

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



**Mechanical standardization of semiconductor devices –  
Part 6-19: Measurement methods of the package warpage at elevated  
temperature and the maximum permissible warpage**

**Normalisation mécanique des dispositifs à semiconducteurs –  
Partie 6-19: Méthodes de mesure du gauchissement des boîtiers à température  
élevée et du gauchissement maximum admissible**



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2010 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office  
3, rue de Varembe  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland  
Email: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch)  
Web: [www.iec.ch](http://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.

- Catalogue of IEC publications: [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: [www.iec.ch/webstore/custserv](http://www.iec.ch/webstore/custserv)

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

### A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: [www.iec.ch/searchpub/cur\\_fut-f.htm](http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm)

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: [www.iec.ch/webstore/custserv/custserv\\_entry-f.htm](http://www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm)

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC 60191-6-19

Edition 1.0 2010-02

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



**Mechanical standardization of semiconductor devices –  
Part 6-19: Measurement methods of the package warpage at elevated  
temperature and the maximum permissible warpage**

**Normalisation mécanique des dispositifs à semiconducteurs –  
Partie 6-19: Méthodes de mesure du gauchissement des boîtiers à température  
élevée et du gauchissement maximum admissible**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

M

ICS 31.080.01

ISBN 2-8318-1078-9

## CONTENTS

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD.....                                                                              | 3  |
| 1 Scope.....                                                                               | 5  |
| 2 Normative references .....                                                               | 5  |
| 3 Terms and definitions .....                                                              | 5  |
| 4 Sample.....                                                                              | 9  |
| 4.1 Sample size .....                                                                      | 9  |
| 4.2 Solder ball removal .....                                                              | 9  |
| 4.3 Pretreatment conditions.....                                                           | 9  |
| 4.4 Maximum time after pretreatment until measurement.....                                 | 9  |
| 4.5 Repetition of the reflow cycles for the sample.....                                    | 9  |
| 5 Measurement .....                                                                        | 9  |
| 5.1 General description .....                                                              | 9  |
| 5.2 Temperature profile and the temperatures for measurements .....                        | 9  |
| 5.3 Measurement method .....                                                               | 10 |
| 5.3.1 Shadow moiré method .....                                                            | 10 |
| 5.3.2 Laser reflection method .....                                                        | 10 |
| 5.3.3 Data analysis (Data table, Diagonal scan graph, 3D plot graph).....                  | 11 |
| 6 Maximum permissible package warpage at elevated temperature .....                        | 11 |
| 7 Recommended datasheet for the package warpage.....                                       | 11 |
| 7.1 Measurement temperatures for data sheet .....                                          | 11 |
| 7.2 Datasheet.....                                                                         | 11 |
| 7.3 Example of datasheets .....                                                            | 12 |
| Figure 1 – Measuring area of BGA and FBGA in full grid layout .....                        | 6  |
| Figure 2 – Measuring area of BGA and FBGA perimeter layout with 4 rows and 4 columns ..... | 6  |
| Figure 3 – Measuring area of FLGA perimeter layout with 4 rows and 4 columns .....         | 7  |
| Figure 4 – Calculation of the sign of package warpage .....                                | 8  |
| Figure 5 – Package warpage .....                                                           | 8  |
| Figure 6 – Thermocouple placement .....                                                    | 10 |
| Figure 7 – Temperature dependency of the package warpage .....                             | 12 |
| Figure 8 – Recommended datasheet.....                                                      | 13 |
| Table 1 – Maximum permissible package warpages for BGA and FBGA.....                       | 11 |
| Table 2 – Maximum permissible package warpages for FLGA.....                               | 11 |

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**MECHANICAL STANDARDIZATION OF SEMICONDUCTOR DEVICES –****Part 6-19: Measurement methods of the package warpage  
at elevated temperature and the maximum permissible warpage**

## FOREWORD

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

International Standard IEC 60191-6-19 has been prepared by subcommittee 47D: Mechanical standardization for semiconductor devices, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

This standard cancels and replaces IEC/PAS 60191-6-19 published in 2008. This first edition constitutes a technical revision.

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

|              |                  |
|--------------|------------------|
| FDIS         | Report on voting |
| 47D/757/FDIS | 47D/764/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 the parts in the IEC 60191 series, under the general title *Mechanical standardization of semiconductor devices*, can be found on the IEC website.

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.**

## MECHANICAL STANDARDIZATION OF SEMICONDUCTOR DEVICES –

### Part 6-19: Measurement methods of the package warpage at elevated temperature and the maximum permissible warpage

#### 1 Scope

This part of IEC 60191 specifies measurement methods of the package warpage at elevated temperature and the maximum permissible warpages for Ball Grid Array(BGA), Fine-pitch Ball Grid Array (FBGA), and Fine-pitch Land Grid Array (FLGA).

#### 2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document applies.

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)*<sup>1</sup>

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

#### 3 Terms and definitions

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

##### 3.1

##### measuring area

area for measurement of package warpage, composed of either

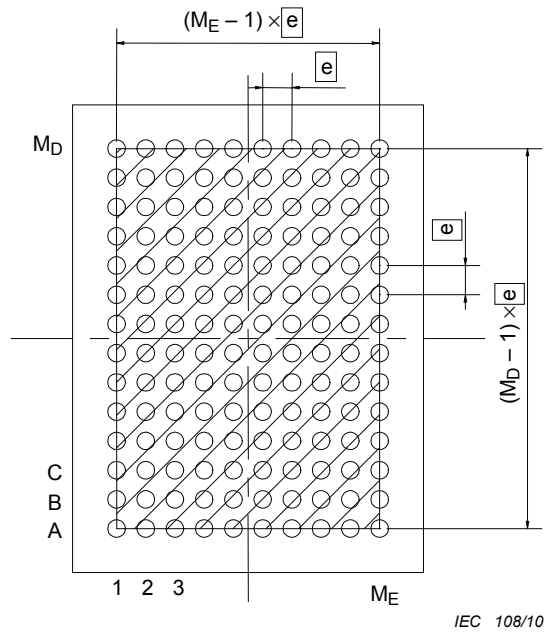
- terminal-existing area bordered by the lines connecting the centres of the outermost neighbouring solder balls for the packages with the standoff height more than 0,1 mm, including BGA and FBGA

NOTE Examples of measurement area is shown in Figure 1 and Figure 2. If there are balls at the package centre, their area is also considered as a part of measuring areas.

- substrate surface except certain edge margin for the packages with the standoff height of 0,1 mm or less, including FLGA

NOTE Examples of measurement area is shown in Figure 3. The width of this margin  $L$  depends on the capability of each measuring instrument ( $L = 0,2$  mm recommended).

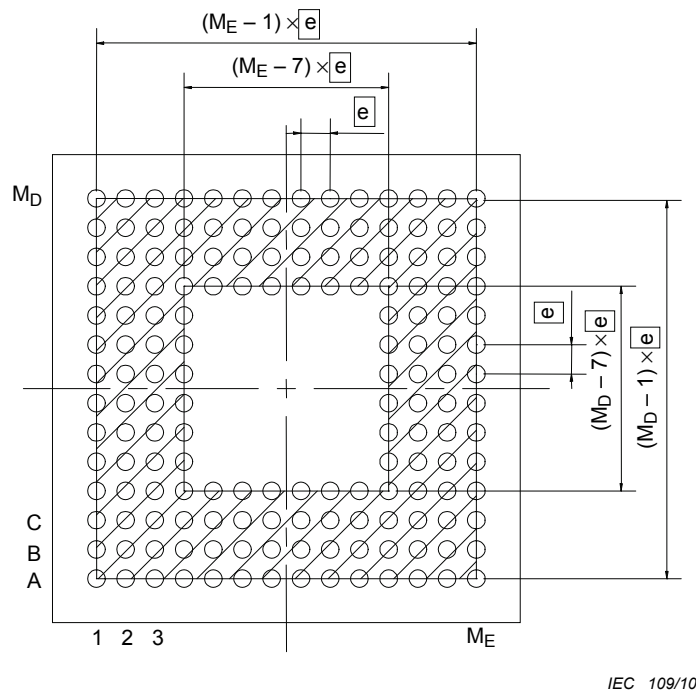
<sup>1</sup> hereinafter referred as "FBGA design guide".



NOTE 1) The hatched area indicates the measuring area.

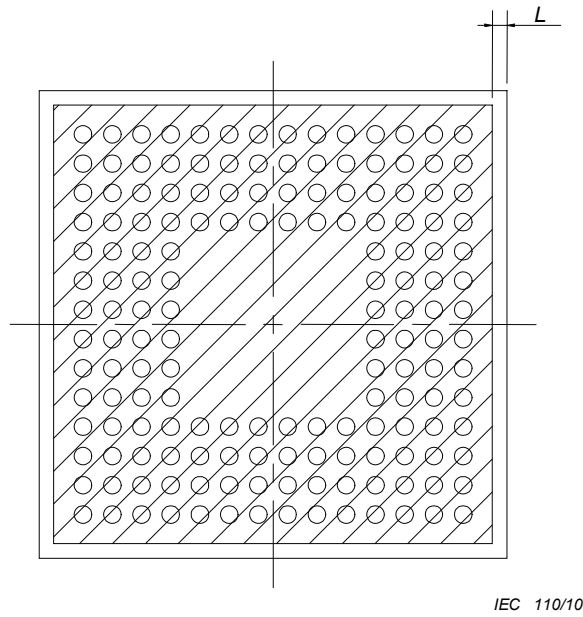
2) Symbols in this figure are specified to FBGA design guide (IEC 60191-6-5).

**Figure 1 – Measuring area of BGA and FBGA in full grid layout**



NOTE Symbols in this figure are specified to FBGA design guide (IEC 60191-6-5).

**Figure 2 – Measuring area of BGA and FBGA perimeter layout with 4 rows and 4 columns**



NOTE The edge margin  $L$  indicates the exempt area from measurement to avoid measurement noise depending on the instrument capability. Recommended edge margin  $L = 0,2 \text{ mm}$ .

**Figure 3 – Measuring area of FLGA perimeter layout with 4 rows and 4 columns**

### 3.2

#### **convex warpage**

arched top surface (not interconnect side) of package being mounted on PWB, wherein the sign of the convex warpage is defined as plus

### 3.3

#### **concave warpage**

inward-curving top surface (not interconnect side) of package being mounted on PWB, wherein the sign of the concave warpage is defined as minus

### 3.4

#### **package warpage sign**

plus or minus sign of package warpage determined by the sign of the sum of the largest positive displacement and the largest negative displacement of the package profile on both measurement area diagonals, which are regarded as base lines connecting the outermost opposite corners of the measuring area, thus resulting to be the sign of

$$(AB_{\text{MAX}} + AB_{\text{MIN}} + CD_{\text{MAX}} + CD_{\text{MIN}})$$

where

$AB_{\text{MAX}}$  is the largest positive displacement;

$AB_{\text{MIN}}$  is the largest negative displacement of the package profile on the diagonal AB;

$CD_{\text{MAX}}$  is the largest positive displacement; and

$CD_{\text{MIN}}$  is the largest negative displacement of the package profile on the diagonal CD.

NOTE In Figure 4, the signs of  $AB_{\text{MAX}}$ ,  $AB_{\text{MIN}}$ ,  $CD_{\text{MAX}}$  and  $CD_{\text{MIN}}$  are plus, zero, plus and minus, respectively. The concave or convex impression of the package warpage can differ from the above defined sign, in critical case.

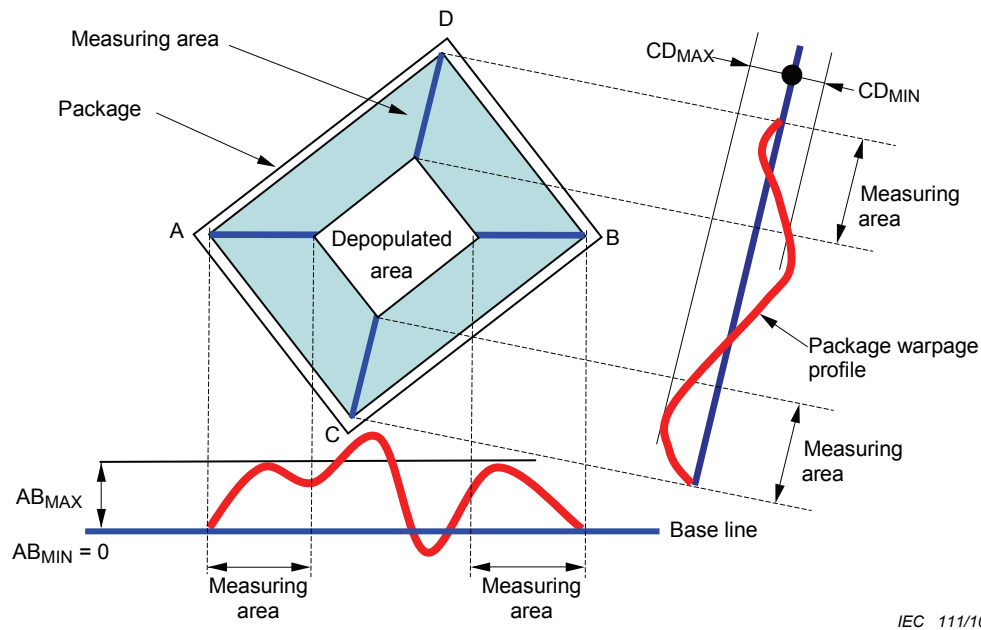


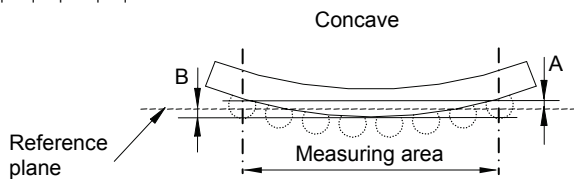
Figure 4 – Calculation of the sign of package warpage

### 3.5 package warpage

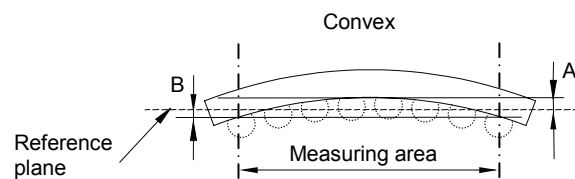
difference of the largest positive and the largest negative displacements of the package warpage in the measuring area with respect to the reference plane, preceded by package warpage sign, where reference plane is derived using the least square method with the measuring area data

NOTE For example, the absolute value of the package warpage  $|C|$  is obtained by the sum of the absolute value of the largest positive displacement  $|A|$  and that of the largest negative displacement  $|B|$ . This is in respect to the reference plane which is derived by using the least square method, as shown in Figure 5. Package warpage sign precedes  $|C|$ .

$$|C| = |A| + |B|$$



IEC 112/10



IEC 113/10

Figure 5 – Package warpage

## **4 Sample**

### **4.1 Sample size**

At least three samples are required for each measurement condition.

### **4.2 Solder ball removal**

If the measurement method of the package warpage requires the elimination of the solder balls from a package, it is recommended to use mechanical removal rather than hot reflow. If the samples are prepared without solder balls for the convenience of the measurement, the package shall be subjected to the thermal history of the solder ball attachment process.

### **4.3 Pretreatment conditions**

The bake and moisture soak conditions shall conform to the moisture sensitivity level specified in IEC 60749-20. The peak temperature of the package warpage measurement shall meet the specification of the product.

### **4.4 Maximum time after pretreatment until measurement**

It is recommended to measure the warpage no longer than 5 h after the pretreatment.

### **4.5 Repetition of the reflow cycles for the sample**

The same sample shall not be subjected to the repetition of the reflow cycles. The sample can only be subjected to more than one cycle of reflow for remeasurement, if reproducibility of test data was evaluated prior to the test.

## **5 Measurement**

### **5.1 General description**

The package warpage is measured by “shadow moiré method” or “laser reflection method”.

Samples are subjected to heating and cooling while measuring the package warpage at the temperatures specified in 5.2. The measurement points shall not be on the crown of solder balls but on the substrate surface of the package. Only when the behaviour of the top surface of the package (mostly marking surface) is verified to coincide with that of the substrate surface, the measurement on the top surface is allowed.

### **5.2 Temperature profile and the temperatures for measurements**

**5.2.1** The temperature profile for the warpage measurement does not necessarily simulate that for production. Higher priorities are placed on

- maintaining the temperature constant during the measurement,
- never exposing the samples more than necessary duration at high temperature. Samples shall be proceeded to the next measurement as soon as possible,
- avoiding a temperature surge to prevent the overshoot, and
- minimizing the temperature difference between the top and bottom surfaces.

**5.2.2** The temperatures for measurements are

- room temperature,
- melting point,
- peak temperature,

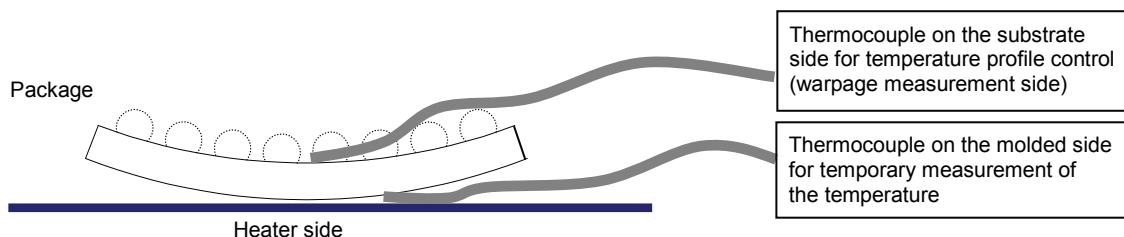
- solidification point, and
- room temperature after cool down.

The melting point and the solidification point are 220 °C for Sn-3,0Ag-0,5Cu solder as a reference. Other solder composites may take different temperatures. The peak temperature basically conforms to the package classifications specified in IEC 60749-20, but to be exact, it shall follow the supplier's recommended max temperature.

**5.2.3** It is recommended that a thermocouple of gauge 30 ( $\phi 0,25$  mm) or flat tip type be used.

**5.2.4** The thermocouple is attached on the center of the package body using either thermally conductive epoxy or heat-resistant polyimide tape. When polyimide tape is used, thermally conductive sheet shall be applied between the thermocouple bead and the package surface to enhance thermal conductivity as a thermal interface material.

**5.2.5** When a measuring instrument is being set up, the temperature of the molded side of the package facing a heater is also measured. The temperature difference from the substrate surface shall preferably be less than 10 °C by adjusting the heating mechanism and the temperature profile.



IEC 114/10

**Figure 6 – Thermocouple placement**

### 5.3 Measurement method

#### 5.3.1 Shadow moiré method

Solder balls shall be removed prior to the measurement on the substrate surface. Measurements are conducted by placing the grating [low coefficient of thermal expansion (CTE) glass with transparent and opaque stripes] parallel to the sample. Then, the projection of light beam at an angle of approximately 45 ° through the grating produces the stripe pattern on the sample. Observation of the stripe pattern through the grating results in the moiré fringe pattern (geometric interference pattern). Image processing and the analysis of the patterns provide the displacement from planarity over the substrate surface. The instrument is capable of setting the measuring area and measuring the warpage at elevated temperatures including the peak temperature.

#### 5.3.2 Laser reflection method

Solder balls shall be removed when the solder ball pitch is not large enough for laser beam to measure the warpage on the substrate surface. Samples are placed on the measurement table. The displacement from the flatness is measured by the laser displacement sensor. The warpage is generally measured by scanning the laser beam over the terminal lands or between balls throughout the measuring area. The grid pitch of the measurement points is preferably less than the solder ball pitch. The instrument is capable of setting the measuring area and measuring the warpage at elevated temperatures including the peak temperature.

### 5.3.3 Data analysis (data table, diagonal scan graph, 3D plot graph)

The magnitude of the warpage is obtained from the data table of the measurements or 3D plot graph (warpage distribution diagram over the measuring area). Then the sign of the warpage (warpage direction) is determined from the diagonal scan graph and precedes the value.

## 6 Maximum permissible package warpage at elevated temperature

Table 1 shows the maximum permissible package warpages (absolute values) for BGA specified in IEC 60191-6-2 and FBGA specified in IEC60191-6-5. Standoff heights A1 are quoted from these standards.

Table 2 shows the maximum permissible package warpages (absolute values) for FLGA.

**Table 1 – Maximum permissible package warpages for BGA and FBGA**

Unit: mm

|                                                      |      |      |      |      |      |      |
|------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Solder ball pitch (e)                                | 0,4  | 0,5  | 0,65 | 0,8  | 1,0  | 1,27 |
| Standoff height (A1)                                 | 0,20 | 0,25 | 0,33 | 0,40 | 0,50 | 0,60 |
| Maximum permissible package warpage (absolute value) | 0,10 | 0,11 | 0,14 | 0,17 | 0,22 | 0,25 |

**Table 2 – Maximum permissible package warpages for FLGA**

Unit: mm

|                                                      |      |      |      |      |
|------------------------------------------------------|------|------|------|------|
| Land pitch (e)                                       | 0,4  | 0,5  | 0,65 | 0,8  |
| Condition of thickness of molten solder paste        | 0,08 | 0,10 | 0,11 | 0,13 |
| Maximum permissible package warpage (Absolute value) | 0,08 | 0,10 | 0,11 | 0,13 |

## 7 Recommended datasheet for the package warpage

### 7.1 Measurement temperatures for data sheet

Typical measurement temperatures for datasheet are room temperature, melting point, peak temperature, solidification point, and room temperature after cooling.

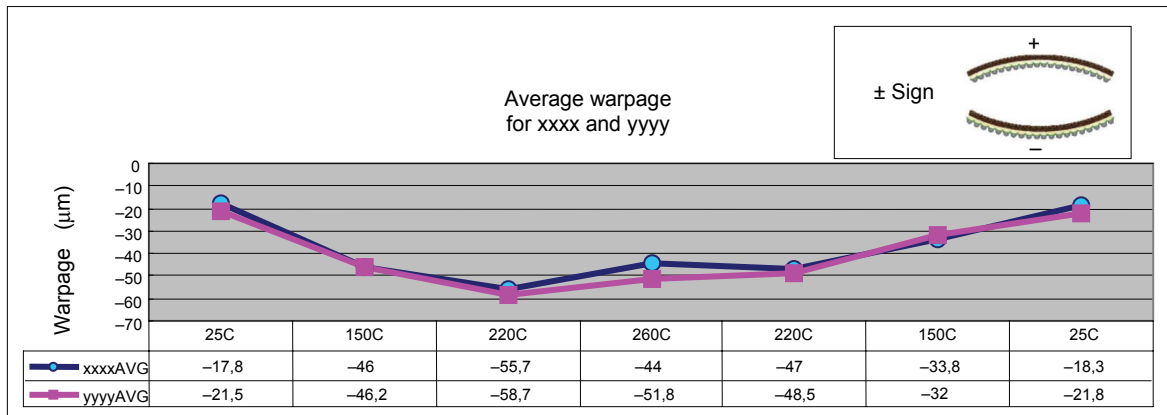
### 7.2 Datasheet

Datasheet is composed of

- temperature dependency of the package warpage (see Figure 7),
- surface topography at each temperature in 3D plots (optional). (If the sign of warpage is opposite, explanation is required; see Figure 8.),
- diagonal profile of the package at each temperature (optional). (If the sign of warpage is opposite, explanation is required; see Figure 8.),
- explanatory figure of the sign of the package warpage (optional), and
- temperature profile for measurement.

### 7.3 Example of datasheets

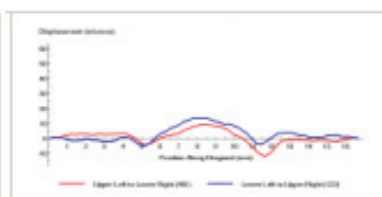
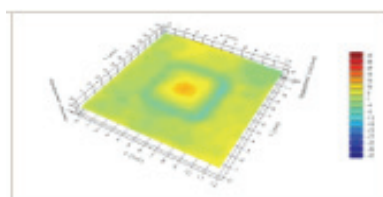
See Figure 7 for temperature dependency of the package warpage.



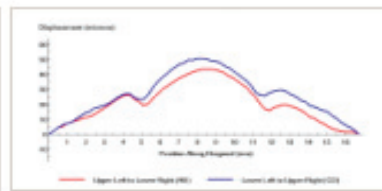
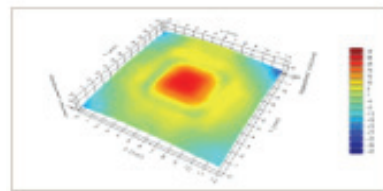
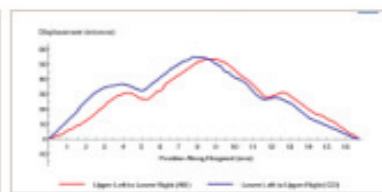
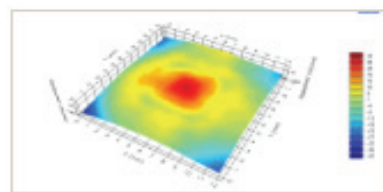
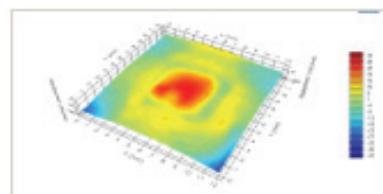
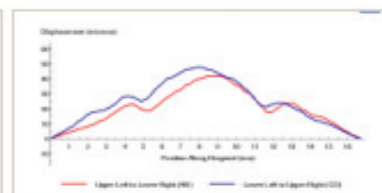
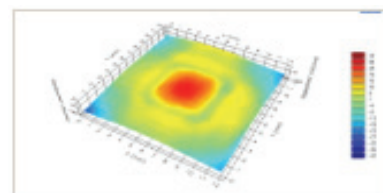
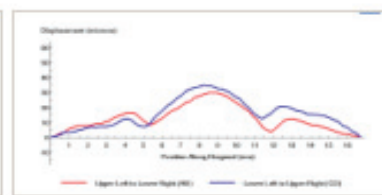
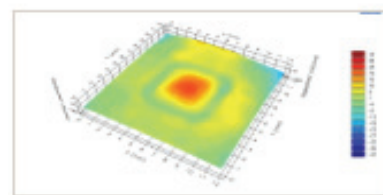
IEC 115/10

Figure 7 – Temperature dependency of the package warpage

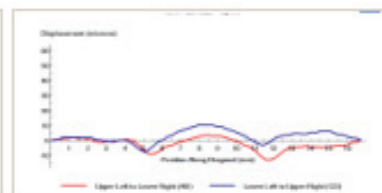
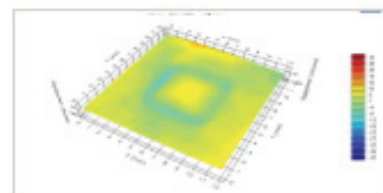
Room temperature



Warpage

(150 °C)  
(preheat temperature)  
(for reference)220 °C  
Melting point260 °C  
Peak temperature220 °C  
Solidification point(150 °C)  
(T<sub>g</sub> of PWB)  
(for reference)

Room temperature



NOTE The signs in the 3D plots and in the diagonal profile are opposite from the package warpage sign due to the dead bug position in the measurement.



IEC 116/10

Figure 8 – Recommended datasheet

## SOMMAIRE

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS .....                                                                                                      | 15 |
| 1 Domaine d'application .....                                                                                           | 17 |
| 2 Références normatives .....                                                                                           | 17 |
| 3 Termes et définitions .....                                                                                           | 17 |
| 4 Echantillon .....                                                                                                     | 21 |
| 4.1 Nombre d'échantillons .....                                                                                         | 21 |
| 4.2 Elimination des billes de brasage .....                                                                             | 21 |
| 4.3 Conditions de traitement préliminaire .....                                                                         | 21 |
| 4.4 Temps maximal entre le traitement préliminaire et le mesurage .....                                                 | 21 |
| 4.5 Répétition des cycles de refusion pour l'échantillon .....                                                          | 21 |
| 5 Mesurage .....                                                                                                        | 21 |
| 5.1 Description générale .....                                                                                          | 21 |
| 5.2 Profil de température et températures pour les mesures .....                                                        | 21 |
| 5.3 Méthode de mesure .....                                                                                             | 22 |
| 5.3.1 Méthode par ombroscopie de moiré .....                                                                            | 22 |
| 5.3.2 Méthode par réflexion laser .....                                                                                 | 23 |
| 5.3.3 Analyse des données (table de données, graphique à balayage<br>diagonal, graphique à tracé tridimensionnel) ..... | 23 |
| 6 Gauchissement maximum admissible des boîtiers à température élevée .....                                              | 23 |
| 7 Fiche technique recommandée pour le gauchissement des boîtiers .....                                                  | 23 |
| 7.1 Températures de mesure pour la fiche technique .....                                                                | 23 |
| 7.2 Fiche technique .....                                                                                               | 24 |
| 7.3 Exemple de fiches techniques .....                                                                                  | 24 |
| Figure 1 – Surface de mesure des BGA et FBGA à configuration matricielle intégrale .....                                | 18 |
| Figure 2 – Surface de mesure de la configuration périmétrique des BGA et FBGA à 4<br>rangées et 4 colonnes .....        | 18 |
| Figure 3 – Surface de mesure de la configuration périmétrique des FLGA à 4 rangées<br>et 4 colonnes .....               | 19 |
| Figure 4 – Calcul du signe du gauchissement des boîtiers .....                                                          | 20 |
| Figure 5 – Gauchissement des boîtiers .....                                                                             | 20 |
| Figure 6 – Mise en place du thermocouple .....                                                                          | 22 |
| Figure 7 – Dépendance à la température du gauchissement des boîtiers .....                                              | 24 |
| Figure 8 – Fiche technique recommandée .....                                                                            | 25 |
| Tableau 1 – Gauchissements maximum admissibles des boîtiers BGA et FBGA .....                                           | 23 |
| Tableau 2 – Gauchissements maximum admissibles des boîtiers FLGA .....                                                  | 23 |

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## NORMALISATION MÉCANIQUE DES DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –

### Partie 6-19: Méthodes de mesure du gauchissement des boîtiers à température élevée et du gauchissement maximum admissible

#### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI 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, la CEI – 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 la CEI"). 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme Internationale CEI 60191-6-19 a été établie par le sous-comité 47D: Normalisation mécanique des dispositifs à semiconducteurs, du comité d'études 47 de la CEI: Dispositifs à semiconducteurs.

La présente norme annule et remplace l'IEC/PAS 60191-6-19 publié en 2008. Cette première édition constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| FDIS         | Rapport de vote |
|--------------|-----------------|
| 47D/757/FDIS | 47D/764/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/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60191, sous le titre général *Normalisation mécanique des dispositifs à semiconducteurs*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

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 la CEI 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. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.**

## NORMALISATION MÉCANIQUE DES DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –

### Partie 6-19: Méthodes de mesure du gauchissement des boîtiers à température élevée et du gauchissement maximum admissible

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60191 couvre les exigences relatives aux méthodes de mesure du gauchissement des boîtiers à température élevée et du gauchissement maximum admissible pour les boîtiers BGA<sup>1</sup>, FBGA<sup>2</sup> et FLGA<sup>3</sup>.

#### 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique.

CEI 60191-6-2, *Normalisation mécanique des dispositifs à semiconducteurs – Partie 6-2: Règles générales pour la préparation de 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 de 1,00 mm*

CEI 60191-6-5, *Normalisation mécanique des dispositifs à semiconducteurs – Partie 6-5: Règles générales pour la préparation de dessins d'encombrement des dispositifs à semiconducteurs pour montage en surface – Guide de conception pour les boîtiers matriciels à billes et à pas fins (FBGA)*

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

#### 3 Termes et définitions

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

##### 3.1

##### surface de mesure

surface à mesurer pour déterminer le gauchissement des boîtiers

- surface de la borne existante délimitée par les lignes qui relient les axes des billes de brasage voisines les plus à l'extérieur pour les boîtiers dont la hauteur d'élévation est supérieure à 0,1 mm, tels que les BGA et les FBGA

NOTE Des exemples de surface de mesure sont montrés dans la Figure 1 et Figure 2. Si des billes sont présentes au niveau de l'axe des boîtiers, leur surface est également considérée comme partie intégrante des surfaces de mesure.

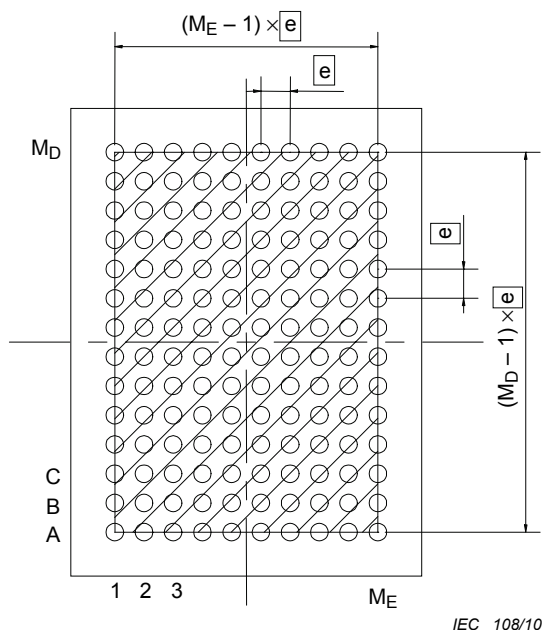
- surface du substrat, sauf une certaine marge pour les boîtiers dont la hauteur d'élévation est à 0,1 mm ou moins, tels que les FLGA

NOTE Des exemples de surface de mesure sont montrés dans la Figure 3. La largeur de cette marge  $L$  dépend de la capacité de chaque instrument de mesure ( $L = 0,2$  mm est recommandée)

<sup>1</sup> BGA = *Ball Grid Array*.

<sup>2</sup> FBGA = *Fine-pitch Ball Grid Array*.

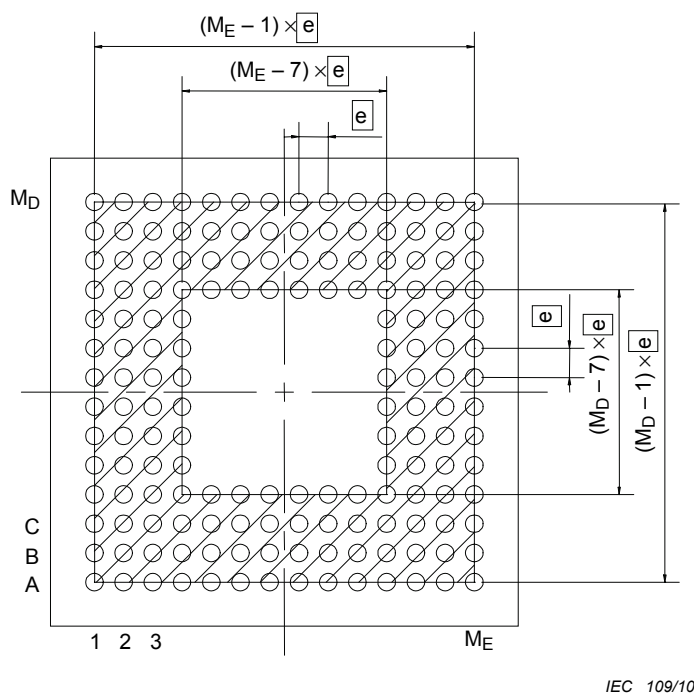
<sup>3</sup> FLGA = *Fine-pitch Land Grid Array*.



NOTE 1) La zone hachurée indique la surface de mesure.

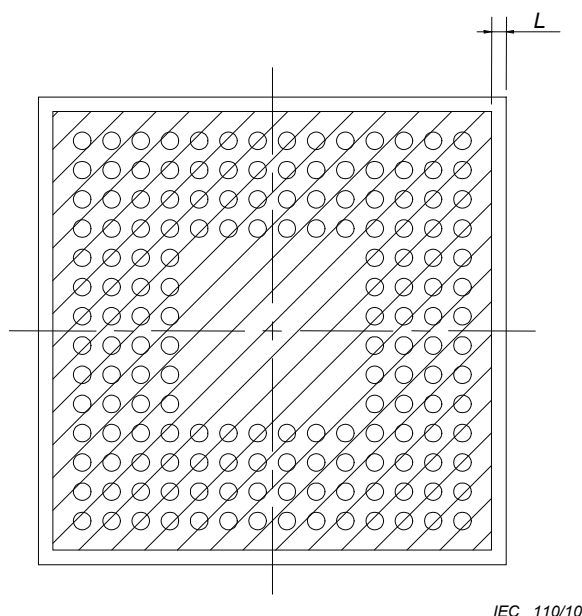
2) Les symboles dans cette figure sont spécifiés pour le guide de conception du FBGA (IEC 60191- 6-5).

**Figure 1 – Surface de mesure des BGA et FBGA à configuration matricielle intégrale**



NOTE Les symboles dans cette figure sont spécifiés pour le guide de conception du FBGA (IEC 60191-6-5).

**Figure 2 – Surface de mesure de la configuration périmétrique des BGA et FBGA à 4 rangées et 4 colonnes**



NOTE La marge latérale  $L$  désigne la surface exempte de mesurage afin d'éviter tout bruit de mesurage selon la capacité de l'instrument. Marge latérale recommandée  $L = 0,2 \text{ mm}$ .

**Figure 3 – Surface de mesure de la configuration périmétrique des FLGA à 4 rangées et 4 colonnes**

### 3.2

#### **gauchissement convexe**

surface supérieure incurvée (non pas la face d'interconnexion) d'un boîtier monté sur carte imprimée dans laquelle, le signe du gauchissement convexe est positif

### 3.3

#### **gauchissement concave**

surface supérieure incurvée vers l'intérieur (non pas la face d'interconnexion) d'un boîtier monté sur carte imprimée dans laquelle, le signe du gauchissement concave est négatif

### 3.4

#### **signe du gauchissement des boîtiers**

signe positif ou négatif du gauchissement des boîtiers déterminé par le signe de la somme du déplacement positif maximal et du déplacement négatif maximal du profil des boîtiers sur les deux diagonales de la surface de mesure, qui sont considérées comme des lignes de référence qui relient les angles opposés les plus à l'extérieur de la surface de mesure, résultant ainsi comme le signe de

$$(AB_{\text{MAX}} + AB_{\text{MIN}} + CD_{\text{MAX}} + CD_{\text{MIN}})$$

où

$AB_{\text{MAX}}$  est le déplacement positif maximal;

$AB_{\text{MIN}}$  est le déplacement négatif maximal du profil des boîtiers sur la diagonale AB;

$CD_{\text{MAX}}$  est le déplacement positif maximal; et

$CD_{\text{MIN}}$  est le déplacement négatif maximal du profil des boîtiers sur la diagonale CD.

NOTE Dans la Figure 4, les signes de  $AB_{MAX}$ ,  $AB_{MIN}$ ,  $CD_{MAX}$  et  $CD_{MIN}$  sont respectivement, positif, nul, positif et négatif. L'impression concave ou convexe du gauchissement des boîtiers peut différer du signe défini ci-dessus, dans un cas critique.

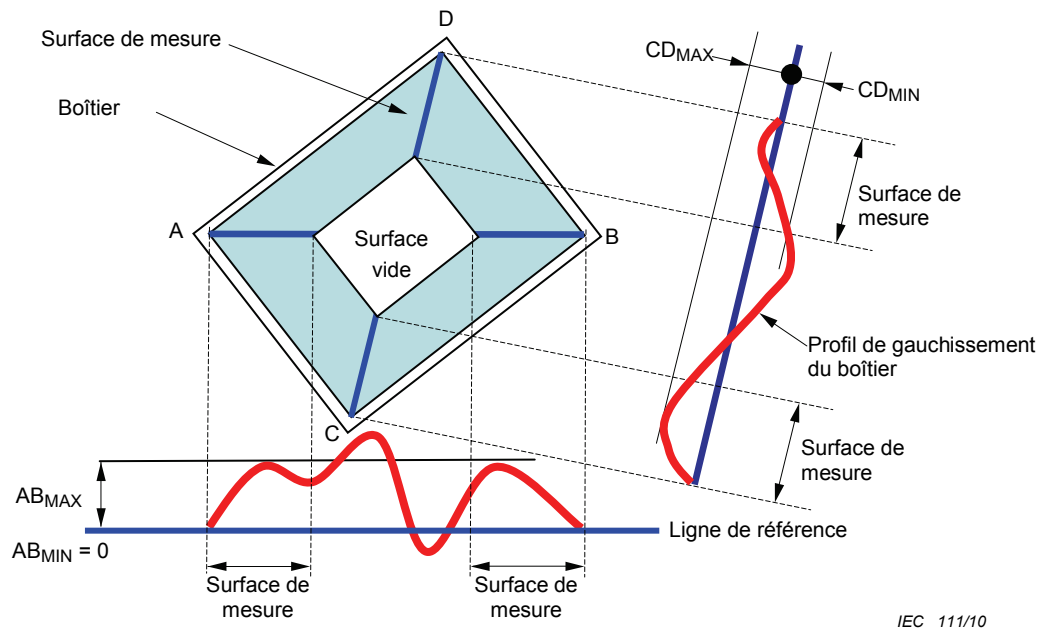


Figure 4 – Calcul du signe du gauchissement des boîtiers

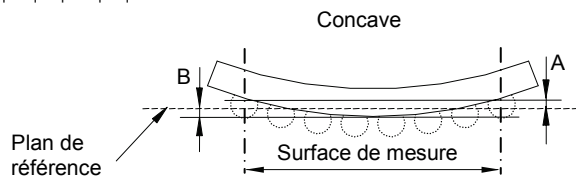
### 3.5

#### gauchissement des boîtiers

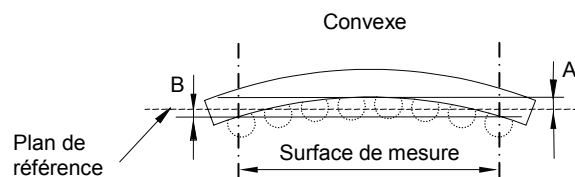
différence des déplacements positif et négatif maximum du gauchissement des boîtiers sur la surface de mesure par rapport au plan de référence, précédée du signe dudit gauchissement des boîtiers, dont le plan de référence est obtenu en appliquant la méthode des moindres carrés avec les données relatives à la surface de mesure

NOTE Par exemple, la valeur absolue du gauchissement des boîtiers  $|C|$  est obtenue par la somme de la valeur absolue du déplacement positif maximal  $|A|$  et celle du déplacement négatif maximal  $|B|$ . Cette valeur tient compte du plan de référence obtenu par la méthode des moindres carrés, comme l'illustre à la Figure 5. Le signe du gauchissement des boîtiers précède la valeur  $|C|$ .

$$|C| = |A| + |B|$$



IEC 112/10



IEC 113/10

Figure 5 – Gauchissement des boîtiers

## **4 Echantillon**

### **4.1 Nombre d'échantillons**

Chaque condition de mesure requiert au moins trois échantillons.

### **4.2 Elimination des billes de brasage**

Si la méthode de mesure du gauchissement des boîtiers nécessite l'élimination des billes de brasage d'un boîtier particulier, il est recommandé d'utiliser un procédé d'élimination mécanique plutôt qu'un procédé de refusion à chaud. Si les échantillons sont préparés sans billes de brasage pour effectuer le mesurage dans de bonnes conditions, le boîtier doit être soumis à l'antécédent thermique du procédé de fixation des billes de brasage.

### **4.3 Conditions de traitement préliminaire**

Les conditions d'étuvage et d'absorption d'humidité doivent être conformes au niveau de sensibilité à l'humidité spécifié dans la CEI 60749-20. La température de crête applicable au mesurage du gauchissement des boîtiers doit satisfaire à la spécification du produit.

### **4.4 Temps maximal entre le traitement préliminaire et le mesurage**

Il est recommandé de mesurer le gauchissement dans un délai maximum de 5 h après le traitement préliminaire.

### **4.5 Répétition des cycles de refusion pour l'échantillon**

Le même échantillon ne doit pas être soumis à la répétition des cycles de refusion. L'échantillon peut être soumis uniquement à deux cycles ou plus de refusion aux fins d'un nouveau mesurage, si la reproductibilité des données d'essai a été évaluée préalablement à l'essai.

## **5 Mesurage**

### **5.1 Description générale**

Le gauchissement des boîtiers est mesuré par "méthode par ombroscopie de moiré" ou par "méthode par réflexion laser".

Les échantillons sont soumis à un échauffement et à un refroidissement tout en mesurant le gauchissement des boîtiers aux températures spécifiées en 5.2. Les points de mesure ne doivent pas se situer sur la couronne des billes de brasage, mais plutôt sur la surface du substrat du boîtier. Le mesurage à la surface supérieure est admis uniquement lorsqu'il est vérifié que le comportement de ladite surface du boîtier (principalement la surface de marquage) correspond à celui de la surface du substrat.

### **5.2 Profil de température et températures pour les mesures**

**5.2.1** Le profil de température pour le mesurage du gauchissement ne simule pas nécessairement le profil de production. Une priorité absolue est accordée

- au maintien d'une température constante pendant le mesurage,
- à une exposition des échantillons dont la durée ne dépasse jamais la durée nécessaire à une température élevée. Les échantillons doivent être soumis au mesurage suivant le plus rapidement possible,
- à la prévention de toute augmentation de température subite de manière à prévenir toute surchauffe, et

- à une réduction minimale de la différence de température entre les surfaces supérieure et inférieure.

### 5.2.2 Les températures utilisées pour les mesures sont les suivantes

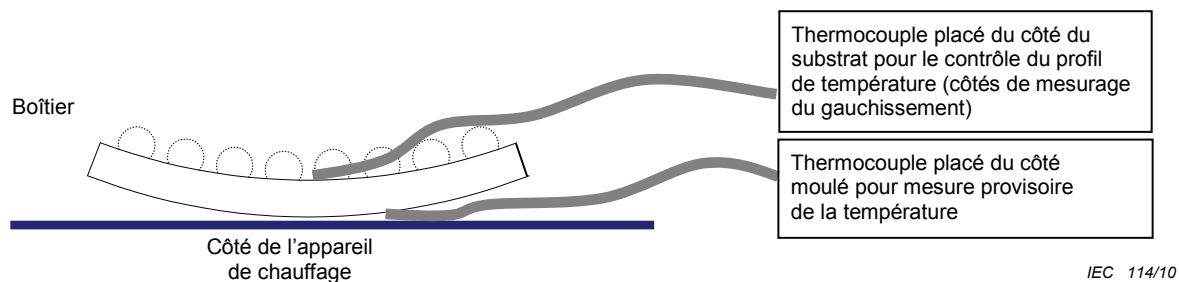
- la température ambiante,
- le point de fusion,
- la température de crête,
- le point de solidification, et
- la température ambiante après refroidissement.

Le point de fusion et le point de solidification correspondent à une température de 220 °C pour un brasage Sn-3,0Ag-0,5Cu de référence. Différentes températures peuvent être utilisées pour d'autres composites de brasage. La température de crête est fondamentalement conforme aux classifications des boîtiers spécifiées dans la CEI 60749-20, mais pour être exacte, elle doit respecter la température maximale recommandée par le fournisseur.

**5.2.3** Il est recommandé d'utiliser un thermocouple de calibre 30 ( $\phi 0,25$  mm) ou de type à extrémité plate.

**5.2.4** Le thermocouple est fixé au centre du corps du boîtier à l'aide d'une résine époxyde à conduction thermique ou d'un ruban polyimide thermorésistant. Lorsque du ruban polyimide est utilisé, une plaque à conduction thermique doit être appliquée entre le cordon du thermocouple et la surface du boîtier afin d'améliorer la conductivité thermique, et ce, en qualité de matériau d'interface thermique.

**5.2.5** En cas d'installation d'un instrument de mesure, la température du côté moulé du boîtier faisant face à un appareil de chauffage est également mesurée. La différence de température par rapport à la surface du substrat doit être inférieure à 10 °C en réglant le mécanisme de chauffage et en ajustant le profil de température.



**Figure 6 – Mise en place du thermocouple**

## 5.3 Méthode de mesure

### 5.3.1 Méthode par ombroscopie de moiré

Les billes de brasage doivent être éliminées avant d'effectuer le mesurage sur la surface du substrat. Les mesures sont effectuées en disposant la grille [verre à faible coefficient de dilatation thermique (CDT) à bandes transparentes et opaques] parallèlement à l'échantillon. La projection du faisceau lumineux à travers la grille à un angle d'environ 45 ° génère alors le motif des bandes sur l'échantillon. L'observation du motif des bandes à travers la grille produit le motif à franges de moiré (moiré d'interférence géométrique). Le traitement des images et l'analyse des motifs produisent l'écart de planéité sur la surface du substrat. L'instrument est capable de définir la surface de mesure et de déterminer le gauchissement à des températures élevées, y compris la température de crête.

### 5.3.2 Méthode par réflexion laser

Les billes de brasage doivent être éliminées lorsque le pas de ces dernières ne permet pas au faisceau laser de mesurer le gauchissement sur la surface du substrat. Les échantillons sont placés sur la table de mesure. Le capteur de déplacement laser permet de mesurer l'écart de planéité. Le gauchissement est généralement mesuré par un balayage du faisceau laser sur les zones de contact des sorties ou entre les billes sur toute la surface de mesure. Le pas de grille des points de mesure est de préférence inférieur au pas des billes de brasage. L'instrument est capable de définir la surface de mesure et de déterminer le gauchissement à des températures élevées, y compris la température de crête.

### 5.3.3 Analyse des données (table de données, graphique à balayage diagonal, graphique à tracé tridimensionnel)

L'amplitude du gauchissement est obtenue à partir de la table de données des mesurages ou du graphique à tracé tridimensionnel (diagramme de répartition du gauchissement sur la surface de mesure). Le signe du gauchissement (direction de gauchissement), qui précède la valeur, est alors déterminé à partir du graphique à balayage diagonal.

## 6 Gauchissement maximum admissible des boîtiers à température élevée

Le Tableau 1 indique les gauchissements maximum admissibles des boîtiers (valeurs absolues) pour les BGA spécifiés dans la CEI 60191-6-2 et pour les FBGA spécifiés dans la CEI 60191-6-5. Les hauteurs d'élévation A1 sont celles citées dans ces normes.

Le Tableau 2 indique les gauchissements maximum admissibles des boîtiers (valeurs absolues) pour les FLGA.

**Tableau 1 – Gauchissements maximum admissibles des boîtiers BGA et FBGA**

Unité: mm

|                                                                |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Pas des billes de brasage (e)                                  | 0,4  | 0,5  | 0,65 | 0,8  | 1,0  | 1,27 |
| Hauteur d'élévation (A1)                                       | 0,20 | 0,25 | 0,33 | 0,40 | 0,50 | 0,60 |
| Gauchissement maximum admissible des boîtiers (valeur absolue) | 0,10 | 0,11 | 0,14 | 0,17 | 0,22 | 0,25 |

**Tableau 2 – Gauchissements maximum admissibles des boîtiers FLGA**

Unité: mm

|                                                                |      |      |      |      |
|----------------------------------------------------------------|------|------|------|------|
| Pas des zones de contact (e)                                   | 0,4  | 0,5  | 0,65 | 0,8  |
| Etat d'épaisseur de la pâte de soudure fondue                  | 0,08 | 0,10 | 0,11 | 0,13 |
| Gauchissement maximum admissible des boîtiers (valeur absolue) | 0,08 | 0,10 | 0,11 | 0,13 |

## 7 Fiche technique recommandée pour le gauchissement des boîtiers

### 7.1 Températures de mesure pour la fiche technique

La température ambiante, le point de fusion, la température de crête, le point de solidification et la température ambiante après refroidissement constituent les températures de mesure types à indiquer sur la fiche technique.

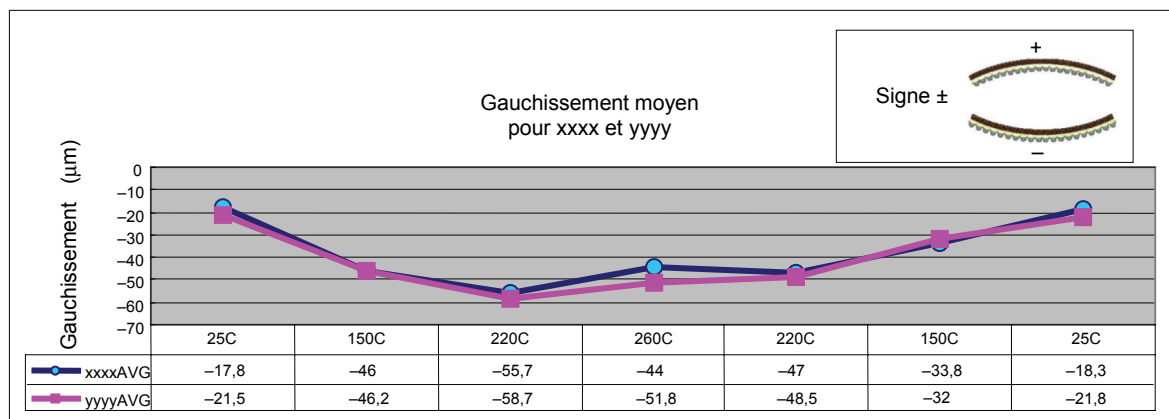
## 7.2 Fiche technique

Elle comporte les éléments suivants

- la dépendance à la température du gauchissement des boîtiers (voir Figure 7),
- la topographie de surface à chaque température dans le cas des tracés tridimensionnels (facultatif). (Si le signe du gauchissement est opposé, une explication se révèle nécessaire; voir Figure 8.),
- le profil diagonal du boîtier à chaque température (facultatif). (Si le signe du gauchissement est opposé, une explication se révèle nécessaire; voir Figure 8.),
- une figure explicative du signe du gauchissement du boîtier (facultatif), et
- le profil de température pour le mesurage.

## 7.3 Exemple de fiches techniques

Voir la Figure 7 pour la dépendance à la température du gauchissement des boîtiers.

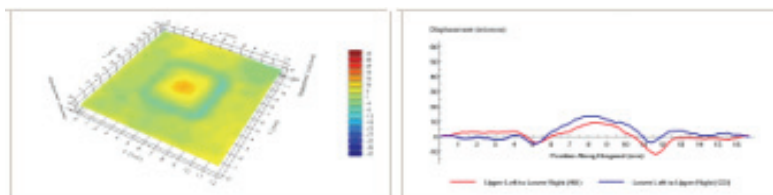


IEC 115/10

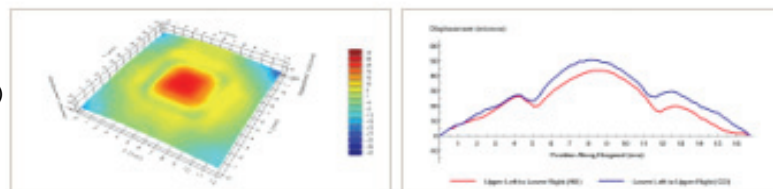
**Figure 7 – Dépendance à la température du gauchissement des boîtiers**

Gauchissement

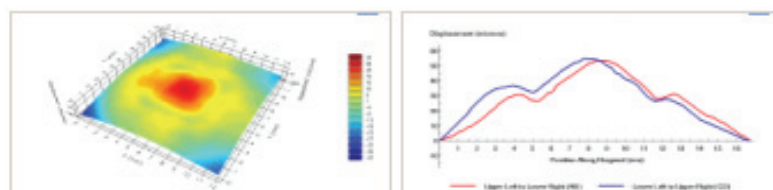
Température ambiante



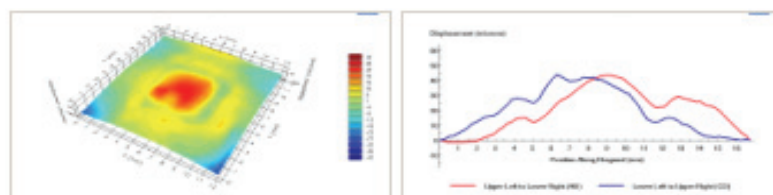
(150 °C)  
(température de préchauffage)  
(pour référence)



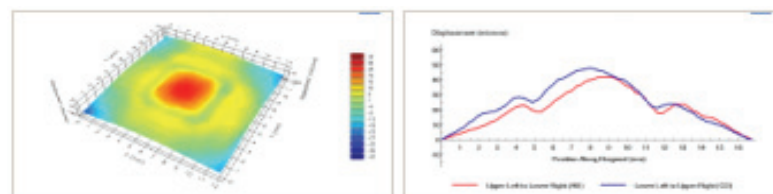
220 °C  
Point de fusion



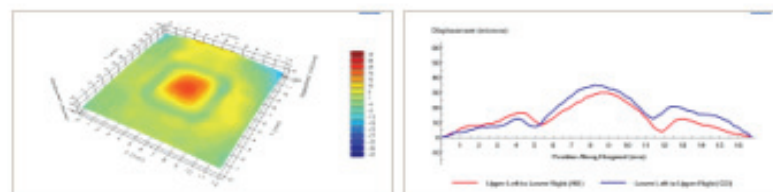
260 °C  
Température de crête



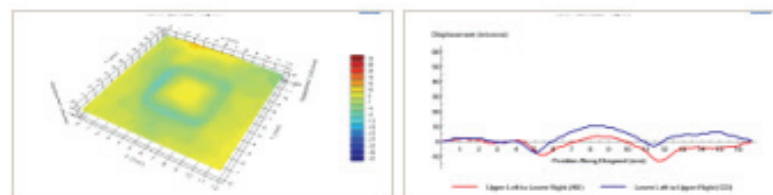
220 °C  
Point de solidification



(150 °C)  
(Tg de carte imprimée)  
(pour référence)



Température ambiante



NOTE Les signes obtenus avec les tracés tridimensionnels et le profil diagonal sont opposés au signe de gauchissement des boîtiers, du fait de la position d'erreur du mesurage.



IEC 116/10

Figure 8 – Fiche technique recommandée





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](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)