

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods –
Part 39: Measurement of moisture diffusivity and water solubility in organic
materials used for semiconductor components**

**Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et
climatiques –
Partie 39: Mesure de la diffusivité d'humidité et de l'hydrosolubilité dans les
matériaux organiques utilisés dans les composants à semiconducteurs**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2021 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 once a month by email.

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: sales@iec.ch.

IEC online collection - oc.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 18 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

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.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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 une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC online collection - oc.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods –
Part 39: Measurement of moisture diffusivity and water solubility in organic
materials used for semiconductor components**

**Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et
climatiques –
Partie 39: Mesure de la diffusivité d'humidité et de l'hydrosolubilité dans les
matériaux organiques utilisés dans les composants à semiconducteurs**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.080.01

ISBN 978-2-8322-1046-7

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD	3
1 Scope	5
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	5
4 Apparatus	5
5 Samples	6
6 Procedure	6
6.1 Sample preparation	6
6.2 Absorption measurements below 100 °C	6
6.3 Solubility and diffusivity calculation	9
6.4 Desorption measurements above 100 °C	10
7 Calculation of activation energy for moisture diffusion	11
8 Calculation of functional fit for solubility	11
9 Summary	11
Bibliography	12
Figure 1 – Example of linearly increasing mass gain	8
Figure 2 – Alternative intercept method to estimate the reversible Fickian moisture mass	9

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60749-39:2021

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SEMICONDUCTOR DEVICES –
MECHANICAL AND CLIMATIC TEST METHODS –****Part 39: Measurement of moisture diffusivity and water solubility in
organic materials used for semiconductor components**

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.

IEC 60749-39 has been prepared by IEC technical committee 47: Semiconductor devices. It is an International Standard.

This second edition, based on JEDEC document JESD22-A120B, cancels and replaces the first edition published in 2006. It is used with permission of the copyright holder, JEDEC Solid State Technology Association. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) updated procedure for "dry weight" determination.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
47/2652/CDV	47/2725/RVC

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

A list of all the parts of the IEC 60749 series, under the general title *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60749-39:2021

SEMICONDUCTOR DEVICES – MECHANICAL AND CLIMATIC TEST METHODS –

Part 39: Measurement of moisture diffusivity and water solubility in organic materials used for semiconductor components

1 Scope

This part of IEC 60749 details the procedures for the measurement of the characteristic properties of moisture diffusivity and water solubility in organic materials used in the packaging of semiconductor components.

These two material properties are important parameters for the effective reliability performance of plastic packaged semiconductors after exposure to moisture and being subjected to high-temperature solder reflow.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60749-20, *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

No terms and definitions are listed in this document.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

4 Apparatus

4.1 Analytical balance capable of a resolution of either 0,000 01 g or 0,001 % of sample mass.

4.2 High-temperature oven capable of maintaining uniform temperatures from 100 °C to 250 °C ± 2 °C.

4.3 Temperature/humidity chamber(s) capable of maintaining temperatures in a range from 30 °C to 85 °C and relative humidities (H_R) in a range from 60 % H_R to 85 % H_R . Within the chamber working area, temperature tolerance shall be ±2 °C and the H_R tolerance shall be ±3 % H_R .

4.4 Perforated stainless steel trays or stainless steel wire mesh baskets used for holding samples and for placement into ovens.

4.5 Large aluminium plate or disk used for heat sink capability.

4.6 Desiccator for holding dry samples.

5 Samples

Samples of mould compound shall be flat parallel-sided discs or coupons. The linear dimensions shall be accurately measured to within $\pm 0,02$ mm.

To approximate one-dimensional diffusion behaviour with edge effects limited to less than 5 % of the total diffusional moisture mass uptake, the free surface area in the thickness dimension shall be less than 5 % of the flat-sided free surface area of the sample. For a disc of radius, r , and thickness, h , the following relation shall be met:

$$h < 0,05r \quad (1)$$

for a coupon of length, L , and width, W ,

$$h = \frac{0,05(WL)}{(W + L)} \quad (2)$$

Recommended sample thickness should be in the range from 0,3 mm to 1,0 mm. The maximum sample thickness should not exceed 1,0 mm, because the time to achieve moisture saturation at temperatures below 60 °C will be excessively long for compounds with slow diffusivity.

The moisture absorption parameters used in this standard can be obtained from the material suppliers (such as the resin supplier).

6 Procedure

6.1 Sample preparation

6.1.1 Process and cure the samples using recommended processing conditions in accordance with the manufacturer's specification.

6.1.2 To obtain the appropriate sample thickness as given by Formulae (1) or (2), samples can be sectioned and finely polished from larger specimens. Near parallel-sided flatness shall be maintained for samples prepared in this manner.

The prepared samples should be inspected for voids, both internal and surface, using acoustic microscopy or x-ray. The ideal samples should be nearly void-free.

6.2 Absorption measurements below 100 °C

6.2.1 Measure the linear dimensions of the prepared sample to the nearest $\pm 0,02$ mm. Record the sample thickness, h , and calculate the sample volume, V , using the appropriate geometric relationship based on the sample shape.

NOTE Calculating the volume by measuring the linear dimensions is never accurate. The error is smaller when the sample is big. One accurate way of determining the volume is to use Archimedes's principle, which is to measure the sample weight in air and immersed in a liquid with known density (ethyl alcohol, IPA, etc.). In this way, the volume of a sample with irregular shape can also be determined.

6.2.2 The dry weight of the sample shall be determined, in accordance with IEC 60749-20, firstly by baking the sample for 24 h at $125 \pm 5/-0$ °C and continuing to bake and weigh the sample every 12 hours until no further weight loss is observed to ensure that the sample(s) are dry. The dry weight is determined when no further weight loss is observed, less than 0,002 % difference, after two consecutive measurements with a minimum baking interval of 12 h. Within 30 minutes after removal from the oven, weigh the sample(s) using the analytical balance equipment described in 4.1 and determine the dry weight in accordance with 6.2.4.

In accordance with IEC 60749-20, small sample(s) (less than 1,5 mm total height), devices should be weighed within 30 minutes after removal from oven.

6.2.3 Remove the sample from the bake oven and immediately cool by placing in contact with the heat sink of 4.5.

If more than one sample is to be measured, the samples and heat sink should be placed into a desiccator to limit moisture uptake during the mass measurements.

6.2.4 Weigh the sample using the balance described in 4.1 and record the mass as $M_{\text{Comp,dry},1}$.

Read points: At the desired read point; remove the sample(s) from the bake oven. Within 30 minutes after removal of the sample(s) from the bake oven, remove the sample(s) from the container and determine their weight using the analytical balance equipment in 4.1. Within 30 minutes after weighing the samples, place them in a clean, dry, shallow container so that the sample bodies do not touch each other. Return the sample(s) to the bake oven for the desired time. Continue until the sample(s) have lost all their moisture as determined by the dry weight in 6.2.2.

6.2.5 Place the sample(s) into a stainless steel holder and transfer to a temperature/humidity chamber stabilized at a pre-set temperature and humidity.

The sample should be transferred into a stainless-steel holder that has been preheated and stabilized to the set chamber temperature.

6.2.6 At accumulative times, remove the sample from the temperature/humidity chamber, cool and measure the sample mass in accordance with 6.2.4. Record the mass as $M_{\text{Comp,wet},t}$.

6.2.7 Read Points: The X-axis (time) read points, in accordance with IEC 60749-20, are selected for plotting the absorption curve. For the early readings, points should be relatively short (24 h or less) because the curve will have a steep initial slope. Later readings can be spread out further (10 days or more) as the curve becomes asymptotic. The Y-axis (weight gain) should start with "0" and increase to the saturated weight gain. Most sample(s) will reach saturation between 0,3 % and 0,4 % when stored at 85 °C/85 % RH. Devices shall be kept at room ambient between removal from the oven or chamber and weighing and subsequent reinsertion into the oven or chamber.

Ensure that no condensed moisture from the chamber walls comes into contact with a sample during removal from the temperature/humidity chamber. If condensed water should contact a sample, immediately dry the sample using nitrogen or dry air. The sample should then be returned to the chamber for re-equilibration and another data point taken at a later time.

The sample weight measurement shall be made within a few minutes after removal of the sample from the temperature/humidity chamber. Time delays longer than 5 minutes after removal from the temperature/humidity chamber could affect the sample weight measurements.

Within 30 minutes after weighing the samples, place them in a clean, dry, shallow container so that the sample bodies do not touch each other. Return the sample(s) to the temperature/humidity chamber for the desired time.

6.2.8 Place the sample back into the temperature/humidity chamber and continue mass measurements until either of the following conditions are met:

- a) additional weight gain after a 24 h period is less than 0,002 % from the previous measurement;
- b) a plot of the weight gain versus time shows a linearly increasing weight gain after an initial decreasing change in mass with time (dM/dt), as depicted in Figure 1.

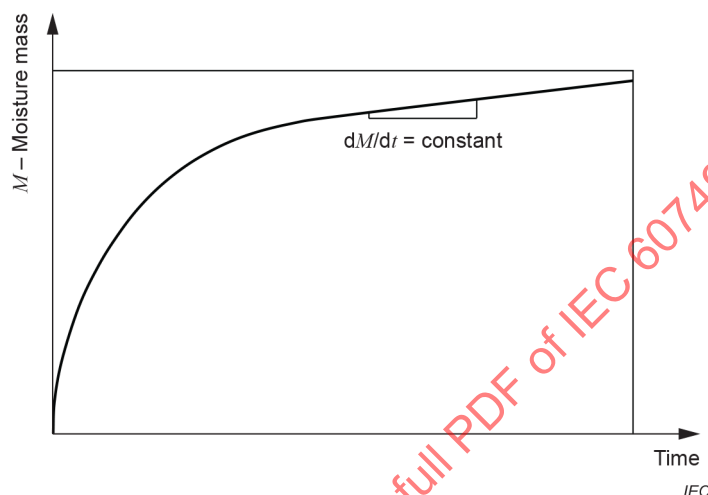


Figure 1 – Example of linearly increasing mass gain

6.2.9 Record the final wet mass of the sample as $M_{\text{Comp,wet,f}}$.

6.2.10 Bake the sample again at 125 °C until dry as determined by 6.2.2.

6.2.11 Record the second final dry mass as $M_{\text{Comp,dry,2}}$.

6.2.12 Record the saturated moisture mass as, $M_{\text{Sat}} = M_{\text{Comp,wet,f}} - M_{\text{Comp,dry,2}}$.

NOTE An alternative method to estimate the reversible saturated moisture mass can be determined by an intercept approach as shown in Figure 2. Using this method the intercept point between the weight gain curve and a linear extrapolation of the linear varying portion of the weight gain curve can be used to estimate the reversible Fickian moisture weight gain response.

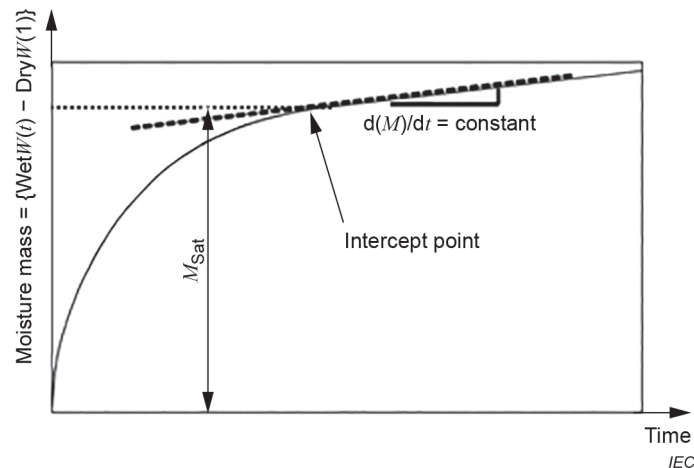


Figure 2 – Alternative intercept method to estimate the reversible Fickian moisture mass

6.3 Solubility and diffusivity calculation

6.3.1 Calculate the solubility at the given temperature and humidity by using:

$$C_{\text{sat}}(T, H_R) = \frac{M_{\text{Comp,wet,f}} - M_{\text{Comp,dry,2}}}{V} = \frac{M_{\text{sat}}(T, H_R)}{V} \quad (3)$$

where

- $C_{\text{sat}}(T, H_R)$ is the moisture solubility at temperature T and H_R (in mg cm^{-3});
- $M_{\text{Comp,wet,f}}$ is the final wet sample mass (in mg);
- $M_{\text{Comp,dry,2}}$ is the final dry sample mass after the second bake (in mg);
- V is the sample volume (in cm^3);
- $M_{\text{sat}}(T, H_R)$ is the reversible saturated moisture content at temperature T and H_R (in mg).

6.3.2 Plot mass gain curve versus time using change in mass as $M(t) - M_{\text{Comp,dry,1}}$

6.3.3 Using the plotted curve, calculate the moisture diffusivity from

$$D(T) = \frac{0,049 \ 19 \ h^2}{t_{0,5}} \quad (4)$$

where

- $D(T)$ is the diffusivity at temperature T (in $\text{mm}^2 \text{s}^{-1}$);
- h is the sample thickness (in mm);
- $t_{0,5}$ is the absorption half-time defined as the time at which the absorbed mass of moisture is equal to one-half the saturated mass, for example, $M_t/M_{\text{sat}} = 0,5$;
- M_t is the mass of moisture at time t .

NOTE Formula (4) is recognized as an approximation to the analytical closed form solution, however, it will provide an accurate approximation to less than a few percent error. An alternate method for determining $D(T)$ is to use a best fit curve fitting approach of the experimental weight gain data. The following solution for rectangular or square samples can be used:

$$\frac{M_t}{M_{\text{sat}}} = 1 - \frac{512}{\pi^6} \sum_{l=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\exp(-D t L_{\text{eqv}})}{(2l+1)^2 (2m+1)^2 (2n+1)^2} \quad (5)$$

$$\text{where } L_{\text{eqv}} = \left(\left\{ \frac{(2l+1)^2}{x_0} \right\} + \left\{ \frac{(2m+1)^2}{y_0} \right\} + \left\{ \frac{(2n+1)^2}{z_0} \right\} \right)$$

Here, x_0 , y_0 , and z_0 are the width, length, and thickness of the sample, respectively. l , m and n represent integers relating to calculation of diffusion/concentration steps solved by iterative calculations in each principal direction. The value of $D(T)$ determined by a curve fitting technique using Formula (5) should be compared to the value determined by Formula (4) as a reference check.

6.3.4 Repeat the absorption measurements 6.2 to 6.3.3 using different temperature and humidity conditions. The following environmental conditions shall be used: 30 °C/60 % H_R , 60 °C/60 % H_R , and 85 °C/60 % H_R .

6.4 Desorption measurements above 100 °C

6.4.1 Place the sample in a chamber maintained at 85 °C/60 % H_R or 85 °C/85 % H_R for 168 h or until M_{sat} is achieved as determined by a calculation using a previously determined diffusivity at 85 °C.

6.4.2 Remove the sample from the temperature/humidity chamber, cool in accordance with 6.2.3 and record the saturated sample weight, M_{sat} .

6.4.3 Immediately transfer the sample into a stainless-steel holder that has been preheated and stabilized at the set bake temperature and place in a bake oven stabilized at a temperature greater than 100 °C.

6.4.4 Remove the sample after a recorded elapsed period of time, immediately cool in accordance with 6.2.3 and measure the sample weight in accordance with 6.2.4.

6.4.5 Repeat steps 6.4.3 and 6.4.4 until the sample is dry.

Appropriate times for recording weight losses can be determined by using a first-order extrapolation of the value for the diffusivity by using an Arrhenius fit (see Clause 7 and Clause 8) of the absorption diffusivities determined in 6.3.3.

Estimated weight losses can be assessed by using the following equation:

$$\frac{M_t}{M_{\text{sat}}} = 1 - \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp \left\{ -\frac{(2n+1)^2 \pi^2 D t}{h^2} \right\} \quad (6)$$

where

D is the diffusivity;

t is the time.

6.4.6 Calculate $D(T)$ using Formula (4), where $t_{0.5}$ is now defined as the time at which the desorbed mass of moisture is equal to one-half of the saturated mass.

6.4.7 Reset the bake oven to a higher bake temperature and repeat measurements following 6.4.1 to 6.4.6.

7 Calculation of activation energy for moisture diffusion

The activation energy for moisture diffusion is calculated from the slope of a plot of $\ln\{D(T)\}$ versus $1/T$ where T is in degrees Kelvin. Report the best fit line as:

$$D(T) = D_0 \exp\left\{-\frac{E_a}{kT}\right\} \quad (7)$$

where

D_0 is the pre-exponential factor for fitted line (in mm^2/s);

E_a is the activation energy (in eV);

k is Boltzman's constant, $8,617 \times 10^{-5}$ eV/K.

Diffusion of moisture can show a dependency on the glass transition temperature (T_g) of the material. Measurements above the T_g of the material should be reported as a separate activation energy and pre-exponential factor.

NOTE For accurate determination of the activation energy, a minimum of three temperatures differing by 20 °C to 30 °C for both above and below T_g is used.

8 Calculation of functional fit for solubility

The solubility can be fitted to the following formula:

$$C_{\text{sat}}(T, P) = PS_0 \exp\left\{-\frac{E_s}{kT}\right\} \quad (8)$$

where

S_0 is the pre-exponential factor for fitted line (in $\text{mg}^2 \text{ cm}^{-3} \text{ Pa}$);

E_s is the activation energy (in eV);

k is Boltzman's constant, $8,617 \times 10^{-5}$ eV/K.

9 Summary

The following information shall be tabulated:

- mould compound identification (see Clause 5);
- test temperature and relative humidities (see Clause 6);
- D_0 (see Clause 7);
- E_a , activation energy (eV) (see Clause 7);
- $C_{\text{sat}}(T, H_R)$, solubility at a given temperature and humidity (see 6.3);
- $D(T)$, diffusivity at temperature (see 6.3).

Bibliography

JESD22-A120B, *Test Method for the Measurement of Moisture Diffusivity and Water Solubility in Organic Materials Used in Electronic Devices*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60749-39:2021

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60749-39:2021

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	15
1 Domaine d'application	17
2 Références normatives	17
3 Termes et définitions	17
4 Appareillage	17
5 Echantillons	18
6 Mode opératoire	18
6.1 Préparation de l'échantillon	18
6.2 Mesures d'absorption au-dessous de 100 °C	19
6.3 Calcul de la solubilité et de la diffusivité	21
6.4 Mesures de désorption au-dessus de 100 °C	22
7 Calcul de l'énergie d'activation pour la diffusion d'humidité	23
8 Calcul de l'ajustement fonctionnel pour la solubilité	23
9 Résumé	24
Bibliographie	25
Figure 1 – Exemple de gain de masse croissant linéairement	20
Figure 2 – Autre méthode par interception pour estimer la masse d'humidité fickienne réversible	21

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60749-39:2021

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –
MÉTHODES D'ESSAIS MÉCANIQUES ET CLIMATIQUES –****Partie 39: Mesure de la diffusivité d'humidité et de l'hydrosolubilité
dans les matériaux organiques utilisés dans les composants à
semiconducteurs****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. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document 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.

L'IEC 60749-39 a été établie par le comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette deuxième édition, fondée sur le document JESD22-A120B du JEDEC, annule et remplace la première édition parue en 2006. Ce document est utilisé avec la permission du propriétaire des droits d'auteur qui est la JEDEC Solid State Technology Association. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) mise à jour du mode opératoire relatif à la détermination du "poids sec".

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
47/2652/CDV	47/2725/RVC

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60749, publiées sous le titre général *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

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

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – MÉTHODES D'ESSAIS MÉCANIQUES ET CLIMATIQUES –

Partie 39: Mesure de la diffusivité d'humidité et de l'hydrosolubilité dans les matériaux organiques utilisés dans les composants à semiconducteurs

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60749 détaille les modes opératoires pour la mesure des propriétés caractéristiques de la diffusivité d'humidité et de l'hydrosolubilité dans les matériaux organiques utilisés dans l'encapsulation des composants à semiconducteurs.

Ces deux propriétés des matériaux sont des paramètres importants pour la performance de fiabilité réelle des semiconducteurs sous boîtier en plastique après exposition à l'humidité et qui sont soumis à une refusion à température élevée au moment du brasage.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60749-20, *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*

3 Termes et définitions

Aucun terme n'est défini dans le présent document.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

4 Appareillage

4.1 Balance analytique permettant d'obtenir une résolution de 0,000 01 g ou 0,001 % de la masse de l'échantillon.

4.2 Étuve à haute température permettant de maintenir des températures uniformes de 100 °C à 250 °C ± 2 °C.

4.3 Chambres de simulation de température et d'humidité permettant de maintenir des températures dans une plage comprise entre 30 °C et 85 °C et des humidités relatives (H_R) dans une plage comprise entre 60 % H_R et 85 % H_R . Dans la zone de travail de la chambre, la tolérance de température doit être de ± 2 °C et la tolérance de H_R doit être de ± 3 % H_R .

4.4 Plateaux en acier inoxydable perforés ou paniers maillés en acier inoxydable utilisés pour maintenir les échantillons et pour le positionnement dans les étuves.

4.5 Plaque ou disque en aluminium de grande taille utilisé pour dissiper la chaleur.

4.6 Dessiccateur pour maintenir les échantillons secs.

5 Echantillons

Les échantillons des mélanges de moulage doivent être des disques ou des éprouvettes plats à côtés parallèles. Les dimensions linéaires doivent être mesurées précisément à $\pm 0,02$ mm.

Pour approcher un comportement de diffusion unidimensionnel avec des effets de bord limités à moins de 5 % de la reprise de masse d'humidité diffusée totale, la zone de surface libre dans la dimension de l'épaisseur doit être inférieure à 5 % de la zone de surface libre à côtés plats de l'échantillon. Pour un disque de rayon, r , et d'épaisseur, h , la relation suivante doit être satisfaite:

$$h < 0,05r \quad (1)$$

pour une éprouvette de longueur, L , et de largeur, W ,

$$h = \frac{0,05(WL)}{(W + L)} \quad (2)$$

Il convient que l'épaisseur d'échantillon recommandée se situe dans la plage comprise entre 0,3 mm et 1,0 mm. Il convient que l'épaisseur maximale d'échantillon ne dépasse pas 1,0 mm, car le temps nécessaire pour obtenir une saturation d'humidité à des températures inférieures à 60 °C est excessivement long pour les mélanges à diffusivité lente.

Les paramètres d'absorption d'humidité utilisés dans la présente norme peuvent être obtenus auprès des fournisseurs de matériaux (les fournisseurs de résine par exemple).

6 Mode opératoire

6.1 Préparation de l'échantillon

6.1.1 Traiter et prendre en compte les échantillons en utilisant des conditions de traitement recommandées, conformément à la spécification du fabricant.

6.1.2 Afin d'obtenir l'épaisseur d'échantillon appropriée, telle qu'elle est donnée par les Formules (1) ou (2), les échantillons peuvent être prélevés et polis finement à partir d'échantillons plus grands. La planéité et le parallélisme des deux bords doivent être maintenus pour les échantillons préparés de cette façon.

Il convient de vérifier la présence éventuelle de vides dans les échantillons préparés, à la fois à l'intérieur et en surface au moyen d'un microscope acoustique ou à rayons X. Dans l'idéal, il convient que les échantillons ne présentent quasiment aucun vide.

6.2 Mesures d'absorption au-dessous de 100 °C

6.2.1 Mesurer les dimensions linéaires de l'échantillon préparé à $\pm 0,02$ mm près. Consigner l'épaisseur de l'échantillon, h , et en calculer le volume, V , en utilisant la relation géométrique appropriée à sa forme.

NOTE Le calcul du volume par mesure des dimensions linéaires n'est jamais exact. L'erreur est plus faible quand l'échantillon est de grande dimension. Une façon de déterminer le volume exact est d'utiliser le principe d'Archimède qui consiste à mesurer le poids de l'échantillon dans l'air et immergé dans un liquide dont la densité est connue (alcool éthylique, alcool isopropylique, etc.). Ainsi, le volume d'un échantillon de forme irrégulière peut également être déterminé.

6.2.2 Le poids sec de l'échantillon doit être déterminé conformément à l'IEC 60749-20, d'abord en étuvant l'échantillon à $125 \pm 5/-0$ °C pendant 24 h et en continuant à étuver et à peser l'échantillon toutes les 12 h jusqu'à ce qu'aucune perte de poids supplémentaire ne soit observée afin de garantir que l'échantillon ou les échantillons sont secs. Le poids sec est déterminé lorsqu'aucune perte de poids supplémentaire d'une différence inférieure à 0,002 % n'est observée après deux mesures consécutives avec un intervalle d'étuvage minimal de 12 h. Dans les 30 minutes qui suivent le retrait de l'étuve, peser l'échantillon ou les échantillons au moyen de la balance analytique spécifiée en 4.1 et déterminer le poids sec conformément au 6.2.4.

Conformément à l'IEC 60749-20, il convient de peser l'échantillon ou les échantillons de petits dispositifs (d'une hauteur totale inférieure à 1,5 mm) dans les 30 minutes qui suivent le retrait de l'étuve.

6.2.3 Retirer l'échantillon de l'étuve et le refroidir immédiatement en le mettant en contact avec le dissipateur thermique prévu en 4.5.

Dans le cas où plus d'un échantillon doit être mesuré, il convient de placer les échantillons et le dissipateur thermique dans un dessiccateur afin de limiter la reprise d'humidité au cours des mesures de masse.

6.2.4 Peser l'échantillon au moyen de la balance décrite en 4.1 et consigner la masse comme suit: $M_{\text{Comp,dry},1}$

Points de lecture: au point de lecture souhaité, retirer l'échantillon ou les échantillons de l'étuve. Dans les 30 minutes qui suivent leur retrait de l'étuve, retirer l'échantillon ou les échantillons du conteneur et déterminer leur poids à l'aide de la balance analytique spécifiée en 4.1. Dans les 30 minutes qui suivent leur pesée, disposer les échantillons dans un conteneur propre, sec et peu profond sans que les corps des échantillons se touchent. Remettre l'échantillon ou les échantillons dans l'étuve pendant la durée souhaitée. Poursuivre jusqu'à ce que l'échantillon ou les échantillons aient perdu toute leur humidité comme cela est déterminé par le poids sec en 6.2.2.

6.2.5 Placer l'échantillon ou les échantillons dans un support en acier inoxydable, puis transférer dans une chambre de simulation de température et d'humidité, stabilisée à une température et une humidité préétablies.

Il convient de transférer l'échantillon dans un support en acier inoxydable qui a été préchauffé et stabilisé à la température établie de la chambre.

6.2.6 Périodiquement, retirer l'échantillon de la chambre de simulation de température et d'humidité, refroidir et mesurer la masse de l'échantillon conformément à 6.2.4. Consigner la masse comme suit: $M_{\text{Comp,wet},t}$

6.2.7 Points de lecture: les points de lecture sur l'axe X (temps), conformément à l'IEC 60749-20, sont sélectionnés afin de tracer la courbe d'absorption. Pour les premières valeurs lues, il convient que les points soient notés sur une période relativement courte (24 h

ou moins) dans la mesure où la courbe présente une pente initiale forte. Les valeurs lues par la suite peuvent être plus espacées (10 jours ou plus) car la courbe devient asymptotique. Il convient que l'axe Y (gain de poids) commence à "0" et augmente jusqu'au gain de poids saturé. La plupart des échantillons atteignent une saturation comprise entre 0,3 % et 0,4 % quand ils sont stockés à une température de 85 °C et à un taux d'humidité relative de 85 %. Les dispositifs doivent être conservés à température ambiante entre le retrait de l'étuve ou de la chambre, la pesée et la réinsertion suivante dans l'étuve ou dans la chambre.

Veiller à ce qu'aucune humidité condensée provenant des parois de la chambre n'entre en contact avec un échantillon au cours du retrait de la chambre de simulation de température et d'humidité. Si de l'eau condensée entre en contact avec un échantillon, le sécher immédiatement à l'azote ou à l'air sec. Il convient de retransférer l'échantillon dans la chambre pour qu'il soit rééquilibré et de prendre un autre point de données ultérieurement.

La mesure du poids de l'échantillon doit être effectuée dans les minutes qui suivent le retrait de l'échantillon de la chambre de simulation de température et d'humidité. Les mesures de poids de l'échantillon peuvent être altérées si elles sont réalisées plus de 5 min après le retrait de la chambre de simulation de température et d'humidité.

Dans les 30 minutes suivant la pesée des échantillons, disposer ceux-ci dans un conteneur propre, sec et peu profond de manière à ce que les corps des échantillons ne se touchent pas. Remettre l'échantillon ou les échantillons dans la chambre de simulation de température et d'humidité pour la durée souhaitée.

6.2.8 Replacer l'échantillon dans la chambre de simulation de température et d'humidité et poursuivre les mesures de masse jusqu'à ce que l'une des deux conditions suivantes soit satisfaite:

- le gain de poids supplémentaire après une période de 24 h est inférieur à 0,002 % par rapport à la mesure précédente;
- un tracé du gain de poids par rapport au temps indique un gain de poids croissant linéairement après une variation décroissante initiale de la masse avec le temps (dM/dt), comme cela est représenté à la Figure 1.

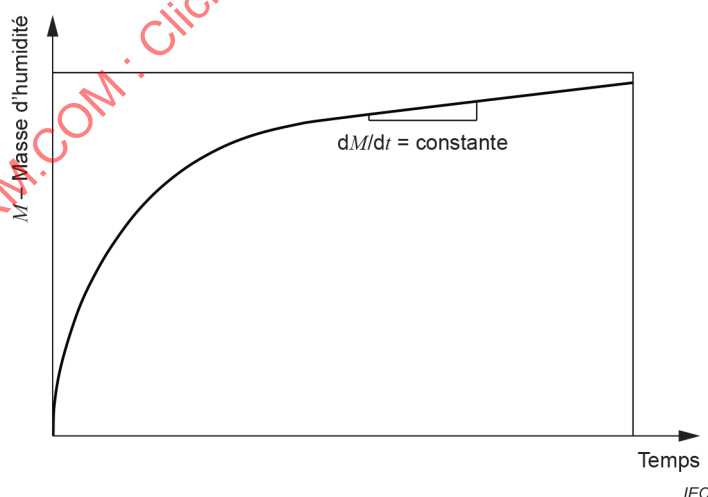


Figure 1 – Exemple de gain de masse croissant linéairement

6.2.9 Consigner la masse finale de l'échantillon humide comme suit: $M_{\text{Comp,wet,f}}$

6.2.10 Étuver l'échantillon à nouveau à 125 °C jusqu'à ce qu'il soit sec, comme cela est déterminé en 6.2.2.

6.2.11 Consigner la deuxième masse sèche finale comme suit: $M_{\text{Comp,dry,2}}$

6.2.12 Consigner la masse d'humidité saturée comme suit: $M_{\text{Sat}} = M_{\text{Comp,wet,f}} - M_{\text{Comp,dry,2}}$

NOTE Une autre méthode pour estimer la masse d'humidité saturée réversible peut être l'approche par interception, comme cela est représenté à la Figure 2. Avec cette méthode, le point d'interception entre la courbe de gain de poids et une extrapolation linéaire de la portion linéaire fluctuante de la courbe de gain de poids peut être utilisé pour estimer la réponse de gain de poids d'humidité fickienne réversible.

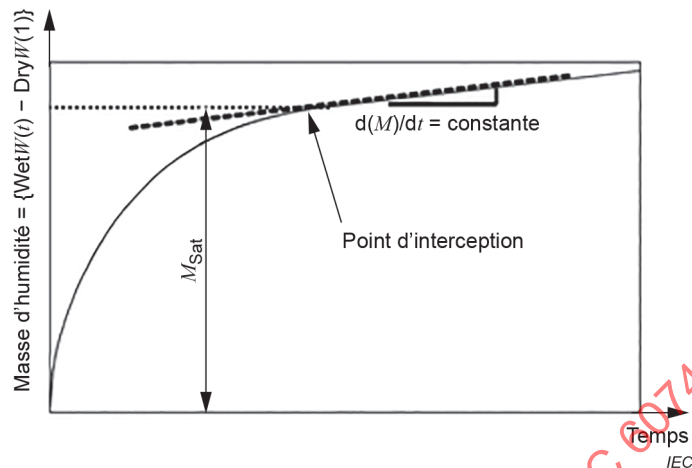


Figure 2 – Autre méthode par interception pour estimer la masse d'humidité fickienne réversible

6.3 Calcul de la solubilité et de la diffusivité

6.3.1 Calculer la solubilité à la température et à l'humidité données en utilisant:

$$C_{\text{sat}}(T, H_R) = \frac{M_{\text{Comp,wet,f}} - M_{\text{Comp,dry,2}}}{V} = \frac{M_{\text{sat}}(T, H_R)}{V} \quad (3)$$

où

$C_{\text{sat}}(T, H_R)$ est la solubilité d'humidité à la température T et l'humidité relative H_R (en mg cm^{-3});

$M_{\text{Comp,wet,f}}$ est la masse finale de l'échantillon humide (en mg);

$M_{\text{Comp,dry,2}}$ est la masse finale de l'échantillon sec après le deuxième étuvage (en mg);

V est le volume de l'échantillon (en cm^3);

$M_{\text{sat}}(T, H_R)$ est le degré hygrométrique saturé réversible à la température T et à l'humidité relative H_R (en mg).

6.3.2 Tracer une courbe du gain de masse par rapport au temps en utilisant la variation de la masse suivante: $M(t) - M_{\text{Comp,dry,1}}$

6.3.3 A l'aide de la courbe tracée, calculer la diffusivité d'humidité à partir de

$$D(T) = \frac{0,049 \, 19 \, h^2}{t_{0,5}} \quad (4)$$

où

$D(T)$ est la diffusivité à la température T (en $\text{mm}^2 \text{s}^{-1}$);

h est l'épaisseur de l'échantillon (en mm);

$t_{0,5}$ est la demi-vie d'absorption définie comme le moment auquel la masse d'humidité absorbée est égale à la moitié de la masse saturée, par exemple, $M_t/M_{\text{sat}} = 0,5$;

M_t est la masse d'humidité au temps t .

NOTE La Formule (4) est reconnue comme une approximation de la résolution analytique; cependant, elle fournit une approximation précise avec un pourcentage d'erreur inférieur à quelques pour cent. Une autre méthode de détermination de $D(T)$ consiste à utiliser une meilleure optimisation de la courbe des données de gain de poids expérimentales. La solution suivante peut être utilisée pour les échantillons rectangulaires ou carrés:

$$\frac{M_t}{M_{\text{sat}}} = 1 - \frac{512}{\pi^6} \sum_{l=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\exp(-D t L_{\text{eqv}})}{(2l+1)^2 (2m+1)^2 (2n+1)^2} \quad (5)$$

$$\text{où } L_{\text{eqv}} = \left(\left\{ \frac{(2l+1)^2}{x_0} \right\} + \left\{ \frac{(2m+1)^2}{y_0} \right\} + \left\{ \frac{(2n+1)^2}{z_0} \right\} \right)$$

Dans le cas présent, x_0 , y_0 , et z_0 représentent respectivement la largeur, la longueur et l'épaisseur de l'échantillon. l , m et n représentent les nombres entiers relatifs au calcul des étapes de diffusion/concentration résolue par des calculs itératifs dans chacune des directions principales. Il convient que la valeur de $D(T)$ déterminée par une technique d'ajustement de courbe au moyen de la Formule (5) soit comparée à la valeur déterminée par la Formule (4) à titre de vérification de référence.

6.3.4 Répéter les mesures d'absorption de 6.2 à 6.3.3 en utilisant des conditions différentes de température et d'humidité. Les conditions environnementales suivantes doivent être utilisées: 30 °C/60 % H_R , 60 °C/60 % H_R et 85 °C/60 % H_R .

6.4 Mesures de désorption au-dessus de 100 °C

6.4.1 Placer l'échantillon dans une chambre maintenue à 85 °C/60 % H_R ou 85 °C/85 % H_R pendant 168 h ou jusqu'à ce que M_{sat} soit obtenue par un calcul en utilisant une diffusivité déterminée précédemment à 85 °C.

6.4.2 Retirer l'échantillon de la chambre de simulation de température et d'humidité, refroidir conformément au 6.2.3 et consigner le poids saturé de l'échantillon, M_{sat} .

6.4.3 Transférer immédiatement l'échantillon dans un support en acier inoxydable qui a été préchauffé et stabilisé à la température établie de l'étuve et le placer dans une étuve stabilisée à une température supérieure à 100 °C.

6.4.4 Retirer l'échantillon après une durée écoulée enregistrée, refroidir immédiatement conformément à 6.2.3 et mesurer le poids de l'échantillon conformément à 6.2.4.

6.4.5 Répéter les étapes 6.4.3 et 6.4.4 jusqu'à ce que l'échantillon soit sec.

Des durées appropriées pour enregistrer les pertes de poids peuvent être déterminées par une extrapolation de la valeur de premier ordre pour la diffusivité en utilisant un ajustement selon la loi d'Arrhenius (voir Article 7 et Article 8) des diffusivités d'absorption déterminées en 6.3.3.

Les pertes de poids estimées peuvent être évaluées à l'aide de l'équation suivante: