

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Semiconductor devices –

Part 5-8: Optoelectronic devices – Light emitting diodes – Test method of optoelectronic efficiencies of light emitting diodes

Dispositifs à semiconducteurs –

Partie 5-8: Dispositifs optoélectroniques – Diodes électroluminescentes – Méthode d'essai des efficacités optoélectroniques des diodes électroluminescentes



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2019 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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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.

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 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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.

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.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Semiconductor devices –

**Part 5-8: Optoelectronic devices – Light emitting diodes – Test method of
optoelectronic efficiencies of light emitting diodes**

Dispositifs à semiconducteurs –

**Partie 5-8: Dispositifs optoélectroniques – Diodes électroluminescentes –
Méthode d'essai des efficacités optoélectroniques des diodes
électroluminescentes**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.080.99

ISBN 978-2-8322-7589-4

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
3.1 General terms and definitions	5
3.2 Terms and definitions relating to the measurement of the efficiency.....	6
4 Measuring methods	8
4.1 Basic requirements	8
4.1.1 Measuring conditions.....	8
4.1.2 Measuring instruments and equipment.....	8
4.2 Power efficiency (η_{PE}) measurement.....	8
4.2.1 Purpose.....	8
4.2.2 Measurement procedure	8
4.3 External quantum efficiency (η_{EQE}) measurement	9
4.3.1 Purpose.....	9
4.3.2 Measurement procedure	9
4.4 Voltage efficiency (η_{VE}) measurement.....	9
4.4.1 Purpose.....	9
4.4.2 Measurement procedure	9
4.5 Internal quantum efficiency (η_{IQE}) measurement	10
4.6 Light extraction efficiency (η_{LEE}) measurement	10
4.6.1 Purpose.....	10
4.6.2 Measurement procedure	10
4.7 Measurement sequences	10
5 Test report.....	11
Annex A (informative) Test example.....	12
Bibliography.....	18
Figure 1 – Sequences of the efficiency measurements.....	11
Figure A.1 – Radiant power and forward voltage as a function of forward current.....	12
Figure A.2 – Power efficiency as a function of forward current	13
Figure A.3 – Emission spectrum distribution versus wavelength.....	13
Figure A.4 – Mean photon energy as a function of forward current.....	14
Figure A.5 – External quantum efficiency as a function of forward current.....	14
Figure A.6 – Voltage efficiency as a function of forward current	15
Figure A.7 – Internal quantum efficiency as a function of forward current.....	15
Figure A.8 – Light extraction efficiency as a function of forward current	16
Figure A.9 – Optoelectronic efficiencies as a function of forward current: PE, EQE, VE, IQE, and LEE.....	16
Table A.1 – Summary of test report.....	17

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SEMICONDUCTOR DEVICES –

**Part 5-8: Optoelectronic devices – Light emitting diodes –
Test method of optoelectronic efficiencies of light emitting diodes**

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 60747-5-8 has been prepared by subcommittee 47E: Discrete semiconductor devices, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

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

CDV	Report on voting
47E/637/CDV	47E/658/RVC

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

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

A list of all parts in the IEC 60747 series, published under the general title *Semiconductor devices*, can be found on the IEC website.

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

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://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.

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60747-5-8:2019

SEMICONDUCTOR DEVICES –

Part 5-8: Optoelectronic devices – Light emitting diodes – Test method of optoelectronic efficiencies of light emitting diodes

1 Scope

This part of IEC 60747 specifies the terminology and the measuring methods of various efficiencies of single light emitting diode (LED) chips or packages without phosphor. White LEDs for lighting applications are out of the scope of this part of IEC 60747. The efficiencies whose measuring methods are defined in this part are the power efficiency (PE), the external quantum efficiency (EQE), the voltage efficiency (VE), and the light extraction efficiency (LEE). To measure the LEE, the measurement data of the internal quantum efficiency (IQE) is used, whose measuring method is discussed in IEC 60747-5-9¹ and IEC 60747-5-10². The injection efficiency (IE) and the radiative efficiency (RE) are given definitions only.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content shall constitute 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 60747-5-6:2016, *Semiconductor devices – Part 5-6: Optoelectronic devices – Light emitting diodes*

3 Terms and definitions

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

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>

3.1 General terms and definitions

3.1.1

radiant power

$$\Phi_e$$

power emitted, transmitted or received in the form of radiation

Note 1 to entry: The unit used is: W. Radiant power is also known as the “radiant flux”.

[SOURCE: IEC 60050-845:1987, 845-01-24, modified – The symbol has been added to the term and Note 1 has been expanded.]

¹ Under preparation. Stage at the time of publication IEC RPUB 60747-5-9:2019.

² Under preparation. Stage at the time of publication IEC RPUB 60747-5-10:2019.

3.1.2 spectral distribution

quotient of the radiant power $d\Phi_e$ contained in an elementary range $d\lambda$ of wavelength at the wavelength λ , by that range

$$\Phi_{e,\lambda} = \frac{d\Phi_e(\lambda)}{d\lambda}$$

Note 1 to entry: Spectral distribution is also known as “spectrum distribution”.

[SOURCE: IEC 60050-845:1987, 845-01-17, modified – In the definition, “or luminous or photon quantity $dX(\lambda)$ ” has been replaced by “power $d\Phi_e$ ”, in the formula, X has been replaced by Φ_e ; Note 1 has been updated and Note 2 deleted.]

3.1.3 mean photon energy

$$h\bar{\nu}$$

mean energy that each photon carries

$$h\bar{\nu} = \frac{\Phi_e}{\int \frac{\lambda}{hc} \Phi_{e,\lambda} d\lambda}$$

where

h is the Planck constant;

c is the speed of light in vacuum

3.2 Terms and definitions relating to the measurement of the efficiency

3.2.1 power efficiency

$$\eta_{PE}$$

ratio of the radiant power (coupled to free space), Φ_e , to the electrical power consumed by the LED, $V_F I_F$, where V_F is the forward voltage and I_F is the forward current of the LED

$$\eta_{PE} = \frac{\Phi_e}{V_F I_F}$$

Note 1 to entry Power efficiency is also known as “wall-plug efficiency”. Power efficiency is identical to the “radiant efficiency” when the power dissipated by any auxiliary equipment is excluded from the electrical power.

3.2.2 voltage efficiency

$$\eta_{VE}$$

ratio of the mean photon energy emitted from the LED to the electron energy given by the forward voltage of the LED, V_F

$$\eta_{VE} = \frac{h\bar{\nu}}{qV_F}$$

where

q is the elementary charge

Note 1 to entry: Voltage efficiency can be greater than 1 at very low forward currents.

3.2.3**external quantum efficiency**

$$\eta_{\text{EQE}}$$

ratio of the number of photons emitted into the free space per unit time to the number of electrons injected into the LED per unit time

$$\eta_{\text{EQE}} = \frac{\Phi_e / h\nu}{I_F / q}$$

3.2.4**internal quantum efficiency**

$$\eta_{\text{IQE}}$$

ratio of the number of photons emitted from the active region per unit time to the number of electrons injected into the LED per unit time

$$\eta_{\text{IQE}} = \frac{\Phi_{e,\text{active}} / h\nu}{I_F / q}$$

where

$\Phi_{e,\text{active}}$ is the radiant power emitted from the active region

3.2.5**light extraction efficiency**

$$\eta_{\text{LEE}}$$

ratio of the number of photons emitted into the free space to the number of photons emitted from the active region

$$\eta_{\text{LEE}} = \frac{\Phi_e}{\Phi_{e,\text{active}}}$$

3.2.6**injection efficiency**

$$\eta_{\text{IE}}$$

ratio of the number of electrons injected into the active region per unit time to the number of electrons injected into the LED per unit time

$$\eta_{\text{IE}} = \frac{I_{F,\text{active}}}{I_F}$$

where

$I_{F,\text{active}}$ is the portion of the forward current injected into the active region

3.2.7**radiative efficiency**

$$\eta_{\text{RE}}$$

<of the LED active region> ratio of the number of photons emitted from the active region per unit time to the number of electrons injected into the active region per unit time

$$\eta_{\text{RE}} = \frac{\Phi_{e,\text{active}} / h\nu}{I_{F,\text{active}} / q}$$

Note 1 to entry The power efficiency can be decomposed into various constituent efficiencies as follows:

$$\begin{aligned}\eta_{PE} &= \eta_{VE} \cdot \eta_{EQE} \\ &= \eta_{VE} \cdot \eta_{LEE} \cdot \eta_{IQE} \\ &= \eta_{VE} \cdot \eta_{LEE} \cdot \eta_{IE} \cdot \eta_{RE}\end{aligned}$$

$$\eta_{EQE} = \eta_{LEE} \cdot \eta_{IQE}$$

$$\eta_{IQE} = \eta_{IE} \cdot \eta_{RE}$$

Using the efficiency definitions, the above can be rewritten as:

$$\begin{aligned}\eta_{PE} &= \frac{\Phi_e}{V_F I_F} \\ &= \frac{h\bar{\nu}}{qV_F} \cdot \frac{\Phi_e}{\Phi_{e,active}} \cdot \frac{I_{F,active}}{I_F} \cdot \frac{\Phi_{e,active}/h\bar{\nu}}{I_{F,active}/q}\end{aligned}$$

4 Measuring methods

4.1 Basic requirements

4.1.1 Measuring conditions

a) Temperature

If not specified, measurements shall be made at an ambient temperature (T_a) of $(25 \pm 3)^\circ\text{C}$ in conditions of free air.

b) Humidity

When humidity conditions are not specified, relative humidity shall be between 45 % RH and 85 % RH.

c) Other conditions

In some cases, measurements change because of heat generation in the test LED over time. In that case, it is necessary to decide on the measurement time, otherwise the measurement shall be performed after reaching thermal equilibrium. Thermal equilibrium may be considered to have been achieved if doubling the time between the application of power and the measurement causes no change in the indicated result within the precision of the measurement instruments.

4.1.2 Measuring instruments and equipment

Measuring instruments and equipment shall be the same as given in 6.1.2 of IEC 60747-5-6:2016.

4.2 Power efficiency (η_{PE}) measurement

4.2.1 Purpose

To measure the power efficiency of the LED when a specified forward current is applied.

4.2.2 Measurement procedure

The measurement procedure is as follows:

- a) Measure the radiant power (Φ_e) and the forward voltage (V_F) at a specified forward current (I_F).

- b) Calculate the power efficiency by taking the ratio of the radiant power (coupled to the free space), Φ_e , to the input electrical power $V_F I_F$, i.e.:

$$\eta_{PE} = \frac{\Phi_e}{V_F I_F}$$

NOTE 1 The measurement of the forward voltage at a specified forward current is given in 6.2 of IEC 60747-5-6:2016.

NOTE 2 The measurement of the radiant power at a specified current is given in 6.11 of IEC 60747-5-6:2016.

4.3 External quantum efficiency (η_{EQE}) measurement

4.3.1 Purpose

To measure the external quantum efficiency of the LED when a specified forward current is applied.

4.3.2 Measurement procedure

The measurement procedure is as follows.

- a) Measure the radiant power (Φ_e) at a specified forward current (I_F).
- b) Measure the emission spectrum distribution ($\Phi_{e,\lambda}$).
- c) Calculate the mean photon energy ($h\bar{\nu}$) by using the following formula:

$$h\bar{\nu} = \frac{\Phi_e}{\int \frac{\lambda}{hc} \Phi_{e,\lambda} d\lambda}$$

- d) Calculate the external quantum efficiency by taking the ratio of the number of photons emitted into free space per unit time to the number of electrons injected into the LED per unit time, i.e.:

$$\eta_{EQE} = \frac{\Phi_e / h\bar{\nu}}{I_F / q}$$

NOTE 1 The measurement of the radiant power at a specified current is listed in 6.11 of IEC 60747-5-6:2016.

NOTE 2 The measurement method of the emission spectrum distribution is listed in 6.15 of IEC 60747-5-6:2016.

4.4 Voltage efficiency (η_{VE}) measurement

4.4.1 Purpose

To measure the voltage efficiency of the LED when a specified forward current is applied.

4.4.2 Measurement procedure

The measurement procedure is as follows.

Calculate the voltage efficiency by taking the ratio of the power efficiency to the external quantum efficiency, i.e.:

$$\eta_{VE} = \frac{\eta_{PE}}{\eta_{EQE}}$$

NOTE 1 For the measurement of the power efficiency, see 4.2.

NOTE 2 For the measurement of the external quantum efficiency, see 4.3.

4.5 Internal quantum efficiency (η_{IQE}) measurement

The measurement methods of the internal quantum efficiency are defined in other documents currently being developed.

4.6 Light extraction efficiency (η_{LEE}) measurement

4.6.1 Purpose

To measure the light extraction efficiency of the LED when a specified forward current is applied.

4.6.2 Measurement procedure

The measurement procedure is as follows.

Calculate the light extraction efficiency by taking the ratio of the external quantum efficiency to the internal quantum efficiency, i.e.:

$$\eta_{LEE} = \frac{\eta_{EQE}}{\eta_{IQE}}$$

NOTE 1 For the measurement of the external quantum efficiency, see 4.3.

NOTE 2 For the measurement of the internal quantum efficiency, see 4.5.

4.7 Measurement sequences

Figure 1 summarizes the measurement sequences of each efficiency of the LED when a specified forward current is applied. A test example is given in Annex A.

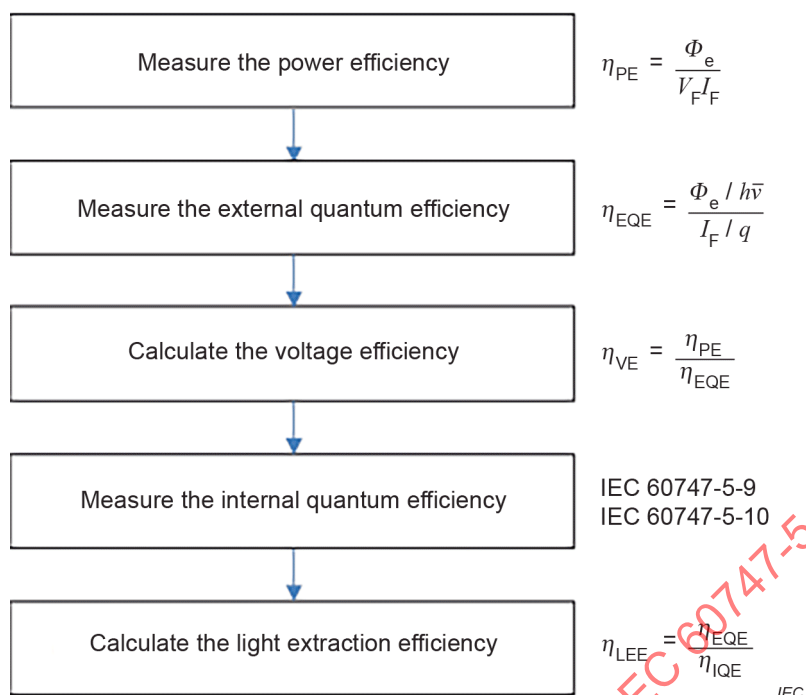


Figure 1 – Sequences of the efficiency measurements

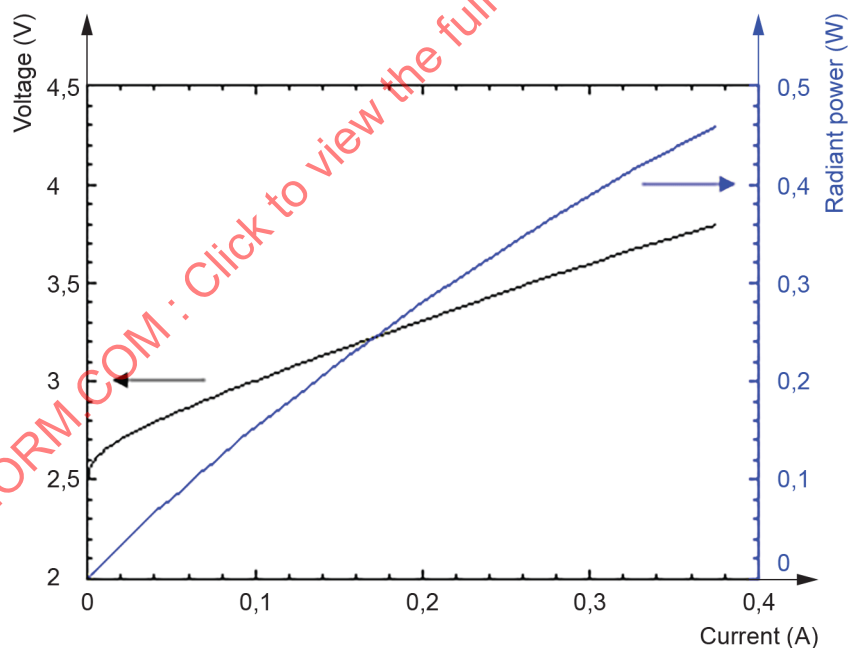
5 Test report

The test report should include the items shown in Table A.1.

Annex A (informative)

Test example

- Step 0: Test environmental specifications
 - sample: a lateral-electrode type InGaN/GaN MQW LED grown on a c-plane sapphire substrate;
 - chip size: $740\ \mu\text{m} \times 600\ \mu\text{m}$;
 - peak wavelength: $\sim 450\ \text{nm}$ at $T = 293\ \text{K}$;
 - humidity: 50 % RH;
 - current driving condition: pulsed current driving condition (pulse width: 1 ms, duty cycle: 1 %);
 - detector for radiant power measurement: Si photodiode;
 - equipment for electrical characteristics measurement: Keithley³ semiconductor parameter analyser;
 - maximum driving current, $I_{\text{max}} = 350\ \text{mA}$;
 - total number of data points, $N = 65$.
- Step 1: Acquire N data consisting of radiant power and forward voltage as a function of forward current, as shown in Figure A.1.

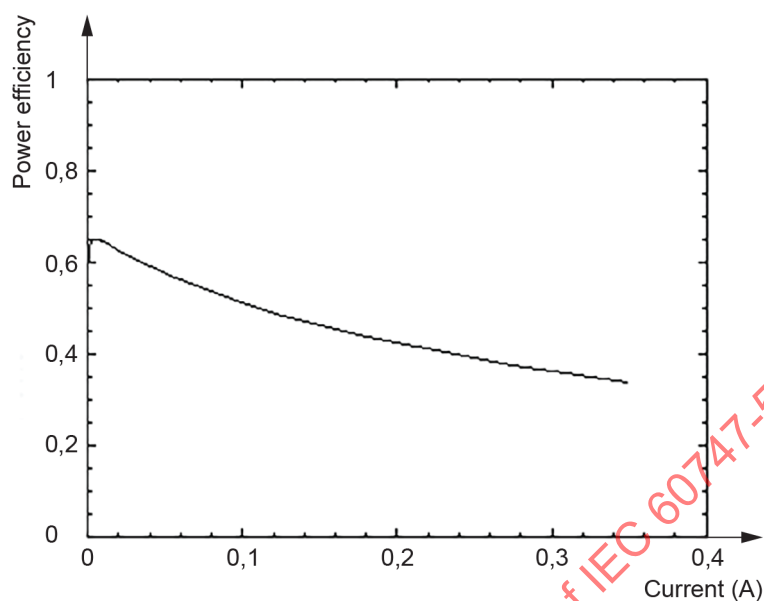


IEC

**Figure A.1 – Radiant power and forward voltage
as a function of forward current**

³ This information is given for the convenience of users of this document and does not constitute an endorsement by IEC of the product named. Equivalent products may be used if they can be shown to lead to the same results.

- Step 2: Calculate the power efficiency by taking the ratio of the radiant power to the input electrical power (see Figure A.2).

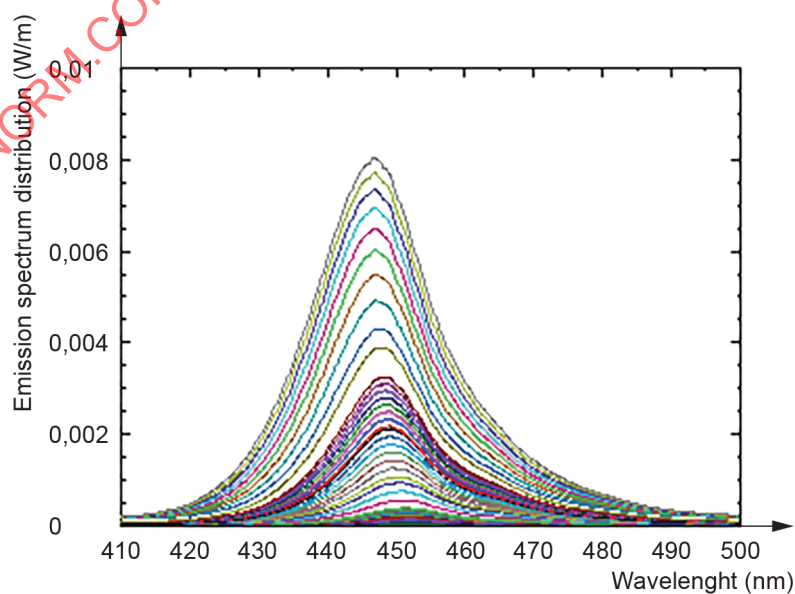


IEC

Figure A.2 – Power efficiency as a function of forward current

- Step 3: Measure the emission spectrum distribution (see Figure A.3) and calculate the mean photon energy (see Figure A.4) by using

$$h\bar{\nu} = \frac{\Phi_e}{\int \frac{\lambda}{hc} \Phi_{e,\lambda} d\lambda}$$



IEC

Figure A.3 – Emission spectrum distribution versus wavelength

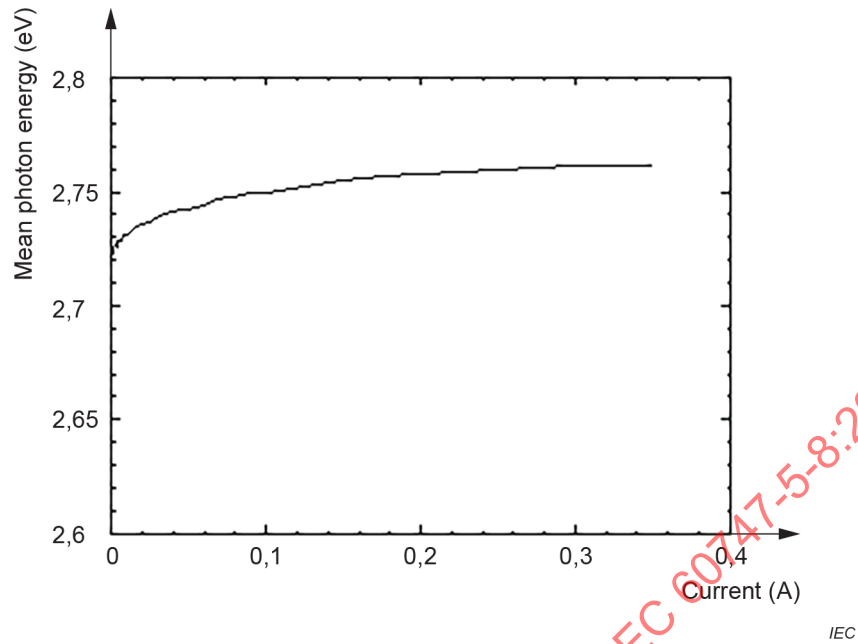


Figure A.4 – Mean photon energy as a function of forward current

- Step 4: Calculate the external quantum efficiency by taking the ratio of the number of photons emitted into the free space per unit time to the number of electrons injected into the LED per unit time (see Figure A.5), i.e.:

$$\eta_{\text{EQE}} = \frac{\Phi_e / h\nu}{I_F / q}$$

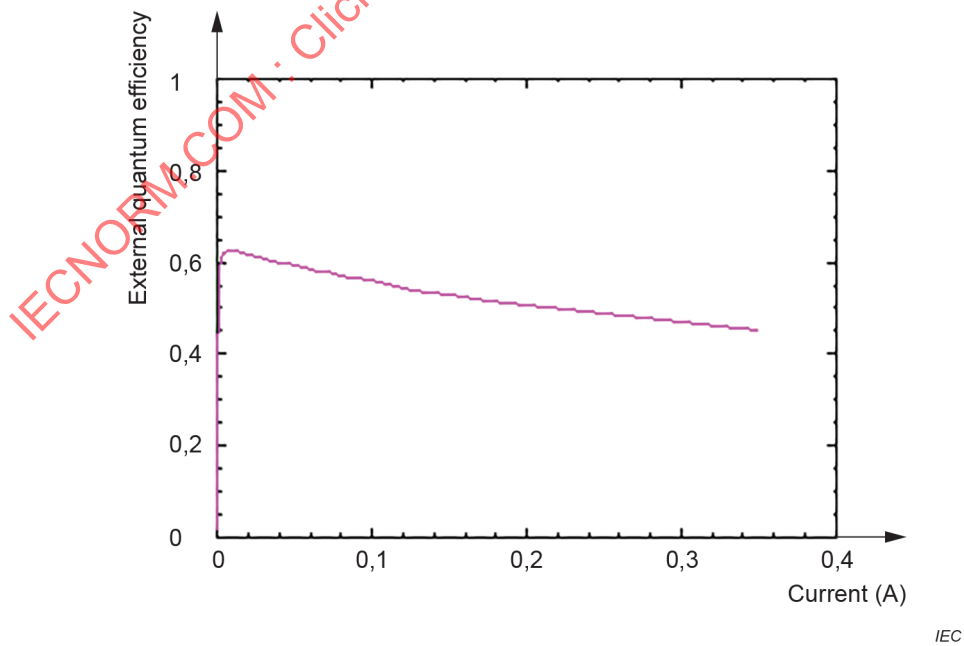


Figure A.5 – External quantum efficiency as a function of forward current

- Step 5: Calculate the voltage efficiency by taking the ratio of the power efficiency to the external quantum efficiency (see Figure A.6).

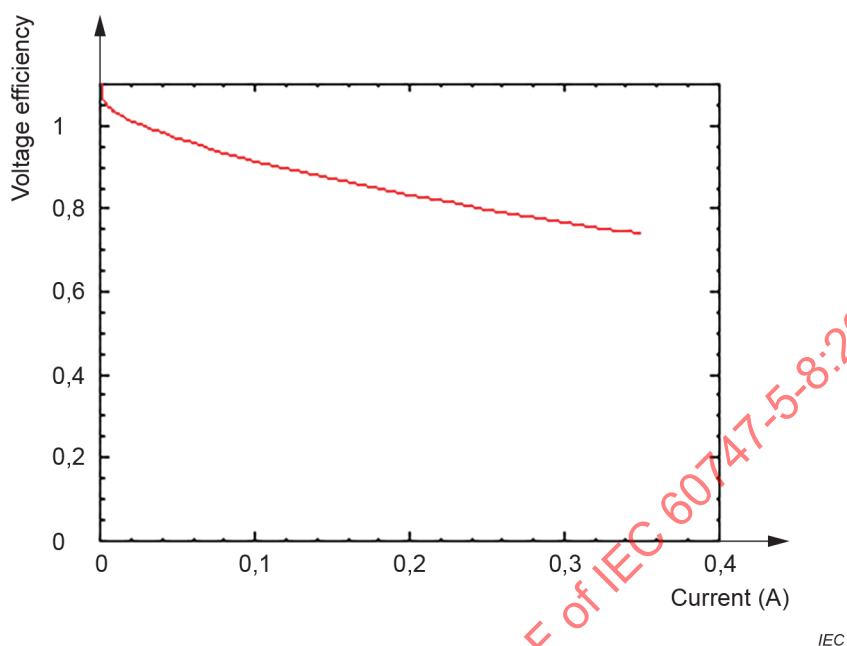


Figure A.6 – Voltage efficiency as a function of forward current

- Step 6: Measure the internal quantum efficiency (see Figure A.7) using one of the methods defined in IEC 60747-5-9 and IEC 60747-5-10.

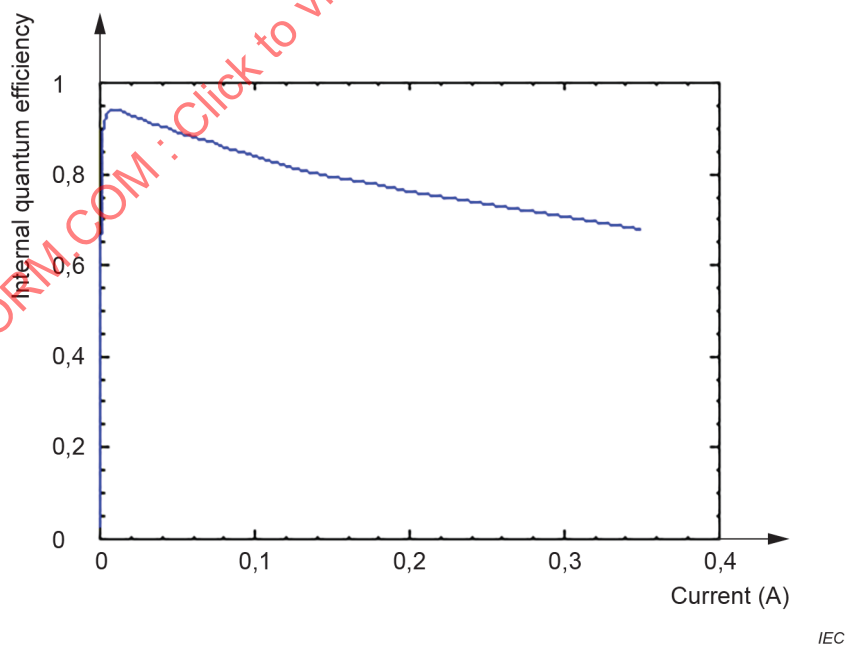
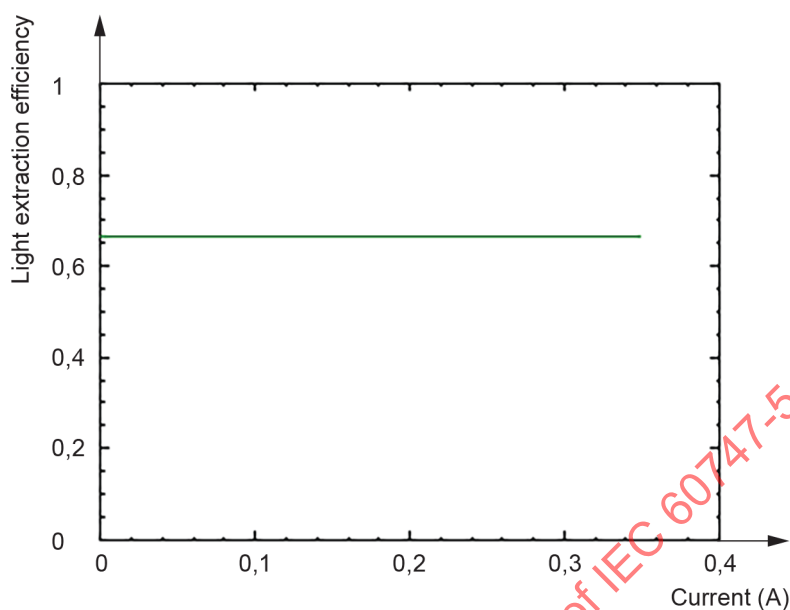


Figure A.7 – Internal quantum efficiency as a function of forward current

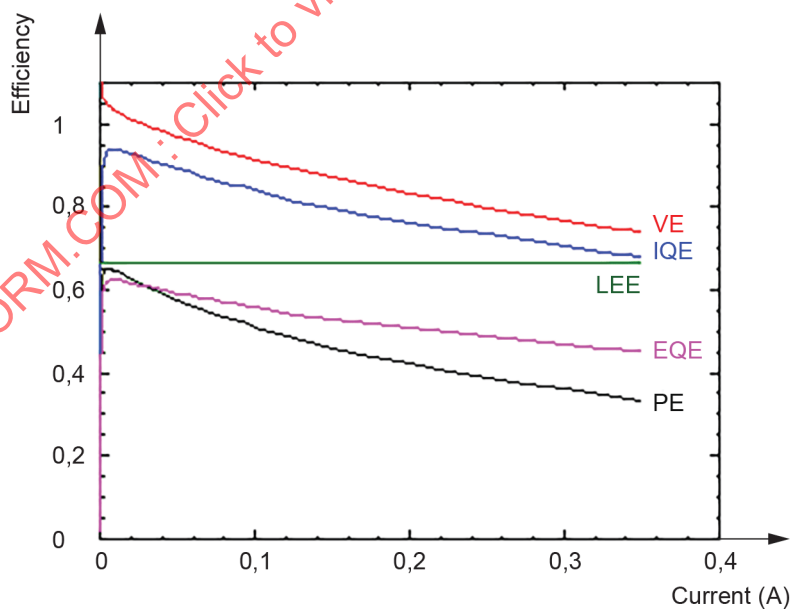
- Step 7: Calculate the light extraction efficiency by taking the ratio of the external quantum efficiency to the internal quantum efficiency (see Figure A.8).



IEC

Figure A.8 – Light extraction efficiency as a function of forward current

- Step 8: Create the test report. The measured optoelectronic efficiencies are summarized in Figure A.9.



IEC

Figure A.9 – Optoelectronic efficiencies as a function of forward current: PE, EQE, VE, IQE, and LEE

Table A.1 – Summary of test report

Item	Unit	Value	Comment
LED maker	-		Specify the name of the company
Model name	-		Specify the model name
Chip size	[μm] $\times$ [μm]		
Package type	-		Ex. SMD
Peak wavelength	[nm]		
Maximum applied current (I_{max})	[mA]		
Data points N	-		
Pulse width	[ms]		
Duty cycle	[%]		
Detector type	-		Ex. Si photodiode
Operating temperature	[K]		
Humidity	[% RH]		
Operating current	[mA]		
Power efficiency at operating current	[%]		
External quantum efficiency at operating current	[%]		
Voltage efficiency at operating current	[%]		
Internal quantum efficiency at operating current	[%]		
Light extraction efficiency	[%]		

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60747-5-8:2019

Bibliography

IEC 60050-845, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 845: Lighting* (available at <http://www.electropedia.org>)

IEC 60747-5-9, *Semiconductor devices – Part 5-9: Optoelectronic devices – Light emitting diodes – Test method of the internal quantum efficiency based on the temperature-dependent electroluminescence*⁴

IEC 60747-5-10, *Semiconductor devices – Part 5-10: Optoelectronic devices – Light emitting diodes – Test method of the internal quantum efficiency based on the room-temperature reference point*⁵

E. F. Schubert, *Light-Emitting Diodes*, 2nd ed. (Cambridge Univ. Press, New York, 2006).

T.-Y. Seong, J. Han, H. Amano, and H. Morkoç, eds., *III-Nitride Based Light Emitting Diodes and Applications* (Springer, Heidelberg, 2013).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60747-5-8:2019

⁴ Under preparation. Stage at the time of publication IEC RPUB 60747-5-9:2019.

⁵ Under preparation. Stage at the time of publication IEC RPUB 60747-5-10:2019.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60747-5-8:2019

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	21
1 Domaine d'application	23
2 Références normatives	23
3 Termes et définitions	23
3.1 Termes et définitions généraux	23
3.2 Termes et définitions relatifs à la mesure de l'efficacité	24
4 Méthodes de mesure	26
4.1 Exigences de base.....	26
4.1.1 Conditions de mesure	26
4.1.2 Instruments et équipements de mesure	26
4.2 Mesure de l'efficacité énergétique (η_{PE}).....	26
4.2.1 But	26
4.2.2 Mode opératoire de mesure	26
4.3 Mesure de l'efficacité quantique externe (η_{EQE})	27
4.3.1 But	27
4.3.2 Mode opératoire de mesure	27
4.4 Mesure de l'efficacité de tension (η_{VE})	27
4.4.1 But	27
4.4.2 Mode opératoire de mesure	27
4.5 Mesure de l'efficacité quantique interne (η_{IQE})	28
4.6 Mesure de l'efficacité d'extraction de lumière (η_{LEE})	28
4.6.1 But	28
4.6.2 Mode opératoire de mesure	28
4.7 Séquences de mesure	28
5 Rapport d'essai	29
Annexe A (informative) Exemple d'essai	30
Bibliographie.....	36
Figure 1 – Séquences des mesures d'efficacité	29
Figure A.1 – Puissance rayonnante et tension directe en fonction du courant direct.....	30
Figure A.2 – Efficacité énergétique en fonction du courant direct.....	31
Figure A.3 – Distribution de spectre d'émission par rapport à la longueur d'onde.....	31
Figure A.4 – Energie photonique moyenne en fonction du courant direct	32
Figure A.5 – Efficacité quantique externe en fonction du courant direct	32
Figure A.6 – Efficacité de tension en fonction du courant direct	33
Figure A.7 – Efficacité quantique interne en fonction du courant direct	33
Figure A.8 – Efficacité d'extraction de lumière en fonction du courant direct	34
Figure A.9 – Efficacités optoélectroniques en fonction du courant direct: PE, EQE, VE, IQE et LEE.....	34
Tableau A.1 – Résumé du rapport d'essai.....	35

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –

Partie 5-8: Dispositifs optoélectroniques – Diodes électroluminescentes – Méthode d'essai des efficacités optoélectroniques des diodes électroluminescentes

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 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 de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 60747-5-8 a été établie par le sous-comité 47E: Dispositifs discrets à semiconducteurs, du comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs.

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

CDV	Rapport de vote
47E/637/CDV	47E/658/RVC

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60747, publiées sous le titre général *Dispositifs à semiconducteurs*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

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

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

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60747-5-8:2019

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –

Partie 5-8: Dispositifs optoélectroniques – Diodes électroluminescentes – Méthode d'essai des efficacités optoélectroniques des diodes électroluminescentes

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60747 spécifie la terminologie et les méthodes de mesure des efficacités des puces ou des boîtiers de diodes électroluminescentes (DEL) sans phosphore. Les DEL blanches destinées aux applications d'éclairage sont exclues de la présente partie de l'IEC 60747. Les méthodes de mesure de l'efficacité énergétique (PE), de l'efficacité quantique externe (EQE), de l'efficacité de tension (VE) et de l'efficacité d'extraction de lumière (LEE) sont définies dans la présente partie. Pour mesurer le LEE, les données de mesure de l'efficacité quantique externe (IQE) sont utilisées, dont la méthode de mesure est discutée dans l'IEC 60747-5-9¹ et l'IEC 60747-5-10². Concernant l'efficacité d'injection (IE) et l'efficacité radiative (RE), seules leurs définitions sont indiquées.

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 60747-5-6:2016, *Dispositifs à semiconducteurs – Partie 5-6: Dispositifs optoélectroniques – Diodes électroluminescentes*

3 Termes et définitions

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

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>

3.1 Termes et définitions généraux

3.1.1

puissance rayonnante

Φ_e

puissance émise, transmise ou reçue sous forme de rayonnement

Note 1 à l'article: L'unité utilisée est: W. La puissance rayonnante est également appelée «flux énergétique».

[SOURCE: IEC 60050-845:1987, 845-01-24, modifié – Le symbole a été ajouté au terme et la Note 1 a été étendue.]

¹ En cours d'élaboration. Stade au moment de la publication IEC RPUB 60747-5-9:2019.

² En cours d'élaboration. Stade au moment de la publication IEC RPUB 60747-5-10:2019.

3.1.2

répartition spectrale

quotient de la puissance rayonnante $d\Phi_e$ contenue dans un intervalle élémentaire $d\lambda$ de longueur d'onde encadrant la longueur d'onde λ , par cet intervalle

$$\Phi_{e,\lambda} = \frac{d\Phi_e(\lambda)}{d\lambda}$$

Note 1 à l'article: La répartition spectrale est également appelée «répartition de spectre».

[SOURCE: IEC 60050-845:1987, 845-01-17, modifié – Dans la définition, "grandeur énergétique, lumineuse ou photonique $dX(\lambda)$ " a été remplacé par "puissance rayonnante $d\Phi_e$ ", dans la formule, X a été remplacé par Φ_e . La Note 1 a été mise à jour et la Note 2 a été supprimée.]

3.1.3

énergie photonique moyenne

$$h\bar{\nu}$$

énergie moyenne portée par chaque photon

$$h\bar{\nu} = \frac{\Phi_e}{\int \frac{\lambda}{hc} \Phi_{e,\lambda} d\lambda}$$

où

h est la constante de Planck;

c est la vitesse de la lumière dans le vide

3.2 Termes et définitions relatifs à la mesure de l'efficacité

3.2.1

efficacité énergétique

$$\eta_{PE}$$

rapport de la puissance rayonnante (couplée à l'espace libre), Φ_e , à la puissance électronique consommée par la DEL, $V_F I_F$, où V_F est la tension directe et I_F est le courant direct de la DEL

$$\eta_{PE} = \frac{\Phi_e}{V_F I_F}$$

Note 1 à l'article L'efficacité énergétique est également appelée «efficacité à la prise». L'efficacité énergétique est identique à l'«efficacité rayonnante» lorsque la puissance dissipée par un équipement auxiliaire est exclue de la puissance électrique.

3.2.2

efficacité de tension

$$\eta_{VE}$$

rapport de l'énergie photonique moyenne émise par la DEL à l'énergie des électrons obtenue par la tension directe de la DEL, V_F

$$\eta_{VE} = \frac{h\bar{\nu}}{qV_F}$$

où

q est la charge élémentaire

Note 1 à l'article: L'efficacité de tension peut être supérieure à 1 avec des courants directs très faibles.

3.2.3

efficacité quantique externe

η_{EQE}

rapport du nombre de photons émis dans l'espace libre par unité de temps au nombre d'électrons injectés dans la DEL par unité de temps

$$\eta_{\text{EQE}} = \frac{\Phi_e / h\nu}{I_F / q}$$

3.2.4

efficacité quantique interne

η_{IQE}

rapport du nombre de photons émis depuis la région active par unité de temps au nombre d'électrons injectés dans la DEL par unité de temps

$$\eta_{\text{IQE}} = \frac{\Phi_{e,\text{active}} / h\nu}{I_F / q}$$

où

$\Phi_{e,\text{active}}$ est la puissance rayonnante émise par la région active

3.2.5

efficacité d'extraction de lumière

η_{LEE}

rapport du nombre de photons émis dans l'espace libre au nombre de photons émis depuis la région active

$$\eta_{\text{LEE}} = \frac{\Phi_e}{\Phi_{e,\text{active}}}$$

3.2.6

efficacité d'injection

η_{IE}

rapport du nombre d'électrons injectés dans la région active par unité de temps au nombre d'électrons injectés dans la DEL par unité de temps

$$\eta_{\text{IE}} = \frac{I_{F,\text{active}}}{I_F}$$

où

$I_{F,\text{active}}$ est la partie du courant direct injectée dans la région active

3.2.7

efficacité radiative

η_{RE}

<de la région active de la DEL> rapport du nombre de photons émis depuis la région active par unité de temps au nombre d'électrons injectés dans la région active par unité de temps

$$\eta_{RE} = \frac{\Phi_{e,active}/h\nu}{I_{F,active}/q}$$

Note 1 à l'article L'efficacité énergétique peut être décomposée en plusieurs efficacités comme suit:

$$\begin{aligned}\eta_{PE} &= \eta_{VE} \cdot \eta_{EQE} \\ &= \eta_{VE} \cdot \eta_{LEE} \cdot \eta_{IQE} \\ &= \eta_{VE} \cdot \eta_{LEE} \cdot \eta_{IE} \cdot \eta_{RE}\end{aligned}$$

$$\eta_{EQE} = \eta_{LEE} \cdot \eta_{IQE}$$

$$\eta_{IQE} = \eta_{IE} \cdot \eta_{RE}$$

A l'aide des définitions d'efficacité, ce qui précède peut être écrit ainsi:

$$\begin{aligned}\eta_{PE} &= \frac{\Phi_e}{V_F I_F} \\ &= \frac{h\nu}{qV_F} \cdot \frac{\Phi_e}{\Phi_{e,active}} \cdot \frac{I_{F,active}}{I_F} \cdot \frac{\Phi_{e,active}/h\nu}{I_{F,active}/q}\end{aligned}$$

4 Méthodes de mesure

4.1 Exigences de base

4.1.1 Conditions de mesure

a) Température

En l'absence de spécifications, les mesures doivent être effectuées à la température ambiante (T_a) de (25 ± 3) °C à l'air libre.

b) Humidité

En l'absence de spécifications des conditions d'humidité, l'humidité relative doit être de 45 % de HR à 85 % de HR.

c) Autres conditions

Dans certains cas, les mesures varient en raison de la génération de chaleur dans la DEL soumise à essai avec l'avancement du temps. Il est nécessaire dans ce cas de décider du temps de mesure ou bien la mesure doit être effectuée après avoir atteint l'équilibre thermique. L'équilibre thermique peut être considéré comme atteint si en doublant le temps entre l'application de l'alimentation et la mesure, aucune modification du résultat indiqué ne se produit dans les limites de la précision des instruments de mesure.

4.1.2 Instruments et équipements de mesure

Les instruments et équipements de mesure doivent être les mêmes que ceux indiqués en 6.1.2 de l'IEC 60747-5-6:2016.

4.2 Mesure de l'efficacité énergétique (η_{PE})

4.2.1 But

Mesurer l'efficacité énergétique de la DEL lorsqu'un courant direct spécifié est appliqué.

4.2.2 Mode opératoire de mesure

Le mode opératoire de mesure est le suivant:

- a) mesurer la puissance rayonnante (Φ_e) et la tension directe (V_F) à un courant direct spécifié (I_F);
- b) calculer l'efficacité énergétique en prenant le rapport de la puissance rayonnante (couplée à l'espace libre), Φ_e , à la puissance électrique d'entrée $V_F I_F$, à savoir:

$$\eta_{PE} = \frac{\Phi_e}{V_F I_F}$$

NOTE 1 La mesure de la tension directe à un courant direct spécifié est donnée en 6.2 de l'IEC 60747-5-6:2016.

NOTE 2 La mesure de la puissance rayonnante à un courant spécifié est donnée en 6.11 de l'IEC 60747-5-6:2016.

4.3 Mesure de l'efficacité quantique externe (η_{EQE})

4.3.1 But

Mesurer l'efficacité quantique externe de la DEL lorsqu'un courant direct spécifié est appliqué.

4.3.2 Mode opératoire de mesure

Le mode opératoire de mesure est le suivant:

- a) mesurer la puissance rayonnante (Φ_e) à un courant direct spécifié (I_F);
- b) mesurer la distribution de spectre d'émission ($\Phi_{e,\lambda}$);
- c) calculer l'énergie photonique moyenne ($h\bar{\nu}$) en utilisant la formule suivante:

$$h\bar{\nu} = \frac{\Phi_e}{\int \frac{\lambda}{hc} \Phi_{e,\lambda} d\lambda}$$

- d) calculer l'efficacité quantique externe en prenant le rapport du nombre de photons émis dans l'espace libre par unité de temps au nombre d'électrons injectés dans la DEL par unité de temps, à savoir:

$$\eta_{EQE} = \frac{\Phi_e / h\bar{\nu}}{I_F / q}$$

NOTE 1 La mesure de la puissance rayonnante à un courant spécifié est donnée en 6.11 de l'IEC 60747-5-6:2016.

NOTE 2 La méthode de mesure de la distribution de spectre d'émission est donnée en 6.15 de l'IEC 60747-5-6:2016.

4.4 Mesure de l'efficacité de tension (η_{VE})

4.4.1 But

Mesurer l'efficacité de tension de la DEL lorsqu'un courant direct spécifié est appliqué.

4.4.2 Mode opératoire de mesure

Le mode opératoire de mesure est le suivant:

Calculer l'efficacité de tension en prenant le rapport de l'efficacité énergétique à l'efficacité quantique externe, à savoir:

$$\eta_{VE} = \frac{\eta_{PE}}{\eta_{EQE}}$$

NOTE 1 Pour la mesure de l'efficacité énergétique, voir 4.2.

NOTE 2 Pour la mesure de l'efficacité quantique externe, voir 4.3.

4.5 Mesure de l'efficacité quantique interne (η_{IQE})

Les méthodes de mesure de l'efficacité quantique interne sont définies dans d'autres documents en cours de développement.

4.6 Mesure de l'efficacité d'extraction de lumière (η_{LEE})

4.6.1 But

Mesurer l'efficacité d'extraction de lumière de la DEL lorsqu'un courant direct spécifié est appliqué.

4.6.2 Mode opératoire de mesure

Le mode opératoire de mesure est le suivant:

Calculer l'efficacité d'extraction de lumière en prenant le rapport de l'efficacité quantique externe à l'efficacité quantique interne, à savoir:

$$\eta_{LEE} = \frac{\eta_{EQE}}{\eta_{IQE}}$$

NOTE 1 Pour la mesure de l'efficacité quantique externe, voir 4.3.

NOTE 2 Pour la mesure de l'efficacité quantique interne, voir 4.5.

4.7 Séquences de mesure

La Figure 1 résume les séquences de mesure de chaque efficacité de la DEL lorsqu'un courant direct spécifié est appliqué. Un exemple d'essai est donné dans l'Annexe A.

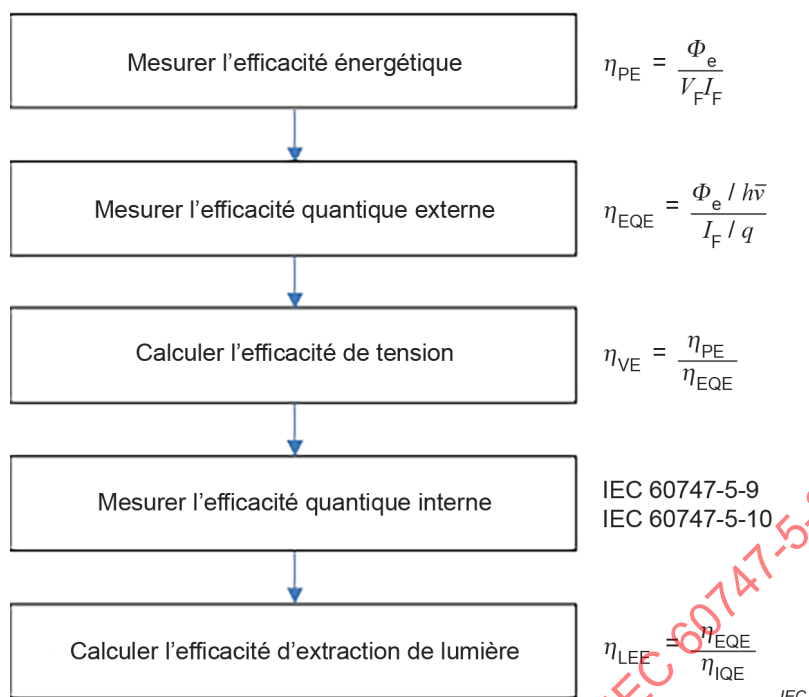


Figure 1 – Séquences des mesures d'efficacité

5 Rapport d'essai

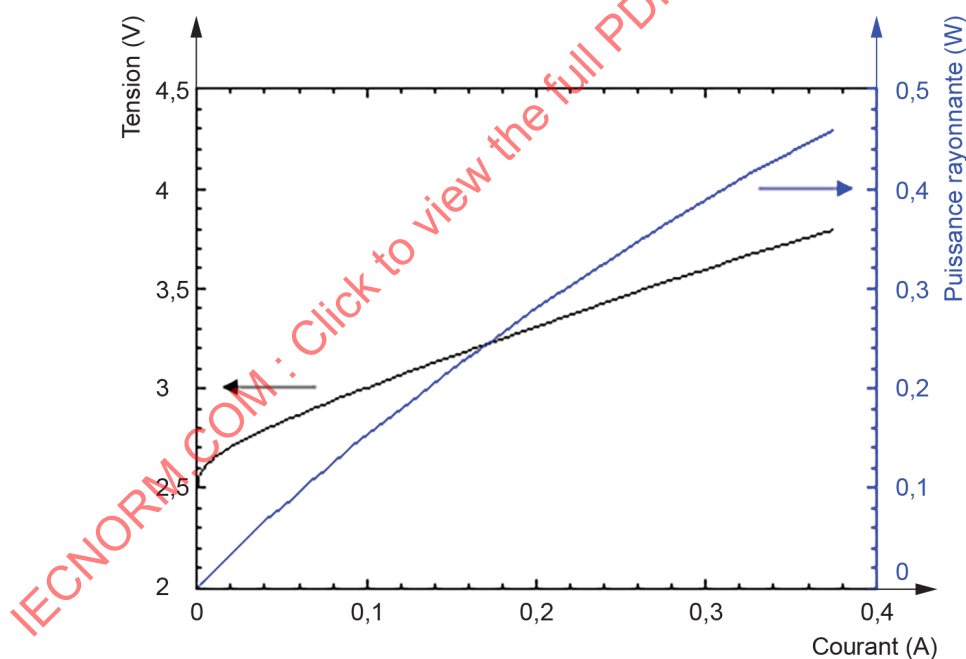
Il convient que le rapport d'essai inclut les éléments représentés dans le Tableau A.1.

Annexe A (informative)

Exemple d'essai

- Etape 0: Spécifications de l'environnement d'essai
 - échantillon: DEL MQW InGaN/GaN à électrode latérale sur un substrat en saphir à plan C;
 - taille de la puce: $740\ \mu\text{m} \times 600\ \mu\text{m}$;
 - longueur d'onde de crête: $\sim 450\ \text{nm}$ à $T = 293\ \text{K}$;
 - humidité: 50 % de HR;
 - condition de commande de courant: condition de commande de courant pulsé (largeur d'impulsion: 1 ms, rapport cyclique: 1 %);
 - détecteur pour la mesure de la puissance rayonnante: photodiode Si;
 - équipement pour la mesure des caractéristiques électriques: analyseur de paramètres de semiconducteurs Keithley³;
 - courant de commande maximal, $I_{\text{max}} = 350\ \text{mA}$;
 - nombre total de points de données, $N = 65$.

Etape 1: obtenir les données N constituées de la puissance rayonnante et de la tension directe en fonction du courant direct, comme représenté à la Figure A.1.



IEC

Figure A.1 – Puissance rayonnante et tension directe en fonction du courant direct

- Etape 2: calculer l'efficacité énergétique en prenant le rapport de la puissance rayonnante à la puissance électrique d'entrée (voir Figure A.2).

³ Ces informations sont données à titre indicatif aux utilisateurs du présent document et ne constituent pas une approbation de ces produits par l'IEC. Des produits équivalents peuvent être utilisés s'il est démontré qu'ils permettent d'obtenir les mêmes résultats.