

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Semiconductor optoelectronic devices for fibre optic system applications –
Part 2: Measuring methods**

**Dispositifs optoélectroniques à semiconducteurs pour application dans les
systèmes à fibres optiques –
Partie 2: Méthodes de mesure**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62007-2:2009



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2009 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

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

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

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

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

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

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

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

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Semiconductor optoelectronic devices for fibre optic system applications –
Part 2: Measuring methods**

**Dispositifs optoélectroniques à semiconducteurs pour application dans les
systèmes à fibres optiques –
Partie 2: Méthodes de mesure**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

W

ICS 31.080.01; 31.260; 33.180.01

ISBN 978-2-88910-606-6

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms, definitions and abbreviations	7
3.1 Terms and definitions	7
3.2 Abbreviations	8
4 Measuring methods for photoemitters	8
4.1 Outline of the measuring methods	8
4.2 Radiant power or forward current of LEDs and LDs with or without optical fibre pigtails	8
4.3 Small signal cut-off frequency (f_c) of LEDs and LDs with or without optical fibre pigtails	9
4.4 Threshold current of LDs with or without optical fibre pigtails	10
4.5 Relative intensity noise of LEDs and LDs with or without optical fibre pigtails.....	12
4.6 S_{11} parameter of LEDs, LDs and LD modules with or without optical fibre pigtails	13
4.7 Tracking error for LD modules with optical fibre pigtails, with or without cooler.....	15
4.8 Spectral linewidth of LDs with or without optical fibre pigtails	17
4.9 Modulation current at 1 dB efficacy compression (I_F (1 dB)) of LEDs	18
4.10 Differential efficiency (η_d) of a LD with or without pigtail and an LD module	20
4.11 Differential (forward) resistance r_d of an LD with or without pigtail	22
5 Measuring methods for receivers.....	23
5.1 Outline of the measuring methods	23
5.2 Noise of a PIN photodiode.....	23
5.3 Excess noise factor of an APD with or without optical fibre pigtails	25
5.4 Small-signal cut-off frequency of a photodiode with or without optical fibre pigtails	27
5.5 Multiplication factor of an APD with or without optical fibre pigtails	28
5.6 Responsivity of a PIN-TIA module	30
5.7 Frequency response flatness ($\Delta S/S$) of a PIN-TIA module	32
5.8 Output noise power (spectral) density $P_{no,\lambda}$ of a PIN-TIA module	33
5.9 Low frequency output noise power (spectral) density ($P_{no,\lambda,LF}$) and corner frequency (f_{cor}) of a PIN-TIA module	35
5.10 Minimum detectable power of PIN-TIA module	36
Bibliography.....	38
Figure 1 – Equipment setup for measuring radiant power and forward current of LEDs and LDs	8
Figure 2 – Circuit diagram for measuring small-signal cut-off frequency LEDs and LDs	10
Figure 3 – Circuit diagram for measuring threshold current of a LD.....	11
Figure 4 – Graph to determine threshold current of lasers.....	11
Figure 5 – Circuit diagram for measuring RIN of LEDs and LDs	12
Figure 6 – Circuit diagram for measuring the S_{11} parameter LEDs, LDs and LD modules	14

Figure 7– Cathode and anode connected to the package of a LD.....	15
Figure 8 – Output radiant power versus time.....	16
Figure 9 – Output radiant power versus case temperature	16
Figure 10 – Circuit diagram for measuring linewidth of LDs.....	17
Figure 11 – Circuit diagram for measuring 1 dB efficacy compression of LDs.....	19
Figure 12 – Plot of $\log V_2$ versus $\log I_1$	20
Figure 13 – Circuit diagram for measuring differential efficiency of a LD	21
Figure 14 – Current waveform for differential efficiency measurement	21
Figure 15 – Circuit diagram for measuring differential resistance	22
Figure 16 – Current waveform for differential resistance	23
Figure 17 – Circuit diagram for measuring noise of a PIN photoreceiver	24
Figure 18 – Circuit diagram for measuring noise with synchronous detection	25
Figure 19 – Circuit diagram for measuring excess noise of an APD.....	26
Figure 20 – Circuit diagram for measuring small-signal cut-off wavelength of a photodiode.....	28
Figure 21 – Circuit diagram for measuring multiplication factor of an APD	29
Figure 22 – Graph showing measurement of I_{R1} and I_{R2}	30
Figure 23 – Circuit diagram for measuring responsivity of a PIN-TIA module	31
Figure 24 – Circuit diagram for measuring frequency response flatness of a PIN-TIA module.....	32
Figure 25 – Circuit diagram for measuring output noise power (spectral) density of a PIN-TIA module under matched output conditions.....	34
Figure 26 – Circuit diagram for measuring output noise power (spectral) density of a non-irradiated PIN-TIA module in the low frequency region.....	35
Figure 27 – Graph of V_m versus frequency.....	36
Figure 28 – Circuit diagram for measuring minimum detectable power of a PIN-TIA module at a specified bit-error rate (BER) or carrier-to-noise ratio (C/N)	37

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SEMICONDUCTOR OPTOELECTRONIC DEVICES FOR FIBRE OPTIC SYSTEM APPLICATIONS –

Part 2: Measuring methods

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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 62007-2 has been prepared by subcommittee 86C: Fibre optic systems and active devices, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1997, and its amendment 1(1998). It is a technical revision.

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

- a) descriptions related to analogue characteristics have been removed;
- b) some definitions and terms have been revised for harmonisation with other standards originating from SC 86C.

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

FDIS	Report on voting
86C/868/FDIS	86C/870/RVD

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

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

A list of all parts of the IEC 62007 series can be found, under the general title *Semiconductor optoelectronic devices for fibre optic system applications*, on the IEC website.

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62007-2:2009

INTRODUCTION

Semiconductor optical signal transmitters and receivers play important roles in optical information networks. This standard covers the measurement procedures for their optical and electrical properties that are intended for digital communication systems. These properties are essential to specify their performance.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62007-2:2009

SEMICONDUCTOR OPTOELECTRONIC DEVICES FOR FIBRE OPTIC SYSTEM APPLICATIONS –

Part 2: Measuring methods

1 Scope

This part of IEC 62007 describes the measuring methods applicable to the semiconductor optoelectronic devices to be used in the field of fibre optic digital communication systems and subsystems.

All optical fibres and cables that are defined in IEC 60793 series, IEC 60794 series are applicable. All optical connectors that are defined in IEC 60874 series are applicable, if a pigtail is to be terminated with an optical connector.

2 Normative references

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

IEC 60050-731:1991, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 731: Optical fibre communication*

IEC 60793 (all parts), *Optical fibres*

IEC 60794 (all parts), *Optical fibre cables*

IEC 60874 (all parts), *Connectors for optical fibres and cables*

3 Terms, definitions and abbreviations

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

3.1 Terms and definitions

3.1.1

PIN photodiode

photodiode with a large intrinsic region sandwiched between p- and n-doped semiconducting regions used for the detection of optical radiation

[IEV 731-06-29]

3.1.2

avalanche photodiode

photodiode operating with a bias voltage such that the primary photocurrent undergoes amplification by cumulative multiplication of charge carriers

[IEV 731-06-30]

3.1.3

pigtail

short optical fibre or optical fibre cable that is attached to a device being measured

3.2 Abbreviations

LED	light emitting diodes
LD	laser diode
PD	photodiode
TIA	transimpedance amplifier
APD	avalanche photodiode

4 Measuring methods for photoemitters

4.1 Outline of the measuring methods

The LEDs and LDs have various opto-electronic properties. Some of them are important specifications for using them in the optical communication systems. The measuring methods for their opto-electronic properties are described in the following subclauses. Each subclause consists of following items.

- Purpose
- “Equipment setup” or “Circuit diagram” for measurement
- “Equipment descriptions and requirements” or “Circuit descriptions and requirements”
- Precautions to be observed
- Measurement procedures
- Specified conditions

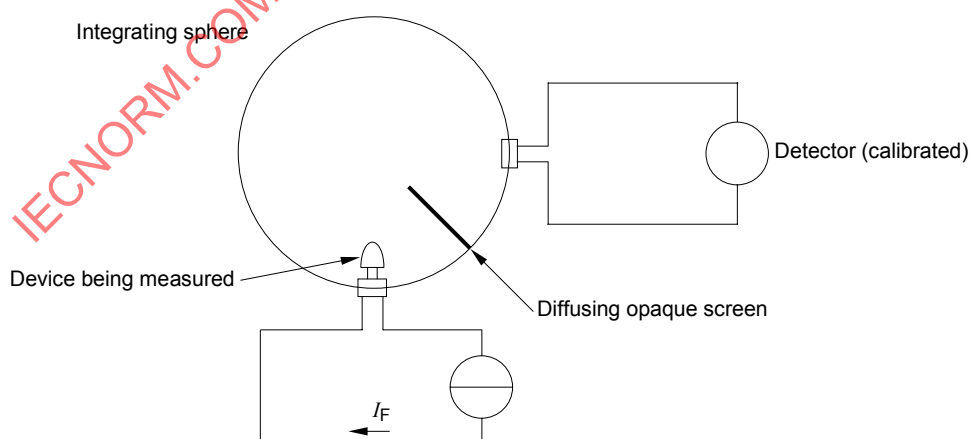
4.2 Radiant power or forward current of LEDs and LDs with or without optical fibre pigtails

a) Purpose

To measure the radiant power Φ_e or the forward current I_F of light-emitting diodes (LED) and laser diodes, with or without optical fibre pigtails, under specified conditions.

b) Measuring equipment

Figure 1 shows an equipment setup for measuring radiant power and forward current of LEDs and LDs.



IEC 2305/08

Figure 1 – Equipment setup for measuring radiant power and forward current of LEDs and LDs

c) Equipment description and requirements

The radiation emitted by the device is submitted to multiple reflections from the walls of the integrating sphere; this leads to a uniform irradiance of the surface proportional to

the emitted flux. A detector located in the walls of the sphere measures this irradiance. An opaque screen shields the detector from the direct radiation of the device being measured.

d) *Precautions to be observed*

The device being measured, the screen and the apertures shall be small compared to the sphere surface.

The inner surface of the sphere and screen shall have a diffusing coating having a high uniform reflection coefficient (0,8 minimum).

The sphere and detector assembly shall be calibrated.

Change in peak-emission wavelength and flux due to power dissipation shall be taken into account.

When the device being measured is pulsed, the detector shall average the measured radiation.

e) *Measurement procedures*

The emitting device is set at the entrance of the integrating sphere, so that no direct radiation will reach the detector.

For measurement of radiant power, the specified forward current I_F is applied to the device and the radiant power is measured on the photodetector.

For measurement of forward current, a current is applied to the device until the specified radiant power (Φ_e) is achieved. The value of current is recorded.

f) *Specified conditions*

- Ambient or case temperature.
- Radiant power (when measuring forward current).
- Forward current (when measuring radiant power).

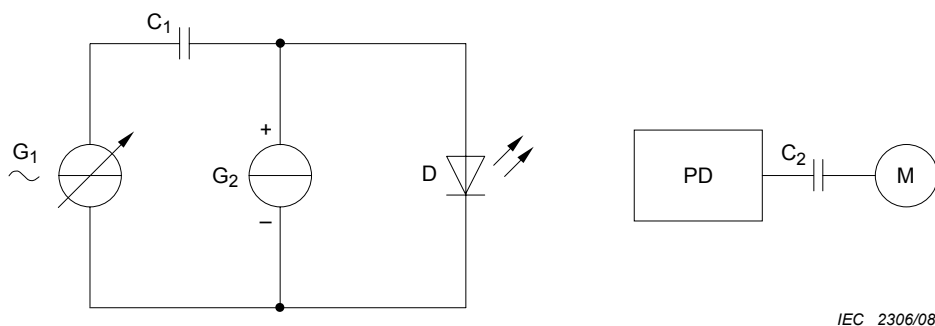
4.3 **Small signal cut-off frequency (f_c) of LEDs and LDs with or without optical fibre pigtails**

a) *Purpose*

To measure the small-signal cut-off frequency (f_c) of light-emitting diodes (LED) and laser diodes (LD) with or without optical fibre pigtails, under specified conditions.

b) *Circuit diagram*

Figure 2 shows a circuit diagram for measuring small-signal cut-off frequency LEDs and LDs.



Key

- D device being measured
- G_1 adjustable frequency a.c. generator
- G_2 d.c. generator
- PD photodetector
- M measuring instrument for a.c. radiant power
- C_1, C_2 coupling capacitors

Figure 2 – Circuit diagram for measuring small-signal cut-off frequency LEDs and LDs

c) Precautions to be observed

The radiant power reflected back into the laser diode shall be minimized so as to avoid distortions, which could affect the accuracy of the measurements. The photodetector must have a frequency response greater than f_c .

d) Measurement procedure

For LEDs, the specified direct forward current or the direct forward current required to obtain the specified radiant power is applied to the device being measured.

For laser diodes, the forward current is adjusted to a value equal to the continuous forward current above the threshold or specified radiant power.

The forward current is modulated using generator G_1 at a low frequency (less than $f_c/100$) and the a.c. radiant power is measured on M (see Figure 2).

The modulation frequency is increased, keeping the modulation level constant until the output radiant power measured on M has halved.

This frequency is the small-signal cut-off frequency (f_c).

e) Specified conditions

For the light-emitting diodes (LED):

- ambient or case temperature;
- d.c. forward current or radiant power.

For the laser diodes (LD):

- ambient, case or submount temperature;
- difference between (actual) d.c. forward current and threshold current or radiant power.

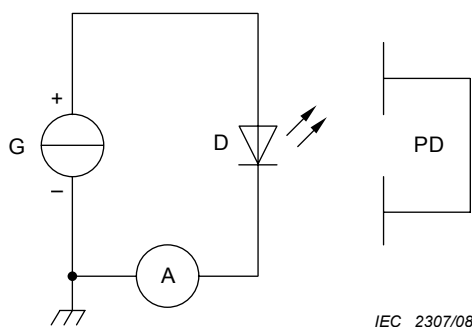
4.4 Threshold current of LDs with or without optical fibre pigtails

a) Purpose

To measure the threshold current of a laser diode, with or without optical fibre pigtails.

b) Circuit diagram

Figure 3 shows a circuit diagram for measuring threshold current of a laser diode.

**Key**

D	device being measured
PD	photodetector measuring incident radiant power
A	ammeter
G	generator (pulsed or d.c.)

Figure 3 – Circuit diagram for measuring threshold current of a LD**c) Circuit description and requirements**

For pulse measurement, the current generator, G, shall provide current pulses of the required amplitude, duration and repetition rate.

d) Precautions to be observed

Radiant power reflected back into the laser diode shall be minimized. The limiting values of the laser diode (I_F and Φ_e) shall not be overstepped.

e) Measurement procedure

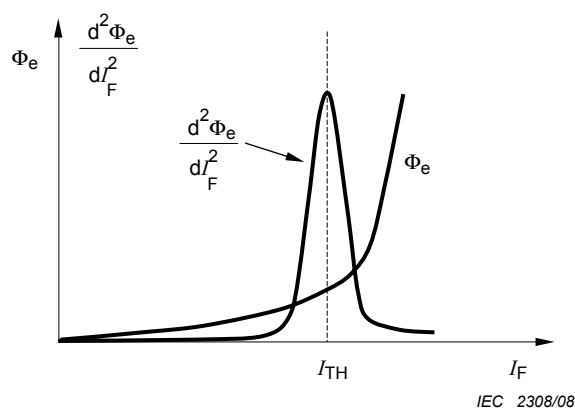
A forward current is applied to the diode and the relation between the incident radiant power from the diode and the forward current is recorded.

The forward current at which the second derivative of the recorded curve showing incident radiant power versus the forward current has its first maximum is determined (see Figure 4). The forward current at this point is the threshold current I_{TH} .

f) Specified conditions

- Ambient, case or submount temperature.
- For pulse measurement, repetition frequency and pulse duration of the forward current.

Figure 4 shows a graph to determine threshold current of lasers.

**Figure 4 – Graph to determine threshold current of lasers**

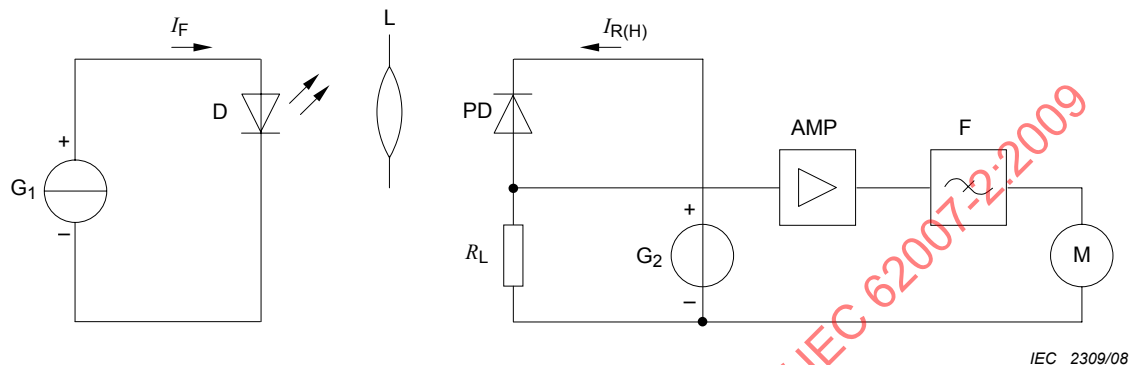
4.5 Relative intensity noise of LEDs and LDs with or without optical fibre pigtails

a) Purpose

To measure the relative intensity noise (RIN) of light emitting diodes (LED) and laser diodes (LD), with or without optical fibre pigtails, under specified conditions.

b) Circuit diagram

Figure 5 shows a circuit diagram for measuring RIN of LEDs and LDs.



Key

G_1	d.c. current generator
D	device being measured
L	lens system
I_F	forward current
PD	photodetector
R_L	load resistance
$I_{R(H)}$	reverse current of the photodetector under optical radiation
G_2	d.c. voltage bias generator
AMP	a.c. amplifier with gain G
F	filter with centre frequency f_0 and equivalent noise bandwidth Δf_N
M	measuring instrument (for example level meter, etc.)

Figure 5 – Circuit diagram for measuring RIN of LEDs and LDs

c) Precautions to be observed

Radiant power reflected back into the laser diode shall be minimized to avoid distortions affecting accuracy of the measurements.

d) Measurement procedure

A d.c. current corresponding to the specified radiant power Φ_e is applied to the device. The noise power N_t is measured by the measuring instrument M and is replaced by reverse current $I_{R(H)}$ of the photodetector, under optical radiation, which is measured simultaneously.

The photo-emitting device being measured is replaced by a radiation source with broad spectral radiation bandwidth in the same wavelength range.

The irradiant power is adjusted to obtain the same reverse current $I_{R(H)}$ of the photodetector under optical radiation as previously measured. The noise power N_d , which corresponds to the photodetector shot-noise plus amplifier noise, is measured by the measuring instrument.

RIN is calculated using the formula:

$$RIN = \frac{N_t - N_d}{R_L \times G \times \Delta f_N \times I_{R(H)}}$$

It is expressed in Hz⁻¹.

e) *Specified conditions*

- Ambient, case or submount temperature.
- Radiant power.
- Centre frequency and equivalent noise bandwidth.

4.6 S_{11} parameter of LEDs, LDs and LD modules with or without optical fibre pigtails

a) *Purpose*

To measure the real and imaginary parts (or modulus and phase) of the input characteristic of a device at a specified radiant power level and at a specified frequency.

The S_{11} parameter is the ratio of the high-frequency reflected voltage V_{rl} to the high-frequency incident voltage V_{il} at the device electrical input port.

$$S_{11} = \frac{V_{rl}}{V_{il}}$$

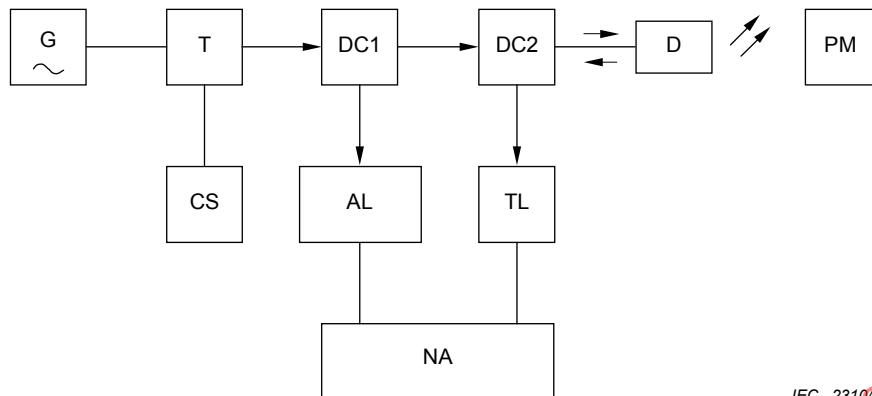
The equivalent working equation is the following:

$$S_{11} = \frac{Z_1 - Z_0}{Z_1 + Z_0}$$

where Z_1 is the input impedance of the device being measured and Z_0 the characteristic impedance of the measuring equipment.

b) *Circuit diagram*

Figure 6 shows the circuit diagram for measuring the S_{11} parameter LEDs, LDs and LD modules.



IEC 2310/08

Key

G	r.f. generator
T	biasing circuit
CS	d.c. current source
DC1	directional coupler forward
DC2	directional coupler reverse
AL	adjustable transmission line
NA	network analyzer
D	device being measured
PM	radiant power meter
TL	test transmission line

Figure 6 – Circuit diagram for measuring the S_{11} parameter LEDs, LDs and LD modules

c) Precautions to be observed

The characteristic impedance of the transmission lines, generator, attenuators, device measuring socket, T-biasing circuit and loads is matched to a common impedance (usually 50 Ω) over the specified frequency range.

The RF power shall remain low enough to allow for linear operation of the device being measured D.

Ensure that the optical ports of the device D and the meter PM are aligned.

d) Measurement procedure

– **Calibration:**

The adjustable line shall balance the test line.

A short circuit is connected to the input line at the location of the device being measured D.

The a.c. signal frequency is scanned around the specified frequency f , and the adjustable line length is altered in order to obtain one single point S_{11} on the Smith chart (modulus equals to 1 and phase equals to 180 $^\circ$).

– **Measurement:**

The "calibration" short-circuit is replaced by the device being measured D, the bias conditions are applied as specified (Φ_e , T_{case} , or T_{amb} , T_{sub}), the value of S_{11} corresponding to the reflection coefficient of the device D is read.

e) Specified conditions

- Ambient, case or submount temperature.

- Supply and drive conditions: Φ_e or I_F or ΔI_F , f , m (modulation depth).

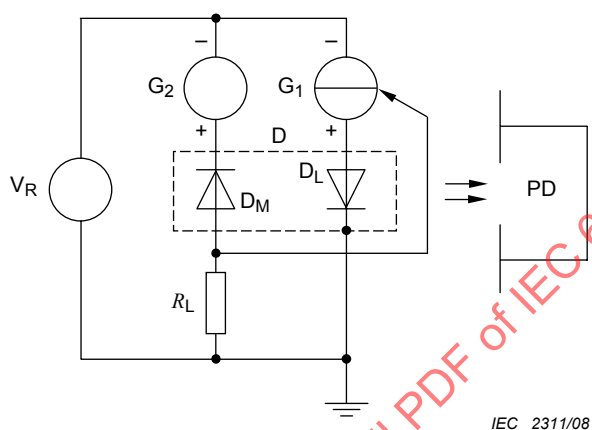
4.7 Tracking error for LD modules with optical fibre pigtails, with or without cooler

a) Purpose

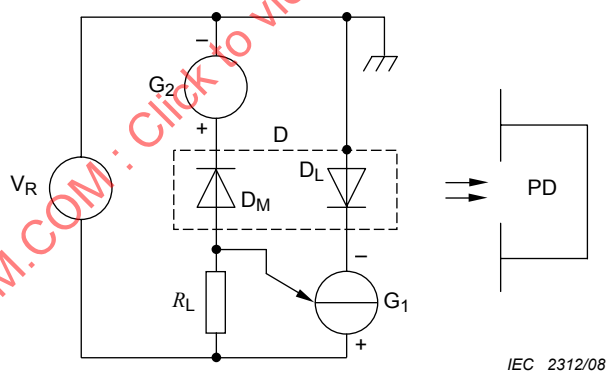
To measure the maximum variations of the tracking ratio between the fibre output radiant power and the monitor diode photocurrent of a laser module over a specified temperature range.

b) Circuit diagrams

Figure 7 shows a cathode and an anode connected to the package of a laser diode.



a) Laser diode: cathode connected to the package



b) Laser diode: anode connected to the package

Key

D	device being measured
PD	photodetector calibrated (in watts)
G_1	d.c. current source, monitored through negative feedback by the photocurrent delivered by the monitor photodiode
G_2	d.c. voltage source
R_L	load resistance
V_R	d.c. voltmeter
D_L	laser diode
D_M	monitor photodiode

Figure 7– Cathode and anode connected to the package of a LD

c) *Precautions to be observed*

The optical radiant power reflected back to the laser diode shall be minimized.

The changes in case temperature should be slow enough to insure that thermal equilibrium takes place inside the module and, in the case of a module with cooler, that the specified T_{sub} is stabilized.

d) *Measurement procedure*

At each measuring point, the current source G_1 is adjusted until the monitor photocurrent is equal to the value obtained with the specified optical radiation at 25 °C.

The case temperature is scanned over the specified range and the plot of the output radiant power is recorded against either time (Figure 8) or case temperature (Figure 9).

The tracking error is given by:

$$E_{R1} = \frac{\Phi_{e25\text{ °C}} - \Phi_{e\text{min}}}{\Phi_{e25\text{ °C}}} \times 100 (\%)$$

$$E_{R2} = \frac{\Phi_{e\text{max}} - \Phi_{e25\text{ °C}}}{\Phi_{e25\text{ °C}}} \times 100 (\%)$$

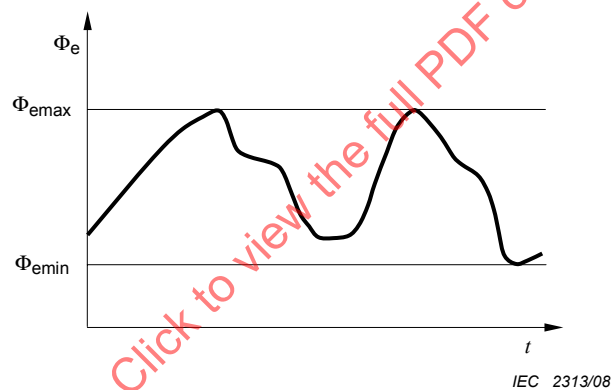


Figure 8 – Output radiant power versus time

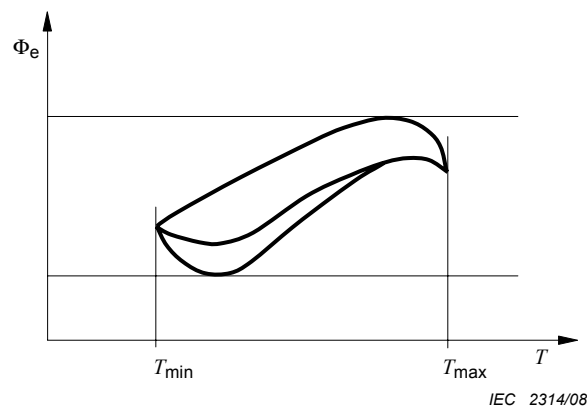


Figure 9 – Output radiant power versus case temperature

e) *Specified conditions*

- Φ_e or ΔI_F at 25 °C.
- Case or ambient temperature range $T_{\text{case/amb min}}$; $T_{\text{case/amb max}}$.
- Submount temperature (T_{sub}), where appropriate.
- Bias voltage (V_R) of the monitor photodiode (D_M).

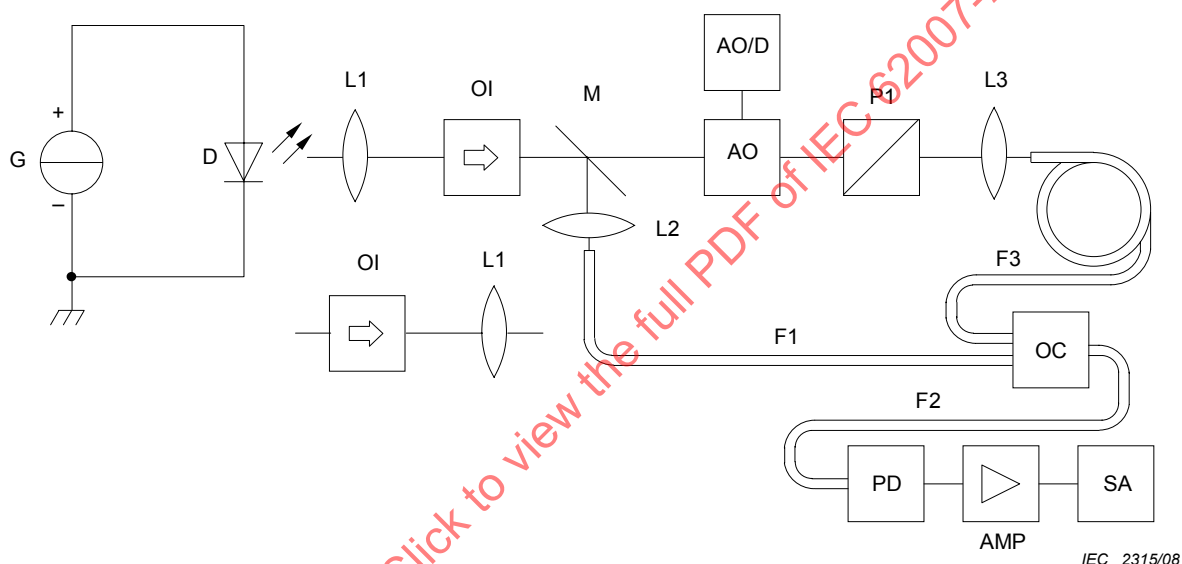
4.8 Spectral linewidth of LDs with or without optical fibre pigtails

a) Purpose

To measure the spectral linewidth of a laser diode (LD) with or without optical fibre pigtails.

b) Circuit diagram

Figure 10 shows a circuit diagram for measuring linewidth of LDs.



Key

G	d.c. current source
D	device being measured
L1, L2, L3	lenses
OI	optical isolator
AO	acousto-optic modulator
AO/D	driver for acousto-optic modulator
M	mirror
P1	polarization adjustment device
F1, F2, F3	single mode fibre
OC	optical coupler
PD	detector
AMP	amplifier
SA	spectrum analyzer

Figure 10 – Circuit diagram for measuring linewidth of LDs

c) Precautions to be observed

Radiation power reflected back into the laser diode shall be minimized.

Length of F3 should be sufficiently long to obtain a greater resolution than the spectral linewidth of the device being measured D.

Modulation frequency should be higher than the spectral linewidth of the device D.

The specified d.c. current should be sufficiently stabilized so as not to broaden the measured linewidth of the device D.

NOTE The fibre length of F3 should be determined by the frequency resolution:

$$\frac{0,75 \, c}{\pi \, L \, n}$$

where

c is the velocity of light;

L is the length of F3;

n is the refractive index of fibre F3.

d) *Measurement procedure*

The specified d.c. current above threshold (ΔI_F) or the forward current corresponding to the specified radiant power (Φ_e) is applied to the device D being measured.

The optical port of the device D is aligned to get maximum radiant power into F1 and F3.

A peak corresponding to the modulation frequency of the modulator AO on the spectrum analyzer is observed and P1 is rotated to get the maximum radiant power. Full width at half maximum of the observed peak is measured. The measured value is twice the spectral linewidth of the device D.

e) *Specified conditions*

- Ambient, case or submount temperature.
- Forward current above threshold ΔI_F or radiant power Φ_e .

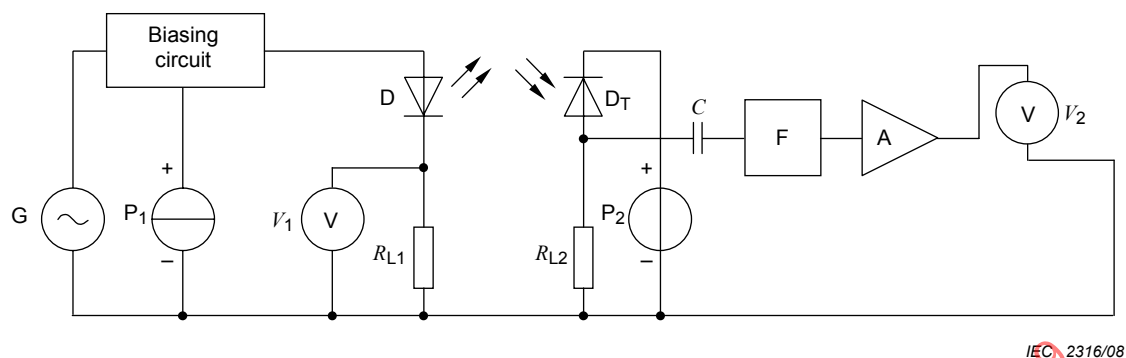
4.9 Modulation current at 1 dB efficacy compression (I_F (1 dB)) of LEDs

a) *Purpose*

To measure the modulation current at 1 dB efficacy compression under specified modulation frequency and radiant power output condition.

b) *Circuit diagram*

Figure 11 shows the circuit diagram for measuring 1-dB efficacy compression of LDs.

**Key**

D	device being measured
G	sine wave signal source
C	coupling capacitor
P ₁	power supply to provide the specified radiant power Φ_e to D
V, V ₁ , V ₂	a.c. voltmeter or broadband voltage measuring equipment
R _{L1}	load resistor for matching the specified electrical impedance of D
D _T	optical signal detector
R _{L2}	load resistor for matching the specified electrical impedance of D _T
P ₂	power supply to provide the operating voltage to D _T
F	filter with bandpass centre frequency matched to the frequency f of the sine wave signal source
A	amplifier

Figure 11 – Circuit diagram for measuring 1 dB efficacy compression of LDs**c) Precautions to be observed**

The optical port of the device being measured shall, as far as possible, be coupled to that of the optical signal detector.

d) Measurement procedure

Couple the optical output of D from the optical port to the detector D_T. Apply the supply current generated by P₁ to the appropriate connections of D so as to achieve the specified output radiant power Φ_e from the optical port. Apply modulation current from signal generator G at the specified modulation frequency. Record the detected signal voltage V₂ and the modulation voltage V₁ as the modulation current is increased. The modulation current I₁ ($I_1 = V_1/R_{L1}$) is determined from V₁ using the value of R_{L1}. Identify the region for which there is a linear relationship between log V₂ and log I₁. Record the value of I₁ at which log V₂ is 1 dB below the value resulting from the projected linear region, as shown in Figure 17. This value of I₁ is the modulation current at 1 dB efficacy compression I_{F(1 dB)}.

NOTE The functions of the filters and a.c. voltmeters are typically incorporated in r.f. spectrum analyzer instruments. Such instruments can be used in place of the individual circuit elements shown in the circuit description. With this substitution, the measured quantities are a.c. signal powers in place of signal amplitudes.

Figure 12 shows the plot of log V₂ versus log I₁.

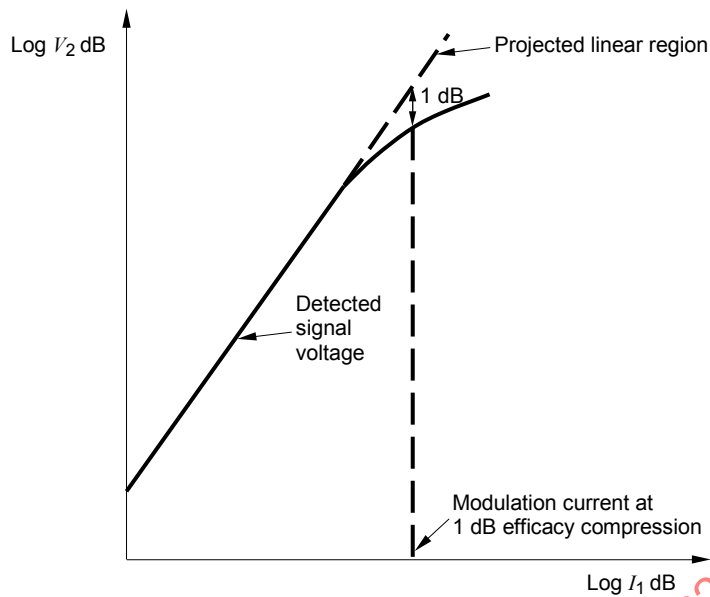


Figure 12 – Plot of $\log V_2$ versus $\log I_1$

e) *Specified conditions*

- Ambient or case temperature (T_{amb} or T_{case})
- Load resistances (R_{L1} and R_{L2})
- Peak-emission wavelength and spectral radiation bandwidth of the light source (λ_p , $\Delta\lambda$)
- Radiant power (Φ_e)
- Modulation frequency (f)

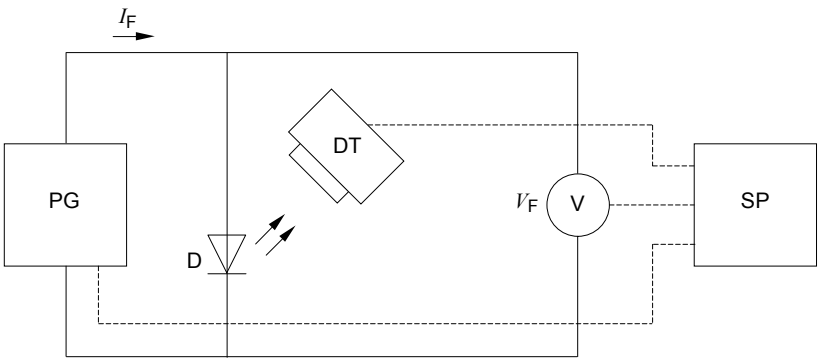
4.10 Differential efficiency (η_d) of a LD with or without pigtail and an LD module

a) *Purpose*

To measure the differential efficiency η_d of a laser diode (LD) with or without pigtail and an LD module.

b) *Circuit diagram and current waveform*

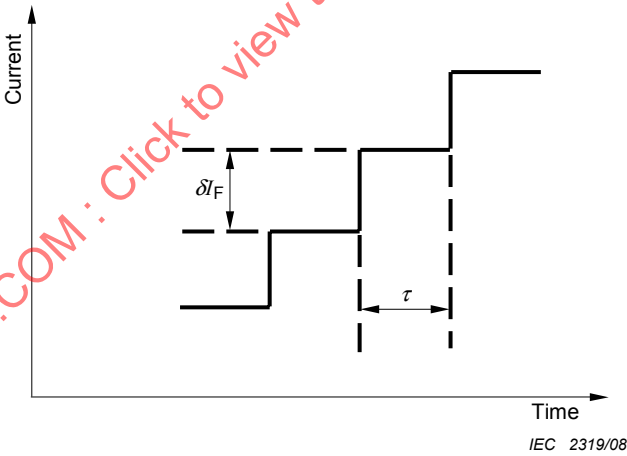
Figure 13 shows the circuit diagram for measuring differential efficiency of a LD and Figure 14 shows the current waveform for differential efficiency measurement.



IEC 2318/08

Key			
D	device being measured	I_F	forward current
PG	current step generator	V	voltmeter
D_T	photodetector	V_F	device forward voltage as measured on the voltmeter
SP	signal processing equipment		

Figure 13 – Circuit diagram for measuring differential efficiency of a LD



IEC 2319/08

Key	
δI_F	step-amplitude
τ	step duration

Figure 14 – Current waveform for differential efficiency measurement

c) *Precautions to be observed*

Radiant power reflected back into the laser diode shall be minimized. The limiting values of the laser diode, I_F or Φ_e , shall not be exceeded.

d) *Measurement procedure*

The current waveform applied to the device shall be as shown in Figure 16, where δI_F is the step-amplitude and $\leq (1/20)\Delta I_F$ and τ , the step duration, shall be of sufficient length to allow the device to achieve thermal equilibrium.

NOTE The step duration τ should not be too small, otherwise thermal effects would not be taken into account. A recommended minimum value is 100 μ s, close to the most common chip-to-heatsink thermal time constant.

Record I_F and Φ_e at each step level.

Derive η_d from the ratio:

$$\eta_d = \delta \Phi_e / \delta I_F, \quad \text{at } \Delta I_F \text{ or } \Phi_e \text{ specified.}$$

e) *Specified conditions*

- Ambient or case temperature, or sub-mount temperature (T_{amb} , T_{case} or T_{sub})
- Either forward current above threshold (ΔI_F) or radiant power (Φ_e)

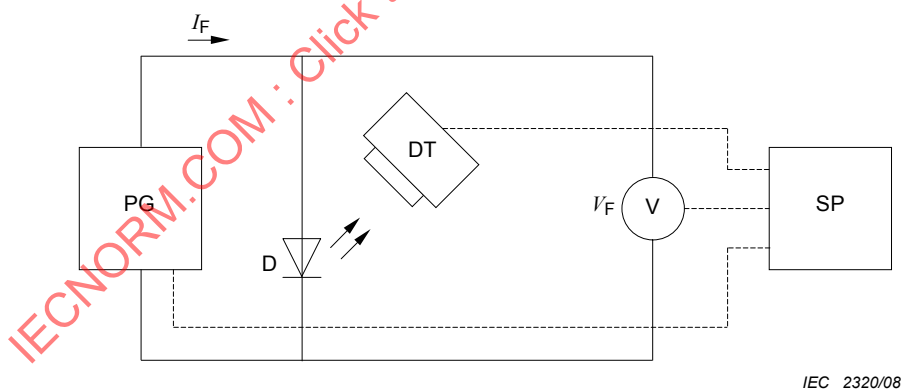
4.11 Differential (forward) resistance r_d of an LD with or without pigtail

a) *Purpose*

To measure the differential (forward) resistance r_d of a laser diode (LD) with/without pigtail.

b) *Circuit diagram and current waveform*

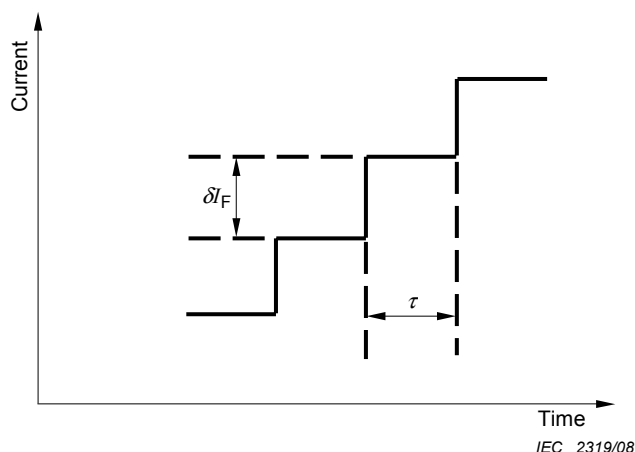
Figure 15 shows the circuit diagram for measuring differential resistance and Figure 16 shows the current waveform for differential resistance.



Key

D	device being measured	SP	signal processing equipment
PG	current step generator	I_F	forward current
V	voltmeter	V_F	device forward voltage as measured on the voltmeter
D_T	photodetector		

Figure 15 – Circuit diagram for measuring differential resistance

**Key**

- δI_F step-amplitude
 τ step duration

Figure 16 – Current waveform for differential resistance**c) Precautions to be observed**

The limiting values of the laser diode, I_F or Φ_e , shall not be exceeded.

d) Measurement procedure

The current waveform applied to the device shall be as shown in Figure 16, where δI_F is the step-amplitude and $\leq (1/20)\Delta I_F$.

Record I_F , V_F and Φ_e at each step level.

Derive r_d from the ratio:

$$r_d = \delta V_F / \delta I_F, \quad \text{at } \Delta I_F \text{ or } \Phi_e \text{ specified.}$$

e) Specified conditions

- Ambient or case temperature, or submount temperature (T_{amb} , T_{case} or T_{sub})
- Either forward current above threshold (ΔI_F) or radiant power (Φ_e)

5 Measuring methods for receivers**5.1 Outline of the measuring methods**

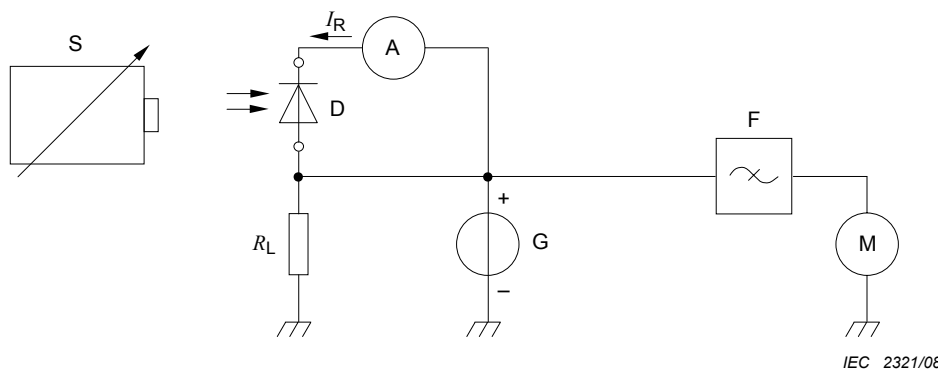
The photodiodes have various opto-electronic properties. Some of them are important specifications for using them in the optical communication systems. The measuring methods for their opto-electronic properties are described in the following subclauses. Each subclause consists of following items.

5.2 Noise of a PIN photodiode**a) Purpose**

To measure the noise current, the noise power, the detectivity or the noise equivalent power (NEP) of a PIN photodiode under specified conditions.

b) Circuit diagram

Figure 17 shows the circuit diagram for measuring noise of a PIN photoreceiver.



Key

S	radiation or light source
D	device being measured
I_R	reverse current under optical radiation
R_L	load resistance (50 Ω preferably)
A	ammeter
G	reverse-voltage supply
F	filter with specified maximum transmission frequency (centre frequency) f_0 and specified equivalent noise bandwidth Δf_N
M	true r.m.s. reading instrument, calibrated in noise current, noise power, detectivity or equivalent noise power

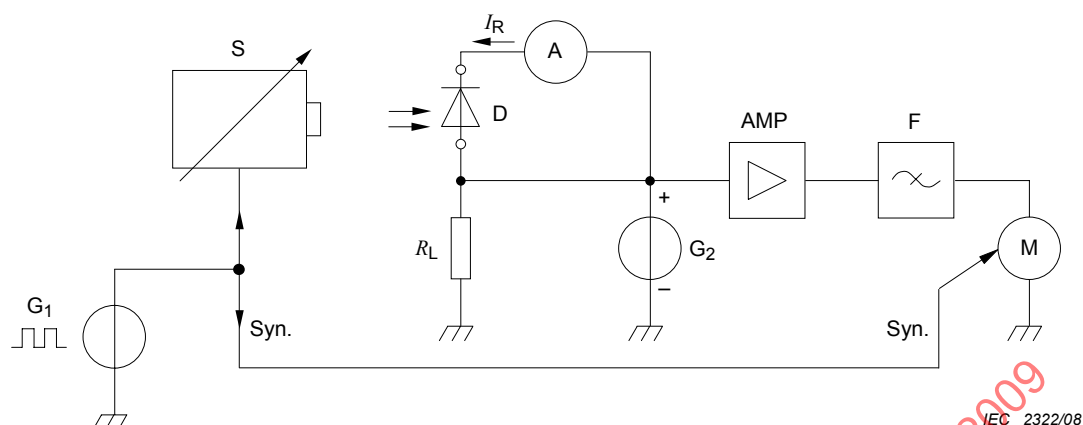
Figure 17 – Circuit diagram for measuring noise of a PIN photoreceiver

c) Precautions to be observed

The bandwidth should be defined by the filter F, taking into account the other parameters, such as the capacitance of D and the input capacitance of the measuring equipment.

The noise of the measuring equipment, including the radiation or light source, should be small compared with the noise to be measured or should be taken into account in the measurement result.

When the noise level is too low to be measured directly, amplification and synchronous detection techniques may be used as described below in Figure 18.



Key

G_1 modulation generator, square wave ($\delta = 0,5$), frequency f_1

S radiation or light source

 I_R reverse current under optical radiation

D device being measured

R_l load resistor

A ammeter

G₂ reverse voltage supply

AMP a.c. amplifier

F filtre (centre frequency f_0 , equivalent noise bandwidth Δf_N)

M true r.m.s. reading instrument

Syn. synchronisation signal

NOTE 1 f_1 is low compared with f_0 (centre frequency of the filter F).

NOTE 2 The filter F rejects the frequency f_1 .

Figure 18 – Circuit diagram for measuring noise with synchronous detection

d) *Measurement procedure*

The measuring equipment being calibrated, the specified reverse voltage V is applied to the device being measured D. The radiant or luminous flux of the source is increased from 0 until the specified value of I_R is reached. The noise of the device D is measured on the reading instrument M.

e) *Specified conditions*

- Ambient temperature.
- Characteristics of the radiation of light source: either peak-emission wavelength, λ_p , and spectral bandwidth $\Delta\lambda$, or spectral distribution (for example illuminant A).
- Reverse voltage source (V).
- Reverse current under optical radiation (I_R).
- Load resistance (R_L) if other than 50 Ω .
- Filter maximum transmission frequency (centre frequency) (f_0) and equivalent noise bandwidth (Δf_N).

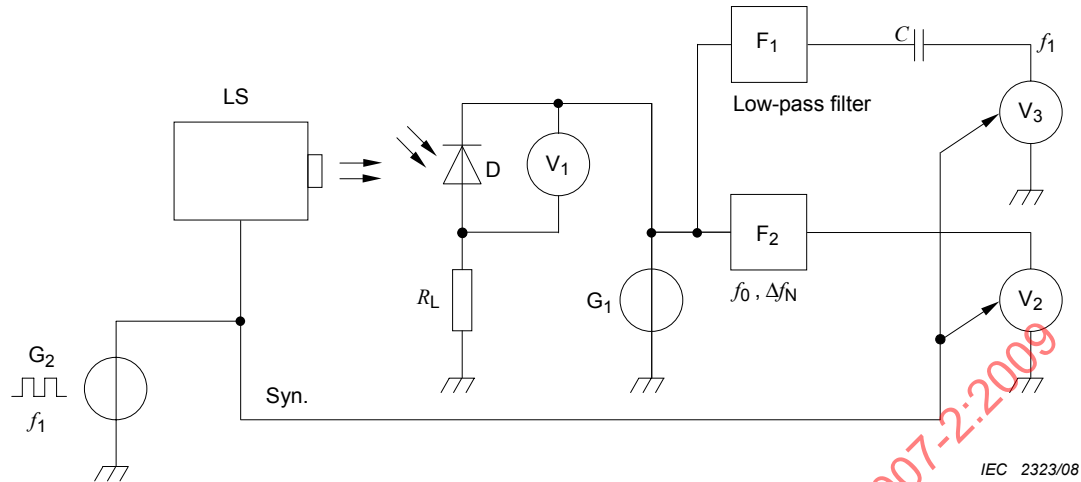
5.3 Excess noise factor of an APD with or without optical fibre pigtails

a) *Purpose*

To measure the excess noise factor F_e of an avalanche photodiode (APD) with or without optical fibre pigtailed.

b) Circuit diagram

Figure 19 shows the circuit diagram for measuring excess noise of an APD.



Key

LS	radiation or light source
D	device being measured
R_L	load resistance
G_1	d.c. voltage source
G_2	optical modulation generator with frequency f_1
V_1	d.c. voltmeter
V_2	true r.m.s. voltage meter with synchronous amplifier at frequency f_1
V_3	a.c. voltage meter with synchronous amplifier at frequency f_1
F_1	low-pass filter
F_2	band-pass filter with specified central frequency f_0 and bandwidth Δf_N
C	d.c. blocking capacitor
Syn.	synchronization signal

NOTE 1 Modulation frequency f_1 should be low compared to f_0 and to prevent measuring error due to frequency response of the device D being measured.

NOTE 2 Filter F_2 should reject modulation frequency f_1 .

NOTE 3 Filter F_1 should pass modulation frequency f_1 but reject frequencies larger than $f_0 - \Delta f_N/2$.

NOTE 4 Capacitor value C should be large enough to pass frequency f_1 .

NOTE 5 Only the optical port of the device D being measured should be irradiated and that irradiation should completely fill the port.

Figure 19 – Circuit diagram for measuring excess noise of an APD

c) Procedure

1) Apply a low-bias voltage V_{R1} measured by V_1 .

V_{R1} should be sufficiently low so that negligible carrier multiplication takes place (i.e. multiplication factor $M \approx 1$) but sufficiently large that the device is fully depleted and has achieved its rated speed and responsivity. Adjust the input optical power to achieve the specified photocurrent $I_{po(3)}$ as measured by voltage V_{30} on V_3 from the signal modulated at frequency f_1 using the relationship:

$$I_{po} = \frac{1}{k} \times \frac{V_{30}}{R_L}$$

where k is equal to the duty factor of modulation generator G_2 (e.g. for a 50 % duty factor square wave, $k = 1/2$).

- 2) Increase bias voltage V_R until the voltage V_{31} read on V_3 reaches the value $M \times V_{30}$:

$$M = \frac{V_{31}}{V_{30}}$$

- 3) Read the voltage V_{21} on V_2 and calculate the excess noise factor F_e from the relationship:

$$F_e = \frac{V_{21}^2}{2 q \times I_{po} \times M^2 \times R_L^2 \times \Delta f_N}$$

where q is the electronic charge.

d) *Precautions to be observed*

This method is not accurate for a device in which unity gain ($M \approx 1$) cannot be achieved when the device is fully depleted and has achieved its rated speed and responsivity.

e) *Specified conditions*

- Ambient or case temperature.
- Multiplication factor (M).
- Photocurrent (I_{po}).
- f_o , Δf_N of the filter F_2 .
- Peak emission wavelength and spectral radiation bandwidth (λ_p , $\Delta\lambda$).
- V_{R1} .

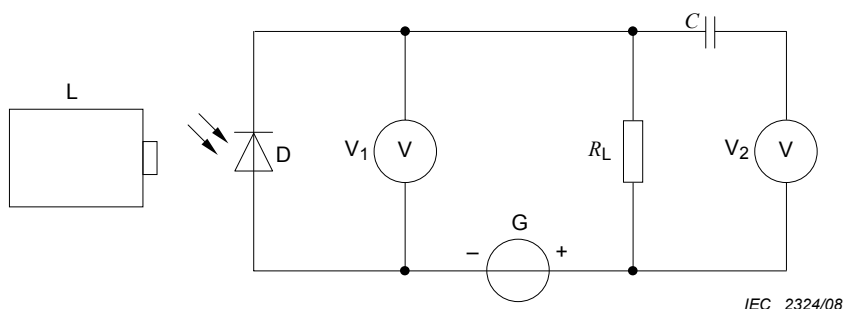
5.4 Small-signal cut-off frequency of a photodiode with or without optical fibre pigtails

a) *Purpose*

To measure the small-signal cut-off frequency of a photodiode, with or without optical fibre pigtails, under specified conditions.

b) *Circuit diagram*

Figure 20 shows the circuit diagram for measuring small-signal cut-off wavelength of a photodiode.



Key

- D device being measured
- L narrowband light source emitting light which is amplitude modulated with a small-signal sinusoidal wave of adjustable frequency
- G d.c. voltage source
- V_1 d.c. voltmeter
- V_2 broadband voltage measurement instrument
- R_L load resistance, low in value compared with the source resistance of the device being measured
- C coupling capacitor

Figure 20 – Circuit diagram for measuring small-signal cut-off wavelength of a photodiode

c) Precaution to be observed

Only the optical port of the device shall be completely irradiated.

d) Measurement procedure

The specified direct reverse voltage is applied to the device being measured. The radiation source is adjusted to obtain the average value Φ_e specified from the optical port. This source is modulated at a low frequency (less than $f_c / 100$) and the a.c. output signal is measured on V_2 .

The modulation frequency of the radiation source is increased keeping the average value of Φ_e and the modulation level constant until the output signal measured on V_2 has decreased by $\sqrt{2}$. This frequency is the small-signal cut-off frequency f_c .

e) Specified conditions

- Ambient or case temperature.
- Reverse voltage (V_R).
- Load resistance (R_L).
- Peak-emission wavelength and spectral radiation bandwidth of the light source (λ_p , $\Delta\lambda$).
- Radiant power (Φ_e).

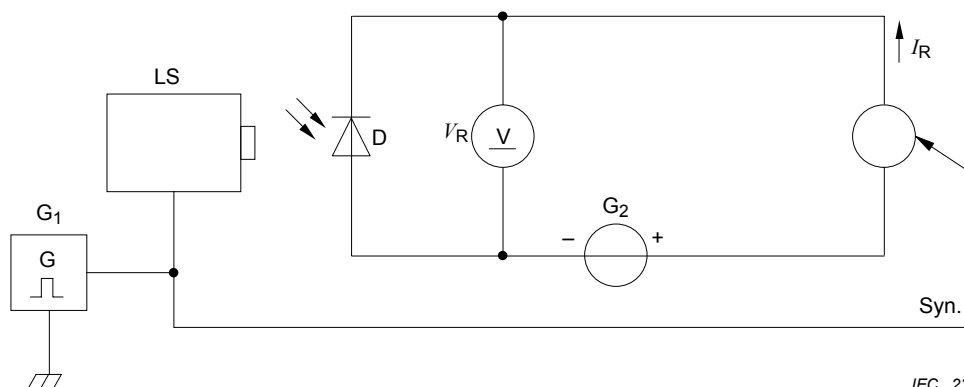
5.5 Multiplication factor of an APD with or without optical fibre pigtails

a) Purpose

To measure the multiplication factor M of an avalanche photodiode (APD) with or without optical fibre pigtails.

b) Circuit diagram

Figure 21 shows the circuit diagram for measuring multiplication factor of an APD.



IEC 2325/08

Key

LS	radiation or light source
D	device being measured
G ₁	modulation generator
G ₂	d.c. voltage source
SA	synchronous ammeter
Syn.	synchronization signal
G	signal source
V	voltmeter
V _R	tension de polarisation

Figure 21 – Circuit diagram for measuring multiplication factor of an APD

c) *Precautions to be observed*

Only the optical port of the device being measured shall be considered.

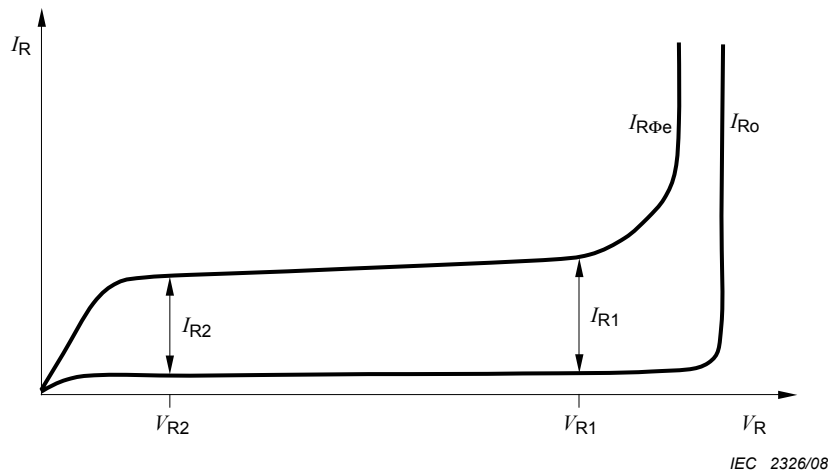
d) *Measurement procedure*

Apply the specified low bias voltage V_{R2} from the generator G_2 to the device being measured. Adjust the radiant power Φ_e to the specified value. Measure the current I_{R2} on the synchronous ammeter.

Change the d.c. bias voltage applied to the device being measured to the specified value V_{R1} . Measure the current I_{R1} on the synchronous ammeter. Figure 22 shows the graph of measures of I_{R1} and I_{R2} .

Calculate the multiplication factor M from the equation:

$$M = \frac{I_{R1}}{I_{R2}}$$



Key

I_{R0}	dark current
$I_{R\Phi e}$	current under optical radiation
V_R	tension de polarisation

Figure 22 – Graph showing measurement of I_{R1} and I_{R2}

e) Specified conditions

- Ambient or case temperature.
- Reverse voltages (V_{R1} , V_{R2}).
- Radiant power (Φ_e).
- Peak emission wavelength (λ_p).
- Spectral radiation bandwidth ($\Delta\lambda$).
- Optical port.
- Optical configuration.

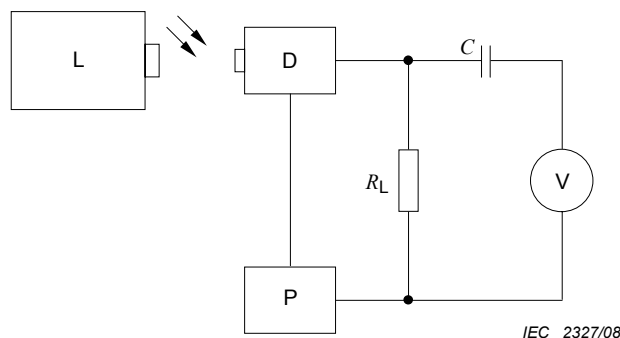
5.6 Responsivity of a PIN-TIA module

a) Purpose

To measure the responsivity of a PIN-TIA module under specified modulated radiation input condition.

b) Circuit diagram

Figures 23 shows the circuit diagram for measuring responsivity of a PIN-TIA module.

**Key**

- D device being measured
- L narrowband radiation source with adjustable radiant power Φ_e and which is amplitude modulated with a small-signal sinusoidal wave of adjustable frequency and r.m.s. value $\Delta\Phi_{e(r.m.s)}$
- P power supply to provide specified operating voltages and currents to D
- R_L load resistor for matching the specified output impedance of D
- C coupling capacitor
- V r.m.s. voltmeter or broadband voltage measuring instrument

Figure 23 – Circuit diagram for measuring responsivity of a PIN-TIA module

c) *Precautions to be observed*

The optical port of the device being measured shall be completely irradiated.

The value of $\Delta\Phi_{e(r.m.s)}$ shall be sufficiently smaller than the d.c. radiant power Φ_e , and stay constant over the specified band of modulation frequencies f_1 to f_2 .

A signal shall be considered small if a two-to-one increase in its magnitude does not produce a change in the measured value of the parameter that is greater than the permitted error of the measurement.

d) *Measurement procedure*

Apply specified supply voltages generated by P to the appropriate connections of D. Adjust L to provide the specified d.c. value of input radiant power Φ_e and the specified modulation frequency. Measure the r.m.s. a.c. output voltage $V_{o(r.m.s)}$ on V. Determine the responsivity S using the following relationship:

$$S = \frac{V_{o(rms)}}{\Delta\Phi_{e(rms)}}$$

Note the maximum (S_{max}) and minimum (S_{min}) values of S measured in the frequency range f_1 to f_2 , as well as the mid-band central value S_{mb} defined by:

$$F_{mb} = \sqrt{f_1 \times f_2}$$

or corresponding to a specified value.

NOTE The functions of the load resistor, coupling capacitor and a.c. voltmeter are typically incorporated in r.f. spectrum/network analyzers. Such instruments can be used in place of the individual circuit elements shown in the circuit description.

e) *Specified conditions*

- Ambient or case temperature (T_{amb} or T_{case}).
- Specified supply voltages generated by P.
- Load resistance (R_L).

- Peak-emission wavelength and spectral radiation bandwidth of the light source (λ_p , $\Delta\lambda$).
- d.c. radiant power (Φ_e).
- Modulation frequency (f).

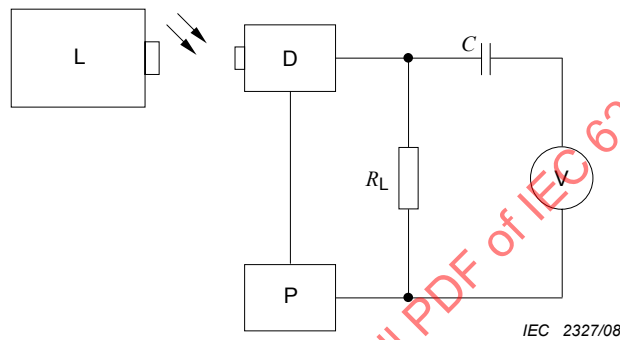
5.7 Frequency response flatness ($\Delta S/S$) of a PIN-TIA module

a) Purpose

To measure the frequency response flatness of a PIN-TIA module over a specified band of modulation frequencies.

b) Circuit diagram

Figure 24 shows the circuit diagram for measuring frequency response flatness of a PIN-TIA module.



Key

D device being measured

L narrowband radiation source with adjustable radiant power Φ_e and which is amplitude modulated with a small-signal sinusoidal wave or adjustable frequency and r.m.s. value $\Delta\Phi_{e(r.m.s)}$

P power supply to provide specified operating voltages and currents to D

R_L load resistor for matching the specified output impedance of D

C coupling capacitor

V a.c. voltmeter or broadband voltage measuring instrument

Figure 24 – Circuit diagram for measuring frequency response flatness of a PIN-TIA module

c) Precautions to be observed

The optical port of the device being measured shall be completely irradiated.

The value $\Delta\Phi_{e(r.m.s)}$ shall be sufficiently smaller than the d.c. radiant power Φ_e and substantially constant over the specified band of modulation frequencies f_1 to f_2 .

A signal shall be considered small if a two-to-one increase in its magnitude does not produce a change in the measured value of the parameter that is greater than the permitted error of the measurement.

d) Measurement procedure

Apply specified supply voltages generated by P to the appropriate connections of D. Adjust L to provide the specified d.c. value of input radiant power Φ_e . Vary the modulation frequency over the specified band of frequencies f_1 to f_2 . Measure the a.c. output voltage $V_{O(r.m.s)}$ on V as a function of frequency. Determine the responsivity S using the following relationship:

$$S = \frac{V_{O(rms)}}{\Phi_{e(rms)}}$$

Determine the maximum ($S_{\max}$) and minimum ($S_{\min}$) values of S over the specified band of modulation frequencies, and its value $S(f_{\text{mb}})$ at the mid-band frequency f_{mb} . The frequency response flatness, expressed in decibels, is calculated as:

$$\Delta S / S = 10 \log \frac{S_{\max} - S_{\min}}{S_{\text{mb}}}$$

where f_{mb} is the mid-band frequency defined by $f_{\text{mb}} = \sqrt{f_1 \times f_2}$, unless otherwise specified, and $S(f_{\text{mb}})$ is the responsivity value at the frequency f_{mb} .

NOTE The functions of the load resistor, coupling capacitor and a.c. voltmeter are typically incorporated in r.f. spectrum/network analyzer instruments. Such instruments can be used in place of the individual circuit elements shown in the circuit description.

e) *Specified conditions*

- Ambient or case temperature (T_{amb} or T_{case}).
- Specified bias voltages generated by P.
- Load resistance (R_L).
- Peak-emission wavelength and spectral radiation bandwidth of the light source (λ_p , $\Delta\lambda$).
- DC radiant power (Φ_e).
- Modulation frequency range of radiant power (f_1 , f_2).
- Mid-band frequency (f_{mb}), if other than $\sqrt{f_1 \times f_2}$.

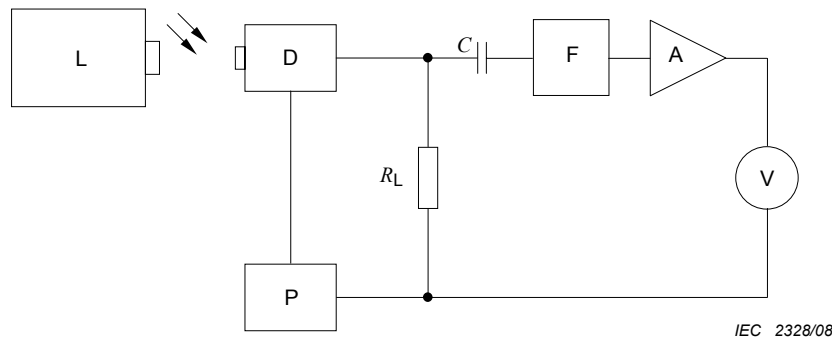
5.8 Output noise power (spectral) density $P_{\text{no},\lambda}$ of a PIN-TIA module

a) *Purpose*

To measure the output noise power spectral density of a PIN-TIA module under matched-output conditions.

b) *Circuit diagram*

Figure 25 shows the circuit diagram for measuring output noise power (spectral) density of a PIN-TIA module under matched output conditions.



Key

- D device being measured
- L narrowband radiation source with adjustable radiant power Φ_e
- P power supply to provide specified operating voltages and currents to D
- R_L load resistor for matching the specified electrical impedance of D
- F high-Q bandpass filter
- A amplifier with voltage gain G_v
- V true r.m.s. noise voltage measuring instrument to measure the output noise voltage V_m at frequency f_m
- C coupling capacitor

Figure 25 – Circuit diagram for measuring output noise power (spectral) density of a PIN-TIA module under matched output conditions

c) Precautions to be observed

The optical port of the device being measured shall be completely irradiated with the specified input radiant power Φ_e .

The bandwidth of the amplifier shall be sufficiently large to ensure that the overall noise bandwidth is determined by filter F.

The measuring circuit shall be electrically grounded and shielded so as to prevent spurious signals from interfering with the measurement of low-level noise signals.

d) Measurement procedure

Apply specified supply voltages and currents provided by P to the appropriate connections of D.

Adjust L to provide at the optical port of D the specified input radiant power Φ_e .

Adjust the centre frequency of F to the specified frequency f_m for the measurement of the output noise power (spectral) density.

Read the value V_m of the output r.m.s. noise voltage at voltmeter V.

Calculate the output noise power (spectral) density as:

$$P_{\text{no},\lambda} = \frac{(V_m / G_v)^2}{R_L \times B}$$

NOTE The functions of the load resistor, filter, amplifier and r.m.s. noise voltmeter are typically incorporated in r.f. spectrum analyzer instruments. Such instruments can be used in place of the individual circuit elements shown in the circuit diagram.

e) Specified conditions

- Ambient or case temperature (T_{amb} or T_{case}).
- Specified supply voltages and currents provided by P.
- Load resistance (R_L).

- Peak-emission wavelength and spectral radiation bandwidth of the light source (λ_p , $\Delta\lambda$).
- Input radiant power (Φ_e).
- Centre frequency (f_m) and effective bandwidth (B) of F.

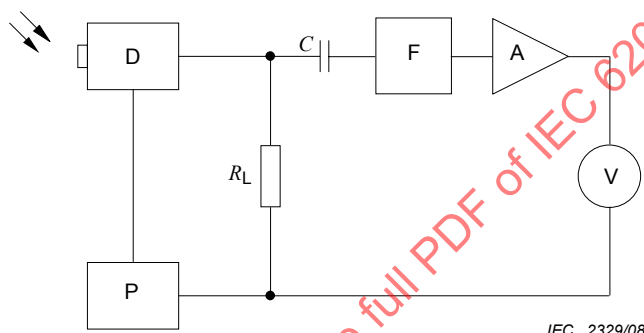
5.9 Low frequency output noise power (spectral) density ($P_{no,\lambda,LF}$) and corner frequency (f_{cor}) of a PIN-TIA module

a) Purpose

To measure the output noise power (spectral) density of a non-irradiated PIN-TIA module in the low frequency region, where it is dominated by the so-called $1/f$ noise, and corner frequency, under matched-output condition.

b) Circuit diagram

Figure 26 shows a circuit diagram for measuring output noise power (spectral) density of a non-irradiated PIN-TIA module in the low frequency region.



Key

- D device being measured (non-irradiated)
- P power supply to provide specified supply voltages and currents to D
- R_L load resistor for matching the specified output impedance of D
- F high-Q bandpass filter with adjustable centre frequency f_m and effective bandwidth B
- A amplifier with voltage gain G_v
- V true r.m.s. voltage measuring instrument to measure the output noise voltage V_m at frequency f_m
- C coupling capacitor

Figure 26 – Circuit diagram for measuring output noise power (spectral) density of a non-irradiated PIN-TIA module in the low frequency region

c) Precautions to be observed

The optical port of D shall not be irradiated.

The bandwidth of the amplifier shall be sufficiently large to ensure that the overall noise bandwidth is determined by F.

The measuring circuit shall be electrically grounded and shielded so as to prevent spurious signals from interfering with the measurement of low level noise signals.

The effective (noise) bandwidth B of F shall be 15 % or less of its centre frequency.

d) Measurement procedure

Apply specified supply voltages and currents provided by P to the appropriate connections of D.

Increase the centre frequency of filter F from a very low value at which the noise voltage V_m is still decreasing with increasing frequency up to a value where V_m becomes nearly constant. See Figure 27 which shows V_m in decibels as a function of f . Note the value V_m^* at this frequency.

Decrease the frequency until V_m has increased by 3 dB (by a factor $\cong \sqrt{2}$) compared to V_m^* . This frequency is the corner frequency f_{cor} .

Decrease the frequency further and measure $V_m(f_m)$ at the specified frequency f_m which refers to a point in nearly linear region of the curve in Figure 27.

Calculate the low frequency output noise power (spectral) density as:

$$P_{no,\lambda,LF} = \frac{(V_m / G_v)^2}{R_L \times B}$$

NOTE The functions of the load resistor, filter, amplifier and r.m.s. noise voltage measuring instrument are typically incorporated in r.f. spectrum analyzer instruments. Such instruments can be used in place of the individual circuit elements shown in the circuit diagram. In that case, particular care should be paid to calibration of spectrum analyzers and to good impedance matching to D.

e) *Specified conditions*

- Ambient or case temperature (T_{amb} or T_{case}).
- Supply voltages and currents provided by P.
- Load resistance (R_L).
- Measuring frequency (f_m) for $P_{no,\lambda,LF}$.
- Effective bandwidth (B) of F.

Figure 27 shows the graph of V_m versus frequency.

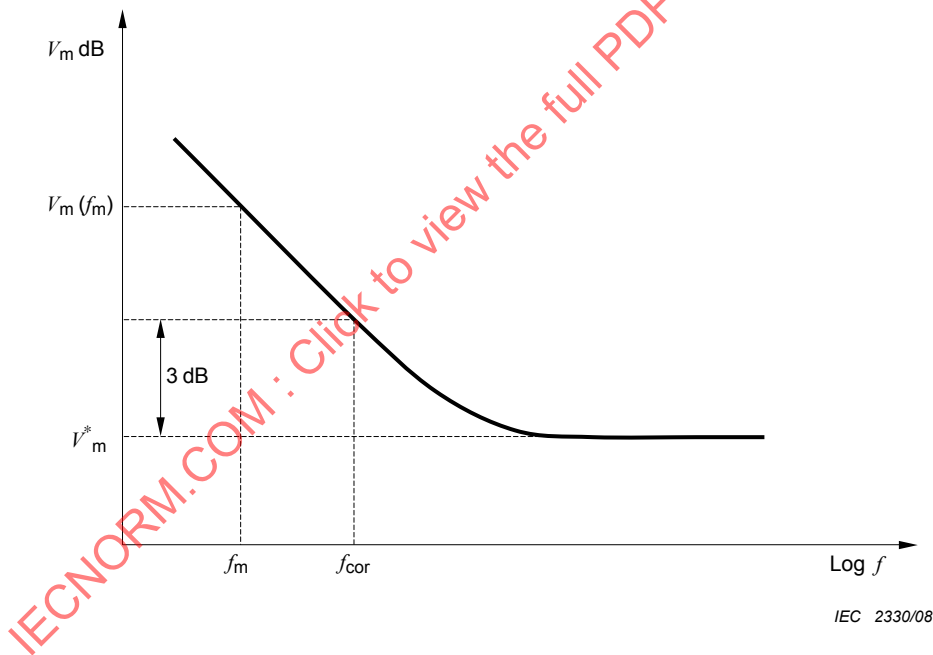


Figure 27 – Graph of V_m versus frequency

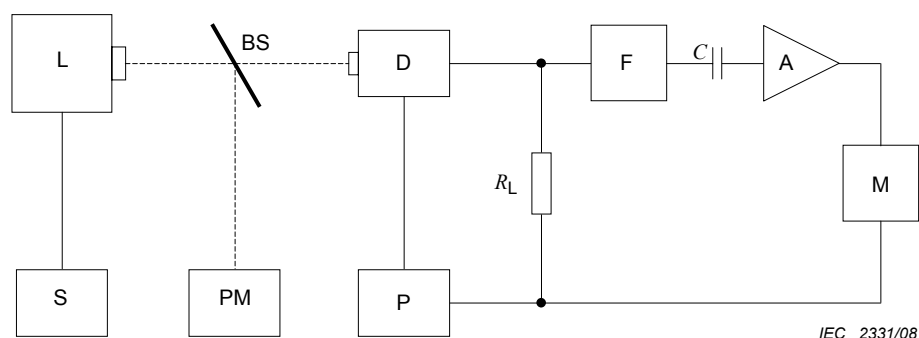
5.10 Minimum detectable power of PIN-TIA module

a) *Purpose*

To measure the minimum detectable power of a PIN-TIA module at a specified bit-error ratio (BER) or carrier-to-noise ratio (C/N).

b) *Circuit diagram*

Figure 28 shows the circuit diagram for measuring minimum detectable power of a PIN-TIA module at a specified bit-error rate (BER) or carrier-to-noise ratio (C/N).

**Key**

- L radiation source with adjustable d.c. and modulated radiant power (Φ_e , $\Delta\Phi_e$)
- S sinusoidal signal source (for analogue measurement) or signal source to generate appropriate digital signal under specified conditions (for digital measurement)
- BS beam splitter
- PM optical signal measuring instrument
- D device being measured
- P power supply to provide specified operating voltages and currents to D
- R_L load resistance
- EQ equalizer, if required
- C coupling capacitor
- A amplifier with centre frequency f_{mb} and bandwidth B (for analogue measurement) or amplifier with variable gain (for digital measurement)
- M r.m.s. voltage meter (for analogue measurement) or bit-error rate counter (for digital measurement)

Figure 28 – Circuit diagram for measuring minimum detectable power of a PIN-TIA module at a specified bit-error rate (BER) or carrier-to-noise ratio (C/N)

c) *Precautions to be observed*

Optical power on PM shall be calibrated so that the a.c. irradiated power on the optical port of D can be measured.

The C/N of L shall be high enough to avoid the increase in the detected noise.

Only the optical port of D shall be irradiated.

d) *Measurement procedure*

Apply specified supply voltages generated by P to D and modulate L by S under the condition of sufficient high extinction ratio.

Adjust the radiant power measured on PM to obtain the specified bit-error rate maintaining the constant extinction ratio of L and appropriate input condition of M by adjusting the gain of A.

Measure the radiant power on PM. This is the minimum detectable power of D.

e) *Specified conditions*

- Ambient or case temperature (T_{amb} or T_{case}).
- Supply voltages of D.
- Peak emission wavelength and spectral radiation bandwidth of L (λ_p , $\Delta\lambda$).
- Signal bit-rate.
- Modulation scheme (RZ or NRZ).
- Bit-error rate.
- Signal pattern (bit sequence and mark density).
- Equalizer parameters, if required.

Bibliography

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams*

IEC 61300 (all parts), *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures*

IEC 61315, *Calibration of fibre-optic power meters*

IEC/TR 61930, *Fibre optic graphical symbology*

IEC/TR 61931, *Fibre optic – Terminology*

ISO 1101, *Geometrical product specification (GPS) – Geometrical tolerancing – Tolerancing of form, orientation, location and run-out*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62007-2:2009

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62007-2:2009

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	42
INTRODUCTION.....	44
1 Domaine d'application	45
2 Références normatives.....	45
3 Termes, définitions et abréviations	45
3.1 Termes et définitions	45
3.2 Abréviations	46
4 Méthodes de mesure pour les photoémetteurs.....	46
4.1 A propos des méthodes de mesure	46
4.2 Flux énergétique ou courant direct des DEL et des DL avec ou sans fibre amorce.....	46
4.3 Fréquence de coupure en petits signaux (f_c) des DEL et DL avec ou sans fibres amorces.....	47
4.4 Courant de seuil des DL avec ou sans fibre amorce	49
4.5 Intensité relative du bruit des DEL et DL avec ou sans fibre amorce.....	50
4.6 Paramètre S_{11} des DEL, DL et modules DL avec ou sans fibre amorce	51
4.7 Erreur de poursuite d'un module DL avec fibres amorces, avec ou sans élément refroidisseur.....	53
4.8 Largeur de ligne spectrale des DL avec ou sans fibre amorce	56
4.9 Courant de modulation correspondant à 1 dB de compression d'efficacité (I_F (1 dB)) des DEL	57
4.10 Efficacité différentielle (η_d) d'une DL avec ou sans fibre amorce et d'un module DL.....	59
4.11 Résistance différentielle (directe) r_d d'une DL avec ou sans fibre amorce	61
5 Méthodes de mesures relatives aux récepteurs	62
5.1 A propos des méthodes de mesure	62
5.2 Bruit d'une photodiode PIN.....	62
5.3 Facteur d'excès de bruit d'une APD avec ou sans fibre amorce	64
5.4 Fréquence de coupure en petits signaux d'une photodiode avec ou sans fibre amorce.....	66
5.5 Facteur de multiplication d'une APD avec ou sans fibre amorce	67
5.6 Sensibilité d'un module PIN-TIA	69
5.7 Monotonie de la réponse en fréquence ($\Delta S/S$) d'un module PIN-TIA.....	71
5.8 Densité (spectrale) de la puissance de bruit $P_{no,\lambda}$ en sortie d'un module PIN-TIA	72
5.9 Densité (spectrale) de la puissance de bruit en basse fréquence ($P_{no,\lambda, LF}$) et de la fréquence de cassure (f_{cor}) en sortie d'un module PIN-TIA.....	74
5.10 Puissance minimale détectable d'un module PIN-TIA	75
Bibliographie.....	78
Figure 1 – Appareillage destiné à la mesure du flux énergétique et du courant direct des DEL et DL	47
Figure 2 – Schéma du circuit destiné à la mesure de la fréquence de coupure des DEL et DL en petits signaux	48
Figure 3 – Schéma du circuit destiné à la mesure du courant de seuil d'une DL.....	49
Figure 4 – Graphique permettant de déterminer le courant de seuil des lasers	50
Figure 5 – Schéma du circuit de mesure de l'intensité relative du bruit des DEL et des DL ...	50

Figure 6 – Schéma du circuit de la mesure du paramètre S_{11} des DEL, DL et modules DL	52
Figure 7 – Cathode et anode reliées au boîtier de la DL.....	54
Figure 8 – Flux énergétique en sortie en fonction du temps	55
Figure 9 – Flux énergétique en sortie en fonction de la température de boîtier.....	55
Figure 10 – Schéma du circuit de mesure de la largeur de ligne des DL	56
Figure 11 – Schéma du circuit de mesure de la compression d'efficacité à 1 dB des DL	58
Figure 12 – Tracé de $\log V_2$ en fonction de $\log I_1$	59
Figure 13 – Schéma du circuit de mesure de l'efficacité différentielle d'une DL.....	60
Figure 14 – Forme d'onde du courant pour la mesure de l'efficacité différentielle.....	60
Figure 15 – Schéma du circuit de mesure de la résistance différentielle.....	61
Figure 16 – Forme d'onde du courant pour la mesure de la résistance différentielle.....	62
Figure 17 – Schéma du circuit de mesure du bruit d'un photorécepteur PIN.....	63
Figure 18 – Schéma du circuit de mesure du bruit par détection synchrone.....	64
Figure 19 – Schéma du circuit de mesure de l'excès de bruit d'une APD.....	65
Figure 20 – Schéma du circuit de mesure de la fréquence de la longueur d'onde de coupure en petits signaux d'une photodiode	67
Figure 21 – Schéma du circuit de mesure du facteur de multiplication d'une APD	68
Figure 22 – Graphique présentant les mesures de I_{R1} et I_{R2}	69
Figure 23 – Schéma du circuit de mesure de la sensibilité d'un module PIN-TIA.....	70
Figure 24 – Schéma du circuit de mesure de la monotonie de la réponse en fréquence d'un module PIN-TIA.....	71
Figure 25 – Schéma du circuit de mesure de la densité (spectrale) de la puissance de bruit en sortie d'un module PIN-TIA avec sortie adaptée.....	73
Figure 26 – Schéma du circuit de mesure de la densité (spectrale) de la puissance de bruit en sortie d'un module PIN-TIA non irradié en basse fréquence.....	74
Figure 27 – Graphique présentant I_m en fonction de la fréquence	75
Figure 28 – Schéma du circuit de la mesure de la puissance minimale détectable d'un module PIN-TIA pour un taux d'erreur sur les bits (BER) ou un rapport porteuse/bruit (C/N) spécifiés	76

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS OPTOÉLECTRONIQUES À SEMICONDUCTEURS POUR APPLICATION DANS LES SYSTÈMES À FIBRES OPTIQUES –

Partie 2: Méthodes de mesure

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les publications CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et elles sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toute divergence entre toute Publication de la CEI et toute publication nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente publication CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété ou de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62007-2 a été établie par le sous-comité 86C: Systèmes et dispositifs actifs à fibres optiques, du comité d'études 86 de la CEI: Fibres optiques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1997 et son amendement 1 (1998). Elle constitue une révision technique.

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

- a) les descriptions relatives aux caractéristiques analogiques ont été retirées;
- b) certains termes et définitions ont été revus afin de les harmoniser avec ceux des autres normes émises par le SC 86C.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
86C/868/FDIS	86C/870/RVD

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 62007, présentées sous le titre général *Dispositifs optoélectroniques à semiconducteurs pour application dans les systèmes à fibres optiques*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous «<http://webstore.iec.ch>» dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62007-2:2009

INTRODUCTION

Les émetteurs et récepteurs de signaux optiques à semi-conducteurs jouent des rôles importants dans les réseaux d'information optiques. La présente norme traite des procédures de mesure de leurs propriétés électriques et optiques qui sont conçues pour des systèmes de télécommunications numériques. Ces propriétés sont essentielles pour spécifier leurs performances.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62007-2:2009

DISPOSITIFS OPTOÉLECTRONIQUES À SEMICONDUCTEURS POUR APPLICATION DANS LES SYSTÈMES À FIBRES OPTIQUES –

Partie 2: Méthodes de mesure

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62007 décrit les méthodes de mesure applicables aux dispositifs optoélectroniques à semi-conducteurs utilisés dans le domaine des systèmes et sous-systèmes de télécommunication numérique à fibres optiques.

Tous les câbles et fibres optiques définis dans les séries CEI 60793 et CEI 60794 sont concernés. Tous les connecteurs optiques définis dans la série CEI 60874 sont concernés, si une fibre amorce est terminée par un connecteur optique.

2 Références normatives

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

CEI 60050-731:1991, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 731: Télécommunications par fibres optiques*

CEI 60793 (toutes les parties), *Fibres optiques*

CEI 60794 (toutes les parties), *Câbles à fibres optiques*

CEI 60874 (toutes les parties), *Connecteurs pour fibres et câbles optiques*

3 Termes, définitions et abréviations

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

3.1 Termes et définitions

3.1.1

photodiode PIN

photodiode dans laquelle une large région de semiconducteur intrinsèque est disposée entre les régions semiconductrices de types p et n

[VEI 731-06-29]

3.1.2

photodiode à avalanche

photodiode fonctionnant avec une tension de polarisation, de telle sorte que le courant photoélectrique primaire subit une amplification par formation cumulative de porteurs de charge

[VEI 731-06-30]

3.1.3

fibre amorce

petite longueur de fibre optique ou de câble à fibres optiques attachée au dispositif en cours de mesure

3.2 Abréviations

DEL	diodes électroluminescentes
DL	diode laser
PD	photodiode
TIA	amplificateur transimpédance ¹
APD	photodiode à avalanche ²

4 Méthodes de mesure pour les photoémetteurs

4.1 A propos des méthodes de mesure

Les DEL et DL ont diverses propriétés opto-électroniques. Certaines d'entre elles représentent des spécifications importantes lors de leurs utilisations dans les systèmes de communication optiques. Les méthodes de mesure relatives à leurs propriétés optoélectroniques sont décrites dans les paragraphes suivants. Chaque paragraphe consiste en les éléments suivants.

- a) But
- b) « Appareillage de mesure » ou « Schéma du circuit » pour les mesures
- c) « Description de l'appareillage et exigences » ou « Description du circuit et exigences »
- d) Précautions à prendre
- e) Procédures de mesure
- f) Conditions spécifiées

4.2 Flux énergétique ou courant direct des DEL et des DL avec ou sans fibre amorce

a) But

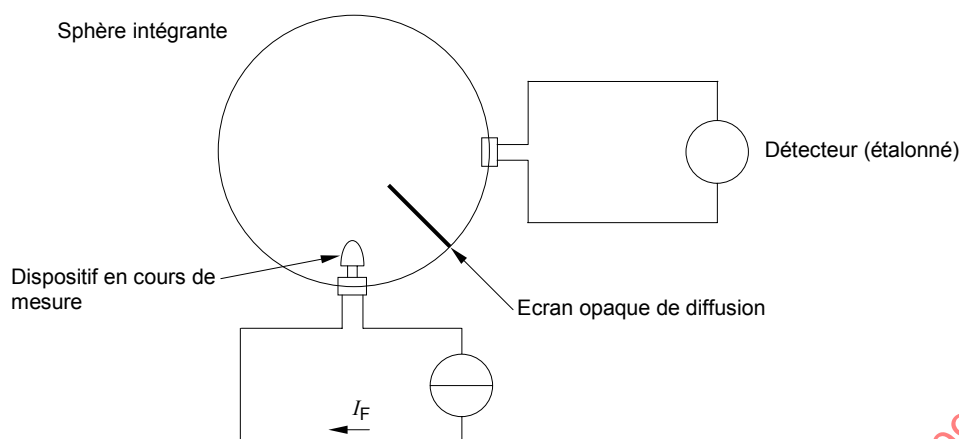
Mesurer le flux énergétique Φ_e ou le courant direct I_F des diodes électroluminescentes (DEL) et des diodes laser, avec ou sans fibre amorce, dans des conditions spécifiées.

b) Appareillage de mesure

La Figure 1 représente un appareillage destiné à la mesure du flux énergétique et du courant direct des DEL et DL.

¹ TIA est l'abréviation de *transimpedance amplifier*.

² APD est l'abréviation de *avalanche photodiode*.



IEC 2305/08

Figure 1 – Appareillage destiné à la mesure du flux énergétique et du courant direct des DEL et DL

c) Description de l'appareillage et exigences

Le rayonnement émis par le dispositif subit de multiples réflexions sur les parois de la sphère intégrante; cela conduit à un éclairage uniforme de la surface, proportionnel au flux émis. Un détecteur placé au niveau des parois de la sphère mesure cet éclairage. Un écran opaque protège le détecteur du rayonnement direct du dispositif en cours de mesure.

d) Précautions à prendre

Le dispositif en cours de mesure, l'écran et les orifices doivent être petits par rapport à la surface de la sphère.

La surface interne de la sphère et l'écran doit être recouverts d'un revêtement diffusant ayant un coefficient de réflexion élevé et uniforme (0,8 au moins).

L'ensemble sphère-détecteur doit être étalonné.

Il faut faire attention à une modification possible de la longueur d'onde d'émission maximale et du flux émis du fait de la dissipation de puissance.

Si le dispositif en cours de mesure fonctionne en impulsions, le détecteur doit indiquer la valeur moyenne du rayonnement mesuré.

e) Procédures de mesure

Le dispositif émetteur est disposé au bord de la sphère intégrante, de façon qu'aucun rayonnement direct n'atteigne le détecteur.

Pour la mesure du flux énergétique, le courant direct spécifié I_F est appliqué au dispositif et le flux énergétique est mesuré sur le photodétecteur.

Pour la mesure du courant direct, un courant est appliqué au dispositif jusqu'à ce que le flux énergétique spécifié (Φ_e) soit atteint. La valeur du courant est relevée.

f) Conditions spécifiées

- Température ambiante ou de boîtier.
- Flux énergétique (lors de la mesure du courant direct).
- Courant direct (lors de la mesure du flux énergétique).

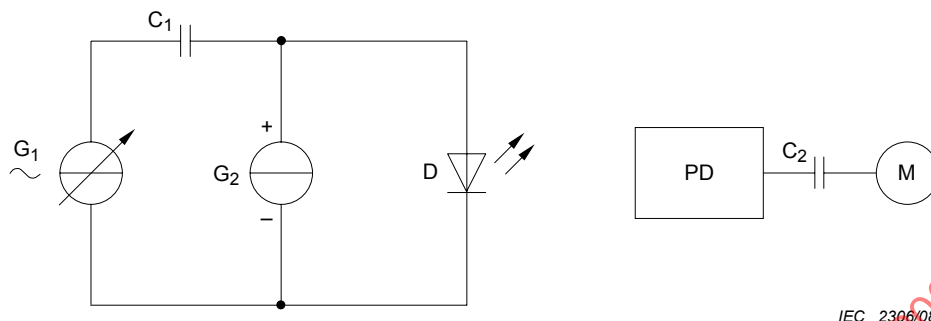
4.3 Fréquence de coupure en petits signaux (f_c) des DEL et DL avec ou sans fibres amorfes

a) But

Mesurer la fréquence de coupure en petits signaux (f_c) des diodes électroluminescentes (DEL) et des diodes laser (DL) avec ou sans fibre amorce, dans des conditions spécifiées.

b) Schéma du circuit

La Figure 2 représente le schéma du circuit de mesure de la fréquence de coupure des DEL et DL en petits signaux.



Légende

- D dispositif en cours de mesure
- G_1 générateur de courant alternatif à fréquence variable
- G_2 générateur de courant continu
- PD photodétecteur
- M appareil de mesure du flux énergétique en courant alternatif
- C_1, C_2 capacités de couplage

Figure 2 – Schéma du circuit destiné à la mesure de la fréquence de coupure des DEL et DL en petits signaux

c) Précautions à prendre

Le flux énergétique réfléchi dans la diode laser doit être minimal afin d'éviter les distorsions qui pourraient affecter la précision des mesures. Le photodétecteur doit avoir une réponse en fréquence supérieure à f_c .

d) Procédure de mesure

Pour les DEL, appliquer au dispositif en cours de mesure le courant direct continu spécifié ou le courant direct continu requis permettant d'obtenir le flux énergétique spécifié.

Pour les diodes laser, ajuster le courant direct à une valeur égale au courant continu direct au-dessus du flux énergétique de seuil ou spécifié.

Moduler le courant direct par un générateur G_1 à une fréquence basse (inférieure à $f_c / 100$) et mesurer le flux énergétique en courant alternatif sur M (voir la Figure 2).

Augmenter la fréquence de modulation, en gardant constant le niveau de modulation, jusqu'à ce que la valeur du flux énergétique de sortie mesurée sur M soit réduite de moitié.

Cette fréquence est la fréquence de coupure en petits signaux (f_c).

e) Conditions spécifiées

Pour les diodes électroluminescentes (DEL):

- température ambiante ou température de boîtier;
- courant direct continu ou flux énergétique.

Pour les diodes laser (DL):

- température ambiante, température de boîtier ou température de l'embase;
- différence entre le courant direct continu (réel) et le courant de seuil ou le flux énergétique.

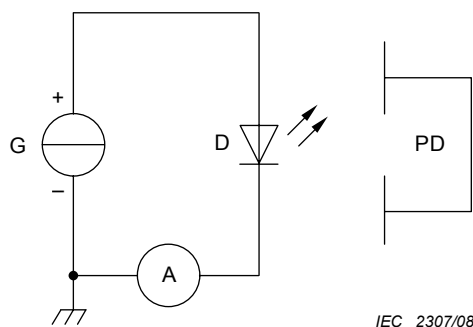
4.4 Courant de seuil des DL avec ou sans fibre amorce

a) But

Mesurer le courant de seuil d'une diode laser, avec ou sans fibre amorce.

b) Schéma du circuit

La Figure 3 représente le circuit de mesure du courant de seuil d'une diode laser.



Légende

D	dispositif en cours de mesure
PD	photodétecteur destiné à mesurer le flux énergétique incident
A	ampèremètre
G	générateur (à impulsions ou courant continu)

Figure 3 – Schéma du circuit destiné à la mesure du courant de seuil d'une DL

c) Description du circuit et exigences

Pour la mesure en impulsions, le générateur de courant, G, doit fournir des impulsions de courant d'amplitude, de durée et de taux de répétition requis.

d) Précautions à prendre

Le flux énergétique réfléchi vers la diode laser doit être réduit au minimum. Il ne faut pas dépasser les valeurs limites de la diode laser (I_F et Φ_e).

e) Procédure de mesure

Appliquer un courant direct à la diode et enregistrer la relation entre le flux énergétique incident provenant de la diode et le courant direct.

Déterminer la valeur du courant direct à laquelle la dérivée seconde de la courbe montrant le flux énergétique en fonction du courant direct a son premier maximum (voir Figure 4). Le courant direct relevé à ce point est le courant de seuil I_{TH} .

f) Conditions spécifiées

- Températures ambiante, de boîtier ou d'embase.
- Pour les mesures en impulsions, fréquence de répétition et durée des impulsions du courant direct.

La Figure 4 représente le graphique permettant de déterminer le courant de seuil des lasers.

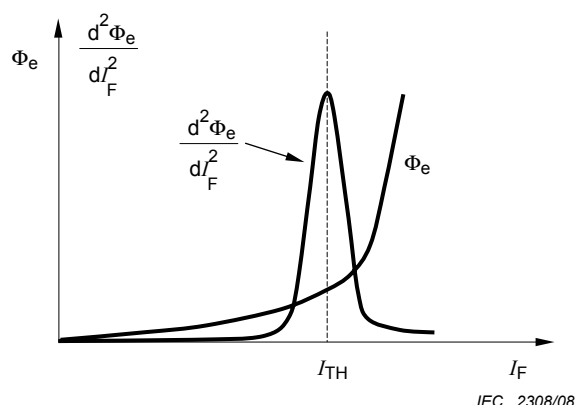


Figure 4 – Graphique permettant de déterminer le courant de seuil des lasers

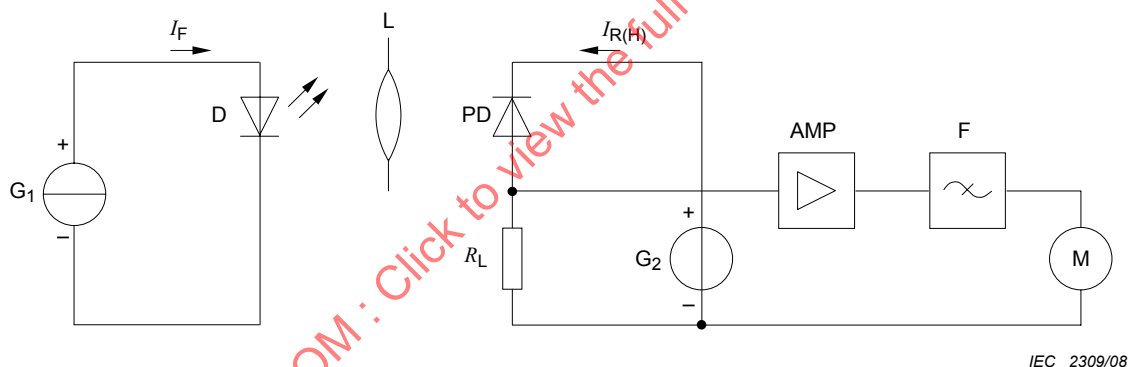
4.5 Intensité relative du bruit des DEL et DL avec ou sans fibre amorce

a) But

Mesurer l'intensité relative du bruit (RIN) des diodes électroluminescentes (DEL) et des diodes laser (DL) avec ou sans fibre amorce, dans des conditions spécifiées.

b) Schéma du circuit

La Figure 5 représente le schéma du circuit de mesure de l'intensité relative du bruit des DEL et des DL.



Légende

- G_1 générateur de courant continu
- D dispositif en cours de mesure
- L système de lentilles
- I_F courant direct
- PD photodétecteur
- R_L résistance de charge
- $I_{R(H)}$ courant inverse du photodétecteur sous rayonnement optique
- G_2 générateur de tension continue de polarisation
- AMP amplificateur alternatif de gain G
- F filtre de fréquence centrale f_0 et largeur de bruit équivalente Δf_N
- M appareil de mesure (par exemple appareil de mesure de niveau, etc.)

Figure 5 – Schéma du circuit de mesure de l'intensité relative du bruit des DEL et des DL

c) *Précautions à prendre*

Le flux énergétique réfléchi dans la diode laser doit être réduit au minimum afin d'éviter des distorsions pouvant affecter la précision des mesures.

d) *Procédure de mesure*

Appliquer au dispositif un courant continu correspondant au flux énergétique spécifié Φ_e . Mesurer, à l'aide de l'appareil de mesure M, la puissance de bruit N_t et la remplacer par un courant inverse $I_{R(H)}$ du photodétecteur, sous rayonnement optique, qui est mesuré simultanément.

Remplacer le dispositif photoémetteur mesuré par une source de rayonnement à large bande spectrale dans la même plage de longueurs d'onde.

Ajuster la puissance émise afin d'obtenir sous rayonnement optique, le même courant inverse $I_{R(H)}$ du photodétecteur que celui mesuré initialement. Mesurer, à l'aide de l'appareil de mesure M, la puissance de bruit N_d qui correspond au bruit de grenaille du photodétecteur plus au bruit de l'amplificateur.

Calculer le bruit de courant relatif (RIN) en utilisant la formule:

$$RIN = \frac{N_t - N_d}{R_L \times G \times \Delta f_N \times I_{R(H)}}$$

Il s'exprime en Hz^{-1} .

e) *Conditions spécifiées*

- Températures ambiante, de boîtier ou d'embase.
- Flux énergétique.
- Fréquence centrale et largeur de bruit équivalente.

4.6 Paramètre S_{11} des DEL, DL et modules DL avec ou sans fibre amorce

a) *But*

Mesurer les parties réelle et imaginaire (ou module et phase) de la caractéristique d'entrée du dispositif pour un niveau de flux énergétique et une fréquence spécifiés.

Le paramètre S_{11} est le rapport de la tension réfléchie en haute fréquence V_{rl} sur la tension incidente en haute fréquence V_{il} au niveau du port d'entrée électrique du dispositif.

$$S_{11} = \frac{V_{rl}}{V_{il}}$$

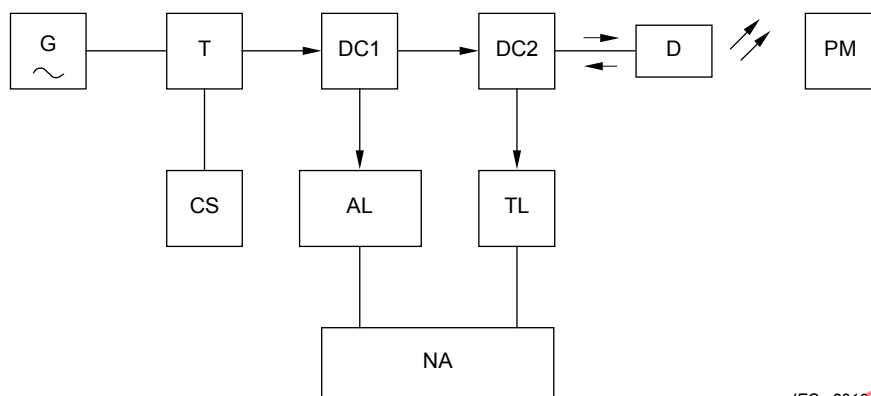
L'équation équivalente de travail étant:

$$S_{11} = \frac{Z_1 - Z_0}{Z_1 + Z_0}$$

où Z_1 est l'impédance d'entrée du dispositif en cours de mesure et Z_0 l'impédance caractéristique de l'équipement de mesure.

b) *Schéma du circuit*

La Figure 6 représente le schéma du circuit de mesure du paramètre S_{11} des DEL, DL et modules DL.



IEC 2310/08

Légende

G	générateur r.f.
T	circuit de polarisation
CS	source de courant continu
DC1	coupleur directionnel (direct)
DC2	coupleur directionnel (inversé)
AL	ligne de transmission réglable
NA	analyseur de réseau
D	dispositif en cours de mesure
PM	appareil de mesure de la puissance rayonnée
TL	ligne de transmission d'essai

Figure 6 – Schéma du circuit de la mesure du paramètre S_{11} des DEL, DL et modules DL

c) Précautions à prendre

L'impédance caractéristique des lignes de transmission, du générateur, des atténuateurs, du support de mesure du dispositif, du circuit de polarisation T et des charges est adaptée à une impédance commune (de 50 Ω habituellement) dans la gamme de fréquences spécifiée.

La puissance RF doit rester suffisamment faible pour faciliter un fonctionnement linéaire du dispositif en cours de mesure D.

S'assurer que les ports optiques du dispositif D et de l'appareil de mesure de la puissance PM sont alignés.

d) Procédure de mesure

– Etalonnage:

La ligne réglable doit équilibrer la ligne d'essai.

Court-circuiter la ligne d'entrée à l'endroit du dispositif en cours de mesure D.

La fréquence du signal en courant alternatif balaie autour de la fréquence spécifiée f , et la longueur de la ligne réglable est modifiée afin d'obtenir un seul point S_{11} sur le diagramme de Smith (le module est égal à 1 et la phase à 180 °).

– Mesure:

Remplacer le court-circuit d'étalonnage par le dispositif en cours de mesure D, appliquer les conditions de polarisation spécifiées (Φ_e , T_{case} ou T_{amb} , T_{sub}), lire la valeur de S_{11} correspondant au coefficient de réflexion du dispositif D.

e) Conditions spécifiées

- Température ambiante, de boîtier ou d'embase.
- Conditions d'alimentation et de commande: Φ_e ou I_F ou ΔI_F , f , m (profondeur de modulation).

4.7 Erreur de poursuite d'un module DL avec fibres amorces, avec ou sans élément refroidisseur

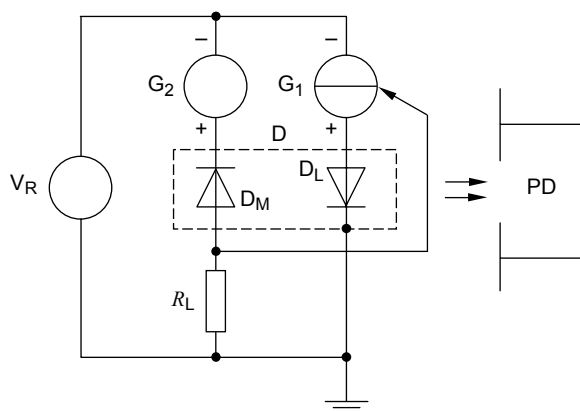
a) But

Mesurer les variations maximales de l'erreur de poursuite entre le flux énergétique de sortie de la fibre et le courant photoélectrique de la diode de contrôle du module laser dans une gamme de températures spécifiée.

b) Schémas du circuit

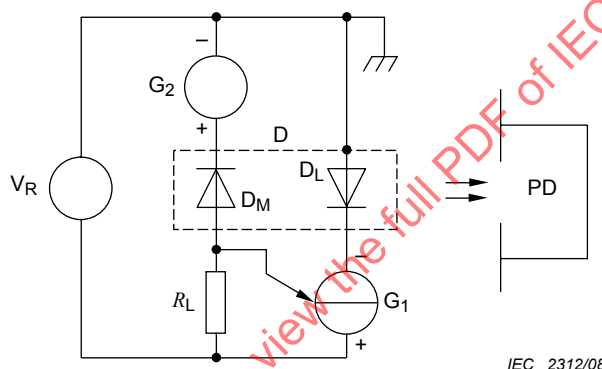
La Figure 7 représente l'anode et la cathode reliées au boîtier de la diode laser.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62007-2:2009



IEC 2311/08

a) Diode laser: cathode reliée au boîtier



IEC 2312/08

b) Diode laser: anode reliée au boîtier

Légende

D	dispositif en cours de mesure
PD	photodétecteur étalonné (en watts)
G_1	source de courant continu, commandée en contre-réaction négative par le courant photoélectrique fourni par la photodiode de contrôle
G_2	source de tension continue
R_L	résistance de charge
V_R	voltmètre continu
D_L	diode laser
D_M	photodiode de contrôle

Figure 7 – Cathode et anode reliées au boîtier de la DL

c) Précautions à prendre

Le flux énergétique réfléchi sur la diode laser doit être réduit au minimum.

Il convient que les changements de la température de boîtier soient suffisamment lents pour assurer que l'équilibre thermique se fasse à l'intérieur du module et, dans le cas d'un module avec refroidissement, que la température T_{sub} spécifiée soit stabilisée.

d) *Procédure de mesure*

Pour chaque point de mesure, régler la source de courant G_1 de telle façon que le courant photoélectrique de contrôle soit égal à la valeur obtenue avec le rayonnement optique spécifié à 25 °C.

Faire varier la température du boîtier dans la gamme spécifiée et relever la valeur du flux énergétique de sortie en fonction soit du temps (Figure 8), soit de la température de boîtier (Figure 9).

L'erreur de poursuite est donnée par la formule:

$$E_{R1} = \frac{\Phi_{e25\text{ °C}} - \Phi_{e\min}}{\Phi_{e25\text{ °C}}} \times 100 (\%)$$

$$E_{R2} = \frac{\Phi_{e\max} - \Phi_{e25\text{ °C}}}{\Phi_{e25\text{ °C}}} \times 100 (\%)$$

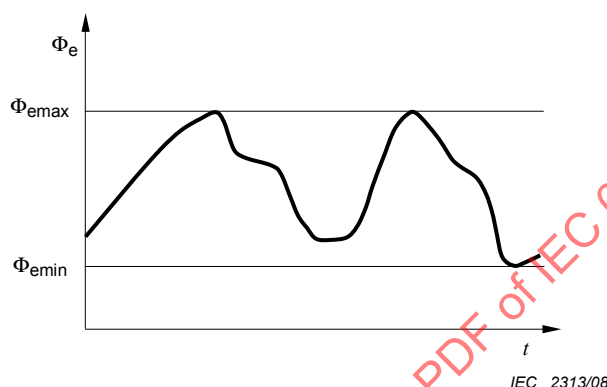


Figure 8 – Flux énergétique en sortie en fonction du temps

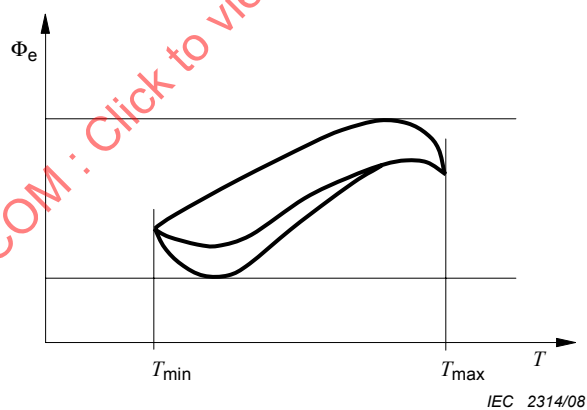


Figure 9 – Flux énergétique en sortie en fonction de la température de boîtier

e) *Conditions spécifiées*

- Φ_e ou ΔI_F à 25 °C.
- Plage de températures de boîtier ou ambiante $T_{\text{case/amb min}}$; $T_{\text{case/amb max}}$.
- Température d'embase (T_{sub}), si nécessaire.
- Tension de polarisation (V_R) de la photodiode de contrôle (D_M).

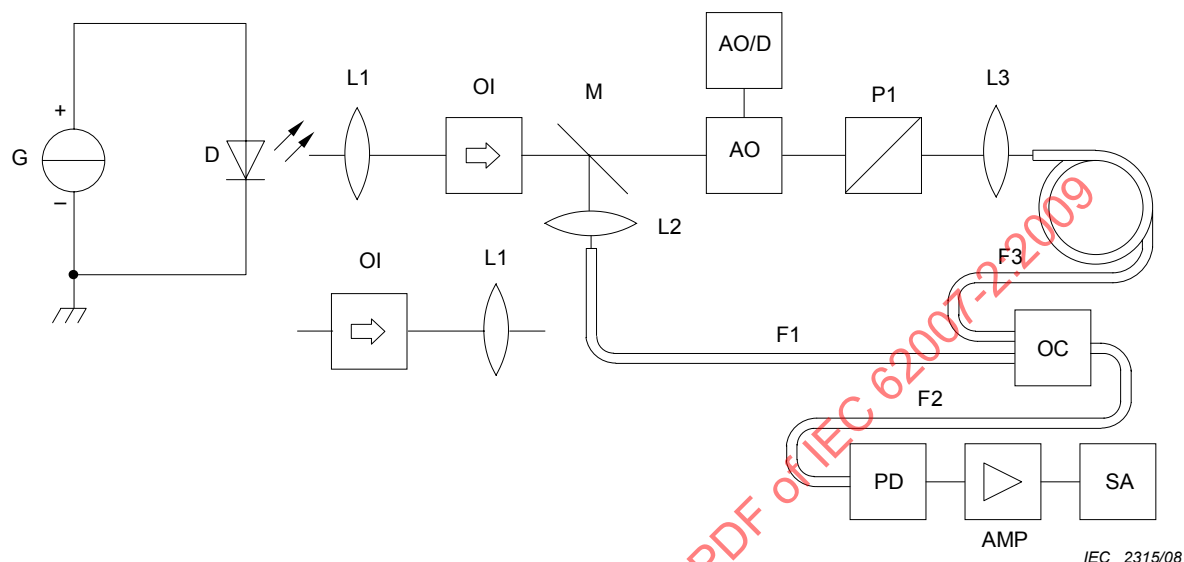
4.8 Largeur de ligne spectrale des DL avec ou sans fibre amorce

a) But

Mesurer la largeur de ligne spectrale d'une diode laser (DL) avec ou sans fibre amorce.

b) Schéma du circuit

La Figure 10 représente le schéma du circuit de mesure de la largeur de ligne des DL.



Légende

G	source de courant continu
D	dispositif en cours de mesure
L1, L2, L3	lentilles
OI	isolateur optique
AO	modulateur acousto-optique
AO/D	commande du modulateur acousto-optique
M	miroir
P1	dispositif de réglage de la polarisation
F1, F2, F3	fibres unimodales
OC	coupleur optique
PD	détecteur
AMP	amplificateur
SA	analyseur de spectre

Figure 10 – Schéma du circuit de mesure de la largeur de ligne des DL

c) Précautions à prendre

Réduire au minimum la réflexion du flux énergétique dans la diode laser.

Il convient que la longueur de F3 soit suffisante pour obtenir une plus grande résolution que la largeur de ligne spectrale du dispositif en cours de mesure D.

Il convient que la fréquence de modulation soit plus grande que la largeur de ligne spectrale du dispositif D.

Le courant continu spécifié doit être suffisamment stabilisé pour ne pas augmenter la largeur de ligne mesurée du dispositif D.

NOTE Il convient que la longueur de la fibre en F3 soit déterminée par la résolution en fréquence:

$$\frac{0,75 \, c}{\pi \, L \, n}$$

où

c est la vitesse de la lumière;

L est la longueur de F3;

n est l'indice de réfraction de la fibre F3.

d) *Procédure de mesure*

Appliquer le courant continu spécifié au-dessus du courant de seuil (ΔI_F) ou le courant direct correspondant au flux énergétique spécifié (Φ_e) au dispositif en cours de mesure D.

Aligner le port optique du dispositif D de façon à obtenir le flux énergétique maximal en F1 et F3.

Repérer la valeur crête correspondant à la fréquence de modulation du modulateur AO sur l'analyseur de spectre et tourner P1 afin d'obtenir le flux énergétique maximal. Mesurer la largeur totale à la moitié de la valeur crête maximale relevée. La valeur mesurée est égale à deux fois la largeur de ligne spectrale du dispositif D.

e) *Conditions spécifiées*

- Températures ambiante, de boîtier ou d'embase.
- Courant direct au-dessus du courant de seuil ΔI_F ou flux énergétique Φ_e .

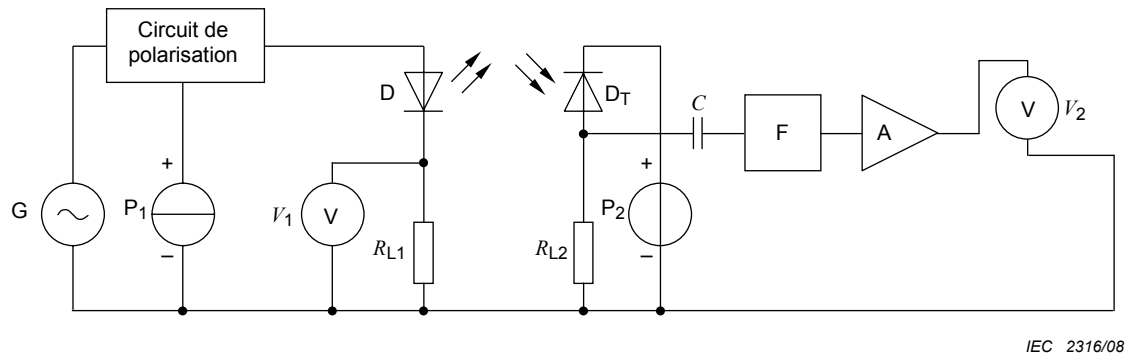
4.9 Courant de modulation correspondant à 1 dB de compression d'efficacité (I_F (1 dB) des DEL

a) *But*

Mesurer le courant de modulation correspondant à une compression d'efficacité de 1 dB dans des conditions spécifiées de fréquence de modulation et de flux énergétique de sortie.

b) *Schéma du circuit*

La Figure 11 représente le schéma du circuit de mesure de la compression d'efficacité à 1 dB des DL.



IEC 2316/08

Légende

D	dispositif en cours de mesure
G	source de signal sinusoïdal
C	capacité de couplage
P ₁	source d'alimentation fournissant à D le flux énergétique Φ_e spécifié
V, V ₁ , V ₂	voltmètres alternatifs ou appareils de mesure de tension à large bande
R _{L1}	résistance de charge permettant d'adapter l'impédance électrique spécifiée pour D
D _T	détecteur de signaux optiques
R _{L2}	résistance de charge pour adaptation de l'impédance électrique spécifiée du D _T
P ₂	source d'alimentation fournissant à D _T la tension de fonctionnement
F	filtre dont la fréquence centrale de la bande passante correspond à la fréquence f de la source de signal sinusoïdal
A	amplificateur

Figure 11 – Schéma du circuit de mesure de la compression d'efficacité à 1 dB des DL

c) Précautions à prendre

Le port optique du dispositif à mesurer doit être couplé dans la mesure du possible à celui du détecteur de signaux optiques.

d) Procédure de mesure

Coupler la sortie optique de D au port optique du détecteur D_T. Appliquer le courant d'alimentation généré par P₁ aux connexions appropriées de D pour que D émette le flux énergétique spécifié Φ_e en sortie de son port optique. Appliquer le courant de modulation issu du générateur de signaux G, à la fréquence de modulation spécifiée. Enregistrer la tension du signal V₂ et la tension de modulation V₁ détectées en fonction de l'augmentation du courant de modulation. On détermine le courant de modulation I₁ ($I_1 = V_1/R_{L1}$) à partir de V₁, avec la valeur de R_{L1}. Identifier la zone dans laquelle il existe une relation linéaire entre log V₂ et log I₁. Enregistrer la valeur de I₁ pour laquelle log V₂ est inférieure de 1 dB à la valeur résultant de la projection de la région linéaire, comme illustré sur la Figure 17. Cette valeur de I₁ est la valeur du courant de modulation correspondant à une compression d'efficacité I_{F(1 dB)} de 1 dB.

NOTE Les fonctions des filtres et des voltmètres à courant alternatif sont habituellement incorporées dans les analyseurs de spectre à haute fréquence. Ils peuvent être utilisés à la place des éléments des circuits séparés décrits dans le schéma du circuit. Cela permet de mesurer la puissance des signaux en courant alternatif, au lieu de l'amplitude du signal.

La Figure 12 représente le tracé de log V₂ en fonction de log I₁.

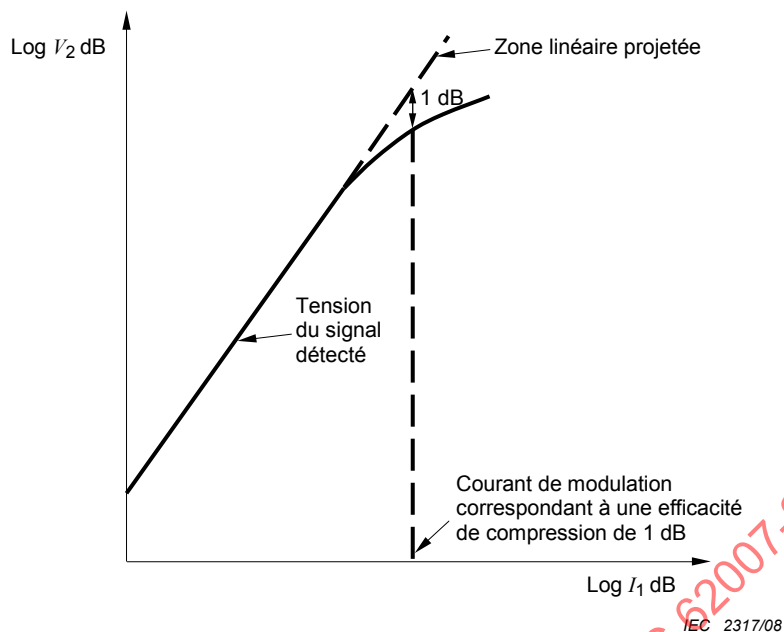


Figure 12 – Tracé de $\log V_2$ en fonction de $\log I_1$

e) Conditions spécifiées

- Température ambiante ou de boîtier (T_{amb} ou T_{case})
- Résistances de charge (R_{L1} et R_{L2})
- Longueur d'onde d'émission maximale et large bande spectrale du flux de la source lumineuse (λ_p , $\Delta\lambda$)
- Flux énergétique (Φ_e)
- Fréquence de modulation (f)

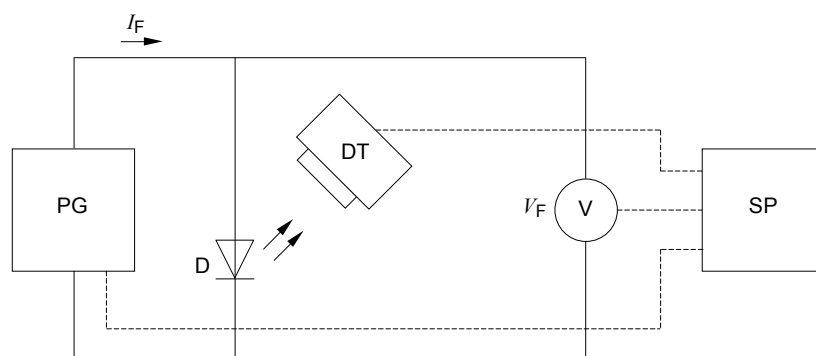
4.10 Efficacité différentielle (η_d) d'une DL avec ou sans fibre amorce et d'un module DL

a) But

Mesurer l'efficacité différentielle η_d d'une diode laser (DL) avec ou sans fibre amorce et d'un module DL.

b) Schéma du circuit et forme d'onde du courant

La Figure 13 représente la mesure de l'efficacité différentielle d'une DL et la Figure 14 représente la longueur d'onde du courant pour la mesure de l'efficacité différentielle.

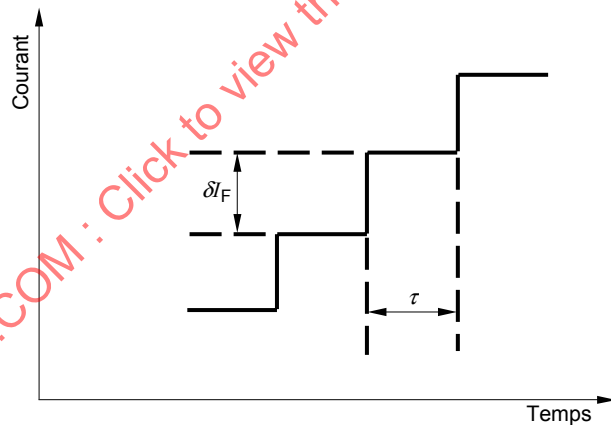


IEC 2318/08

Légende

D	dispositif en cours de mesure	I_F	courant direct
PG	générateur d'échelons de courant	V	voltmètre
DT	photodétecteur	V_F	tension directe du dispositif mesurée par le voltmètre
SP	dispositif de traitement du signal		

Figure 13 – Schéma du circuit de mesure de l'efficacité différentielle d'une DL



IEC 2319/08

Légende

δI_F	amplitude du pas
τ	durée du pas

Figure 14 – Forme d'onde du courant pour la mesure de l'efficacité différentielle

c) Précautions à prendre

Le flux énergétique réfléchi vers la diode laser doit être réduit au minimum. Les valeurs limites de la diode laser, I_F ou Φ_e , ne doivent pas être dépassées.

d) Procédure de mesure

La forme d'onde du courant appliquée au dispositif doit être conforme à la Figure 16, où δI_F est l'amplitude du pas et $\leq (1/20)\Delta I_F$ et τ , durée du pas, doit être de longueur suffisante pour permettre au dispositif d'atteindre l'équilibre thermique.

NOTE Il convient que la durée du pas, τ , ne soit pas trop petite, autrement les effets thermiques ne seraient pas pris en compte. La valeur minimale recommandée, proche de la constante de temps thermique entre puce et radiateur la plus courante, est de 100 μ s.

Enregistrer I_F et Φ_e à chaque niveau de pas.

Déduire η_d du rapport:

$$\eta_d = \delta\Phi_e / \delta I_F, \quad \text{à } \Delta I_F \text{ ou } \Phi_e \text{ spécifié.}$$

e) *Conditions spécifiées*

- Température de boîtier ou ambiante, ou température d'embase (T_{amb} , T_{case} ou T_{sub})
- Courant direct au-dessus du seuil (ΔI_F) ou flux énergétique (Φ_e)

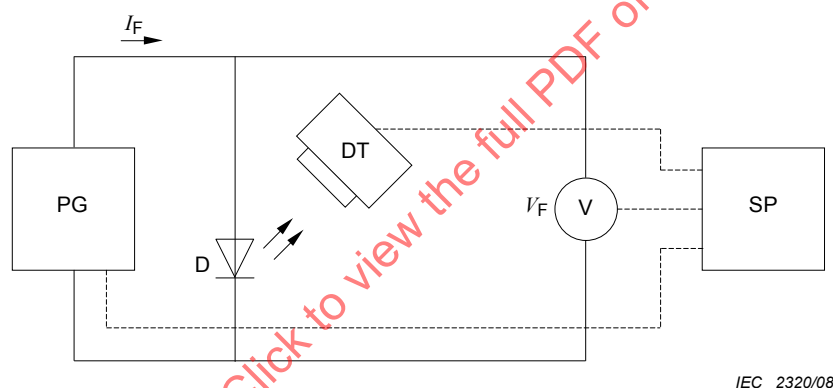
4.11 Résistance différentielle (directe) r_d d'une DL avec ou sans fibre amorcée

a) *But*

Mesurer la résistance différentielle (directe) r_d d'une diode laser (DL) avec ou sans fibre amorcée.

b) *Schéma du circuit et forme d'onde du courant*

La Figure 15 représente le schéma du circuit de mesure de la résistance différentielle et la Figure 16 représente la forme d'onde du courant pour la mesure de la résistance différentielle.

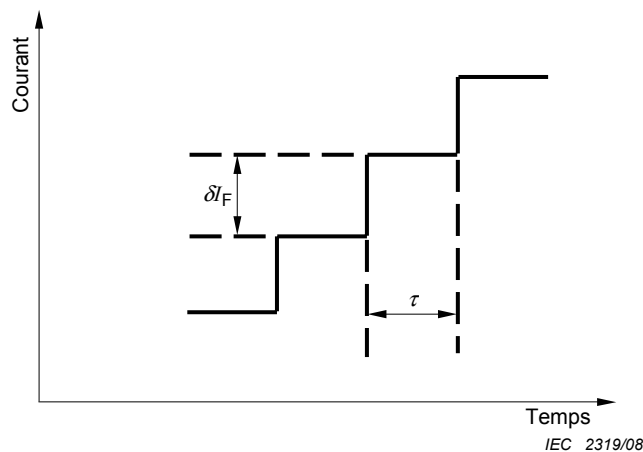


IEC 2320/08

Légende

D	dispositif en cours de mesure	SP	dispositif de traitement du signal
PG	générateur d'échelons de courant	I_F	courant direct
V	voltmètre	V_F	tension directe du dispositif
DT	photodétecteur		mesurée par le voltmètre

Figure 15 – Schéma du circuit de mesure de la résistance différentielle



Légende

- δI_F amplitude du pas
 τ durée du pas

Figure 16 – Forme d'onde du courant pour la mesure de la résistance différentielle

c) Précautions à prendre

Les valeurs limites de la diode laser, I_F ou Φ_e , ne doivent pas être dépassées.

d) Procédure de mesure

La forme d'onde du courant appliquée au dispositif doit être conforme à la Figure 16, où δI_F est l'amplitude du pas et est $\leq (1/20)\Delta I_F$.

Enregistrer I_F , V_F et Φ_e à chaque niveau de pas.

Déduire r_d du rapport:

$$r_d = \delta V_F / \delta I_F, \quad \text{à } \Delta I_F \text{ ou } \Phi_e \text{ spécifié.}$$

e) Conditions spécifiées

- Température de boîtier ou ambiante, ou température d'embase (T_{amb} , T_{case} ou T_{sub})
- Courant direct au-dessus du seuil (ΔI_F) ou flux énergétique (Φ_e)

5 Méthodes de mesures relatives aux récepteurs

5.1 A propos des méthodes de mesure

Les photodiodes ont diverses propriétés opto-électroniques. Certaines d'entre elles représentent des spécifications importantes lors de leurs utilisations dans les systèmes de communication optiques. Les méthodes de mesure relatives à leurs propriétés optoélectroniques sont décrites dans les paragraphes suivants. Chaque paragraphe consiste en les éléments suivants.

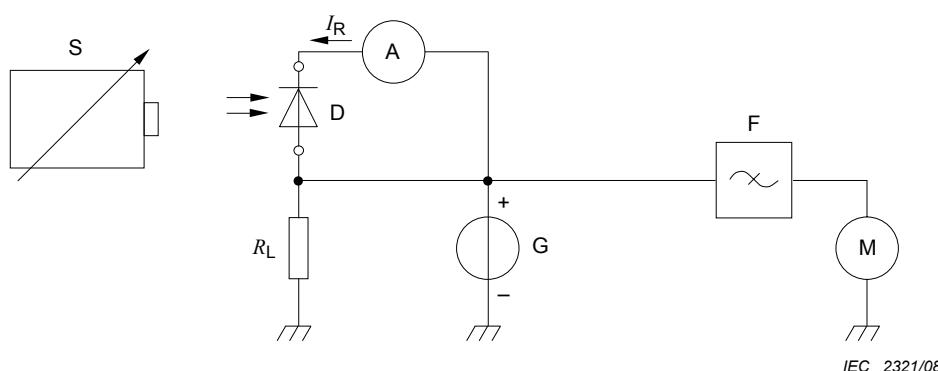
5.2 Bruit d'une photodiode PIN

a) But

Mesurer le bruit en courant, le bruit en puissance, la détectivité ou la puissance de bruit équivalente (NEP) d'une photodiode PIN dans des conditions spécifiées.

b) Schéma du circuit

La Figure 17 représente le schéma du circuit de mesure du bruit d'un photorécepteur PIN.



Légende

S	source de lumière ou de rayonnement
D	dispositif en cours de mesure
I_R	courant inverse sous rayonnement optique
R_L	résistance de charge (50 Ω de préférence)
A	ampèremètre
G	source de tension inverse
F	filtre ayant une fréquence de transmission maximale (fréquence centrale) f_0 spécifiée et une largeur de bande de bruit équivalente Δf_N spécifiée
M	appareil de mesure donnant la valeur efficace vraie, étalonnée en courant de bruit, puissance de bruit, détectivité ou puissance de bruit équivalente

Figure 17 – Schéma du circuit de mesure du bruit d'un photorécepteur PIN

c) Précautions à prendre

La largeur de bande est définie par le filtre F, en tenant compte des autres paramètres tels que la capacité du dispositif D ou la capacité d'entrée de l'équipement de mesure.

Il convient que le bruit de l'équipement de mesure, y compris la source de lumière ou de rayonnement, soit faible en comparaison du bruit à mesurer ou soit pris en compte dans le résultat de la mesure.

Lorsque le niveau de bruit est trop faible pour être mesuré directement, on peut utiliser les techniques d'amplification et de détection synchrone comme décrit dans la Figure 18 ci-dessous.