It is therefore recommended to select the test substrate type according to the intended application and by paying attention to the requirements for test quality.

The copper foil thickness significantly depends on the pattern layout of the substrate, and also on the methods of the substrate manufacturing process. In order to increase the reliability of the solder joint, it is better to make the copper foil thicker. If this is the case, the terminal pitch becomes shorter, and it becomes difficult to print fine patterns. For the standard copper foil thickness, if the line to space ratio (line/space) of the printed pattern on the substrate needs to be set to 100/100  $\mu$ m or less, it becomes necessary to produce thinner copper foil. It is assumed that such a process may be applied to the terminal pitch of an area array type of 0,8 mm pitch or less. In case of the terminal pitch which is more than 0,8 mm, the copper foil thickness will be more or less 18  $\mu$ m when a build-up substrate is used. The copper foil thickness, when the thickness of the copper plating at the through-hole section is added, will be about 35  $\mu$ m for the substrate in the conventional subtractive process. The substrates of Types A and B may have a build-up substrate. Therefore, a standard copper foil thickness of 18  $\mu$ m is also included as a standard for them.

#### D.2.3 Material of the test substrate

The standard material of the test substrate is defined by IEC 61249-2-7 or IEC 61249-2-8 or in other standards related to material of the printed wiring board called FR-4.

#### D.2.4 Configuration of layers of the test substrate

Table D.2 shows the standard layers' configuration of the test substrates.

Ту	pes A, B, and C		Type D	Туре Е		
1 <sup>st</sup> layer	Signal path layer	1 <sup>st</sup> layer	1 <sup>st</sup> layer Signal path layer		Signal path layer	
2 <sup>nd</sup> layer	Plane layer or mesh layer	2 <sup>nd</sup> layer	2 <sup>nd</sup> layer Plane layer or mesh layer		Plane layer or mesh layer (optional)	
		3 <sup>rd</sup> layer	Plane layer or mesh layer			
3 <sup>rd</sup> layer	Plane layer or mesh layer	4 <sup>th</sup> layer	Plane layer or mesh layer			
		5 <sup>th</sup> layer	Plane layer or mesh layer			
4 <sup>th</sup> layer	Signal path layer	6 <sup>th</sup> layer	Signal path layer			
If a signal path cannot be made in the 1 <sup>st</sup> , 4 <sup>th</sup> and/or 6 <sup>th</sup> layer, use the internal plane layer or increase the number of layers.					nended to include ting on the 1st layer e starting copper foil.	

### Table D.2 – Standard layers' configuration of test substrates

#### D.2.5 Land shape of test substrate

Figure D.1 shows the standard land shapes.



NSMD (No solder mask defined)

SMD (Solder mask defined)

Figure D.1 – Standard land shapes of the test substrate

The standard surface finish of the land should be copper plating covered with heat-resistant pre-flux called organic solderability preservative (OSP).

The land of the test substrate should satisfy the quality evaluation methods of both Clause C.3 and Annex F.

#### D.2.6 Land dimensions of the test substrate

The land dimensions of the test substrate should be defined in the product specification.

The design guidelines for the land size of the area array type packages as BGA, FBGA, LGA, and FLGA are in accordance with IEC 61188-5-8.

The relationship between the package land diameter and the test substrate land diameter should be specified for the durability of the solder joint as follows.

a) The durability of the solder joint will be increased with similar size of land diameter between the package and the test substrate.

b) The durability of the solder joint will be increased when the test substrate land diameter is slightly larger than the land diameter of the package.

- 32 -

# D.3 Items to be given in the product specification

The following items should be specified in the product specification.

a)	Type classification of the test substrate	(see D.2.2).
b)	Test substrate size	
c)	Substrate thickness (if different from D.2.2)	
d)	Number of substrate layers (if necessary)	(see D.2.2).
e)	Substrate layers configuration (if necessary)	(see D.2.4).
f)	Copper foil thickness (if necessary)	(see D.2.2).
g)	Test substrate materials (if necessary)	(see D.2.2).
h)	Land shape (if necessary)	(see D.2.5).
i)	Surface finish of land (if necessary)	(see D.2.5).
j)	Land dimensions (if necessary)	(see D.2.6).

### Annex E

#### (informative)

## Heat resistance to reflow soldering for test substrate

#### E.1 General

This annex gives an explanation concering the heat resistance with respect to reflow soldering of the test substrate.

When the test substrate has not sufficient thermal stability, the test substrate may get warpage during the reflow heating process, so that the temperature cycling test cannot sufficiently evaluate the durability of the solder joints.

#### E.2 Test apparatus

#### E.2.1 Pre-conditioning oven

The pre-conditioning oven can maintain the conditions specified in the product specification for a long time.

The humidifier should maintain the temperature and humidity as specified in the product specification for a long time. The material of the oven should not react at high temperature. The water used for the test should be purified or de-ionized water, with a resistivity of 5 000  $\Omega$ m (0,5 M $\Omega$ · cm) or higher (conductivity of 2  $\mu$ S/cm or less). The equipment should perform the test according to IEC 60068-2-78.

#### E.2.2 Reflow soldering equipment

The reflow soldering equipment should meet the heating process conditions specified in Figure 2 or Figure 3. Otherwise the conditions specified in the product specification should be met.

#### E.3 Test procedure

#### E.3.1 General

Soaking in moisture is not to be a major problem for the printed wiring board materials with respect to resin materials of the package. A suitable moisture treatment is therefore recommended as pre-conditioning against humidity of the test substrate to obtain moisture sensitive material only. For example, a polyimide material is moisture sensitive.

#### E.3.2 Pre-conditioning

When the product specification indicates that the pre-conditioning be a moisture treatment, this pre-conditioning should be carried out in accordance with the specified conditions.

#### E.3.3 Initial measurement

The initial measurement should be carried out by visual inspection of the test substrate specimen, magnified  $10\times$ . The following checks should be carried out.

- Substrate curving or warping.
- Solder resist stripping.

#### E.3.4 Moistening process (1)

The test substrate specimen should be moistened using the pre-conditioning oven specified in E.2.1 under the conditions as specified in the product specification.

#### E.3.5 Reflow heating (1)

Using the reflow soldering equipment specified in E.2.2, heat up the test substrate in the condition specified in the product specification. Then, the surface temperature should be measured in the centre on the test substrate.

#### E.3.6 Moistening process (2)

When the test substrate is subjected to the reflow process twice, the test substrate should be moistened once again under the conditions as specified in the product specification.

#### E.3.7 Reflow heating process (2)

Unless otherwise specified in the product specification, heat the specimen once again as indicated in E.3.4.

#### E.3.8 Final measurement

The final measurement should be carried out by visual inspection of the test substrate, magnifying  $10\times$ . The following items should be checked.

- Substrate curving or warping/bending.
- Substrate or solder resist stripping.
- Substrate cracking.
- Substrate swelling.

### E.4 Items to be given in the product specification

The following items should be specified in the product specification.

a)	Pre-conditioning conditions (if it is necessary to specify them)	(see E.3.2).
b)	Moistening conditions (if it is necessary to specify them)	(see E.3.4 and E.3.6).
c)	Reflow heating profile (if it is necessary to specify it)	(see E.3.5 and E.3.7).
d)	Items for final measurement	(see E.3.8).
# Annex F

# (informative)

# Pull strength measurement method for the test substrate land

# F.1 General

This annex gives an explanation to the pull strength measurement method for the test substrate land.

When the test substrate has poor land pull strength, the temperature cycling test cannot sufficiently evaluate the durability of the solder joints. The following parameters have a large impact on the result.

- Pull speed.
- Temperature of attached pull strength test probe (probe heat bond method, see Figure F.1).
- Probe temperature during pull strength test (probe heat bond method, see Figure F.1).

# F.2 Test apparatus and materials

# F.2.1 Pull strength measuring equipment

The pull strength measuring equipment should meet the conditions of measurement described in F.3.2.

# F.2.2 Reflow soldering equipment

The reflow soldering equipment should be capable of keeping the temperature as specified Clause 6. The temperature of the specimen should be measured around the land to be evaluated.

# F.2.3 Test substrate

Unless otherwise specified in the product specification, the test substrate should be as indicated in 5.5, except for the daisy chain requirement.

# F.2.4 Solder ball

The diameter of the solder ball used should be 60 % of the terminal pitch of the test substrate land. The composition should be equivalent to the one indicated in IEC 61190-1-3.

# F.2.5 Solder paste

The solder paste should be as specified in 5.6.

# F.2.6 Flux

The flux should be equivalent to the flux quality classification specified in IEC 61190-1-1.

# F.3 Measurement procedure

#### F.3.1 Pre-conditioning

Unless otherwise specified in the product specification, the reflow heating process as specified in Clause 6 should be applied twice to the test substrate.

- 36 -

#### F.3.2 Solder paste printing

The solder paste should be printed on the test substrate land according to G.3.2.

#### F.3.3 Solder ball placement

The solder ball should be placed on the solder paste printed land.

#### F.3.4 Reflow heating process

The solder ball on the test substrate should be melted and bonded securely on the test substrate land used by the reflow heating process, as specified in Clause 6.

#### F.3.5 Pull strength measurement

#### F.3.5.1 General

The pull strength of the test substrate land should be measured using the probe heat bond method or ball pinch method shown in Figure F.1.





a) Method A - Probe heat bond method

b) Method B - Ball pinch method

Figure F.1 – Measuring methods for pull strength

#### F.3.5.2 Pull strength measuring method A – Probe heat bond method

#### F.3.5.2.1 Probe heat bond

Transfer the flux to the tip of the probe for the pull strength test, to which solder plating or other finish is applied. Then bond the probe to the solder ball by heating up the probe to  $(220 \pm 20)$  °C.

## F.3.5.2.2 Measurement

Cool down the probe to (25  $\pm$  5) °C, then pull it out at a speed of (0,3  $\pm$  0,05) mm/s while test substrate is fixed. See Figure F.1 a).

Record the force as pull strength after breaking.

#### F.3.5.3 Pull strength measuring method B – Ball pinch method

Using the tool, pinch the solder ball, then pull it out at a speed of  $(0,3 \pm 0,05)$  mm/s while the test substrate is fixed. See Figure F.1 b).

Record the force as pull strength after breaking.

#### F.3.6 Final measurement

After measuring the pull strength, observe the shape of the stripped surface and then note the breaking mode listed below.

- Mode A: breaking in the solder ball.
- Mode B: stripping between the solder ball and the land on the substrate.
- Mode C: stripping between the land on the substrate and the substrate material.

The pull strength should not be significantly weakened. If many breakings in Mode C have been observed, the test substrate may have some adhesion problems.

#### F.4 Items to be given in the product specification

The following items should be specified in the product specification.

a)	Pre-conditioning conditions (if it is necessary to specify them)	(see F.3.1).
b)	Solder ball usage	(see F.3.3).
c)	Method of pull strength measurement	(see F.3.5).
d)	Conditions of pull strength measurement	(see F.3.5).
e)	Measured value of pull strength	(see F.3.6).
f)	Breaking mode	(see F.3.6).

- 38 -

# Annex G

(informative)

# Standard mounting process for the packages

# G.1 General

This annex gives an explanation to the standard mounting process for the packages.

# G.2 Test apparatus and materials

#### G.2.1 Test substrate

The test substrate should be as specified in 5.5.

NOTE The required items concerning the test substrate are described in Annex C to Annex F to confirm the quality of the test substrate.

#### G.2.2 Solder paste

The solder paste should be as specified in 5.6.

#### G.2.3 Metal mask for screen printing

The stencil used should conform to the design standard shown in Table G.1.

#### Table G.1 – Stencil design standard for packages

Terminal type	Stencil thickness	Aperture diameter
Area array	120 μm to 150 μm	Match with the land size specified in 5.5 c)

There are three processing methods of the metal mask, the etching method, the additive method, and the laser processing method. It is recommended to use the stencil made by the additive method or by the laser processing method, whose solder paste printing characteristic is superior because of a fine pitch process.

## G.2.4 Screen printing equipment

The screen printing equipment should be capable of solder printing as described in G.3.2.

#### G.2.5 Package mounting equipment

The package mounting equipment should be capable of mounting the package described in G.3.3.

## G.2.6 Reflow soldering equipment

The reflow soldering equipment should be capable of maintaining the temperature as specified in G.3.4.

#### G.3 Standard mounting process

#### G.3.1 Initial measurement

The initial electrical measurement of the package should be carried out according to the product specification. In addition, a visual inspection shall be carried out on the package to verify that there is no apparent damage, by magnifying it  $10\times$ .

- 39 -

#### G.3.2 Solder paste printing

Using the stencil mask described in G.2.3, print the solder paste as described in G.2.2 so that there is no lacking, exuding or bridging that occurs on the test substrate.

Solder paste should be printed under print conditions set up in such a way as to avoid the defects listed below and as shown in Figure G.1.

- Paste icicle produced when the stencil is removed.
- Recess in the middle section of the paste.
- Paste sagging.



#### Figure G.1 – Example of printed conditions of solder paste

It is also important to select print conditions that can avoid misaligned and faint prints.

#### G.3.3 Package mounting

Mount the package on the test substrate, on which solder paste has been printed as described in G.2.2.

#### G.3.4 Reflow heating process

Heat up the specimen as the package mounted on the test substrate using the reflow temperature profile shown in Figure 2 or Figure 3, and the soldering that has been processed.

The temperature of the specimen should be measured at the thermocouple measuring point A (the centre on the top of the package) and thermocouple measuring point B (the soldered inner part of the terminal), as shown in Figure G.2.

Each thermocouple wire should be routed in such a way that there is no interference and no influence to the temperature measurement.



- 40 -



#### G.3.5 Recovery

After completion of the test, if necessary, leave the specimen under the standard condition for the time specified in the product specification.

#### G.3.6 **Final measurement**

The final electrical measurement of the specimen should be carried out according to the product specification. In addition, a visual inspection should be carried out on the specimen to verify that there is no apparent damage, by magnifying it 10x. The following checks should be carried out.

- Insufficient solder wetting.
- Repelled solder.
- Solder ball drop out.
- Solder dissolution. •

#### **G.4** Items to be given in the product specification

The following items should be specified in the product specification.

- a) Solder paste (if different from G.2.2).
- b) Metal mask specification (if different from G.2.3).
- c) Items and conditions of initial measurement
- d) Solder paste printing conditions (if different from G.3.2).
- e) Reflow heating process conditions (if different from G.3.4).
- f) Recovery conditions (if necessary) (see G.3.5). (see G.3.6).
- g) Items and conditions of final measurement

(see G.3.1).

# Annex H

# (informative)

#### Mechanical stresses to the packages

#### H.1 General

This annex gives an explanation to the mechanical stress after mounting of the packages on the printed wiring board.

When the mechanical stresses are loaded to the mounted package, the temperature cycling test may be subjected to any effects with respect to the durability of the solder joints.

#### H.2 Mechanical stresses

For the durability test concerning the mechanical stresses for the mounted packages, the test should be selected and carried out by taking into account the relationship between the type of mechanical stresses and the actual use conditions.

The type of the mechanical stresses and the example of the quality requirement presume a fault mechanism. A supposed example of factors and the evaluation methods are shown in Table H.1.

Types of stressExample of quality requirements		Presumed fault mechanism	Example of evaluation methods	
Transient bending	No break at bending displacement X mm	Over stress fracture occurs to joint caused by the substrate bending	Monotonic bending test described in IEC 62137-3:2011, Annex D	
Cyclic bending         No break at key typing X times         Fatigue fracture occurs to joint caused by the cyclic bending of the substrate		Fatigue fracture occurs to joint caused by the cyclic bending of the substrate	Cyclic bending strength test specified in IEC 62137-1-4	
Shock	No break during drop Y times from drop height X m	Drop shock stress fracture occurs to the joint caused by transient bending to the substrate in an piece of equipment	Cyclic drop test specified in IEC 62137-1-3 or IEC 60068-2-27	
Permanent bending	No break during Y h at bending displacement X mm	Creep fracture occurs to the joint caused by a substrate bending stress	Creep test specified in IEC 60068-2-21:2006, 8.5.1	
Vibration	No break during X Hz/Y g/Z h	Fatigue fracture occurs to the joint caused by the substrate cyclic bending stress or transient bending stress from the vibration	IEC 60068-2-6 or IEC 60068-2-21:2006, 8.5.1 specified	

#### Table H.1 – Mechanical stresses to mounted area array type packages

– 42 –

#### Bibliography

IEC 60068-1:1998, *Environmental testing – Part 1: General and guidance* Amendment 1(1992)

IEC 60068-2-2, Environmental testing – Part 2-2: Tests – Test B: Dry heat

IEC 60068-2-6, Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)

IEC 60068-2-21:2006, Environmental testing – Part 2-21: Tests – Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices

IEC 60068-2-27, Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock

IEC 60068-2-44:1995, Environmental testing – Part 2-44: Tests – Guidance on Test T: Soldering

IEC 60068-2-58:2004, Environmental testing – Part 2-58: Tests – Test Td: Test methods for solderability, resistance to dissolution of metallization and to soldering heat of surface mounting devices (SMD)

IEC 60068-2-78:2001, Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state

IEC 60749-1:2002, Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 1: General

IEC 60749-20:2008, Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 20: Resistance of plastic encapsulated SMDs to the combined effect of moisture and soldering heat

IEC 60749-20-1:2009, Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 20-1: Handling, packing, labelling and shipping of surface-mount devices sensitive to the combined effect of moisture and soldering heat

IEC 61188-5-8, Printed boards and printed board assemblies – Design and use – Part 5-8: Attachment (land/joint) considerations – Area array components (BGA, FBGA, CGA, LGA)

IEC 61189-3:2007, Test methods for electrical materials, printed boards and other interconnection structures and assemblies – Part 3: Test methods for interconnection structures (printed boards)

IEC 61189-5, Test methods for electrical materials, interconnection structures and assemblies – Part 5: Test methods for printed board assemblies

IEC 61190-1-1, Attachment materials for electronic assembly – Part 1-1: Requirements for soldering fluxes for high-quality interconnections in electronics assembly

IEC 61190-1-2, Attachment materials for electronic assembly – Part 1-2: Requirements for soldering pastes for high-quality interconnects in electronics assembly

IEC 61760-1:2006, Surface mounting technology – Part 1: Standard method for the specification of surface mounting components (SMDs)

IEC 62137-1-3, Surface mounting technology – Environmental and endurance test methods for surface mount solder joint – Part 1-3: Cyclic drop test

IEC 62137-4:2014 © IEC 2014

IEC 62137-1-4:2009, Surface mounting technology – Environmental and endurance test methods for surface mount solder joint – Part 1-4: Cyclic bending test

Rao R. Tummala, E. J. Rymazewski, A. G. Klopfenstein (Edited), *"Microelectronics Packaging Handbook second edition on CD-ROM"* CHAPMAN & HALL

John H. LAU (Edited), "Ball Grid Array Technology" p153-162, MacGraw-Hill, Inc.

Kuniaki Takahashi, "Large BGA Packaging Technology for Note-PC" (in Japanese), SMT Forum '96, Japan

Kuniaki Takahashi, "BGA·CSP Packaging Technology and Evaluation Method for Note-PC" (in Japanese), SMT Forum'98, Japan

Katsuya Kosuge, "Standardization of High Density Packaging and CSP Evaluation Technology" (in Japanese), SMT Forum'98, Japan

Yuuji Ooto et al., "Temperature and Frequency dependence of Fatigue elongation exponent and the coefficient of Sn-Ag-Cu Micro solder" (in Japanese), 24th JIEP Spring Conference Proceedings, pp.310-311, (2010)

Y. Kanda and Y. Kariya, "Influence of Asymmetrical Waveform on Low-Cycle Fatigue Life of Micro Solder Joint", Journal of Electronic Materials: Volume 39, Issue 2 (2010)

Y. Kanda, Y. Kariya and Y.Oto, "Influence of Cyclic Strain-Hardening Exponent on Fatigue Ductility Exponent for a Sn-Ag-Cu Micro-Solder Joint", Journal of Electronic Materials (2011)

Y. Kanda, Y. Kariya and T. Tasaka, "Effect of Strain-Enhanced Microstructural Coarsening on the Cyclic Strain-Hardening Exponent of Sn-Ag-Cu Joints", Materials Transactions, Vol. 53, No.12, (2012)

\_\_\_\_\_

# SOMMAIRE

- 44 -

AVANT-P	PROPOS	.48				
1 Dom	1 Domaine d'application					
2 Réfé	rences normatives	.50				
3 Term	nes, définitions et abréviations	.51				
3.1	Termes et définitions	.51				
3.2	Abréviations	.51				
4 Géne	éralités	.52				
5 Appa	areillage et matériaux d'essai	.52				
5.1	Éprouvette	.52				
5.2	Matériel de soudage par refusion	.52				
5.3	Chambre de cycle de température	.52				
5.4	Enregistreur de résistance électrique	.52				
5.5	Substrat d'essai	.53				
5.6	Pâte à souder	.53				
6 Prép	aration de l'éprouvette	.54				
7 Essa	ai de cycle de température	.55				
7.1	Préconditionnement	.55				
7.2	Mesures initiales	. 55				
7.3	Mode opératoire d'essai	.55				
7.4	Critère de fin de l'essai	.57				
7.5	Reprise	.57				
7.6	Mesures finales	.57				
8 Duré	e de vie de cycle de température	.57				
9 Poin	ts à spécifier dans la spécification de produit appropriée	.58				
Annexe A	(informative) Accélération de l'essai de cycle de température pour des					
joints bra	sés	.59				
A.1	Généralités	.59				
A.2	Accélération de l'essai de cycle de température pour un joint brasé Sn-Pb	.59				
A.3	Méthode de prédiction de la durée de vie de cycle de température pour un joint brasé Sn-Ag-Cu	60				
A.4	Facteur influant sur la durée de vie du cycle de température du joint brasé	.64				
Annexe B	3 (informative) Essai de continuité électrique des joints brasés du boîtier	.65				
B 1	Généralités	65				
B.2	Boîtier et circuit en guirlande	.65				
B.3	Condition de montage et matériaux	.65				
B.4	Méthode d'essai	.65				
B.5	Essai de cycle de température utilisant le système de contrôle continu de la résistance électrique	.66				
Annexe C la plage c	C (informative) Méthode d'essai de brasabilité par refusion pour le boîtier et du substrat d'essai	.67				
C.1	Généralités	.67				
C.2	Matériel d'essai	.67				
C.2.	1 Substrat d'essai	.67				
C.2.2	2 Étuve de préconditionnement	.67				
C.2.3	3 Pâte à souder	.67				
C.2.4	4 Épargne métallique pour sérigraphie	.67				

C.2.6       Matériel de montage du boîtier       67         C.2.7       Matériel de soudage par refusion       67         C.2.8       Appareil de contrôle à rayons X       68         C.3       Processus de montage normalisé       68         C.3.1       Mesures initiales       68         C.3.2       Préconditionnement       68         C.3.3       Montage du boîtier sur le substrat d'essai       68         C.3.4       Reprise       69         C.4       Exemple de soudure défectueus de boîtiers de type matriciel       69         C.4.1       Soudure repoussée par contamination de la surface de boule du boîtier       69         C.5.7       Points à mentionner dans la spécification du produit       69         C.4.1       Soudure repoussée par contamination de la surface de boule du boîtier       69         C.5.7       Points à mentionner dans la spécification du produit       71         D.1       Généralités       71         D.2       Norme de conception       71         D.2.1       Généralités       71         D.2.2       Classification de spages de connexion du substrat d'essai       73         D.2.4       Configuration des spécifications du substrat d'essai       73         D.2.5       Forme de la	C.2.5	Matériel de sérigraphie	67
C.2.7       Matériel de soudage par refusion.       67         C.2.8       Appareil de contrôle à rayons X       68         C.3       Processus de montage normalisé       68         C.3.1       Mesures initiales.       68         C.3.2       Préconditionnement       68         C.3.3       Montage du boîtier sur le substrat d'essai       68         C.3.4       Reprise.       69         C.4.1       Soudure repoussée par contamination de la surface de boule du boîtier BGA       69         C.4.1       Soudure repoussée par contamination du produit.       70         Annexe D (informative)       Lignes directrices pour la conception du substrat d'essai       71         D.1       Généralités       71       71       71         D.2       Norme de conception       71       71       72.2       71         D.2       Strictation des spécifications du substrat d'essai       73       73       73       74         D.2.2       Classification des spécification du substrat d'essai       73       73       74       74         D.2.5       Forme de la plage du substrat d'essai       73       73       74       74         D.2.4       Configuration des couches du substrat d'essai       75       75 <t< td=""><td>C.2.6</td><td>Matériel de montage du boîtier</td><td>67</td></t<>	C.2.6	Matériel de montage du boîtier	67
C.2.8       Appareil de contrôle à rayons X	C.2.7	Matériel de soudage par refusion	67
C.3       Processus de montage normalisé       68         C.3.1       Mesures initiales       68         C.3.2       Préconditionnement       68         C.3.3       Montage du boîtier sur le substrat d'essai       68         C.3.4       Reprise       69         C.4.1       Sudure repoussée par contamination de la surface de boûle du boîtier       69         C.4.1       Soudure repoussée par contamination de la surface de boûle du boîtier       69         C.4.2       Mouillage défectueux de la boule de soudure par fissure dans le boîtier       69         C.4.2       Mouillage défectueux de la boule de soudure par fissure dans le boîtier       69         C.4.2       Mouillage défectueux de la boule de soudure par fissure dans le boîtier       69         C.4.2       Mouillage défectueux de la boule de soudure par fissure dans le boîtier       69         C.4.2       Mouillage défectueux de la boule de soudure par fissure dans le boîtier       69         C.4.2       Mouillage défectueux de la boule de soudure par fissure dans le boîtier       70         Annexe De (informative)       Lignes directrices pour la conception du substrat d'essai       71         D.2.1       Généralités       73       D.2.4       Configuration des couches du substrat d'essai       73         D.2.4       Configuration des couch	C.2.8	Appareil de contrôle à rayons X	68
C.3.1       Mesures initiales.       68         C.3.2       Préconditionnement.       68         C.3.3       Montage du boîtier sur le substrat d'essai       68         C.3.4       Reprise.       69         C.3.5       Mesures finales       69         C.4       Exemple de soudure défectueuse de boîtiers de type matriciel       69         C.4.1       Soudure repoussée par contamination de la surface de boule du boîtier       69         C.4.2       Mouillage défectueux de la boule de soudure par fissure dans le boîtier.       69         C.5       Points à mentionner dans la spécification du produit.       70         Annexe D (informative) Lignes directrices pour la conception du substrat d'essai       71         D.2       Norme de conception       71         D.2.1       Généralités       71         D.2.2       Classification des spécifications du substrat       73         D.2.4       Configuration des couches du substrat       73         D.2.5       Forme de la plage du substrat d'essai       73         D.2.6       Dimensions des plages de connexion du substrat d'essai       74         D.3       Points à mentionner dans la spécification du produit       74         Annexe E (informative)       Résistance thermique du soudage par refusion pour le	C.3 Pr	ocessus de montage normalisé	68
C.3.2       Préconditionnement       68         C.3.3       Montage du boîtier sur le substrat d'essai       68         C.3.4       Reprise       69         C.3.5       Mesures finales       69         C.4       Exemple de soudure défectueuse de boîtiers de type matriciel       69         C.4.1       Soudure repoussée par contamination de la surface de boule du boîtier       69         C.4.2       Mouillage défectueux de la boule de soudure par fissure dans le bôîtier       69         C.5       Points à mentionner dans la spécification du produit       70         Annexe D (informative) Lignes directrices pour la conception du substrat d'essai       71         D.2       Norme de conception       71         D.2.1       Généralités       71         D.2.2       Classification des spécifications du substrat       73         D.2.4       Configuration des couches du substrat d'essai       73         D.2.5       Forme de la plage du substrat d'essai       73         D.2.6       Dimensions des plages de connexion du substrat d'essai       74         D.3       Points à mentionner dans la spécification du produit       74         Annexe E (informative) Résistance thermique du soudage par refusion pour le       substrat d'essai       75         E.1       Géné	C.3.1	Mesures initiales	68
C.3.3       Montage du boîtier sur le substrat d'essai       68         C.3.4       Reprise       69         C.3.5       Mesures finales       69         C.4       Exemple de soudure défectueuse de boîtiers de type matriciel       69         C.4.1       Soudure repoussée par contamination de la surface de boule du boîtier       69         C.4.2       Mouillage défectueux de la boule de soudure par fissure dans le boîtier       69         C.5       Points à mentionner dans la spécification du produit       70         Annexe D (informative)       Lignes directrices pour la conception du substrat d'essai       71         D.2       Norme de conception       71       71         D.2.1       Généralités       71       71         D.2.2       Classification des spécifications du substrat       73         D.2.4       Configuration des couches du substrat d'essai       73         D.2.5       Forme de la plage du substrat d'essai       73         D.2.6       Dimensions des plages de connexion du substrat d'essai       74         D.3       Points à mentionner dans la spécification du produit       74         Annexe E (informative)       Résistance thermique du soudage par refusion pour le substrat d'essai       75         E.1       Généralités       75	C.3.2	Préconditionnement	68
C.3.4       Reprise       69         C.3.5       Mesures finales       69         C.4       Exemple de soudure détectueuse de boitiers de type matriciel       69         C.4.1       Soudure repoussée par contamination de la surface de boule du boîtier BGA       69         C.4.2       Mouillage défectueux de la boule de soudure par fissure dans le boîtier       69         C.5       Points à mentionner dans la spécification du produit       70         Annexe D (informative)       Lignes directrices pour la conception du substrat d'essai       71         D.1       Généralités       71         D.2       Norme de conception       71         D.2.1       Généralités       71         D.2.2       Classification des spécifications du substrat       73         D.2.4       Configuration des couches du substrat d'essai       73         D.2.5       Forme de la plage du substrat d'essai       73         D.2.6       Dimensions des plages de connexion du substrat d'essai       74         D.3       Points à mentionner dans la spécification du produit       74         Annexe E (informative)       Résistance thermique du soudage par refusion pour le       substrat d'essai         Substrat d'essai       75       E.2.1       Éthéréalités       75	C.3.3	Montage du boîtier sur le substrat d'essai	68
C.3.5       Mesures finales       69         C.4       Exemple de soudure défectueuse de boîtiers de type matriciel       69         C.4.1       Soudure repoussée par contamination de la surface de boule du boîtier BGA       69         C.4.2       Mouillage défectueux de la boule de soudure par fissure dans le boîtier       69         C.5       Points à mentionner dans la spécification du produit.       70         Annexe D (informative)       Lignes directrices pour la conception du substrat d'essai       71         D.1       Généralités       71         D.2       Norme de conception       71         D.2.1       Généralités       71         D.2.2       Classification des spécifications du substrat       73         D.2.4       Configuration des couches du substrat d'essai       73         D.2.5       Forme de la plage du substrat d'essai       73         D.2.6       Dimensions des plages de connexion du substrat d'essai       74         D.3       Points à mentionner dans la spécification du produit       74         Annexe E (informative) Résistance thermique du soudage par refusion pour le substrat d'essai       75         E.1       Généralités       75         E.2.1       Étué de préconditionnement       75         E.3.4       Mode opératoire d'es	C.3.4	Reprise	69
C.4       Exemple de soudure défectueuse de boîtiers de type matriciel	C.3.5	Mesures finales	69
C.4.1       Soudure repoussée par contamination de la surface de boule du boîtier       69         BGA       Gédécueux de la boule de soudure par fissure dans le boîtier       69         C.4.2       Mouillage défectueux de la boule de soudure par fissure dans le boîtier       69         C.5       Points à mentionner dans la spécification du produit       70         Annexe D (informative)       Lignes directrices pour la conception du substrat d'essai       71         D.1       Généralités       71         D.2.1       Généralités       71         D.2.2       Classification des spécifications du substrat       73         D.2.4       Configuration des couches du substrat d'essai       73         D.2.5       Forme de la plage du substrat d'essai       73         D.2.6       Dimensions des plages de connexion du substrat d'essai       74         D.3       Points à mentionner dans la spécification du produit       74         Annexe E (informative)       Résistance thermique du soudage par refusion pour le substrat d'essai       75         E.1       Généralités       75       E.2       Appareillage d'essai       75         E.2       Appareillage d'essai       75       E.3       Mode opératoire d'essai       75         E.3.1       Généralités       75       E.3.	C.4 Ex	emple de soudure défectueuse de boîtiers de type matriciel	69
C.4.2       Mouillage défectueux de la boule de soudure par fissure dans le boîtier	C.4.1	Soudure repoussée par contamination de la surface de boule du boîtier BGA	69
C.5       Points à mentionner dans la spécification du produit       70         Annexe D (informative) Lignes directrices pour la conception du substrat d'essai       71         D.1       Généralités       71         D.2       Norme de conception       71         D.2.1       Généralités       71         D.2.2       Classification des spécifications du substrat       71         D.2.3       Matériau du substrat d'essai       73         D.2.4       Configuration des couches du substrat d'essai       73         D.2.5       Forme de la plage du substrat d'essai       73         D.2.6       Dimensions des plages de connexion du substrat d'essai       74         J.3       Points à mentionner dans la spécification du produit       74         Annexe E (informative) Résistance thermique du soudage par refusion pour le substrat d'essai       75         E.1       Étoré atoiré d'essai       75         E.2.1       Étuve de préconditionnement       75         E.2.2       Matérial de soudage par refusion       75         E.3.1       Généralités       75         E.3.2       Préconditionnement       75         E.3.3       Mesures initiales       75         E.3.4       Processus d'humidification (1)       76	C.4.2	Mouillage défectueux de la boule de soudure par fissure dans le boîtier	69
Annexe D (informative) Lignes directrices pour la conception du substrat d'essai       71         D.1       Généralités       71         D.2       Norme de conception       71         D.2.1       Généralités       71         D.2.2       Classification des spécifications du substrat       71         D.2.3       Matériau du substrat d'essai       73         D.2.4       Configuration des couches du substrat d'essai       73         D.2.5       Forme de la plage du substrat d'essai       73         D.2.6       Dimensions des plages de connexion du substrat d'essai       74         D.3       Points à mentionner dans la spécification du produit       74         Annexe E (informative) Résistance thermique du soudage par refusion pour le substrat d'essai       75         E.1       Édnéralités       75         E.2       Appareillage d'essai       75         E.3       Mode opératoire d'essai       75         E.3.1       Généralités       75         E.3.2       Préconditionnement       75         E.3.3       Mesures initiales       75         E.3.4       Processus d'humidification (1)       76         E.3.5       Fusion thermique (1)       76         E.3.6       Processus d'substr	C.5 Pc	ints à mentionner dans la spécification du produit	70
D.1       Généralités       71         D.2       Norme de conception       71         D.2.1       Généralités       71         D.2.2       Classification des spécifications du substrat       71         D.2.3       Matériau du substrat d'essai       73         D.2.4       Configuration des couches du substrat d'essai       73         D.2.5       Forme de la plage du substrat d'essai       73         D.2.6       Dimensions des plages de connexion du substrat d'essai       74         D.3       Points à mentionner dans la spécification du produit       74         Annexe E (informative) Résistance thermique du soudage par refusion pour le substrat d'essai       75         E.1       Généralités       75         E.2       Appareillage d'essai       75         E.2.1       Étuve de préconditionnement       75         E.3.1       Généralités       75         E.3.1       Généralités       75         E.3.1       Généralités       75         E.3.1       Généralités       75         E.3.2       Préconditionnement       75         E.3.3       Mode opératoire d'essai       75         E.3.4       Processus d'humidification (1)       76 <td< td=""><td>Annexe D (ir</td><td>formative) Lignes directrices pour la conception du substrat d'essai</td><td>71</td></td<>	Annexe D (ir	formative) Lignes directrices pour la conception du substrat d'essai	71
D.2       Norme de conception       71         D.2.1       Généralités       71         D.2.2       Classification des spécifications du substrat       71         D.2.3       Matériau du substrat d'essai       73         D.2.4       Configuration des couches du substrat d'essai       73         D.2.5       Forme de la plage du substrat d'essai       73         D.2.6       Dimensions des plages de connexion du substrat d'essai       74         D.3       Points à mentionner dans la spécification du produit       74         Annexe E (informative) Résistance thermique du soudage par refusion pour le substrat d'essai       75         E.1       Généralités       75         E.2       Appareillage d'essai       75         E.2.1       Étuve de préconditionnement       75         E.3.1       Généralités       75         E.3.1       Généralités       75         E.3.2       Préconditionnement       75         E.3.3       Mesures initiales       75         E.3.4       Processus d'humidification (1)       76         E.3.5       F usion thermique (1)       76         E.3.6       Processus d'humidification (2)       76         E.3.7       Processus d'humidification (2)	D.1 Gé	énéralités	71
D.2.1       Généralités       71         D.2.2       Classification des spécifications du substrat       71         D.2.3       Matériau du substrat d'essai       73         D.2.4       Configuration des couches du substrat d'essai       73         D.2.5       Forme de la plage du substrat d'essai       73         D.2.6       Dimensions des plages de connexion du substrat d'essai       74         D.3       Points à mentionner dans la spécification du produit       74         Annexe E (informative)       Résistance thermique du soudage par refusion pour le       75         E.1       Généralités       75         E.2       Appareillage d'essai       75         E.2.1       Étuve de préconditionnement       75         E.3.1       Généralités       75         E.3.1       Généralités       75         E.3.1       Généralités       75         E.3.1       Généralités       75         E.3.2       Préconditionnement       75         E.3.3       Mesures initiales       75         E.3.4       Processus d'humidification (1)       76         E.3.5       Fusion thermique (1)       76         E.3.6       Processus d'humidification (2)       76	D.2 No	prme de conception	71
D.2.2       Classification des spécifications du substrat       71         D.2.3       Matériau du substrat d'essai       73         D.2.4       Configuration des couches du substrat d'essai       73         D.2.5       Forme de la plage du substrat d'essai       73         D.2.6       Dimensions des plages de connexion du substrat d'essai       74         D.3       Points à mentionner dans la spécification du produit       74         Annexe E (informative)       Résistance thermique du soudage par refusion pour le       75         E.1       Généralités       75         E.2       Appareillage d'essai       75         E.2.1       Étuve de préconditionnement       75         E.3.1       Généralités       75         E.3.2       Préconditionnement       75         E.3.3       Mesures initiales       75         E.3.4       Processus d'humidification (1)       76         E.3.5       Fusion thermique (1)       76         E.3.6       Processus d'humidification (2)       76         E.3.8       Mesures finales       76         E.4       Points à mentionner dans la spécification du produit       76         E.3.8       Mesures finales       77         F.1       Gé	D.2.1	Généralités	71
D.2.3       Matériau du substrat d'essai       73         D.2.4       Configuration des couches du substrat d'essai       73         D.2.5       Forme de la plage du substrat d'essai       73         D.2.6       Dimensions des plages de connexion du substrat d'essai       74         D.3       Points à mentionner dans la spécification du produit       74         Annexe E (informative)       Résistance thermique du soudage par refusion pour le substrat d'essai.       75         E.1       Généralités       75         E.2       Appareillage d'essai.       75         E.2.1       Étuve de préconditionnement       75         E.2.1       Étuve de préconditionnement       75         E.3.1       Généralités       75         E.3.2       Préconditionnement       75         E.3.1       Généralités       75         E.3.2       Préconditionnement       75         E.3.3       Mesures initiales       75         E.3.4       Processus d'humidification (1)       76         E.3.5       Fusion thermique (1)       76         E.3.6       Processus d'humidification (2)       76         E.3.7       Processus d'humidification (2)       76         E.3.8       Mesures finales	D.2.2	Classification des spécifications du substrat	71
D.2.4       Configuration des couches du substrat d'essai       73         D.2.5       Forme de la plage du substrat d'essai       73         D.2.6       Dimensions des plages de connexion du substrat d'essai       74         D.3       Points à mentionner dans la spécification du produit       74         Annexe E (informative)       Résistance thermique du soudage par refusion pour le substrat d'essai       75         E.1       Généralités       75         E.2       Appareillage d'essai       75         E.2.1       Étuve de préconditionnement       75         E.3       Mode opératoire d'essai       75         E.3.1       Généralités       75         E.3.1       Généralités       75         E.3.1       Généralités       75         E.3.1       Généralités       75         E.3.2       Préconditionnement       75         E.3.3       Mesures initiales       75         E.3.4       Processus d'humidification (1)       76         E.3.5       Fusion thermique (2)       76         E.3.6       Processus d'humidification (2)       76         E.3.7       Processus d'humidification (2)       76         E.3.8       Mesures finales       77	D.2.3	Matériau du substrat d'essai	73
D.2.5       Forme de la plage du substrat d'essai       73         D.2.6       Dimensions des plages de connexion du substrat d'essai       74         D.3       Points à mentionner dans la spécification du produit       74         Annexe E (informative)       Résistance thermique du soudage par refusion pour le substrat d'essai       75         E.1       Généralités       75         E.2       Appareillage d'essai       75         E.2.1       Étuve de préconditionnement       75         E.2.2       Matériel de soudage par refusion       75         E.3       Mode opératoire d'essai       75         E.3.1       Généralités       75         E.3.2       Préconditionnement       75         E.3.3       Mesures initiales       75         E.3.4       Processus d'humidification (1)       76         E.3.5       Fusion thermique (1)       76         E.3.6       Processus d'humidification (2)       76         E.3.7       Processus d'humidification du produit       76         E.3.8       Mesures finales       76         E.4       Points à mentionner dans la spécification du produit       76         E.3.8       Mesures finales       77         F.1       Généralités </td <td>D.2.4</td> <td>Configuration des couches du substrat d'essai</td> <td>73</td>	D.2.4	Configuration des couches du substrat d'essai	73
D.2.6       Dimensions des plages de connexion du substrat d'essai       74         D.3       Points à mentionner dans la spécification du produit       74         Annexe E (informative) Résistance thermique du soudage par refusion pour le substrat d'essai       75         E.1       Généralités       75         E.2       Appareillage d'essai       75         E.2.1       Étuve de préconditionnement       75         E.2.2       Matériel de soudage par refusion       75         E.3.1       Généralités       75         E.3.2       Préconditionnement       75         E.3.3       Mesures initiales       75         E.3.4       Processus d'humidification (1)       76         E.3.5       Fusion thermique (1)       76         E.3.6       Processus d'humidification (2)       76         E.3.7       Processus de fusion thermique (2)       76         E.3.8       Mesures finales       76         E.4       Points à mentionner dans la spécification du produit       76         Annexe F (informative)       Méthode de mesure de la résistance à la traction pour la       77         F.1       Généralités       77         F.2       Appareillage et matériaux d'essai       77         F.2.1	D.2.5	Forme de la plage du substrat d'essai	73
D.3       Points à mentionner dans la spécification du produit       74         Annexe E (informative)       Résistance thermique du soudage par refusion pour le       75         substrat d'essai       75         E.1       Généralités       75         E.2       Appareillage d'essai       75         E.2.1       Étuve de préconditionnement       75         E.2.2       Matériel de soudage par refusion       75         E.3.1       Généralités       75         E.3.2       Préconditionnement       75         E.3.3       Mode opératoire d'essai       75         E.3.4       Processus d'humidification (1)       76         E.3.5       Fusion thermique (1)       76         E.3.6       Processus d'humidification (2)       76         E.3.7       Processus d'humidification (2)       76         E.3.8       Mesures finales       76         E.3.9       Mesures finales       76         E.4       Points à mentionner dans la spécification du produit       76         Annexe F (informative)       Méthode de mesure de la résistance à la traction pour la       77         F.1       Généralités       77         F.2       Apareillage et matériaux d'essai       77	D.2.6	Dimensions des plages de connexion du substrat d'essai	74
Annexe E (informative) Résistance thermique du soudage par refusion pour le       75         substrat d'essai       75         E.1       Généralités       75         E.2       Appareillage d'essai       75         E.2.1       Étuve de préconditionnement       75         E.2.2       Matériel de soudage par refusion       75         E.3       Mode opératoire d'essai       75         E.3.1       Généralités       75         E.3.2       Préconditionnement       75         E.3.3       Mesures initiales       75         E.3.4       Processus d'humidification (1)       76         E.3.5       Fusion thermique (1)       76         E.3.6       Processus d'humidification (2)       76         E.3.7       Processus d'humidification (2)       76         E.3.8       Mesures finales       76         E.3.7       Processus de fusion thermique (2)       76         E.3.8       Mesures finales       76         E.4       Points à mentionner dans la spécification du produit       76         Annexe F (informative) Méthode de mesure de la résistance à la traction pour la       77         F.1       Généralités       77         F.2.1       Matériel de mesure de	D.3 Po	ints à mentionner dans la spécification du produit	74
substrat d'essai.75E.1Généralités75E.2Appareillage d'essai.75E.2.1Étuve de préconditionnement75E.2.2Matériel de soudage par refusion.75E.3Mode opératoire d'essai.75E.3.1Généralités75E.3.2Préconditionnement.75E.3.3Mesures initiales.75E.3.4Processus d'humidification (1)76E.3.5Fusion thermique (1)76E.3.6Processus d'humidification (2)76E.3.7Processus d'humidification (2)76E.3.8Mesures finales76E.4Points à mentionner dans la spécification du produit.76Annexe F (informative)Méthode de mesure de la résistance à la traction pour laplage du substrat d'essai77F.1Généralités77F.2Appareillage et matériaux d'essai77F.2.1Matériel de mesure de la résistance à la traction77F.2.3Substrat d'essai77F.2.4Boule de soudage par refusion77	Annexe E (in	formative) Résistance thermique du soudage par refusion pour le	
E.1Généralités75E.2Appareillage d'essai75E.2.1Étuve de préconditionnement75E.2.2Matériel de soudage par refusion75E.3Mode opératoire d'essai75E.3.1Généralités75E.3.2Préconditionnement75E.3.3Mesures initiales75E.3.4Processus d'humidification (1)76E.3.5Fusion thermique (1)76E.3.6Processus d'humidification (2)76E.3.7Processus de fusion thermique (2)76E.3.8Mesures finales76E.4Points à mentionner dans la spécification du produit76Annexe F (informative)Méthode de mesure de la résistance à la traction pour laplage du substrat d'essai77F.1Généralités77F.2.4Matériel de soudage par refusion77F.2.4Boule de soudure77	substrat d'es	sai	75
E.2Appareillage d'essai75E.2.1Étuve de préconditionnement75E.2.2Matériel de soudage par refusion75E.3Mode opératoire d'essai75E.3.1Généralités75E.3.2Préconditionnement75E.3.3Mesures initiales75E.3.4Processus d'humidification (1)76E.3.5Fusion thermique (1)76E.3.6Processus d'humidification (2)76E.3.7Processus de fusion thermique (2)76E.3.8Mesures finales76E.4Points à mentionner dans la spécification du produit76Annexe F (informative)Méthode de mesure de la résistance à la traction pour laplage du substrat d'essai77F.1Généralités77F.2Appareillage et matériaux d'essai77F.2.1Matériel de mesure de la résistance à la traction77F.2.3Substrat d'essai77F.2.4Boule de soudure77	E.1 Ge	énéralités	75
E.2.1Etuve de préconditionnement75E.2.2Matériel de soudage par refusion75E.3Mode opératoire d'essai75E.3.1Généralités75E.3.2Préconditionnement75E.3.3Mesures initiales75E.3.4Processus d'humidification (1)76E.3.5Fusion thermique (1)76E.3.6Processus d'humidification (2)76E.3.7Processus de fusion thermique (2)76E.3.8Mesures finales76E.4Points à mentionner dans la spécification du produit76Annexe F (informative)Méthode de mesure de la résistance à la traction pour laplage du substrat d'essai77F.1Généralités77F.2.1Matériel de mesure de la résistance à la traction77F.2.2Matériel de soudage par refusion77F.2.3Substrat d'essai77F.2.4Boule de soudure77	E.2 Ap	pareillage d'essai	75
E.2.2Matériel de soudage par refusion	E.2.1	Étuve de préconditionnement	75
E.3Mode opératoire d'essai75E.3.1Généralités75E.3.2Préconditionnement75E.3.3Mesures initiales75E.3.4Processus d'humidification (1)76E.3.5Fusion thermique (1)76E.3.6Processus d'humidification (2)76E.3.7Processus d'humidification (2)76E.3.8Mesures finales76E.4Points à mentionner dans la spécification du produit76Annexe F (informative)Méthode de mesure de la résistance à la traction pour laplage du substrat d'essai77F.1Généralités77F.2Appareillage et matériaux d'essai77F.2.1Matériel de mesure de la résistance à la traction77F.2.1Matériel de soudage par refusion77F.2.3Substrat d'essai77F.2.4Boule de soudure77	E.2.2	Matériel de soudage par refusion	75
E.3.1Généralités75E.3.2Préconditionnement75E.3.3Mesures initiales75E.3.4Processus d'humidification (1)76E.3.5Fusion thermique (1)76E.3.6Processus d'humidification (2)76E.3.7Processus de fusion thermique (2)76E.3.8Mesures finales76E.4Points à mentionner dans la spécification du produit76Annexe F (informative)Méthode de mesure de la résistance à la traction pour laplage du substrat d'essai77F.1Généralités77F.2Appareillage et matériaux d'essai77F.2.1Matériel de mesure de la résistance à la traction77F.2.1Matériel de soudage par refusion77F.2.3Substrat d'essai77F.2.4Boule de soudure77	E.3 Mo	ode opératoire d'essai	75
E.3.2Préconditionnement	E.3.1	Généralités	75
E.3.3Mesures initiales	E.3.2	Préconditionnement	75
E.3.4Processus d'humidification (1)76E.3.5Fusion thermique (1)76E.3.6Processus d'humidification (2)76E.3.7Processus de fusion thermique (2)76E.3.8Mesures finales76E.4Points à mentionner dans la spécification du produit76Annexe F (informative)Méthode de mesure de la résistance à la traction pour laplage du substrat d'essai77F.1Généralités77F.2Appareillage et matériaux d'essai77F.2.1Matériel de mesure de la résistance à la traction77F.2.2Matériel de soudage par refusion77F.2.3Substrat d'essai77F.2.4Boule de soudure77	E.3.3	Mesures initiales	75
E.3.5Fusion thermique (1)76E.3.6Processus d'humidification (2)76E.3.7Processus de fusion thermique (2)76E.3.8Mesures finales76E.4Points à mentionner dans la spécification du produit76Annexe F (informative)Méthode de mesure de la résistance à la traction pour laplage du substrat d'essai77F.1Généralités77F.2Appareillage et matériaux d'essai77F.2.1Matériel de mesure de la résistance à la traction77F.2.2Matériel de soudage par refusion77F.2.3Substrat d'essai77F.2.4Boule de soudure77	E.3.4	Processus d'humidification (1)	76
E.3.6Processus d'humidification (2)76E.3.7Processus de fusion thermique (2)76E.3.8Mesures finales76E.4Points à mentionner dans la spécification du produit76Annexe F (informative)Méthode de mesure de la résistance à la traction pour laplage du substrat d'essai77F.1Généralités77F.2Appareillage et matériaux d'essai77F.2.1Matériel de mesure de la résistance à la traction77F.2.2Matériel de soudage par refusion77F.2.3Substrat d'essai77F.2.4Boule de soudure77	E.3.5	Fusion thermique (1)	76
E.3.7Processus de fusion thermique (2)	E.3.6	Processus d'humidification (2)	76
E.3.8Mesures finales76E.4Points à mentionner dans la spécification du produit76Annexe F (informative)Méthode de mesure de la résistance à la traction pour laplage du substrat d'essai77F.1Généralités77F.2Appareillage et matériaux d'essai77F.2.1Matériel de mesure de la résistance à la traction77F.2.2Matériel de soudage par refusion77F.2.3Substrat d'essai77F.2.4Boule de soudure77	E.3.7	Processus de fusion thermique (2)	76
E.4       Points à mentionner dans la spécification du produit	E.3.8	Mesures finales	76
Annexe F (informative) Méthode de mesure de la résistance à la traction pour la         plage du substrat d'essai       77         F.1       Généralités       77         F.2       Appareillage et matériaux d'essai       77         F.2.1       Matériel de mesure de la résistance à la traction       77         F.2.2       Matériel de soudage par refusion       77         F.2.3       Substrat d'essai       77         F.2.4       Boule de soudure       77	E.4 Po	ints à mentionner dans la spécification du produit	76
F.1Généralités77F.2Appareillage et matériaux d'essai77F.2.1Matériel de mesure de la résistance à la traction77F.2.2Matériel de soudage par refusion77F.2.3Substrat d'essai77F.2.4Boule de soudure77	Annexe F (in plage du sub	formative) Méthode de mesure de la résistance à la traction pour la strat d'essai	77
F.2Appareillage et matériaux d'essai	F.1 Gé	énéralités	77
F.2.1Matériel de mesure de la résistance à la traction77F.2.2Matériel de soudage par refusion77F.2.3Substrat d'essai77F.2.4Boule de soudure77	F.2 Ap	pareillage et matériaux d'essai	77
F.2.2Matériel de soudage par refusion	F.2.1	Matériel de mesure de la résistance à la traction	77
F.2.3Substrat d'essai77F.2.4Boule de soudure77	F.2.2	Matériel de soudage par refusion	77
F.2.4 Boule de soudure77	F.2.3	Substrat d'essai	77
	F.2.4	Boule de soudure	77

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

– 46 –
--------

F.2.5	Pâte à souder	77
F.2.6	Flux	77
F.3 Mod	e opératoire de mesure	78
F.3.1	Préconditionnement	78
F.3.2	Dépôt de pâte à souder	78
F.3.3	Emplacement des boules de soudure	78
F.3.4	Processus de fusion thermique	78
F.3.5	Mesure de la résistance à la traction	78
F.3.6	Mesures finales	79
F.4 Poin	ts à mentionner dans la spécification du produit	79
Annexe G (info	ormative) Processus de montage normalisé des boîtiers	80
G.1 Gén	éralités	80
G.2 Appa	areillage et matériaux d'essai	80
G.2.1	Substrat d'essai	80
G.2.2	Pâte à souder	80
G.2.3	Épargne métallique pour sérigraphie	80
G.2.4	Matériel de sérigraphie	80
G.2.5	Matériel de montage du boîtier	80
G.2.6	Matériel de soudage par refusion	80
G.3 Proc	essus de montage normalisé	81
G.3.1	Mesures initiales	81
G.3.2	Dépôt de pâte à souder	81
G.3.3	Montage du boîtier	81
G.3.4	Processus de fusion thermique	81
G.3.5	Reprise	82
G.3.6	Mesures finales	82
G.4 Poin	ts à mentionner dans la spécification du produit	82
Annexe H (info	rmative) Contraintes mécaniques sur les boîtiers	83
H.1 Gén	éralités	83
H.2 Cont	traintes mécaniques	83
Bibliographie		84
Figure 1 – Rég	ion d'évaluation de l'essai d'endurance	52
Figure 2 – Prof	fil de soudage par refusion type pour alliage de soudure Sn63Pb37	54
Figure 3 – Prot	fil de soudage par refusion type, pour alliage de soudure	
Sn96,5Ag3Cu,	5	55
Figure 4 – Con	ditions d'essai de l'essai de cycle de température	56
Figure A.1 – D d'accélération	ispositif sous boîtier FBGA et modèle FEA pour le calcul des coefficients AF	63
Figure A 2 – F	xemple de coefficients d'accélération AF avec un dispositif, sous boîtier	
FBGA utilisant	un alliage de soudure Sn96,5Ag3Cu,5	63
Figure A.3 – C Sn96,5Ag3Cu,	aractéristiques de fatigue d'un joint de microsoudure d'alliage 5 (N <sub>f</sub> = 20 % perte de charge par rapport à la charge initiale)	64
Figure B.1 – E: brasé	xemple de circuit d'essai pour l'essai de continuité électrique d'un joint	65
Figure B.2 – E: de cycle de ter	xemple de mesure de la résistance contrôlée en continu lors de l'essai npérature	66
Figure C.1 – M	lesure de la température de l'éprouvette en utilisant des thermocouples	68

Figure C.2 – Soudure repoussée par contamination sur la surface de la boule de soudure	9
Figure C.3 – Soudure défectueuse en raison d'une coupure de la boule de soudure7	0
Figure D.1 – Formes des plages de connexion normales du substrat d'essai7	3
Figure F.1 – Méthodes de mesure de la résistance à la traction7	8
Figure G.1 – Exemple de conditions de dépôt de la pâte à souder8	1
Figure G.2 – Mesure de la température de l'éprouvette en utilisant des thermocouples8	2
Tableau 1 – Conditions d'essai de l'essai de cycle de température5	6
Tableau A.1 – Exemple de résultats d'essai du facteur d'accélération (alliage de soudure Sn63Pb37         6	0
Tableau A.2 – Exemple de résultats d'essai du facteur d'accélération (alliage de soudure Sn96,5Ag3Cu,5)6	2
Tableau A.3 – Constante de matériau et plage de contrainte inélastique, calculée par FEA pour des dispositifs sous boîtier FBGA représentés à la Figure A.1 (alliage de	
soudure Sn96,5Ag3Cu,5)6	4
Tableau D.1 – Classification des types de substrat d'essai	2
Tableau D.2 – Configuration normalisée des couches des substrats d'essai         7	3
Tableau G.1 – Norme de conception du stencil pour les boîtiers         8	0
Tableau H.1 – Contraintes mécaniques sur les boîtiers montés de type matriciel	3

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

# TECHNIQUE D'ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES -

# Partie 4: Méthodes d'essais d'endurance des joints brasés des composants pour montage en surface à boîtiers de type matriciel

# **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.
- 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.
- 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 62137-4 a été établie par le comité d'étude 91 de l'IEC: Techniques d'assemblage des composants électroniques.

L'IEC 62137-4 (première édition) annule et remplace l'IEC 62137:2004. Cette édition constitue une révision technique.

L'IEC 62137-4 inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'IEC 62137:2004:

• les conditions d'essai pour l'utilisation d'une soudure sans plomb ont été incluses;

- les conditions d'essai pour des soudures sans plomb ont été ajoutées;
- les accélérations de l'essai de cycle de température pour des joints brasés ont été ajoutées.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
91/1188/FDIS	91/1205/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62137, publiées sous le titre général *Technique d'assemblage des composants électroniques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Les futures normes de cette série porteront dorénavant le nouveau titre général cité cidessus. Le titre des normes existant déjà dans cette série sera mis à jour lors de la prochaine édition.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication 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 à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Il convient donc que les utilisateurs impriment cette publication en utilisant une imprimante couleur.

# TECHNIQUE D'ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES –

# Partie 4: Méthodes d'essais d'endurance des joints brasés des composants pour montage en surface à boîtiers de type matriciel

#### **1** Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62137 spécifie la méthode d'essai des joints brasés des boîtiers de type matriciel montés sur la carte de câblage imprimé, visant à évaluer la durabilité des joints brasés par rapport aux contraintes thermiques et mécaniques.

La présente partie de l'IEC 62137 s'applique aux dispositifs à semiconducteurs pour montage en surface avec boîtiers de type matriciel (FBGA, BGA, FLGA et LGA) incluant les boîtiers de type à bornes périphériques (SON et QFN) qui sont destinés à être utilisés dans des matériels électriques ou électroniques industriels ou grand public.

Un facteur d'accélération de la dégradation des joints brasés des boîtiers par l'essai de cycle de température, dû à la contrainte thermique après montage, est décrit à l'Annexe A.

L'Annexe H donne quelques explications concernant les divers types de contraintes mécaniques après montage.

La méthode d'essai spécifiée dans la présente norme n'est pas destinée à évaluer les dispositifs à semiconducteurs eux-mêmes.

NOTE 1 Les conditions d'assemblage, les cartes imprimées, les matériaux de brasage, et ainsi de suite, affectent de manière significative le résultat des essais spécifiés dans cette norme. Par conséquent, l'essai indiqué dans cette norme n'est pas considéré comme celui que l'on utilise pour garantir la fiabilité des boîtiers.

NOTE 2 La méthode d'essai n'est pas nécessaire s'il n'y a pas de contraintes (mécaniques ou autres) sur les joints brasés dans l'utilisation en situation et la manipulation après montage.

#### 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 60068-2-14, Essais d'environnement – Partie 2-14: Essais – Essai N: Variation de température

IEC 60191-6-2, Normalisation mécanique des dispositifs à semiconducteurs – Partie 6-2: Règles générales pour la préparation des dessins d'encombrement des dispositifs à semiconducteurs pour montage en surface – Guide de conception pour les boîtiers à broches en forme de billes et de colonnes, avec des pas de 1,50 mm, 1,27 mm et 1,00 mm

IEC 60191-6-5, Normalisation mécanique des dispositifs à semiconducteurs – Partie 6-5: Règles générales pour la préparation des dessins d'encombrement des dispositifs à IEC 62137-4:2014 © IEC 2014

semiconducteurs pour montage en surface – Guide de conception pour les boîtiers matriciels à billes et à pas fins (FBGA)

IEC 60194, Conception, fabrication et assemblage des cartes imprimées – Termes et définitions

IEC 61190-1-3, Matériaux de fixation pour les assemblages électroniques – Partie 1-3: Exigences relatives aux alliages à braser de catégorie électronique et brasures solides fluxées et non fluxées pour les applications de brasage électronique

IEC 61249-2-7, Matériaux pour circuits imprimés et autres structures d'interconnexion – Partie 2-7: Matériaux de base renforcés, plaqués et non plaqués – Feuille stratifiée tissée de verre E avec de la résine époxyde, d'inflammabilité définie (essai de combustion verticale), plaquée cuivre

IEC 61249-2-8, Matériaux pour circuits imprimés et autres structures d'interconnexion – Partie 2-8: Matériaux de base renforcés, plaqués et non plaqués – Feuilles stratifiées renforcées en tissu de fibres de verre époxyde bromé modifié, d'inflammabilité définie (essai de combustion verticale), plaquées cuivre

IEC 62137-3:2011, Techniques d'assemblage des composants électroniques – Partie 3: Guide de choix des méthodes d'essai d'environnement et d'endurance des joints brasés

#### 3 Termes, définitions et abréviations

#### 3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 60191-6-2, l'IEC 60191-6-5 et l'IEC 60194, ainsi que les suivants s'appliquent.

#### 3.1.1

#### durée de vie de cycle de température

durée s'écoulant jusqu'à l'atteinte d'une perte d'état de performance selon accord entre les partenaires commerciaux pendant l'essai de cycle de température

#### 3.1.2

#### détecteur d'interruption momentanée

instrument capable de détecter une discontinuité électrique dans les circuits en guirlande

Note 1 à l'article: Voir l'Annexe B pour l'essai de continuité électrique d'un joint brasé.

#### 3.2 Abréviations

- FBGA Boîtier matriciel à billes et à pas fins (*Fine-pitch ball grid array*)
- BGA Boîtier matriciel à billes (*Ball grid array*)
- FLGA Boîtier matriciel à zone de contact plate et à pas fins (*Fine-pitch land grid array*)
- LGA Boîtier matriciel à zone de contact plate (*Land grid array*)
- SON Petit boîtier sans connexion (*Small outline non-leaded package*)
- QFN Boîtier plat quadrangulaire sans connexion (Quad flat-pack non-leaded package)
- CMS Composant pour montage en surface
- OSP Conservateur de brasabilité organique (Organic solderability preservative)
- FR-4 Retardateur de flamme de type 4 (*Flame retardant type 4*)
- FEA Analyse par la méthode des éléments finis (*Finite element method analysis*)
- CGA Boîtier matriciel en colonne (*Column grid array*)

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

#### 4 Généralités

Les régions des joints brasés à évaluer sont représentées à la Figure 1. La méthode d'essai de la présente norme est applicable à l'évaluation de la durabilité des joints brasés à une contrainte thermique sur le boîtier monté sur un substrat, mais pas à l'essai de la résistance mécanique du boîtier lui-même.

Les conditions du conditionnement de contrainte accéléré par un essai de cycle de température peuvent donc dépasser la plage de température maximale admissible pour le boîtier.

La méthode d'essai spécifiée dans la présente norme s'applique principalement au joint brasé entre substrats d'une carte imprimée et le boîtier en tant que cible d'évaluation. Toutefois, les résultats d'essai dépendent de conditions telles que la méthode de montage et l'état, les matériaux et la carte imprimée, etc. Voir de l'Annexe C à l'Annexe G.



Figure 1 – Région d'évaluation de l'essai d'endurance

#### 5 Appareillage et matériaux d'essai

#### 5.1 Éprouvette

L'éprouvette est constituée du boîtier monté sur le substrat d'essai (pour la préparation, se référer à l'Article 6).

#### 5.2 Matériel de soudage par refusion

Le matériel de soudage par refusion doit permettre d'obtenir le profil de température de soudage par refusion spécifié à l'Article 6. Des exemples de profil de température sont présentés à la Figure 2 et à la Figure 3.

NOTE Un processus de montage normalisé pour le boîtier est présenté à l'Annexe G.

#### 5.3 Chambre de cycle de température

La chambre de cycle de température doit permettre d'obtenir le profil de cycle de température spécifié à la Figure 4. Les exigences générales de la chambre de cycle de température sont spécifiées dans l'IEC 60068-2-14.

#### 5.4 Enregistreur de résistance électrique

L'enregistreur de résistance électrique doit permettre de détecter une interruption de la continuité électrique dans le circuit en guirlande. S'il n'y a aucun doute sur le résultat de la mesure, il convient d'utiliser un instrument de mesure de résistance électrique doté d'un

détecteur d'interruption momentanée et/ou d'un enregistreur de données de résistance électrique en continu.

Il convient que la sensibilité du détecteur d'interruption soit suffisante pour détecter une interruption momentanée de 100  $\mu$ s. De plus, il convient que la plage de l'instrument de mesure de résistance électrique permette de mesurer une résistance dépassant 1 000  $\Omega$ .

#### 5.5 Substrat d'essai

Sauf indication contraire dans les spécifications du produit, le substrat d'essai doit être comme suit:

a) Matériau du substrat d'essai

Le matériau du substrat d'essai doit être une carte imprimée simple face à usage général, par exemple des feuilles stratifiées renforcées en tissu de fibre de verre époxyde plaquées cuivre, comme spécifié dans l'IEC 61249-2-7 ou l'IEC 61249-2-8. L'épaisseur doit être égale à  $(1,6 \pm 0,2)$  mm, feuille de cuivre incluse. L'épaisseur de la feuille de cuivre doit être de  $(35 \pm 10) \mu$ m.

NOTE 1 La résistance thermique au soudage par refusion pour le substrat d'essai est décrite à l'Annexe E.

b) Dimensions du substrat d'essai

Les dimensions du substrat d'essai dépendent des dimensions et de la forme du boîtier monté. Les dimensions du substrat d'essai doivent toutefois être fixées sur le matériel d'essai de résistance à la traction.

c) Forme et dimensions de la plage de connexion

Il convient que la forme et les dimensions de la plage de connexion soient comme spécifié dans l'IEC 61188-5-8 ou comme recommandé par le fabricant du boîtier.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

De plus, le substrat d'essai et le boîtier d'essai doivent être conçus de telle sorte que leur plage d'accueil forme un circuit en guirlande après montage pour la mesure de continuité électrique.

NOTE 2 L'Annexe D fournit un guide de conception du substrat d'essai.

NOTE 3 L'Annexe C fournit un essai de brasabilité de la plage du substrat. Et l'Annexe F fournit un essai de résistance pour la plage du substrat.

d) Finition de surface de la plage d'accueil

Si la spécification de produit le précise, une région brasable (plage d'accueil du substrat d'essai) doit être traitée de manière convenable contre l'oxydation, par exemple, au moyen d'une couche organique de conservation de la brasabilité (OSP). La protection superficielle ne doit pas gêner la brasabilité de la plage d'accueil qui est soudée en utilisant le matériel de soudage par refusion spécifié en 5.2.

#### 5.6 Pâte à souder

Une pâte à souder est faite d'un flux, de particules de soudure finement divisées et d'additifs favorisant le mouillage et contrôlant la viscosité, l'adhésivité, l'étalement, la vitesse de séchage, etc. Sauf indication contraire dans la spécification du produit, l'un des alliages de soudure énumérés ci-dessous (spécifié dans l'IECI 61190-1-3) doit être utilisé. La spécification du produit doit indiquer les détails de la pâte à souder.

La composition majeure des alliages de soudure est la suivante:

- a) fraction massique de 63 % de Sn (étain) et fraction massique de 37 % de Pb (plomb);
- b) fraction massique de 3,0 % à 4,0 % d'Ag (argent), fraction massique de 0,5 % à 1,0 % de Cu (cuivre) et le reste de Sn (étain).

Exemple: Alliage ternaire Sn-Ag-Cu, on utilise par exemple un alliage Sn96,5Ag3Cu,5.

#### 6 Préparation de l'éprouvette

Le boîtier doit être monté sur le substrat d'essai en utilisant le processus de soudage par refusion suivant. Le boîtier pour l'éprouvette doit être modifié comme pour un boîtier d'essai fictif afin de former un circuit en guirlande avec une plage d'accueil du substrat d'essai après soudage par refusion.

NOTE L'essai de brasabilité destiné à confirmer les bornes du boîtier et la plage du substrat d'essai ayant une influence sur la résistance des joints brasés est décrit à l'Annexe C.

Le processus et les conditions de préparation de l'éprouvette sont les suivants.

- a) Sauf indication contraire dans la spécification du produit, la pâte à souder spécifiée en 5.6 doit être déposée sur la plage du substrat d'essai spécifiée en 5.5 en utilisant un stencil réalisé en acier inoxydable d'une épaisseur comprise entre 120 μm et 150 μm, ayant les mêmes dimensions d'ouverture que les dimensions, forme et agencement de la plage du substrat d'essai.
- b) Le boîtier doit être placé sur la pâte à souder déposée.
- c) Le matériel de soudage par refusion spécifié en 5.2 doit être utilisé pour souder les bornes du boîtier dans les conditions indiquées à la Figure 2 ou à la Figure 3. Le point de mesure de la température doit se trouver sur la partie de plage.

La Figure 2 montre un exemple de profil de soudage par refusion type utilisant un alliage de soudure Sn63Pb37, comme indiqué dans l'IEC 61760-1:2006, Figure 13.

La Figure 3 montre un exemple de profil de soudage par refusion type utilisant un alliage de soudure Sn96,5Ag3Cu,5, comme indiqué dans l'IEC 61760-1:2006, Figure 14.



Processus type de trait continu (température de la borne) Ligne en pointillés: limites du processus. Limite de processus inférieure (température de la borne). Limite de processus supérieure (température de surface supérieure)

IEC

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

#### Figure 2 – Profil de soudage par refusion type pour alliage de soudure Sn63Pb37



- 55 -

Processus type de trait continu (température de la borne) Ligne en pointillés: limites du processus. Limite de processus inférieure (température de la borne). Limite de processus supérieure (température de surface supérieure)

#### Figure 3 – Profil de soudage par refusion type pour alliage de soudure Sn96,5Ag3Cu,5

#### 7 Essai de cycle de température

#### 7.1 Préconditionnement

S'il est nécessaire de nettoyer l'éprouvette, il convient que la spécification du produit indique la méthode de nettoyage.

#### 7.2 Mesures initiales

L'éprouvette doit faire l'objet d'un examen visuel. Elle ne doit présenter aucun défaut pouvant affecter la validité de l'essai.

La résistance électrique, en tant que continuité électrique de l'éprouvette (circuit en guirlande), doit être confirmée en utilisant le détecteur d'interruption momentanée spécifié en 5.4.

#### 7.3 Mode opératoire d'essai

L'essai de cycle de température est conforme à l'essai Na (variation rapide de température dans le temps de transfert prescrit) spécifié dans l'IEC 60068-2-14, avec les détails suivants.

Placer l'éprouvette dans la chambre de cycle de température lorsque le meilleur flux d'air est obtenu et lorsqu'un flux d'air suffisant est présent autour de l'éprouvette.

La condition d'essai doit être sélectionnée d'après la Figure 4 et le Tableau 1, et l'essai doit être effectué sur les cycles indiqués dans la spécification du produit.

La résistance électrique du circuit en guirlande doit être contrôlée continuellement pendant l'essai en utilisant le détecteur d'interruption momentanée spécifié en 5.4.

- 56 -



 $T_{\min}$ Température minimale de stockage

Figure 4 –	Conditions	d'essai	de l'essai de	cvcle d	e température

t<sub>cyc</sub>

Étape	Condition Condition d'essai A d'essai B		Condition d'essai C	Condition d'essai D	
Température minimale de stockage: T <sub>min</sub> °C	<b>−</b> 40 ± 5	<b>−</b> 25 ± 5	-30 ± 5	$T_{ m op,\ min}\pm 5$	
Température maximale de stockage: T <sub>max</sub> °C	125 ± 5	125 ± 5	$80\pm5$	$T_{ m op,\ max}\pm 5$	
Tomps do maintion:	$t_1 = t_2 \ge 7$ min pour un alliage de soudure Sn63Pb37				
	$t_1 \leq 30 \text{ min}, t_2 \geq 15 \text{ min}$ pour un alliage de soudure Sn96,5Ag3Cu,5				

Tableau 1 -	<ul> <li>Conditions</li> </ul>	d'essai de	l'essai de	e cvcle d	e température
				, -, -, -, -, -, -, -, -, -, -, -, -,	• ••••••••••••••••

IEC 62137-4:2014 © IEC 2014

Étape	Condition d'essai A	Condition d'essai B	Condition d'essai C	Condition d'essai D			
Pour un alliage de soudure Sn96,5Ag3Cu,5, le temps d'attente de la chambre de cycle de température doit être fixé à 30 min au total à la température de stockage maximale, incluant le temps de maintien $t_2$ ; 15 min pour la relaxation de contrainte et 15 min, pour le temps de stabilisation en température. Se référer à l'Annexe A de l'IEC 62137-3:2011. À la température minimale de stockage, il peut ne pas être nécessaire que la relaxation de contrainte soit de 15 min. Il est acceptable de fixer le temps de maintien: $t_1$ inférieur ou égal à 30 min.							
La durée maximale du temp comme décrit dans l'IEC 600	s de transfert d'une cl 068-2-14.	hambre à une autre n	e doit pas être supéri	eure à 3 min,			
Dans la spécification du pro température comme indiqué	duit, il convient d'ado ci-dessous.	pter une condition de	réglage de l'essai de	cycle de			
<ul> <li>La condition d'essai peu</li> </ul>	it être reproduite, le m	node par défaut étant	supposé en situation				
<ul> <li>La condition d'essai peut être corrélée à une accélération linéaire avec la condition en situation.</li> </ul>							
<ul> <li>La condition d'essai peut être une corrélée à spécification classique voisine.</li> </ul>							
<ul> <li>La condition d'essai peut être la réduction de la durée de l'essai.</li> </ul>							
NOTE T <sub>op, min</sub> est la temp	érature de fonctionne	ment minimale de l'ép	orouvette.				
T <sub>op, max</sub> est la temp	pérature de fonctionne	ement maximale de l'é	eprouvette.				
Le temps de maint	ien commence lorsqu	e la température de l'	éprouvette atteint la v	valeur spécifiée.			
Le temps de transi et inversement est	tion de la température inclus dans la périod	e maximale de stocka e de cycle.	ge à la température r	ninimale de stockage			

L'essai doit se poursuivre jusqu'à ce que la résistance électrique du circuit en guirlande dans toutes les éprouvettes ou dans le nombre spécifié d'éprouvettes augmente en raison de la rupture d'un joint brasé ou parce que le nombre de cycles d'essai a été atteint, comme spécifié.

Les critères relatifs à la valeur de la résistance électrique accrue doivent être indiqués dans la spécification du produit. Il convient de définir la valeur de seuil de la résistance électrique accrue sous la forme du pourcentage de la résistance type du circuit en guirlande dans l'éprouvette à la température maximale de stockage, ou la valeur fixe de la résistance électrique supérieure, 1 000  $\Omega$ .

#### 7.5 Reprise

Lorsqu'il est nécessaire d'aménager la condition de mesure, après l'essai, l'éprouvette doit être placée dans les conditions de mesure finale, comme indiqué dans la spécification du produit.

La spécification du produit peut exiger une période de reprise spécifique telle qu'un refroidissement et une température stabilisée de l'éprouvette.

#### 7.6 Mesures finales

L'éprouvette doit faire l'objet d'un examen visuel. Elle ne doit présenter aucun défaut pouvant affecter le résultat de l'essai.

La résistance électrique du circuit en guirlande doit être confirmée en utilisant comme appareil de mesure de la résistance électrique le détecteur d'interruption momentanée spécifié en 5.4.

#### 8 Durée de vie de cycle de température

Lorsque la résistance électrique du circuit en guirlande augmente en raison de la rupture d'un joint brasé, le nombre de cycles d'essai à ce moment est le nombre de cycles de défaillance de l'éprouvette.

Il convient de déterminer statistiquement la durée de vie de cycle de température en tant que durée de vie moyenne ou durée de vie caractéristique d'une distribution de Weibull résultant des données des cycles de défaillance des éprouvettes. De façon similaire, la durée de vie doit être calculée d'après le résultat d'essai du nombre spécifié d'échantillons des éprouvettes comme indiqué dans la spécification de produit.

- 58 -

La durée de vie en situation peut être estimée en utilisant le résultat d'essai et le facteur d'accélération. Toutefois, le facteur d'accélération dépend de conditions telles que les dimensions du boîtier, les matériaux et la carte imprimée, etc. Le facteur d'accélération doit être estimé individuellement entre la condition en situation et la condition de cycle de température accéléré. Voir Annexe A.

# 9 Points à spécifier dans la spécification de produit appropriée

Les points suivants doivent être spécifiés dans la spécification du produit.

a)	Spécification du substrat d'essai	(voir 5.5)
b)	Pâte à souder	(voir 5.6)
c)	Préparation de l'éprouvette	(Voir Article 6)
d)	Conditions de prétraitement (lorsque c'est nécessaire)	(voir 7.1)
e)	Points et conditions de la mesure initiale	(voir 7.2)
f)	Conditions d'essai	(voir 7.3)
g)	Temps de maintien, temps de transition et temps de transfert aux températures basse et haute et à la température ambiante normale (s'ils sont différents de ceux du 7.3	(voir 7.3)
h)	Faut-il ou non contrôler en continu la résistance électrique	(voir 7.3)
i)	Fin du critère d'essai (nombre de cycles répétitifs)	(voir 7.4)
j)	Reprise	(voir 7.5)
k)	Points et conditions de la mesure finale	(voir 7.6)
I)	Durée de vie de cycle de température et conditions de calcul	(Voir Article 8)

#### Annexe A

(informative)

#### Accélération de l'essai de cycle de température pour des joints brasés

#### A.1 Généralités

Cette annexe décrit la caractéristique d'accélération permettant d'évaluer la durabilité en situation d'après les résultats d'essai du cycle de température des joints brasés.

#### A.2 Accélération de l'essai de cycle de température pour un joint brasé Sn-Pb

L'essai de cycle de température spécifié dans la présente norme s'applique principalement lors de l'obtention de la durée de vie du cycle de température au niveau du joint brasé entre le dispositif et le substrat. On utilise classiquement une loi de Coffin-Manson modifiée pour obtenir la résistance à la fatigue thermique en tant que durée de vie de cycle de température du joint brasé. Elle peut s'exprimer commodément comme représenté par la Formule (A.1).

$$NF = C \times f^m \times (\Delta \varepsilon_{\text{in}})^{-n} \times \exp\left(\frac{H}{kT_{\text{max}}}\right)$$
(A.1)

où

- *NF* est le nombre de cycles de défaillance (résistance à la fatigue thermique)
- C est la constante du matériau
- *f* est la fréquence marche/arrêt (cycles/jour)
- *m* est le paramètre de fréquence
- $\Delta \pmb{\varepsilon}_{in}$  est la plage de contrainte inélastique de la fatigue thermique
- *n* est la constante du matériau (inverse de l'exposant de l'allongement de fatigue)

On sait que la durée de vie du brasage est inversement proportionnelle à la plage de contrainte inélastique de la fatigue thermique.

- k est la constante de Boltzmann: 8,617 385  $\times$  10<sup>-5</sup> (eV/K)
- *H* est l'énergie d'activation de la soudure (eV)

La dépendance vis-à-vis de la température est exprimée par une loi exponentielle

 $T_{\text{max}}$  est la température d'essai maximale (K)

Un facteur d'accélération: *AF* de l'essai de cycle de température dans les conditions de l'essai et en situation est donné dans la Formule (A.2).

$$AF = \left[\frac{f_{\rm f}}{f_{\rm t}}\right]^m \times \left[\frac{\Delta T_{\rm f}}{\Delta T_{\rm t}}\right]^{-n} \times \exp\left[\frac{H}{k} \times \left(\frac{1}{T_{\rm max-f}} - \frac{1}{T_{\rm max-t}}\right)\right] \tag{A.2}$$

оù

*f* est le nombre de cycles marche/arrêt en situation (cycles/jour)

 $f_{\rm t}$  est le nombre de cycles marche/arrêt dans la condition de l'essai (cycles/jour)

- $\Delta T_{f}$  est la variation de température en situation (°C)
- $\Delta T_{\rm t}$  est la variation de température dans la condition de l'essai (°C)
- $T_{max-f}$  est la température maximale en situation (K)
- $T_{max-t}$  est la température maximale dans la condition de l'essai (K)

Dans le cas d'un joint brasé Sn-Pb, H est l'énergie d'activation de la soudure qui est égale à 0,123 eV, k est la constante de Boltzmann, m est égal à 1/3 et n est égal à 1,9, en général.

Le Tableau A.1 montre un exemple de résultats d'essai de cycle de température du facteur d'accélération dans des conditions en situation spécifiques associées aux conditions d'essai du cycle de température.

Conditions	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	$\Delta T$	Fréquence du cycle de température (cycles par jour) <sup>a</sup>	Nombre de cycles de température		Résultat d'essai (Facteur d'accélérati on en situation) <sup>b</sup>
	°C	°C	°C		5 ans	10 ans	
En situation	25	70	45	1	1 825	3 650	-
А	-40	125	165	72	365	730	5,0
В	-25	125	150	72	435	869	4,2
С	-30	80	110	72	1 217	2 433	1,5

Tableau A.1 – Exemple de résultats d'essai du facteur d'accélération (alliage de soudure Sn63Pb37

<sup>a</sup> Le calcul a été effectué en supposant un temps de maintien aux températures maximale et minimale de stockage, fixé à 7 min et un temps de transition de la température maximale de stockage à la température minimale de stockage et inversement, fixé à 3 min.

<sup>b</sup> Les résultats de ces calculs sont par exemple une estimation du nombre de cycles d'essai conformément à la Formule (A.2).

NOTE Les coefficients d'accélération du Tableau A.1 ne sont applicables que dans les conditions spécifiées.

Il est actuellement possible que la sortie d'une simulation informatique utilisant la méthode des éléments finis puisse résoudre une plage de contrainte inélastique équivalente  $\Delta \varepsilon_{in}$ . L'énergie d'activation de la soudure, l'exposant de l'allongement de fatigue et le facteur d'accélération peuvent être obtenus. Le facteur d'accélération peut être calculé d'après la plage de contrainte inélastique obtenue à la place de la plage de température  $\Delta T$  de la condition d'essai accéléré.

#### A.3 Méthode de prédiction de la durée de vie de cycle de température pour un joint brasé Sn-Ag-Cu

Dans le cas d'un alliage de soudure Sn96,5Ag3Cu,5, un modèle de prédiction de durée de vie de fatigue de l'état actuel de la technique pour une soudure sans plomb est proposé, considérant les caractéristiques microstructurelles du joint brasé Sn96,5Ag3Cu,5.

Ce nouveau modèle de prédiction de durée de vie de fatigue est une solution du résultat de l'analyse physique de la loi de Coffin-Manson, considérant les facteurs scientifiques matériels associés à une variété microstructurelle, impliquant les caractéristiques de fatigue thermiques et mécaniques de l'alliage de soudure sans plomb Sn96,5Ag3Cu,5.

À la réflexion, la loi empirique de Coffin-Manson est fondamentalement représentée par la Formule (A.3).

$$\varepsilon_{\rm in} \cdot NF^{\ \alpha} = C \tag{A.3}$$

où

*NF* est le nombre de cycles de défaillance (résistance à la fatigue thermique)

Δ

*C* est le coefficient de ductilité de fatigue

 $\Delta \epsilon_{in}$  est la plage de contrainte inélastique de la fatigue thermique

α est l'exposant de ductilité de fatigue (inverse de la constante du matériau *n*)

Dans le cas d'un alliage de soudure Sn96,5Ag3Cu,5, l'exposant de ductilité de fatigue  $\alpha$  est obtenu d'après les Formules (A.4) et (A.5). D'autre part, le coefficient de ductilité de fatigue C est déterminé d'après la Formule (A.6), de manière théorique et expérimentale.

$$\alpha = 0.6 / (n'+1)$$
 (A.4)

où n' est l'exposant de durcissement de tension cyclique, déterminé par la formule suivante.

$$n' = A_1 \exp\left(\frac{Q}{RT}\right) \sqrt{\frac{1}{r}}$$
(A.5)

où

- T est la température maximale,
- $A_1$  et Q sont les contraintes de matériau pour l'exposant de durcissement de contrainte cyclique
- r est le rayon du mélange intermétallique pendant la déformation de fatigue, qui est déterminé au moyen de la croissance par diffusion thermique et la croissance de contrainte renforcée due à la déformation cyclique pendant le cycle de température.

$$C = A_2 \cdot T - A_3 \tag{A.6}$$

où  $A_2$  et  $A_3$  sont les constantes de matériau relatives au coefficient de ductilité de fatigue.

Les constantes de matériau sont appliquées, devenant une fonction de la température et du facteur microstructurel pendant la déformation de fatigue résultant des Formules (A.4), (A.5) et (A.6). Il est possible de prédire la durée de vie de fatigue de l'alliage de soudure Sn96,5Ag3Cu,5, étant donnés la température, le temps et la variation microstructurelle pendant l'essai de cycle de température, en remplaçant les constantes de matériau appliquées dans la formule de Coffin-Manson (A.3).

Ce nouveau modèle de prédiction de durée de vie de fatigue permet de calculer le facteur d'accélération *AF* en utilisant la Formule (A.7).

$$AF = \frac{N_{\text{field}}}{N_{\text{test}}} = \frac{\left(C_{\text{field}} / \Delta \varepsilon_{\text{field}}\right)^{1/\alpha_{\text{field}}}}{\left(C_{\text{test}} / \Delta \varepsilon_{\text{test}}\right)^{1/\alpha_{\text{test}}}} = \left(\frac{C_{\text{field}}}{\Delta \varepsilon_{\text{field}}}\right)^{1/\alpha_{\text{field}}} \left(\frac{\Delta \varepsilon_{\text{test}-\text{max}}}{C_{\text{test}-\text{max}}}\right)^{1/\alpha_{\text{test}}}$$
(A.7)

où

 $N_{\text{field}}$  est le nombre de cycles de défaillance en situation (cycles)

 $N_{\text{test}}$  est le nombre de cycles de défaillance dans la condition d'essai (cycles)

C<sub>field</sub> est la constante de matériau en situation

C<sub>test</sub> est la constante de matériau dans la condition d'essai

 $\Delta \epsilon_{field}$  est la plage de contrainte inélastique de la fatigue thermique en situation

- $\Delta \pmb{\varepsilon}_{test}$  est la plage de contrainte inélastique de la fatigue thermique dans la condition d'essai
- $a_{field}$  est l'exposant d'allongement de fatigue en situation
- *a*<sub>test</sub> est l'exposant d'allongement de fatigue dans la condition d'essai

NOTE Les températures T en situation et dans les conditions d'essai sont chacune une température maximale.

Le Tableau A.2 montre un exemple de résultats d'essai de cycle de température du facteur d'accélération dans des conditions en situation spécifiques associées aux conditions d'essai du cycle de température.

- 62 -

Conditions	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	$\Delta T$	Fréquence du cycle de température (cycles par jour) <sup>a</sup>	Nombre de cycles de température		Résultat d'essai (Facteur d'accélérati on en situation) <sup>b</sup>
	°C	°C	°C		5 ans	10 ans	
En situation	25	70	45	1	1 825	3 650	-
А	-40	125	165	40	119	239	15,3
В	-25	125	150	40	135	270	13,5
С	-30	80	110	40	493	986	3,7

Tableau A.2 – Exemple de résultats d'essai du facteur d'accélération (alliage de soudure Sn96,5Ag3Cu,5)

<sup>a</sup> Le calcul a été effectué en supposant que le temps de maintien aux températures maximale et minimale de stockage est fixé à 15 min et que le temps de transition de la température maximale de stockage à la température minimale de stockage et inversement est fixé à 3 min.

<sup>b</sup> Ces résultats de calcul sont par exemple, une estimation du nombre de cycles d'essai en utilisant un montage de dispositif sous boîtier FBGA sur le substrat FR-4 en se fondant sur la Formule (A.7).

NOTE Les coefficients d'accélération du Tableau A.2 ne sont applicables que dans les conditions spécifiées.

Les coefficients d'accélération *AF* sont calculés au moyen d'une analyse des éléments finis relative au dispositif sous boîtier FBGA en utilisant ce modèle de durée de vie de fatigue. Un exemple est présenté à la Figure A.2. Les facteurs d'accélération *AF* sont différents pour chaque plage de température d'essai de deux matériaux de substrat de montage différents, entre FR-4 et l'alumine, comme présenté à la Figure A.1.



- 63 -





Figure A.2 – Exemple de coefficients d'accélération AF avec un dispositif sous boîtier FBGA utilisant un alliage de soudure Sn96,5Ag3Cu,5

On détermine le modèle de prédiction de durée de vie de fatigue mentionné ci-dessus en considérant la signification physique du comportement de fracture de fatigue d'après les données d'essai de fatigue du joint brasé Sn96,5Ag3Cu,5 dans les différentes conditions de température et de contrainte. Les caractéristiques de fatigue présentent un état de la microstructure d'alliage dans le joint de microsoudure en utilisant les résultats de l'essai de fatigue de l'éprouvette de joint de boule de soudure unique, par exemple BGA. Elles sont présentées à la Figure A.3. La constante de matériau de la Formule (A.7) et la plage de contrainte inélastique de la soudure sont énumérées dans le Tableau A.3. La constante de matériau a été déterminée d'après les Formules (A.4), (A.5) et (A.6) en utilisant les données expérimentales présentées à la Figure A.3.



#### Tableau A.3 – Constante de matériau et plage de contrainte inélastique, calculée par FEA pour des dispositifs sous boîtier FBGA représentés à la Figure A.1 (alliage de soudure Sn96,5Ag3Cu,5)

- 64 -

Figure A.3 – Caractéristiques de fatigue d'un joint de microsoudure d'alliage Sn96,5Ag3Cu,5 ( $N_f$  = 20 % perte de charge par rapport à la charge initiale)

#### A.4 Facteur influant sur la durée de vie du cycle de température du joint brasé

Pour analyser les données d'essai afin de prédire la caractéristique d'accélération en situation, il est souhaitable d'exécuter le processus statistique dans la distribution de Weibull, la distribution logarithmique normale, etc.

Dans le cas de la soudure, aussi bien l'épaisseur que la configuration des couches du substrat, ainsi que la densité de conditionnement sur le substrat, ont une influence significative sur la durée de vie de cycle de température du joint brasé, le boîtier étant monté sur le substrat. Il est bien connu que la durée de vie de cycle de température diminue environ de moitié en particulier lorsque des boîtiers de type matriciel sont montés sur la même zone sur les deux faces du substrat.

Lorsque les boîtiers soumis à l'essai d'évaluation peuvent être montés sur un substrat double face, il est recommandé d'évaluer la durée de vie du joint brasé avec les boîtiers montés sur la même zone sur les deux faces du substrat.

#### Annexe B (informative)

# Essai de continuité électrique des joints brasés du boîtier

#### B.1 Généralités

Cette annexe concerne un essai permettant d'évaluer la durabilité d'un joint brasé du boîtier en utilisant la continuité électrique.

## B.2 Boîtier et circuit en guirlande

Le boîtier de cet essai est un boîtier fictif à l'intérieur duquel les bornes sont reliées comme représenté à la Figure B.1. Toutes les bornes de l'éprouvette et du substrat d'essai sont connectées alternativement de manière à former un circuit en guirlande après soudage par refusion.

Il est fortement recommandé que la structure du boîtier de cet essai soit la même que celle du boîtier réel à évaluer.



Figure B.1 – Exemple de circuit d'essai pour l'essai de continuité électrique d'un joint brasé

#### **B.3** Condition de montage et matériaux

Il convient de réaliser l'éprouvette conformément au mode opératoire spécifié à l'Article 6 en utilisant l'appareil d'essai et les matériaux spécifiés à l'Article 5.

## B.4 Méthode d'essai

Mesurer la résistance électrique de la guirlande avant et après le conditionnement de contrainte accéléré spécifié à l'Article 7 afin d'évaluer la présence d'une rupture de joint brasé. Il convient de contrôler en continu la valeur de résistance de la guirlande afin de rechercher le degré de dégradation des joints brasés. Il est souhaitable de poursuivre la mesure de résistance jusqu'à détection d'une rupture de joint brasé.

# B.5 Essai de cycle de température utilisant le système de contrôle continu de la résistance électrique

- 66 -

Lors de l'évaluation de la durée de vie du joint brasé sur le substrat, on a supposé de manière classique, une défaillance telle que la création d'une fissure, en mesurant la résistance électrique de contact de l'éprouvette, à l'extérieur de la chambre de cycle de température, à la température ambiante normale à certains moments. Toutefois, pour les boîtiers de type matriciel faisant l'objet de l'évaluation de la présente norme, comme présenté à la Figure B.2, une défaillance se produit aux températures élevées par «ouvert», indiqué par une résistance électrique infinie mais celle-ci revient à une valeur de résistance normale à la température ambiante normale.

Pendant l'essai de cycle de température, il est donc souhaitable de contrôler en continu la résistance électrique.



Figure B.2 – Exemple de mesure de la résistance contrôlée en continu lors de l'essai de cycle de température

# Annexe C

# (informative)

# Méthode d'essai de brasabilité par refusion pour le boîtier et la plage du substrat d'essai

#### C.1 Généralités

Cette annexe donne une explication de la méthode d'essai de brasabilité par refusion des boîtiers.

#### C.2 Matériel d'essai

#### C.2.1 Substrat d'essai

Il convient que le substrat d'essai soit comme spécifié en 5.5.

#### C.2.2 Étuve de préconditionnement

L'étuve de préconditionnement permet de maintenir pendant une longue durée les conditions indiquées dans la spécification du produit.

Il convient que l'humidificateur maintienne pendant une longue durée la température et l'humidité comme indiqué dans la spécification du produit. Il convient que le matériau de l'étuve à hautes températures ne réagisse pas. Il convient que l'eau utilisée pour l'essai soit de l'eau purifiée ou de l'eau déionisée avec une résistivité de 5 000  $\Omega$ m (0,5 M $\Omega$ .cm) ou plus (conductivité de 2  $\mu$ S/cm ou moins). Il convient que le matériel effectue l'essai spécifié selon l'IEC 60068-2-78.

#### C.2.3 Pâte à souder

Il convient que la pâte à souder soit comme spécifié en 5.6.

#### C.2.4 Épargne métallique pour sérigraphie

Il convient que l'épargne métallique pour sérigraphie soit comme décrit en G.2.3.

#### C.2.5 Matériel de sérigraphie

Il convient que le matériel de sérigraphie permette de déposer la brasure comme décrit en G.2.4.

#### C.2.6 Matériel de montage du boîtier

Il convient que le matériel de montage du boîtier permette de monter les boîtiers comme décrit en G.3.3.

#### C.2.7 Matériel de soudage par refusion

Il convient que le matériel de soudage par refusion soit conforme aux conditions du processus de chauffage spécifié à la Figure 2 ou à la Figure 3. Il convient que la température de l'éprouvette soit mesurée au point de mesure de thermocouple A (le centre du haut du boîtier) et au point de mesure de thermocouple B (la partie intérieure brasée de la borne), montré à la Figure C.1.

Il convient que chacun des fils du thermocouple soit acheminé de façon qu'il n'y ait aucune perturbation ni influence sur la mesure de température.



- 68 -

#### Figure C.1 – Mesure de la température de l'éprouvette en utilisant des thermocouples

## C.2.8 Appareil de contrôle à rayons X

Il convient que l'appareil de contrôle à rayons X soit capable d'observer de manière transparente les boîtiers de type matriciel montés sur le substrat d'essai.

## C.3 Processus de montage normalisé

#### C.3.1 Mesures initiales

Il convient d'effectuer les mesures initiales des caractéristiques électriques de l'éprouvette en respectant les points et les conditions indiqués dans la spécification du produit. Il convient également d'effectuer un examen visuel de l'éprouvette, en utilisant un grossissement de 10×.

#### C.3.2 Préconditionnement

Lorsque la spécification du produit définit le préconditionnement en tant que traitement contre l'humidité, il convient d'effectuer ce préconditionnement dans les conditions spécifiées.

Dans le cas où une fusion thermique multiple est indiquée dans la spécification du produit, il convient de répéter le traitement contre l'humidité sur l'éprouvette dans les conditions spécifiées suivantes.

Les différentes méthodes de fusion thermique sont les suivantes.

- a) La fusion thermique multiple est répétée après le traitement contre l'humidité.
- b) Le traitement contre l'humidité et la fusion thermique sont réalisés l'un après l'autre.

#### C.3.3 Montage du boîtier sur le substrat d'essai

Le boîtier monté sur le substrat d'essai devient l'éprouvette selon le processus de montage normalisé décrit à l'Annexe G. Pour un alliage de soudure Sn63Pb37 appliquer le processus de fusion thermique qui respecte le profil de température de refusion de la Figure 2. Pour l'alliage de soudure Sn96,5Ag3Cu,5 appliquer le profil de température de refusion de la Figure 3.

Lorsque l'éprouvette est soumise au processus de fusion thermique multiple, appliquer le même processus de fusion thermique que ci-dessus.

#### C.3.4 Reprise

À la fin de l'essai, et lorsque c'est nécessaire, il convient que le processus de reprise indiqué dans la spécification du produit soit exécuté sur l'éprouvette.

#### C.3.5 Mesures finales

Mesurer les caractéristiques électriques de l'éprouvette conformément à la norme du produit. Il convient également d'effectuer un examen visuel de l'éprouvette, en utilisant un grossissement de 10×.

Il convient de vérifier les points suivants:

- mouillage insuffisant de la soudure;
- soudure repoussée;
- coupure dans la boule de soudure;
- dissolution de la soudure.

Ensuite, en utilisant un appareil de contrôle à rayons X, vérifier les conditions de soudage. Si nécessaire, observer la vue en coupe après le processus de coulage dans la résine.

#### C.4 Exemple de soudure défectueuse de boîtiers de type matriciel

#### C.4.1 Soudure repoussée par contamination de la surface de boule du boîtier BGA

La Figure C.2 montre un exemple d'une vue en coupe de soudure repoussée en raison de la contamination de la surface de la boule de soudure. La surface de la boule de soudure a été examinée et on a découvert que la contamination était une matière organique.



Figure C.2 – Soudure repoussée par contamination sur la surface de la boule de soudure

#### C.4.2 Mouillage défectueux de la boule de soudure par fissure dans le boîtier

La Figure C.3 montre une soudure défectueuse en raison d'une coupure de la boule de soudure due à l'humidification du boîtier.



- 70 -

#### Figure C.3 – Soudure défectueuse en raison d'une coupure de la boule de soudure

#### C.5 Points à mentionner dans la spécification du produit

Il convient de mentionner les points suivants dans la spécification du produit.

- a) Conditions du dépôt de la pâte à souder (si elles sont différentes de celles du C.2.3).
- b) Spécifications de l'épargne métallique (si elles sont différentes de celles du C.2.4).

c)	Points et conditions de la mesure initiale	(voir C.3.1).
d)	Conditions de préconditionnement (lorsque c'est nécessaire)	(voir C.3.2).
e)	Conditions du processus de fusion thermique (si elles sont différentes de celle	es du C.3.3).
f)	Fusion thermique multiple effectuée ou non et conditions de traitement d'humidité	(voir C.3.3).
g)	Conditions de reprise (lorsque c'est nécessaire)	(voir C.3.4).
h)	Points et conditions de la mesure finale	(voir C.3.5).

h) Points et conditions de la mesure finale
# Annexe D

# (informative)

# Lignes directrices pour la conception du substrat d'essai

#### D.1 Généralités

Cette annexe donne une explication des lignes directrices pour la conception du substrat d'essai. Elle s'applique aux lignes directrices de conception de la carte imprimée à utiliser pour évaluer la durabilité des boîtiers.

Dans le cas du substrat, aussi bien l'épaisseur que la configuration des couches du substrat, ainsi que l'encombrement du montage sur le substrat, ont une influence significative sur la durabilité du cycle de température du joint brasé, le boîtier étant monté sur le substrat. Il est bien connu que la durabilité du joint brasé diminue environ de moitié en particulier lorsque des boîtiers de type matriciel sont montés sur la même zone sur les deux faces du substrat.

Lorsque les boîtiers soumis à l'essai d'évaluation sont montés sur une carte de câblage imprimée double face, il est recommandé d'évaluer la durée de vie de la soudure avec les composants montés sur les deux faces du substrat.

#### D.2 Norme de conception

#### D.2.1 Généralités

Les points énumérés ci-après doivent être pris en compte pour la norme de conception du substrat d'essai.

- a) Classification de la spécification du substrat (Voir D.2.2 et D.2.4).
- b) Épaisseur du substrat d'essai, nombre de couches, épaisseur de la feuille de cuivre.
- c) Matériau du substrat d'essai (Voir D.2.3).
- d) Forme de la plage, dimensions de la plage et finition de surface (voir D.2.5 et D.2.6).

#### D.2.2 Classification des spécifications du substrat

#### D.2.2.1 Classification des types de substrat d'essai

L'épaisseur du substrat et le nombre de couches du substrat d'essai applicable aux boîtiers de type matriciel doivent être déterminés en sélectionnant le type approprié dans le Tableau D.1, conformément à l'utilisation du boîtier d'évaluation soumis à l'essai.

Types		Type A	Туре В	Type C	Type D	Type E
Exemple d'application		Téléphones cellulaires,	PC de type agenda, etc.	PC de bureau, etc.	Serveur, matériel de télécommuni cations, etc.	Essai préalable,
		caméscopes, magnétoscop es, etc.				Généralités
Épaisseur du substrat		0,6 mm à 0,8 mm	1,0 mm à 1,2 mm	1,6 mm	2,4 mm	Non spécifiée
Nombre de couches		Minimum 4 couches	Minimum 4 couches	Minimum 4 couches	Minimum 6 couches	Minimum 1 couche
	1,27 mm		Х	Х	Х	Х
	1,00 mm		Х	Х	X	Х
	0,80 mm	Х	Х			Х
Pas des bornes	0,75 mm	х	х			Х
	0,65 mm	Х	х			Х
	0,50 mm	Х	Х			Х
	≤ 0,40 mm	Х				Х
Épaisseur	18 μm/12 μm	Х	Х			Х
normalisee de la feuille de cuivre (couche extérieure /couche intérieure) <sup>a</sup>	35 μm/18 μm		x	x	x	х

Tableau D.1 – Classification des types de substrat d'essai

- 72 -

<sup>a</sup> Dimensions nominales

NOTE 1 Parce que l'épaisseur et le nombre de couches des substrats affectent la fiabilité des joints brasés, les types de substrat ont été classés du type A au type E.

NOTE 2 La conception d'un substrat dépend de manière significative du pas des bornes du composant à monter. En conséquence, le tableau montre l'exemple d'applications et les pas de bornes qui y correspondent. La coche «X» indique les principales applications.

NOTE 3 L'épaisseur de la feuille de cuivre dépend de manière significative du pas des bornes du composant qui doit être monté. Elle dépend également de manière significative de la méthode du processus de fabrication du substrat. Pour cette raison, ce tableau donne deux sortes d'épaisseurs de feuilles de cuivre pour le type B.

#### D.2.2.2 Commentaire général

En général, des substrats d'essai plus épais provoquent une dégradation de la durabilité du joint brasé dans l'essai de cycle de température. En ce qui concerne la résistance mécanique, la contrainte du joint brasé a tendance à diminuer lorsque l'épaisseur du substrat augmente. Il est donc recommandé de choisir le type de substrat d'essai en fonction de l'application prévue et en prêtant attention aux exigences de qualité de l'essai.

L'épaisseur de la feuille de cuivre dépend de manière significative de la configuration du substrat ainsi que des méthodes de processus de fabrication du substrat. Pour améliorer la fiabilité du joint brasé, il vaut mieux réaliser une feuille de cuivre plus épaisse. Dans ce cas, le pas des bornes devient plus court et il devient difficile d'imprimer des motifs précis. En ce qui concerne l'épaisseur de la feuille de cuivre normalisée, si l'on doit fixer un rapport entre un trait et un espace (trait/espace) du motif imprimé sur le substrat à 100/100  $\mu$ m, il devient nécessaire de réaliser une feuille de cuivre plus mince. On suppose qu'un tel processus peut s'appliquer au pas des bornes est supérieur à 0,8 mm, l'épaisseur de la feuille de cuivre sera d'environ 18  $\mu$ m lorsqu'on utilise un substrat composé. Lorsqu'on ajoute l'épaisseur du placage de cuivre dans la section des trous traversants, l'épaisseur de la feuille de cuivre est d'environ 35  $\mu$ m pour le substrat dans le processus soustractif classique. Les substrats de

Types A et B peuvent être constitués d'un substrat composé. Une épaisseur de feuille de cuivre normalisée de 18 μm est donc également incluse en tant que norme pour ceux-ci.

#### D.2.3 Matériau du substrat d'essai

Le matériau normalisé du substrat d'essai est défini dans l'IEC 61249-2-7, dans l'IEC 61249-2-8 ou dans d'autres normes concernant un matériau de carte imprimée appelé FR-4.

#### D.2.4 Configuration des couches du substrat d'essai

Le Tableau D.2 montre la configuration normalisée des couches des substrats d'essai.

Types A, B et C		Type D		Type E	
1 <sup>ère</sup> couche	Couche des pistes du signal	1 <sup>ère</sup> couche	Couche des pistes du signal	1 <sup>ère</sup> couche	Couche des pistes du signal
2 <sup>ème</sup> couche	Couche du plan du circuit ou couche du circuit électrique	2 <sup>ème</sup> couche	Couche du plan du circuit ou couche du circuit électrique	2 <sup>ème</sup> couche	Couche du plan du circuit ou couche du circuit électrique
		3 <sup>ème</sup> couche	Couche du plan du circuit ou couche du circuit électrique		(facultatif)
3 <sup>ème</sup> couche	Couche du plan du circuit ou couche du circuit électrique	4 <sup>ème</sup> couche	Couche du plan du circuit ou couche du circuit électrique		
		5 <sup>ème</sup> couche	Couche du plan du circuit ou couche du circuit électrique		
4 <sup>ème</sup> couche	Couche des pistes du signal	6 <sup>ème</sup> couche	Couche des pistes du signal		
Si un trajet du signal ne peut pas être créé dans la 1 <sup>e</sup> , la 4 <sup>e</sup> et/ou la 6 <sup>e</sup> couche, utiliser la couche du plan interne ou augmenter le nombre de couches.				Il est recor métallisatio couche 1 e	nmandé d'inclure une on de surface sur la en complément de la

Tableau D.2 – Configuration normalisée des couches des substrats d'essai

#### D.2.5 Forme de la plage du substrat d'essai

La Figure D.1 montre la forme des plages de connexion normales.



NSMD (Pas de masque de soudure défini)

SMD (Masque de soudure défini)

Figure D.1 – Formes des plages de connexion normales du substrat d'essai

Il convient que la finition de surface normale de la plage soit recouverte d'un placage de cuivre avec un pré-flux de résistance thermique appelé conservateur de brasabilité organique (OSP).

Il convient que la plage du substrat d'essai soit conforme aux méthodes d'évaluation de la qualité, à la fois de l'Article C.3 et de l'Annexe F.

#### D.2.6 Dimensions des plages de connexion du substrat d'essai

Il convient de définir les dimensions de la plage du substrat d'essai dans la spécification du produit.

- 74 -

Les lignes directrices de conception pour les dimensions de la plage de connexion des boîtiers de type matriciel tels que BGA, FBGA, LGA et FLGA sont conformes à l'IEC 61188-5-8.

Il convient de spécifier la relation entre le diamètre des plages de connexion du boîtier et le diamètre des plages de connexion du substrat pour la durabilité du joint brasé, comme suit.

- a) La durabilité du joint brasé augmentera avec des dimensions similaires du diamètre de la plage de connexion entre le boîtier et le substrat d'essai.
- b) La durabilité du joint brasé augmentera lorsque le diamètre de la plage du substrat d'essai est légèrement plus grand que le diamètre de la plage de connexion du boîtier.

#### D.3 Points à mentionner dans la spécification du produit

Il convient de mentionner les points suivants dans la spécification du produit.

a)	Classification des types de substrat d'essai	(voir D.2.2).
b)	Dimensions du substrat d'essai	
c)	Épaisseur du substrat (si elle est différente de celle du D.2.2).	
d)	Nombre de couches de substrat (lorsque c'est nécessaire)	(voir D.2.2).
e)	Configuration des couches de substrat (lorsque c'est nécessaire)	(voir D.2.4).
f)	Épaisseur de la feuille de cuivre (lorsque c'est nécessaire)	(voir D.2.2).
g)	Matériaux du substrat d'essai (lorsque c'est nécessaire)	(voir D.2.2).
h)	Forme de la plage de connexion (lorsque c'est nécessaire)	(voir D.2.5).
i)	Finition de surface de la plage de connexion (lorsque c'est nécessaire)	(voir D.2.5).
j)	Dimensions de la plage de connexion (lorsque c'est nécessaire)	(voir D.2.6).

# Annexe E

(informative)

# Résistance thermique du soudage par refusion pour le substrat d'essai

### E.1 Généralités

Cette annexe donne une explication de la résistance thermique concernant le soudage par refusion pour le substrat d'essai.

Lorsque le substrat d'essai n'a pas une stabilité thermique suffisante, le substrat d'essai peut se déformer pendant le processus de fusion thermique, de telle sorte que l'essai de cycle de température ne peut pas évaluer de façon suffisante la durabilité des joints brasés.

# E.2 Appareillage d'essai

#### E.2.1 Étuve de préconditionnement

L'étuve de préconditionnement permet de maintenir pendant une longue durée les conditions indiquées dans la spécification du produit.

Il convient que l'humidificateur maintienne pendant une longue durée la température et l'humidité comme indiqué dans la spécification du produit. Il convient que le matériau de l'étuve à hautes températures ne réagisse pas. Il convient que l'eau utilisée pour l'essai soit de l'eau purifiée ou de l'eau déionisée avec une résistivité de 5 000  $\Omega$ m (0,5 M $\Omega$ .cm) ou plus (conductivité de 2  $\mu$ S/cm ou moins). Il convient que le matériel effectue l'essai spécifié selon l'IEC 60068-2-78.

#### E.2.2 Matériel de soudage par refusion

Il convient que le matériel de soudage par refusion soit conforme aux conditions du processus de chauffage spécifié à la Figure 2 ou à la Figure 3. Sinon, il convient que les conditions spécifiées dans les spécifications du produit soient remplies.

# E.3 Mode opératoire d'essai

#### E.3.1 Généralités

Le trempage humide ne doit pas être un problème important pour les matériaux de cartes imprimées par rapport aux matériaux de résine du boîtier. Un traitement adapté contre l'humidité est donc recommandé en tant que préconditionnement contre l'humidité du substrat d'essai pour obtenir un matériau uniquement sensible à l'humidité. Un matériau en polyimide par exemple est sensible à l'humidité.

#### E.3.2 Préconditionnement

Lorsque la spécification du produit indique que le préconditionnement constitue le traitement contre l'humidité, il convient d'effectuer ce préconditionnement conformément aux conditions spécifiées.

#### E.3.3 Mesures initiales

Il convient d'effectuer la mesure initiale au moyen d'un examen visuel de l'éprouvette du substrat d'essai, en utilisant un grossissement de 10×. Il convient d'effectuer les contrôles suivants.

- Courbure ou déformation du substrat.
- Décollage de l'épargne de soudure.

### E.3.4 Processus d'humidification (1)

Il convient d'humidifier l'éprouvette du substrat d'essai en utilisant l'étuve de préconditionnement spécifiée en E.2.1 dans les conditions indiquées dans la spécification du produit.

#### E.3.5 Fusion thermique (1)

En utilisant le matériel de soudage par refusion spécifié en E.2.2, chauffer le substrat d'essai dans les conditions indiquées dans la spécification du produit. Il convient ensuite de mesurer la température superficielle au centre du substrat d'essai.

#### E.3.6 Processus d'humidification (2)

Lorsque le substrat d'essai est soumis deux fois au processus de refusion, il convient d'humidifier le substrat d'essai une fois de plus dans les conditions indiquées dans la spécification du produit.

#### E.3.7 Processus de fusion thermique (2)

Sauf indication contraire dans la spécification du produit, chauffer une fois de plus l'éprouvette comme indiqué en E.3.4.

#### E.3.8 Mesures finales

Il convient d'effectuer la mesure finale au moyen d'un examen visuel du substrat d'essai, en utilisant un grossissement de 10×. Il convient de vérifier les points suivants.

- Courbure ou déformation/flexion du substrat.
- Décollage du substrat ou de l'épargne de soudure.
- Fissure dans le substrat.
- Gonflement du substrat.

# E.4 Points à mentionner dans la spécification du produit

Il convient de mentionner les points suivants dans la spécification du produit.

a)	Conditions de préconditionnement (lorsque c'est nécessaire de les spécifier)	(voir E.3.2).
b)	Conditions d'humidification (lorsque c'est nécessaire de les spécifier)	(voir E.3.4 et E.3.6).
c)	Profil de fusion thermique (lorsque c'est nécessaire de le spécifier)	(voir E.3.5 et E.3.7).
d)	Points pour les mesures finales	(voir E.3.8).

# Annexe F

# (informative)

# Méthode de mesure de la résistance à la traction pour la plage du substrat d'essai

### F.1 Généralités

Cette annexe donne une explication de la méthode de mesure de la résistance à la traction pour la plage du substrat d'essai.

Lorsque le substrat d'essai possède une médiocre résistance à la traction de la plage de connexion, l'essai de cycle de température ne peut pas évaluer de façon suffisante la durabilité des joints brasés. Les paramètres suivants ont un impact important sur le résultat.

- Vitesse de traction.
- Température de la sonde d'essai de résistance à la traction fixée (méthode d'adhérence par chauffage de la sonde, voir Figure F.1).
- Température de la sonde pendant l'essai de résistance à la traction (méthode d'adhérence par chauffage de la sonde, voir Figure F.1).

# F.2 Appareillage et matériaux d'essai

#### F.2.1 Matériel de mesure de la résistance à la traction

Il convient que le matériel de mesure de la résistance à la traction respecte les conditions de mesure décrites en F.3.5.

#### F.2.2 Matériel de soudage par refusion

Il convient que le matériel de soudage par refusion permette de maintenir le profil de température, comme spécifié à l'Article 6. Il convient de mesurer la température de l'éprouvette autour de la plage de connexion à évaluer.

#### F.2.3 Substrat d'essai

Sauf indication contraire dans la spécification du produit, il convient que le substrat d'essai soit comme indiqué au 5.5, à l'exception de l'exigence relative à la guirlande.

#### F.2.4 Boule de soudure

Il convient que le diamètre de la boule de soudure utilisée soit égal à 60 % du pas des bornes de la plage du substrat d'essai. Il convient que la composition soit équivalente à celle qui est indiquée dans l'IEC 61190-1-3.

#### F.2.5 Pâte à souder

Il convient que la pâte à souder soit comme spécifié en 5.6.

#### F.2.6 Flux

Il convient que le flux soit équivalent à la classification de qualité de flux spécifiée dans l'IEC 61190-1-1.

### F.3 Mode opératoire de mesure

#### F.3.1 Préconditionnement

Sauf indication contraire dans la spécification du produit, il convient d'appliquer deux fois au substrat d'essai le processus de fusion thermique spécifié à l'Article 6.

### F.3.2 Dépôt de pâte à souder

Il convient de déposer la pâte à souder sur la plage du substrat d'essai conformément au G.3.2.

#### F.3.3 Emplacement des boules de soudure

Il convient de placer la boule de soudure sur la plage de connexion sur laquelle est déposée la pâte à souder.

#### F.3.4 Processus de fusion thermique

Il convient de faire fondre et de relier solidement la boule de soudure sur le substrat d'essai, sur la plage du substrat d'essai utilisée par le processus de refusion thermique, comme spécifié à l'Article 6.

#### F.3.5 Mesure de la résistance à la traction

#### F.3.5.1 Généralités

Il convient de mesurer la résistance à la traction de la plage du substrat d'essai en utilisant la méthode d'adhérence par chauffage de la sonde ou la méthode «bille de pincement», présentées à la Figure F.1.





a) Méthode A – Méthode d'adhérence par chauffage de la sonde

b) Méthode B – Méthode «Bille de pincement»

Figure F.1 – Méthodes de mesure de la résistance à la traction

#### F.3.5.2 Méthode de mesure de la résistance à la traction A – Méthode d'adhérence par chauffage de la sonde

#### F.3.5.2.1 Adhérence par chauffage de la sonde

Transférer le flux vers l'extrémité de la sonde d'essai de résistance à la traction, à laquelle de la soudure plaquée ou un autre revêtement est appliqué. Ensuite, faire adhérer la sonde à la boule de soudure en chauffant la sonde à une température de  $(220 \pm 20)$  °C.

#### F.3.5.2.2 Mesure

Refroidir la sonde jusqu'à (25  $\pm$  5) °C. La tirer ensuite à une vitesse de (0,3  $\pm$  0,05) mm/s, le substrat d'essai étant fixé. Voir Figure F.1 a).

Enregistrer la force en tant que résistance à la traction après la rupture.

#### Méthode de mesure de la résistance à la traction B – Méthode «bille de F.3.5.3 pincement»

À l'aide de l'outil, pincer la boule de soudure. La tirer ensuite à une vitesse de  $(0,3 \pm 0,05)$  mm/s le substrat d'essai étant fixé. Voir Figure F.1 b).

Enregistrer la force en tant que résistance à la traction après la rupture.

#### F.3.6 **Mesures finales**

Après avoir mesuré la résistance à la traction, observer la forme de la surface arrachée et noter ensuite le mode de rupture indiqué ci-dessous.

- Mode A: rupture dans la boule de soudure.
- Mode B: décollage entre la boule de soudure et la plage de connexion sur le substrat.
- Mode C: décollage entre la plage de connexion sur le substrat et le matériau du substrat.

Il convient de ne pas affaiblir significativement la résistance à la traction. Si l'on a observé un grand nombre de ruptures dans le Mode C, le substrat d'essai peut présenter certains problèmes d'adhérence.

#### Points à mentionner dans la spécification du produit **F.4**

Il convient de mentionner les points suivants dans la spécification du produit.

a)	Conditions de préconditionnement (lorsque c'est nécessaire de les spécifier)	(voir F.3.1).
b)	Utilisation de la boule de soudure	(voir F.3.3).
c)	Méthode de mesure de la résistance à la traction	(voir F.3.5).
d)	Conditions de mesure de la résistance à la traction	(voir F.3.5).
e)	Valeur mesurée de la résistance à la traction	(voir F.3.6).
f)	Mode de rupture	(voir F.3.6).

Mode de rupture f)

- 80 -

# Annexe G

# (informative)

# Processus de montage normalisé des boîtiers

# G.1 Généralités

Cette annexe donne une explication du processus de montage normalisé des boîtiers.

# G.2 Appareillage et matériaux d'essai

#### G.2.1 Substrat d'essai

Il convient que le substrat d'essai soit comme spécifié en 5.5.

NOTE Les points exigés concernant le substrat d'essai sont décrits de l'Annexe C à l'Annexe F pour confirmer la qualité du substrat d'essai.

#### G.2.2 Pâte à souder

Il convient que la pâte à souder soit comme spécifié en 5.6.

#### G.2.3 Épargne métallique pour sérigraphie

Il convient que le stencil utilisé soit conforme à la norme de conception représentée dans le Tableau G.1.

Type de borne	Épaisseur du stencil	Diamètre d'ouverture
Matriciel	120 μm jusqu'à 150 μm	Correspond aux dimensions de la plage de connexion spécifiées en 5.5 c)

Il existe trois méthodes de traitement de l'épargne métallique: la méthode de gravure, la méthode additive et la méthode de traitement au laser. Il est recommandé d'utiliser le stencil réalisé par la méthode additive ou par la méthode de traitement au laser, dont la caractéristique de dépôt de pâte à souder est meilleure en raison d'un processus de pas plus fin.

# G.2.4 Matériel de sérigraphie

Il convient que le matériel de sérigraphie permette de déposer la brasure comme décrit en G.3.2.

#### G.2.5 Matériel de montage du boîtier

Il convient que le matériel de montage du boîtier permette de monter le boîtier décrit en G.3.3.

#### G.2.6 Matériel de soudage par refusion

Il convient que le matériel de soudage par refusion permette de maintenir la température spécifiée en G.3.4.

#### G.3 Processus de montage normalisé

#### G.3.1 Mesures initiales

Il convient d'effectuer la mesure électrique initiale du boîtier conformément à la spécification du produit. De plus, un examen visuel du boîtier doit être effectué en utilisant un grossissement de 10×, afin de vérifier qu'il n'y ait aucune détérioration apparente.

#### G.3.2 Dépôt de pâte à souder

À l'aide du masque de stencil décrit en G.2.3, déposer la pâte à souder comme décrit en G.2.2 afin qu'il n'y ait plus de vide, exsudation ou pontage apparaissant sur le substrat d'essai.

Il convient de déposer la pâte à souder dans les conditions de dépôt déterminées de manière à éviter les défauts énumérés ci-dessous et représentés à la Figure G.1.

- Chandelle de pâte produite lorsque le stencil est retiré
- Retrait dans la section médiane de la pâte
- Fléchissement de la pâte



Figure G.1 – Exemple de conditions de dépôt de la pâte à souder

Il est également important de choisir des conditions de dépôt permettant d'éviter des dépôts désalignés et faibles.

#### G.3.3 Montage du boîtier

Monter le boîtier sur le substrat d'essai sur lequel la pâte à souder a été déposée, comme décrit en G.2.2.

#### G.3.4 Processus de fusion thermique

Chauffer l'éprouvette sous forme du boîtier monté sur le substrat d'essai en utilisant le profil de température de refusion présenté à la Figure 2 ou à la Figure 3 et la soudure ayant été traitée.

Il convient que la température de l'éprouvette soit mesurée au point de mesure de thermocouple A (le centre du haut du boîtier) et au point de mesure de thermocouple B (la partie intérieure brasée de la borne), comme représenté à la Figure G.2.

Il convient que chacun des fils du thermocouple soit acheminé de façon qu'il n'y a aucune perturbation ni influence sur la mesure de température.



- 82 -

#### Figure G.2 – Mesure de la température de l'éprouvette en utilisant des thermocouples

# G.3.5 Reprise

Après la fin de l'essai, si nécessaire, laisser l'éprouvette en l'état dans les conditions normales pendant le temps indiqué dans la spécification du produit.

#### G.3.6 Mesures finales

Il convient d'effectuer la mesure électrique finale de l'éprouvette conformément à la spécification du produit. De plus, il convient d'effectuer un examen visuel de l'éprouvette en utilisant un grossissement de  $10\times$ , afin de vérifier qu'il n'y ait aucune détérioration apparente. Il convient d'effectuer les contrôles suivants.

- Mouillage insuffisant de la soudure.
- Soudure repoussée.
- Coupure dans la boule de soudure.
- Dissolution de la soudure.

# G.4 Points à mentionner dans la spécification du produit

Il convient de mentionner les points suivants dans la spécification du produit.

- a) Pâte à souder (si elles sont différentes de celles du G.2.2).
- b) Spécification de l'épargne métallique (si elles sont différentes de celles du G.2.3).
- c) Points et conditions de la mesure initiale
- d) Conditions du dépôt de la pâte à souder (si elles sont différentes de celles du G.3.2).
- e) Conditions du processus de fusion thermique (si elles sont différentes de celles du G.3.4).
- f) Conditions de reprise (lorsque c'est nécessaire) (voir G.3.5).
- g) Points et conditions de la mesure finale (voir G.3.6).

(voir G.3.1).

# Annexe H

# (informative)

### Contraintes mécaniques sur les boîtiers

#### H.1 Généralités

Cette annexe donne une explication de la contrainte mécanique après montage des boîtiers sur la carte imprimée.

Lorsque les contraintes mécaniques sont chargées sur le boîtier monté, l'essai de cycle de température peut être soumis à tous les effets relatifs à la durabilité des joints brasés.

#### H.2 Contraintes mécaniques

Pour l'essai de durabilité concernant les contraintes mécaniques pour les boîtiers montés, il convient de sélectionner l'essai et de l'exécuter en tenant compte de la relation entre le type de contrainte mécanique et les conditions d'utilisation réelles.

Le type de contrainte mécanique et l'exemple d'exigence de qualité font l'hypothèse d'un mécanisme de défaut. Un exemple supposé de facteur et les méthodes d'évaluation sont présentés au Tableau H.1.

Type de contrainte	Exemple d'exigences de qualité	Hypothèse de mécanisme de défaillance	Exemple de méthode d'évaluation
Flexion transitoire	Pas de rupture à la flexion, déplacement X mm	Une fracture de contrainte excessive se produit sur le joint, provoquée par la flexion du substrat	Essai de flexion monotone décrit à l'Annexe D de l'IEC 62137-3:2011
Flexion cyclique	Pas de rupture aux points clé X fois	Une fracture de fatigue se produit sur le joint, provoquée par la flexion cyclique du substrat	Essai de résistance à la flexion cyclique spécifié dans l'IEC 62137-1-4
Choc	Pas de rupture en cas de chute Y fois depuis une hauteur de chute de X m	Une fracture de contrainte de choc par chute se produit sur le joint, provoquée par une flexion transitoire sur le substrat dans un élément du matériel	Essai de chute cyclique spécifié dans l'IEC 62137-1-3 ou dans l'IEC 60068-2-27
Flexion permanente	Aucune rupture pendant Y h pour un déplacement de flexion de X mm	Une fracture par fluage se produit sur le joint, provoquée par une contrainte de flexion du substrat	Essai de fluage spécifié au 8.5.1 de l'IEC 60068-2- 21:2006
Vibration	Aucune rupture pendant X Hz/Y g/Z h	Une fracture de fatigue se produit sur le joint, provoquée par la contrainte de flexion cyclique du substrat ou la contrainte de flexion transitoire provenant de la vibration	IEC 60068-2-6 ou 8.5.1 de l'IEC 60068-2-21:2006, spécifié

#### Tableau H.1 – Contraintes mécaniques sur les boîtiers montés de type matriciel

#### Bibliographie

IEC 60068-1:1998, Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et guide Amendement 1(1992)

IEC 60068-2-2, Essais d'environnement – Partie 2-2: Essais – Essai B: Chaleur sèche

IEC 60068-2-6, Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)

IEC 60068-2-21:2006, Essais d'environnement – Partie 2-21: Essais – Essai U: Robustesse des sorties et des dispositifs de montage incorporés

IEC 60068-2-27, Essais d'environnement – Partie 2-27: Essais – Essai Ea et Guide: Chocs

IEC 60068-2-44:1995, Essais d'environnement – Partie 2-44: Essais – Guide pour l'essai T: Soudure

IEC 60068-2-58:2004, Essais d'environnement – Partie 2-58: Essais – Essai Td: Méthodes d'essai de la soudabilité, résistance de la métallisation à la dissolution et résistance à la chaleur de brasage des composants pour montage en surface (CMS)

IEC 60068-2-78:2001, Essais d'environnement – Partie 2-78: Essais – Essais Cab: Chaleur humide, essai continu

IEC 60749-1:2002, Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 1: Généralités

IEC 60749-20:2008, Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 20: Résistance des CMS à boîtier plastique à l'effet combiné de l'humidité et de la chaleur de brasage

IEC 60749-20-1:2009, Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 20-1: Manipulation, emballage, étiquetage et transport des composants pour montage en surface sensibles à l'effet combiné de l'humidité et de la chaleur de brasage

IEC 61188-5-8, Cartes imprimées et cartes imprimées équipées – Conception et utilisation – Partie 5-8: Considérations sur les liaisons pastilles/joints – Composants matriciels (BGA, FBGA, CGA, LGA)

IEC 61189-3:2007, Méthodes d'essai pour les matériaux électriques, les cartes imprimées et autres structures d'interconnexion et ensembles – Partie 3: Méthodes d'essai des structures d'interconnexion (cartes imprimées)

IEC 61189-5, Méthodes d'essai pour les matériaux électriques, les structures d'interconnexion et les ensembles – Partie 5: Méthodes d'essai des assemblages de cartes à circuit imprimé

IEC 61190-1-1, Matériaux de fixation pour les assemblages électroniques – Partie 1-1: Exigences relatives aux flux de brasage pour les interconnexions de haute qualité dans les assemblages de composants électroniques

IEC 61190-1-2, Matériaux de fixation pour les assemblages électroniques – Partie 1-2: Exigences relatives aux pâtes à braser pour les interconnexions de haute qualité dans les assemblages de composants électroniques IEC 61760-1:2006, Technique du montage en surface – Partie 1: Méthode de normalisation pour la spécification des composants montés en surface (CMS)

IEC 62137-1-3:2008, Technologie de montage en surface – Méthodes d'essais d'environnement et d'endurance des joints brasés montés en surface – Partie 1-3: Essai de chute cyclique

IEC 62137-1-4:2009, Technologie de montage en surface – Méthodes d'essais d'environnement et d'endurance des joints brasés montés en surface – Partie 1-4: Essai de flexion cyclique

Rao R. Tummala, E. J. Rymazewski, A. G. Klopfenstein (Edited) *"Microelectronics Packaging Handbook second edition on CD-ROM"* CHAPMAN & HALL

John H. LAU (Edited) "Ball Grid Array Technology" p153-162, MacGraw-Hill, Inc.

Kuniaki Takahashi, "Large BGA Packaging Technology for Note-PC" (en japonais), SMT Forum '96, Japan

Kuniaki Takahashi, "BGA·CSP Packaging Technology and Evaluation Method for Note-PC" (en japonais), SMT Forum'98, Japan

Katsuya Kosuge, "Standardization of High Density Packaging and CSP Evaluation Technology" (en japonais), SMT Forum'98, Japan

Yuuji Ooto et al., "Temperature and Frequency dependence of Fatigue elongation exponent and the coefficient of Sn-Ag-Cu Micro solder" (en japonais), 24th JIEP Spring Conference Proceedings, pp.310-311, (2010)

Y. Kanda and Y. Kariya, "Influence of Asymmetrical Waveform on Low-Cycle Fatigue Life of Micro Solder Joint", Journal of Electronic Materials: Volume 39, Issue 2 (2010)

Y. kanda, Y. Kariya and Y.Oto, "Influence of Cyclic Strain-Hardening Exponent on Fatigue Ductility Exponent for a Sn-Ag-Cu Micro-Solder Joint", Journal of Electronic Materials (2011)

Y. Kanda, Y. Kariya and T. Tasaka, "Effect of Strain-Enhanced Microstructural Coarsening on the Cyclic Strain-Hardening Exponent of Sn-Ag-Cu Joints", Materials Transactions, Vol. 53, No.12, (2012)

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

3, rue de Varembé PO Box 131 CH-1211 Geneva 20 Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11 Fax: + 41 22 919 03 00 info@iec.ch www.iec.ch