IEC 61191-6

Edition 1.0 2010-01

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

Printed board assemblies –
Part 6: Evaluation criteria for voids in soldered joints of BGA and LGA and measurement method

Ensembles de cartes imprimées –
Partie 6: Critères d'évaluation des vides dans les joints brasés des boîtiers BGA et LGA et méthode de mesure

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

W

ICS 31.180

ISBN 978-2-88910-439-0

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

CONTENTS

FOREWORD 4
INTRODUCTION 6
1 Scope 7
2 Normative references 7
3 Terms and definitions 7
4 Voids in solder joints 8
4.1 General 8
4.2 Sources of voids 8
4.3 Impact of voids 9
4.4 Void detection 9
4.5 Void classification 9
5 Measurement 10
5.1 X-ray transmission equipment 10
5.2 Measuring environment 10
5.3 Measurement procedure 10
5.4 Record of the measured value 11
5.5 Considerations on measurement 11
5.5.1 X-ray intensity for void detection 11
5.5.2 Detection of real edge 11
5.5.3 Verification of measurement results 11
6 Void occupancy 11
6.1 Calculation of void occupancy 11
6.2 Void occupancy for multiple voids 14
7 Evaluation 14
7.1 Soldered joints to be evaluated 14
7.2 Evaluation of thermal life cycle decreased due to voids 14
7.3 Evaluation criteria for voids 15
Annex A (informative) Experimental results and simulation of voids and decrease of life due to thermal stress 16
Annex B (informative) X-ray transmission equipment 20
Annex C (informative) Voids in BGA solder ball 22
Annex D (informative) Measurement using X-ray transmission imaging 34
Bibliography 38

Figure 1 – Void occupancy 13
Figure 2 – Voids in a soldered joint 15
Figure A.1 – BGA soldered joint, Sn-Ag-Cu 17
Figure A.2 – BGA soldered joint, Sn-Zn 17
Figure A.3 – LGA soldered joint 18
Figure B.1 – Construction of the equipment 20
Figure C.1 – Small voids clustered in mass at the ball-to-land interface 26
Figure C.2 – X-ray image of solder balls with voids 27
Figure C.3 – Example of voided area at land and board interface 27
Figure C.4 – Voids in BGAs with crack started at corner lead 31

Figure D.1 – X-ray transmission imaging 35
Figure D.2 – X-ray transmission imaging of solder joint 36
Figure D.3 – Typical X-ray transmission images of solder joint 36

Table 1 – Void classification 9
Table 2 – Examples of Cross-section of joint and void occupancy 14
Table A.1 – Fatigue life reduced by voids in soldered joint of BGA 17
Table A.2 – Fatigue life reduced by voids in soldered joint of LGA 18
Table A.3 – Voids evaluation criteria for soldered joints of BGA 19
Table A.4 – Voids evaluation criteria for soldered joints of LGA 19
Table C.1 – Void classification 27
Table C.2 – Corrective action indicator for lands used with 1,5 mm, 1,27 mm or 1,0 mm pitch 28
Table C.3 – Corrective action indicator for lands used with 0,8 mm, 0,65 mm or 0,5 mm pitch 30
Table C.4 – Corrective action indicator for micro-via in-pad lands used with 0,5 mm, 0,4 mm or 0,3 mm pitch 32
Table C.5 – Ball-to-void size image comparison for common ball contact diameters 33
Table C.6 – *C* = 0 sampling plan (sample size for specific index value) 33

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PRINTED BOARD ASSEMBLIES –

Part 6: Evaluation criteria for voids in soldered joints of BGA and LGA and measurement method

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 61191-6 has been prepared by IEC technical committee 91: Electronics assembly technology.

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

FDIS	Report on voting
91/897/FDIS	91/909/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 of the IEC 61191 series, under the general title *Printed board assemblies*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result 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.

INTRODUCTION

The necessity for the evaluation of voids in soldered joints increases in the industry because the voids may affect the reliability of joints as the devices get smaller. As the number of interconnections increases the reliability per joint must also increase.

This subject has been discussed in some countries and trade organizations, and specific proposals have been made for classification or evaluation of voids to develop process guidelines. The same subject is also studied in academia to find correlation between voids and reliability of a joint. Appreciable findings are now available from the reliability study including relation between shapes of voids and degradation of life due to voids in a joint in thermal cycle stress.

Based on the information available, we developed evaluation criteria of voids in soldered joints for BGA (Ball Grid Array) and LGA (Land Grid Array) and a measurement method.

PRINTED BOARD ASSEMBLIES –

Part 6: Evaluation criteria for voids in soldered joints of BGA and LGA and measurement method

1 Scope

This part of IEC 61191 specifies the evaluation criteria for voids on the scale of the thermal cycle life, and the measurement method of voids using X-ray observation. This part of IEC 61191 is applicable to the voids generated in the solder joints of BGA and LGA soldered on a board. This part of IEC 61191 is not applicable to the BGA package itself before it is assembled on a board.

This standard is applicable also to devices having joints made by melt and re-solidification, such as flip chip devices and multi-chip modules, in addition to BGA and LGA. This standard is not applicable to joints with under-fill between a device and a board, or to solder joints within a device package.

This standard is applicable to macrovoids of the sizes of from 10 µm to several hundred micrometres generated in a soldered joint, but is not applicable to smaller voids (typically, planar microvoids) with a size of smaller than 10 µm in diameter.

This standard is intended for evaluation purposes and is applicable to

– research studies,

– off-line production process control and

– reliability assessment of assembly

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 (including any amendments) applies.

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

IEC 60194:2006, *Printed board design, manufacture and assembly – Terms and definitions*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 42
INTRODUCTION 44
1 Domaine d'application 45
2 Références normatives 45
3 Termes et définitions 45
4 Vides dans les joints de brasures 46
4.1 Généralité 46
4.2 Sources des Vides 46
4.3 Impact des vides 47
4.4 Détection des vides 47
4.5 Classification des vides 47
5 Mesure 48
5.1 Matériel de transmission à rayons X 48
5.2 Environnement de mesure 49
5.3 Procédure de mesure 49
5.4 Enregistrement de la valeur mesurée 49
5.5 Considérations sur la mesure 50
5.5.1 Intensité des rayons X pour la détection des vides 50
5.5.2 Détermination de la taille réelle 50
5.5.3 Confirmation des résultats de mesure 50
6 Occupation du vide 50
6.1 Calcul de l'occupation du vide 50
6.2 Occupation du vide pour vides multiples 52
7 Évaluation 52
7.1 Joints brasés à évaluer 52
7.2 Evaluation de la durée de vie du cycle thermique amoindri par la présence de vides< 52
7.3 Critères d'évaluation des vides 53
Annexe A (informative) Simulation et résultats expérimentaux des vides et diminution de la durée de vie à cause de la contrainte thermique 54
Annexe B (informative) Equipement de transmission à rayons X 58
Annexe C (informative) Vides dans la boule de brasure du BGA 60
Annexe D (informative) Mesure utilisant l'imagerie par émission de rayons X 72
Bibliographie 76

Figure 1 – Occupation du vide 51
Figure 2 – Vides dans un joint brasé 53
Figure A.1 – Joint brasé de BGA, Sn-Ag-Cu 55
Figure A.2 – Joint brasé de BGA, Sn-Zn 55
Figure A.3 – Joint brasé de LGA 56
Figure B.1 – Structure de l'équipement 58
Figure C.1 – Petits vides regroupés en masse au niveau de l'interface boule à pastille 65
Figure C.2 – Image aux rayons X de boules de brasure comportant des vides 65
Figure C.3 – Exemple de zone de vide au niveau de l'interface pastille à carte 66

Figure C.4 – Vides dans les BGA comportant une fissure débutant au niveau du bord de la sortie 69
Figure D.1 – Imagerie par émission de rayons X 73
Figure D.2 – Imagerie par émission de rayon X du joint de brasure 74
Figure D.3 – Images typiques de joint de brasure par émission de rayons X 74

Tableau 1 – Classification des vides 48
Tableau 2 – Exemples de section transversale du joint et de l'occupation du vide 52
Tableau A.1 – Durée de vie réduite à cause des vides dans les joints brasés des BGA 56
Tableau A.2 – Durée de vie réduite à cause des vides dans les joints brasés des LGA 56
Tableau A.3 – Critères d'évaluation des vides des joints brasés des BGA 57
Tableau A.4 – Critères d'évaluation des vides des joints brasés des LGA 57
Tableau C.1 – Classification des vides 65
Tableau C.2 – Indicateur d'action corrective pour des pastilles utilisées avec un pas de 1,5 mm, 1,27 mm ou 1,0 mm 66
Tableau C.3 – Indicateur d'action corrective pour des pastilles utilisées avec un pas de 0,8 mm, 0,65 mm ou 0,5 mm 68
Tableau C.4 – Indicateur d'action corrective pour micro-trous sur pastilles des plages de connexion utilisées avec un pas 0,5 mm, 0,4 mm ou 0,3 mm 70
Tableau C.5 – Comparaison des images de taille de boule et de vide pour les diamètres des contacts communs de boule 71
Tableau C.6 – *C* = 0 plan d'échantillonnage (taille d'échantillon pour une valeur d'indice spécifique) 71

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

ENSEMBLES DE CARTES IMPRIMÉES –

Partie 6: Critères d'évaluation des vides dans les joints brasés des boîtiers BGA et LGA et méthode de mesure

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 61191-6 a été établie par le comité d'études 91 de la CEI: Techniques d'assemblage des composants électroniques.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
91/897/FDIS	91/909/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 61191, présentées sous le titre général *Ensembles de cartes imprimées*, 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 maintenance indiquée sur le site internet 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.

INTRODUCTION

La nécessité de l'évaluation des vides dans les joints brasés, augmente dans l'industrie, du fait que les vides peuvent affecter la fiabilité des joints, étant donné que les dispositifs deviennent plus petits. Comme le nombre d'interconnexions augmente il faut que la fiabilité par joint augmente également.

Des discussions ont eu lieu dans certains pays et dans des organisations professionnelles sur ce sujet, et des propositions spécifiques ont été faites pour une classification ou une évaluation des vides en vue de développer des lignes directrices de processus. Ce même sujet est également étudié dans des académies afin de trouver une corrélation entre les vides et la fiabilité d'un joint. Des conclusions appréciables sont à présent disponibles, à partir de l'étude de fiabilité, y compris la relation entre les formes des vides et la dégradation de la durée de vie, en raison des vides dans un joint lors de contraintes en cycles thermiques.

En se fondant sur les informations disponibles, nous avons développé des critères d'évaluation des vides dans les joints à billes brasés pour les boîtiers BGA (Ball Grid Array, boîtier à billes) et LGA (Land Grid Array, boîtier à plots organisés en matrice) et une méthode de mesure.

ENSEMBLES DE CARTES IMPRIMÉES –

Partie 6: Critères d'évaluation des vides dans les joints brasés des boîtiers BGA et LGA et méthode de mesure

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61191 spécifie les critères d'évaluation pour les vides à l'échelle de la durée de vie du cycle thermique et la méthode de mesure des vides au moyen d'observations aux rayons X. La présente partie de la CEI 61191 s'applique aux vides générés dans les joints de brasure des boîtiers BGA et LGA brasés sur une carte. La présente partie de la CEI 61191 ne s'applique pas au boîtier BGA lui-même avant qu'il ne soit assemblé sur une carte.

La présente norme s'applique également aux dispositifs dont les joints sont réalisés par fusion et resolidification, tels que les dispositifs à puce retournée (flip chip) et les modules multipuce, en plus des BGA et des LGA. La présente norme ne s'applique pas aux joints présentant un manque de métal entre un dispositif et une carte ni aux joints de brasure à l'intérieur d'un boîtier de dispositif.

La présente norme s'applique aux macrovides de tailles compris entre 10 μm et plusieurs centaines de micromètres se produisant dans un joint brasé, mais elle ne s'applique pas aux vides plus petits (typiquement, microvides planaires) dont le diamètre est inférieur à 10 μm.

La présente norme est destinée à l'évaluation et s'applique aux

– études de recherche,
– contrôle du processus de fabrication hors ligne et
– évaluation de la fiabilité de l'assemblage

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 (y compris les éventuels amendements).

CEI 60068-1:1988, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et guide*
Amendement 1:1992

IEC 60194:2006, *Printed board design, manufacture and asssembly – Terms et definitions*
(disponible en anglais seulement)