

# 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**



## 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](mailto:inmail@iec.ch)  
Web: [www.iec.ch](http://www.iec.ch)

### About the IEC

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

### About IEC publications

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

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

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

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

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

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

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

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

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

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)  
Tel.: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

### A propos de la CEI

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

### A propos des publications CEI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)  
Tél.: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00



IEC 62007-2

Edition 2.0 2009-01

# 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 2-8318-1023-6

# 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 ( $\eta_d$ ) 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.

## 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.

# 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.

- a) Purpose
- b) "Equipment setup" or "Circuit diagram" for measurement
- c) "Equipment descriptions and requirements" or "Circuit descriptions and requirements"
- d) Precautions to be observed
- e) Measurement procedures
- f) Specified conditions

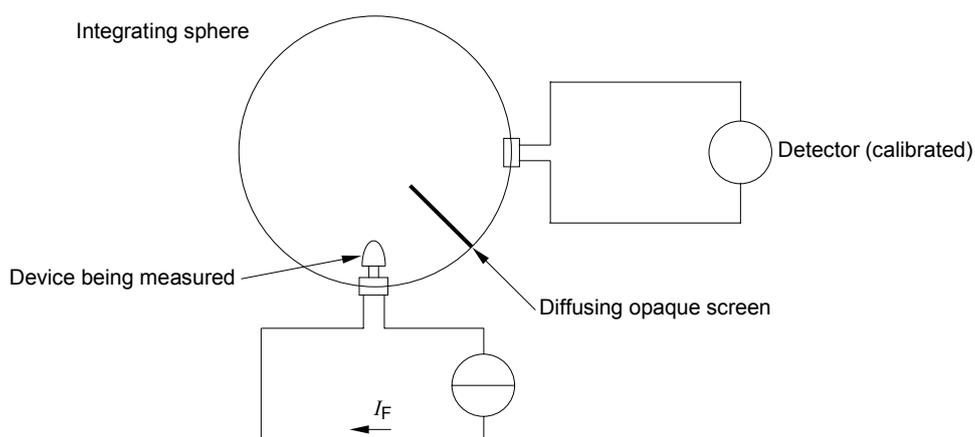
### 4.2 Radiant power or forward current of LEDs and LDs with or without optical fibre pigtailed

#### a) Purpose

To measure the radiant power  $\Phi_e$  or the forward current  $I_F$  of light-emitting diodes (LED) and laser diodes, with or without optical fibre pigtailed, 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 ( $\Phi_e$ ) 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).

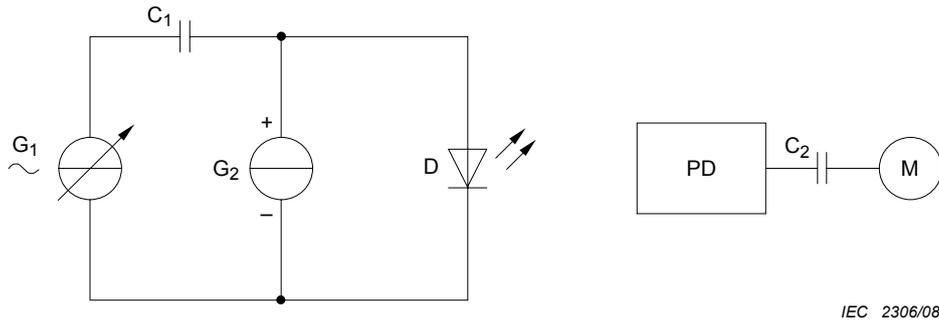
#### 4.3 **Small signal cut-off frequency ( $f_c$ ) of LEDs and LDs with or without optical fibre pigtails**

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.



IEC 2306/08

**Key**

- D device being measured
- G<sub>1</sub> adjustable frequency a.c. generator
- G<sub>2</sub> d.c. generator
- PD photodetector
- M measuring instrument for a.c. radiant power
- C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> 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<sub>1</sub> 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.

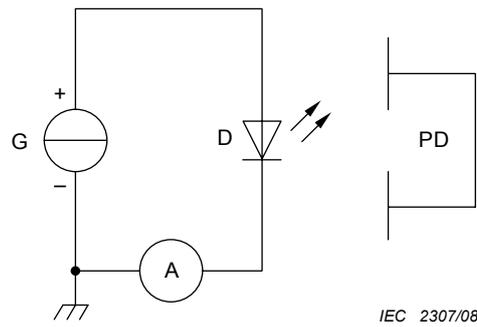
**4.4 Threshold current of LDs with or without optical fibre pigtailed**

**a) Purpose**

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

**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  $\Phi_e$ ) shall not be overstepped.

*e) Measurement procedure*

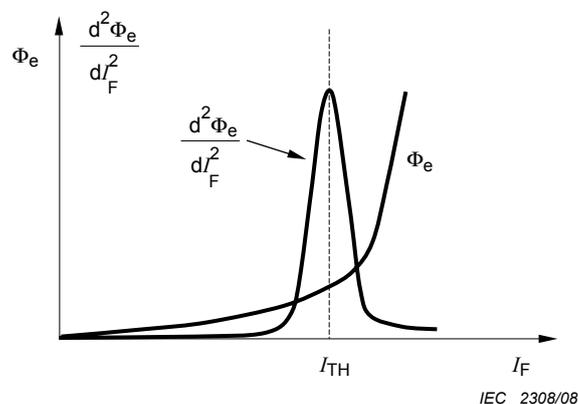
A forward current is applied to the diode and the relation between the incident radiant power from the diode and the forward current is recorded.

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**

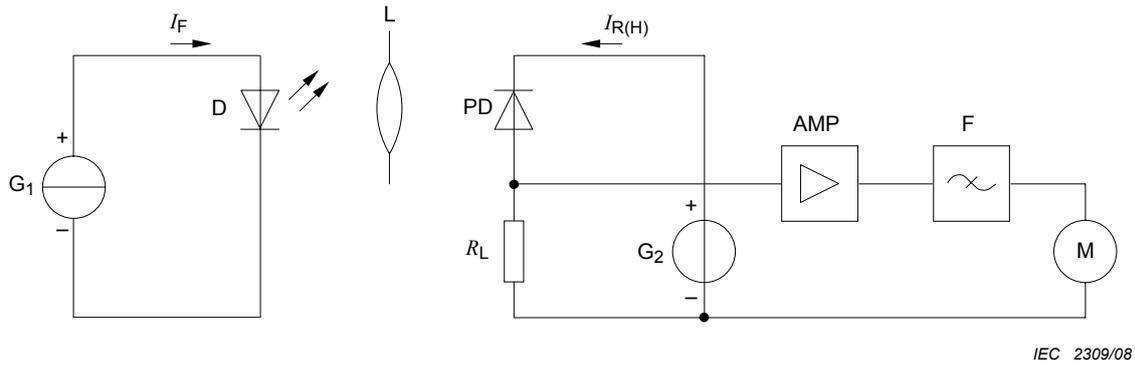
**4.5 Relative intensity noise of LEDs and LDs with or without optical fibre pigtails**

**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<sub>1</sub> d.c. current generator
- D device being measured
- L lens system
- I<sub>F</sub> forward current
- PD photodetector
- R<sub>L</sub> load resistance
- I<sub>R(H)</sub> reverse current of the photodetector under optical radiation
- G<sub>2</sub> d.c. voltage bias generator
- AMP a.c. amplifier with gain G
- F filter with centre frequency  $f_0$  and equivalent noise bandwidth  $\Delta f_N$
- 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  $\Phi_e$  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:

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

It is expressed in Hz<sup>-1</sup>.

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 pigtailed**

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  $V_{r1}$  to the high-frequency incident voltage  $V_{i1}$  at the device electrical input port.

$$S_{11} = \frac{V_{r1}}{V_{i1}}$$

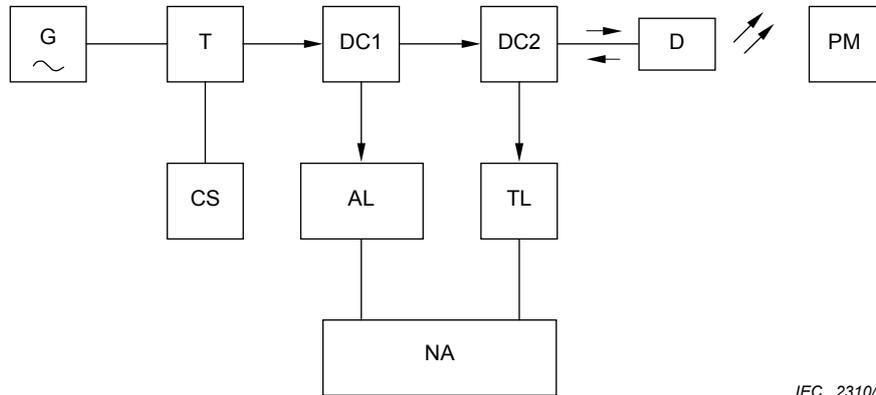
The equivalent working equation is the following:

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

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  $\Omega$ ) 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 ( $\Phi_e$ ,  $T_{case}$ , 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:  $\Phi_e$  or  $I_F$  or  $\Delta I_F$ ,  $f$ ,  $m$  (modulation depth).

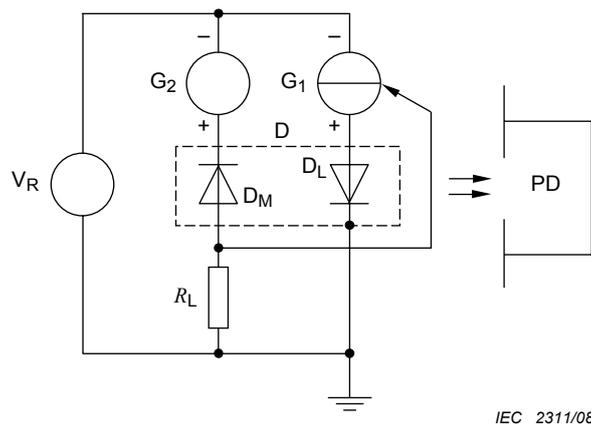
#### 4.7 Tracking error for LD modules with optical fibre pigtails, with or without cooler

##### a) Purpose

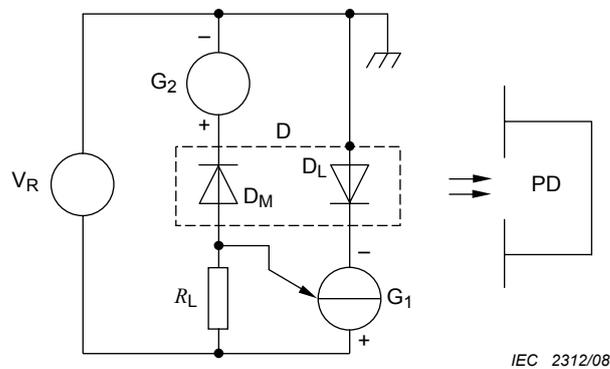
To measure the maximum variations of the tracking ratio between the fibre output radiant power and the monitor diode photocurrent of a laser module over a specified temperature range.

##### 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:

$$E_{R1} = \frac{\Phi_{e25\text{ }^\circ\text{C}} - \Phi_{emin}}{\Phi_{e25\text{ }^\circ\text{C}}} \times 100 (\%)$$

$$E_{R2} = \frac{\Phi_{emax} - \Phi_{e25\text{ }^\circ\text{C}}}{\Phi_{e25\text{ }^\circ\text{C}}} \times 100 (\%)$$

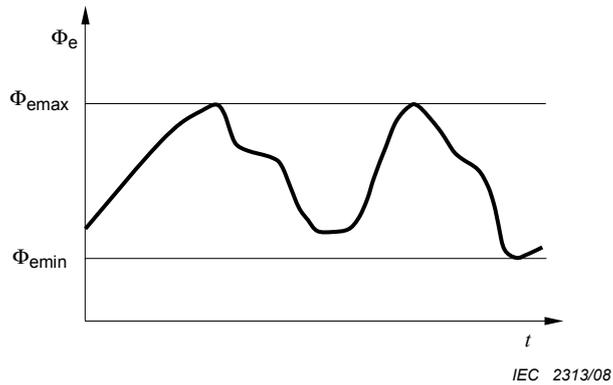


Figure 8 – Output radiant power versus time

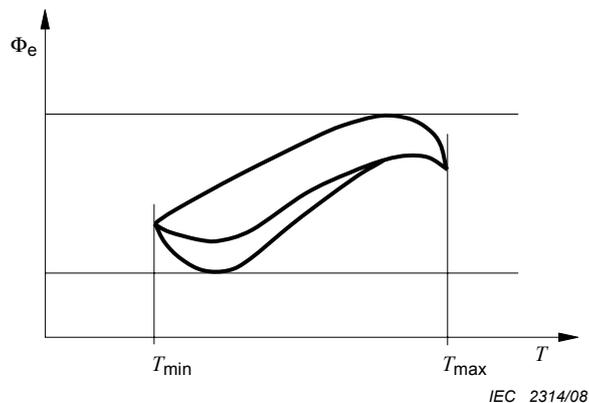


Figure 9 – Output radiant power versus case temperature

e) *Specified conditions*

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

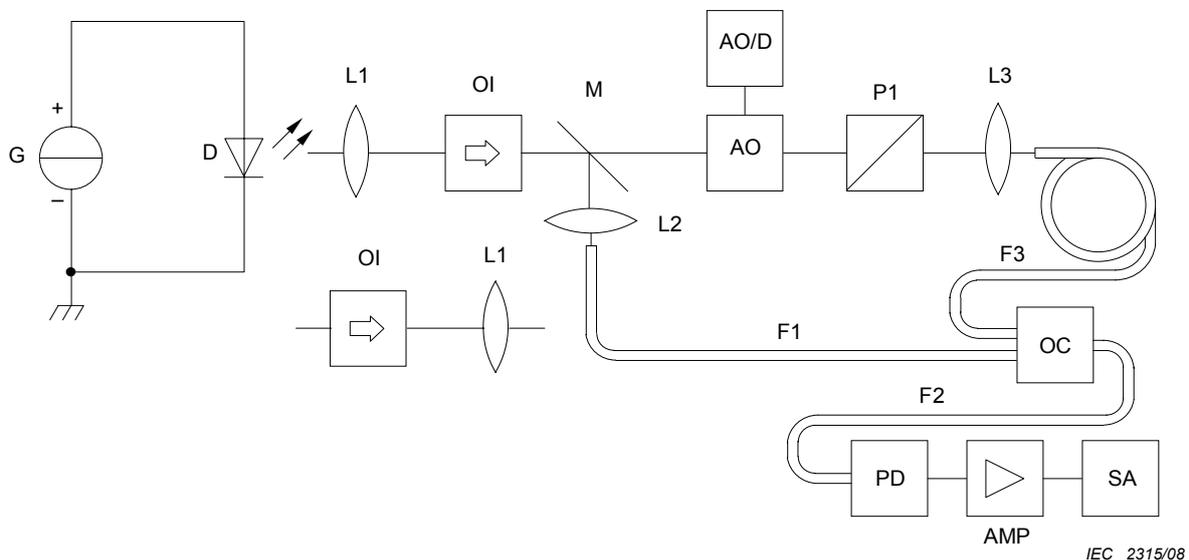
#### 4.8 Spectral linewidth of LDs with or without optical fibre pigtails

##### 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 ( $\Delta I_F$ ) or the forward current corresponding to the specified radiant power ( $\Phi_e$ ) 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  $\Delta I_F$  or radiant power  $\Phi_e$ .

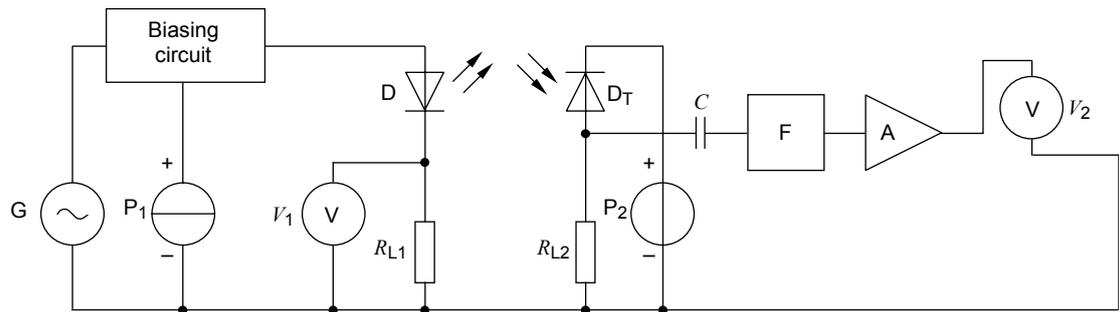
**4.9 Modulation current at 1 dB efficacy compression ( $I_F$  (1 dB)) of LEDs**

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.



IEC 2316/08

**Key**

D	device being measured
G	sine wave signal source
C	coupling capacitor
P <sub>1</sub>	power supply to provide the specified radiant power $\Phi_e$ to D
V, V <sub>1</sub> , V <sub>2</sub>	a.c. voltmeter or broadband voltage measuring equipment
R <sub>L1</sub>	load resistor for matching the specified electrical impedance of D
D <sub>T</sub>	optical signal detector
R <sub>L2</sub>	load resistor for matching the specified electrical impedance of D <sub>T</sub>
P <sub>2</sub>	power supply to provide the operating voltage to D <sub>T</sub>
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<sub>T</sub>. Apply the supply current generated by P<sub>1</sub> to the appropriate connections of D so as to achieve the specified output radiant power  $\Phi_e$  from the optical port. Apply modulation current from signal generator G at the specified modulation frequency. Record the detected signal voltage V<sub>2</sub> and the modulation voltage V<sub>1</sub> as the modulation current is increased. The modulation current I<sub>1</sub> ( $I_1 = V_1/R_{L1}$ ) is determined from V<sub>1</sub> using the value of R<sub>L1</sub>. Identify the region for which there is a linear relationship between log V<sub>2</sub> and log I<sub>1</sub>. Record the value of I<sub>1</sub> at which log V<sub>2</sub> is 1 dB below the value resulting from the projected linear region, as shown in Figure 17. This value of I<sub>1</sub> is the modulation current at 1 dB efficacy compression  $I_{F(1\text{ dB})}$ .

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 V<sub>2</sub> versus log I<sub>1</sub>.

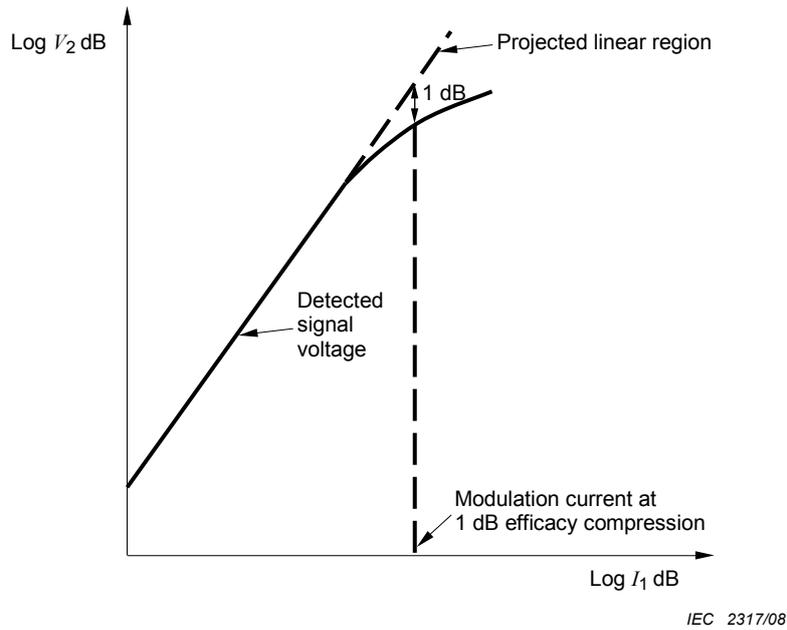


Figure 12 – Plot of  $\log V_2$  versus  $\log I_1$

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 ( $\lambda_p, \Delta\lambda$ )
- Radiant power ( $\Phi_e$ )
- Modulation frequency ( $f$ )

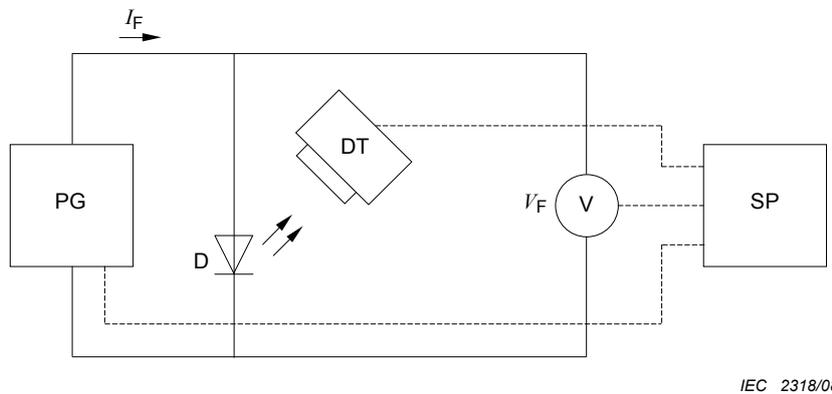
4.10 Differential efficiency ( $\eta_d$ ) of a LD with or without pigtail and an LD module

a) Purpose

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

b) Circuit diagram and current waveform

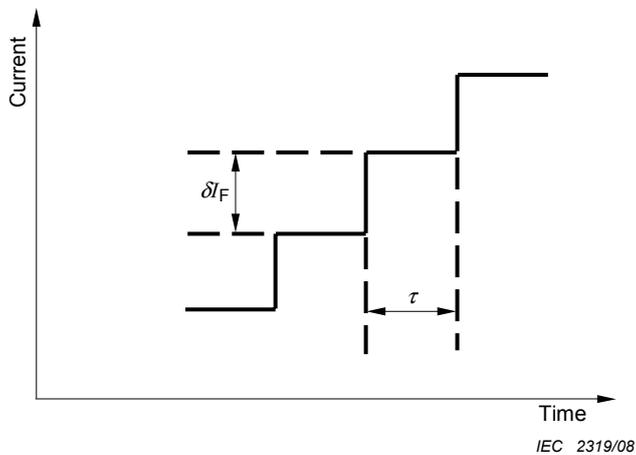
Figure 13 shows the circuit diagram for measuring differential efficiency of a LD and Figure 14 shows the current waveform for differential efficiency measurement.



**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**



**Key**

- |              |                |
|--------------|----------------|
| $\delta I_F$ | step-amplitude |
| $\tau$       | 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  $\Phi_e$ , shall not be exceeded.

d) *Measurement procedure*

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

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

Record  $I_F$  and  $\Phi_e$  at each step level.

Derive  $\eta_d$  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 ( $\Delta I_F$ ) or radiant power ( $\Phi_e$ )

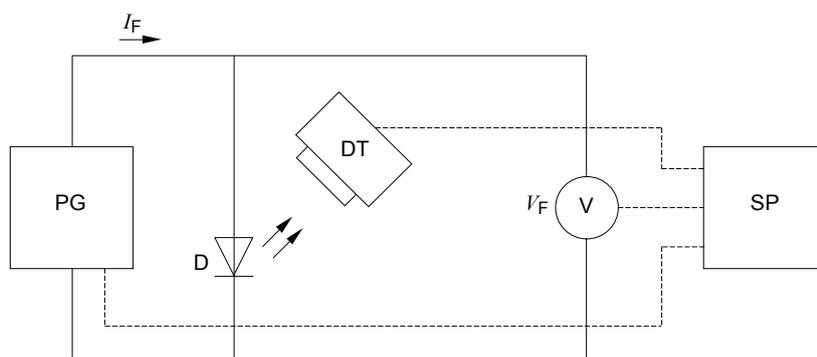
**4.11 Differential (forward) resistance  $r_d$  of an LD with or without pigtail**

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.

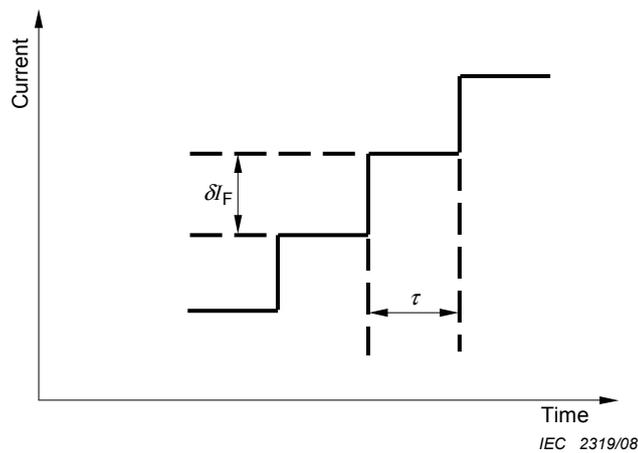


IEC 2320/08

**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**

$\delta I_F$	step-amplitude
$\tau$	step duration

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

The limiting values of the laser diode,  $I_F$  or  $\Phi_e$ , shall not be exceeded.

**d) Measurement procedure**

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

Record  $I_F$ ,  $V_F$  and  $\Phi_e$  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 ( $\Delta I_F$ ) or radiant power ( $\Phi_e$ )

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

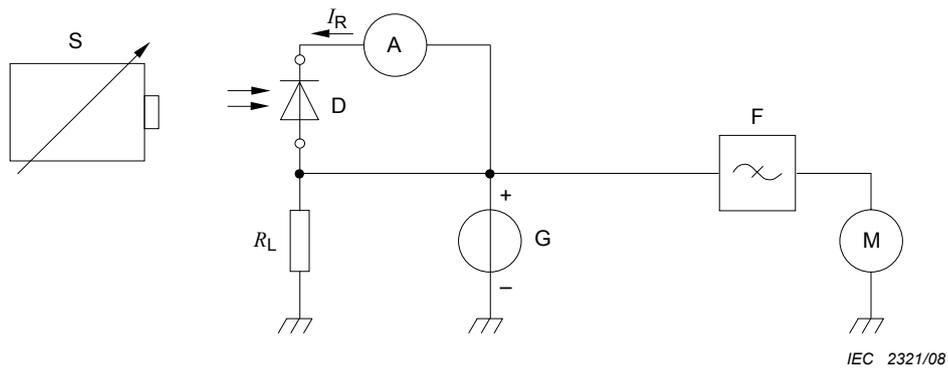
The photodiodes have various opto-electronic properties. Some of them are important specifications for using them in the optical communication systems. The measuring methods for their opto-electronic properties are described in the following subclauses. Each subclause consists of following items.

**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  $\Omega$  preferably)
- A ammeter
- G reverse-voltage supply
- F filter with specified maximum transmission frequency (centre frequency)  $f_0$  and specified equivalent noise bandwidth  $\Delta f_N$
- M true r.m.s. reading instrument, calibrated in noise current, noise power, detectivity or equivalent noise power

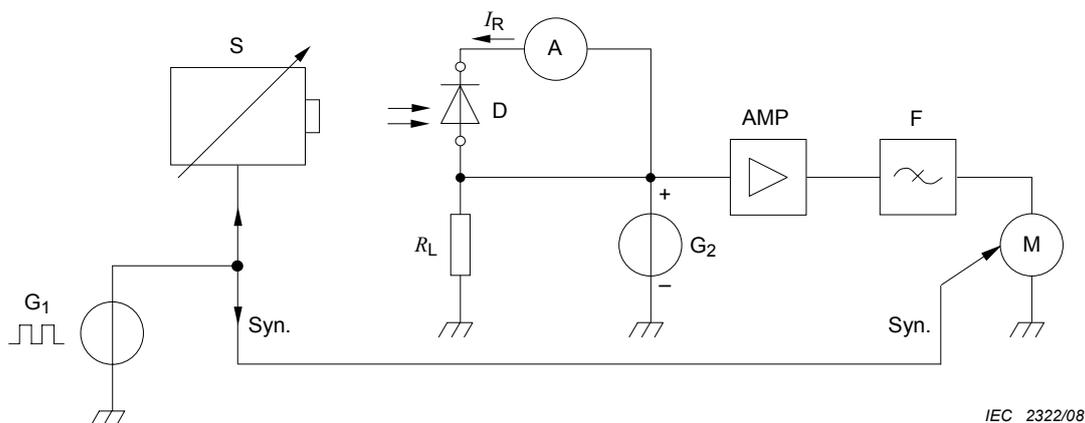
**Figure 17 – Circuit diagram for measuring noise of a PIN photoreceiver**

*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
$G_2$	reverse voltage supply
AMP	a.c. amplifier
F	filter (centre frequency $f_0$ , equivalent noise bandwidth $\Delta f_N$ )
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,  $\lambda_p$ , 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  $\Omega$ .
- Filter maximum transmission frequency (centre frequency) ( $f_0$ ) and equivalent noise bandwidth ( $\Delta f_N$ ).

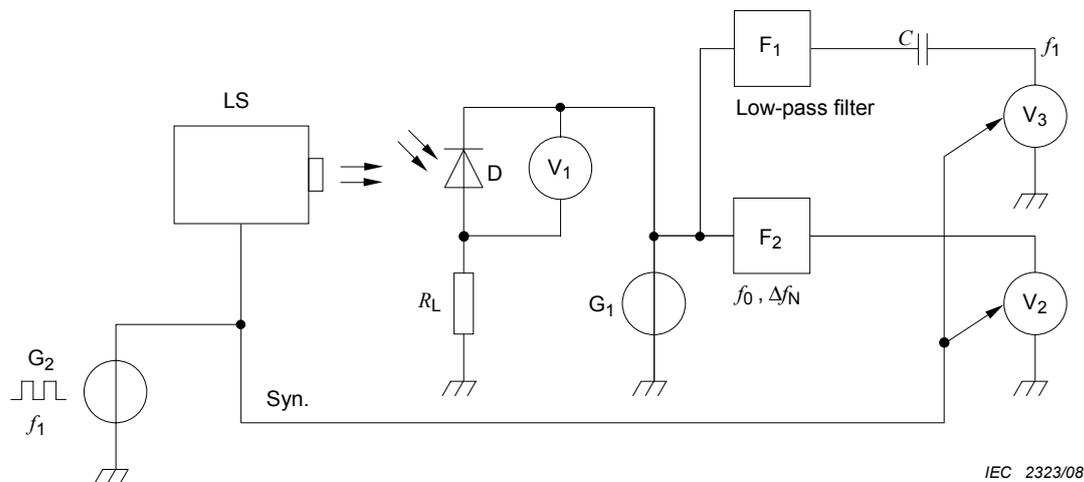
### 5.3 Excess noise factor of an APD with or without optical fibre pigtailed

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.



IEC 2323/08

**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  $\Delta f_N$
- $C$  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 ( $I_{po}$ ).
- $f_o$ ,  $\Delta f_N$  of the filter  $F_2$ .
- Peak emission wavelength and spectral radiation bandwidth ( $\lambda_p$ ,  $\Delta\lambda$ ).
- $V_{R1}$ .

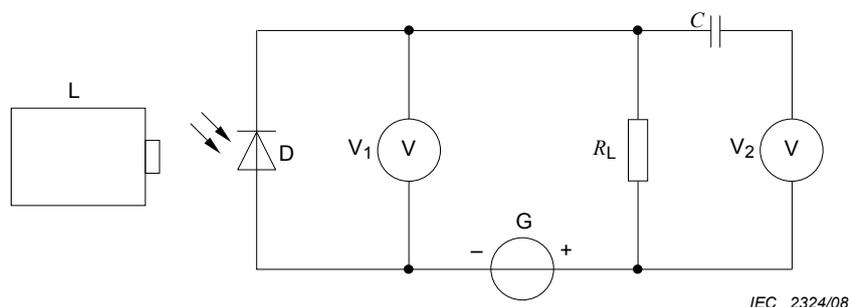
#### 5.4 Small-signal cut-off frequency of a photodiode with or without optical fibre pigtails

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<sub>1</sub> d.c. voltmeter
- V<sub>2</sub> broadband voltage measurement instrument
- R<sub>L</sub> 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  $\Phi_e$  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<sub>2</sub>.

The modulation frequency of the radiation source is increased keeping the average value of  $\Phi_e$  and the modulation level constant until the output signal measured on V<sub>2</sub> 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 ( $\lambda_p$ ,  $\Delta\lambda$ ).
- Radiant power ( $\Phi_e$ ).

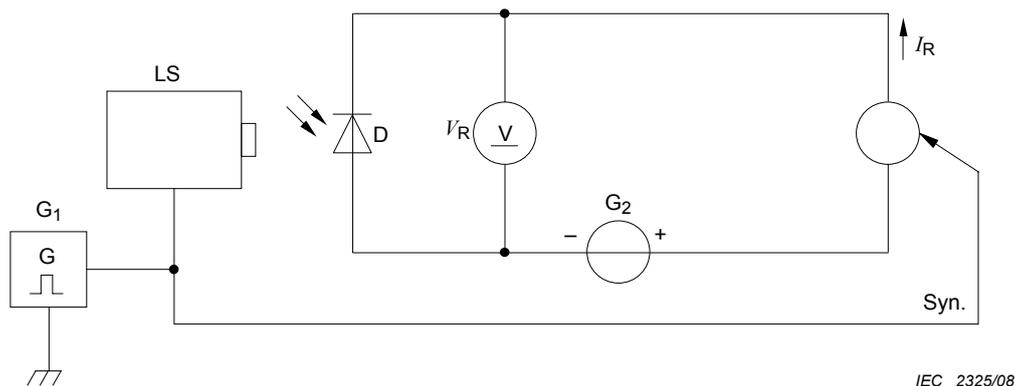
**5.5 Multiplication factor of an APD with or without optical fibre pigtailed**

a) *Purpose*

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

b) *Circuit diagram*

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

**Key**

LS	radiation or light source
D	device being measured
G <sub>1</sub>	modulation generator
G <sub>2</sub>	d.c. voltage source
SA	synchronous ammeter
Syn.	synchronization signal
G	signal source
V	voltmeter
V <sub>R</sub>	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.

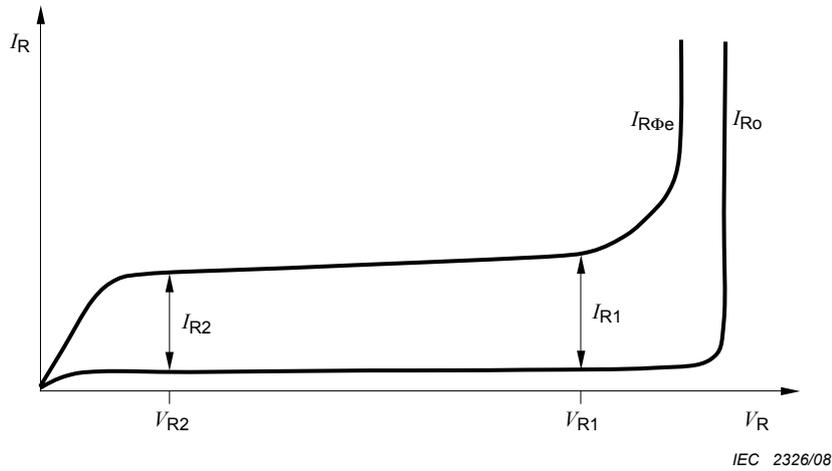
d) *Measurement procedure*

Apply the specified low bias voltage  $V_{R2}$  from the generator  $G_2$  to the device being measured. Adjust the radiant power  $\Phi_e$  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 ( $\Phi_e$ ).
- Peak emission wavelength ( $\lambda_p$ ).
- Spectral radiation bandwidth ( $\Delta\lambda$ ).
- Optical port.
- Optical configuration.

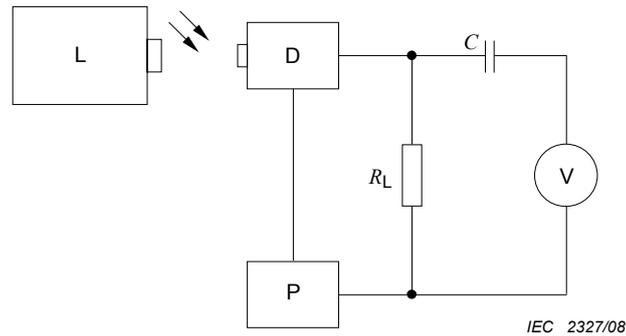
**5.6 Responsivity of a PIN-TIA module**

**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  $\Phi_e$  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  $\Phi_e$ , 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  $\Phi_e$  and the specified modulation frequency. Measure the r.m.s. a.c. output voltage  $V_{0(r.m.s)}$  on V. Determine the responsivity  $S$  using the following relationship:

$$S = \frac{V_{0(rms)}}{\Delta\Phi_{e(rms)}}$$

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 ( $\lambda_p$ ,  $\Delta\lambda$ ).
- d.c. radiant power ( $\Phi_e$ ).
- Modulation frequency ( $f$ ).

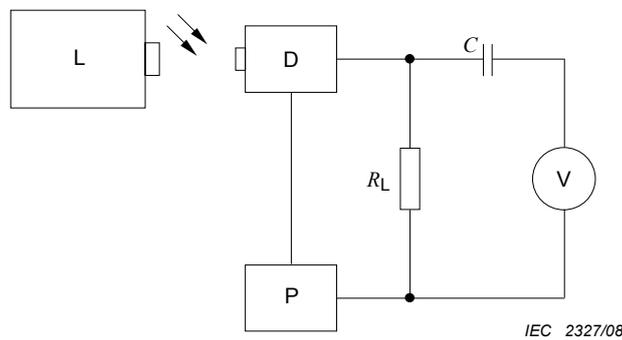
**5.7 Frequency response flatness ( $\Delta S/S$ ) of a PIN-TIA module**

**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  $\Phi_e$  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  $\Phi_e$  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  $\Phi_e$ . 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  $f_{\text{mb}}$ . The frequency response flatness, expressed in decibels, is calculated as:

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

where  $f_{\text{mb}}$  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  $f_{\text{mb}}$ .

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

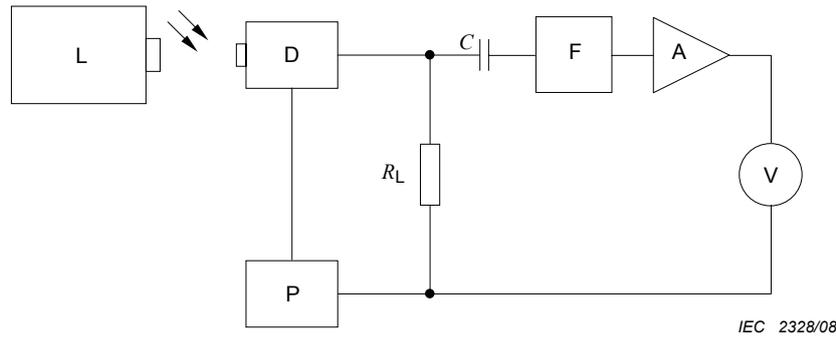
## 5.8 Output noise power (spectral) density $P_{\text{no},\lambda}$ of a PIN-TIA module

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  $\Phi_e$
- 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  $\Phi_e$ .

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  $\Phi_e$ .

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:

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

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 ( $\lambda_p$ ,  $\Delta\lambda$ ).
- Input radiant power ( $\Phi_e$ ).
- Centre frequency ( $f_m$ ) and effective bandwidth ( $B$ ) of F.

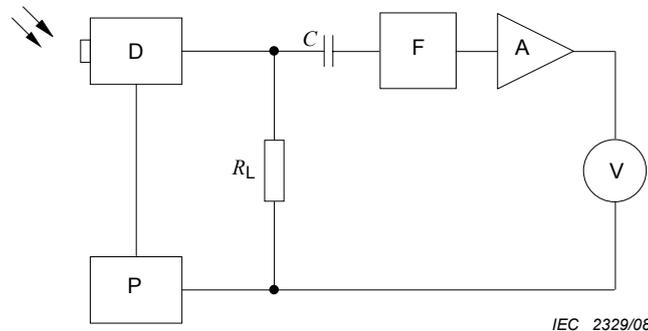
### 5.9 Low frequency output noise power (spectral) density ( $P_{no,\lambda,LF}$ ) and corner frequency ( $f_{cor}$ ) of a PIN-TIA module

#### 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:

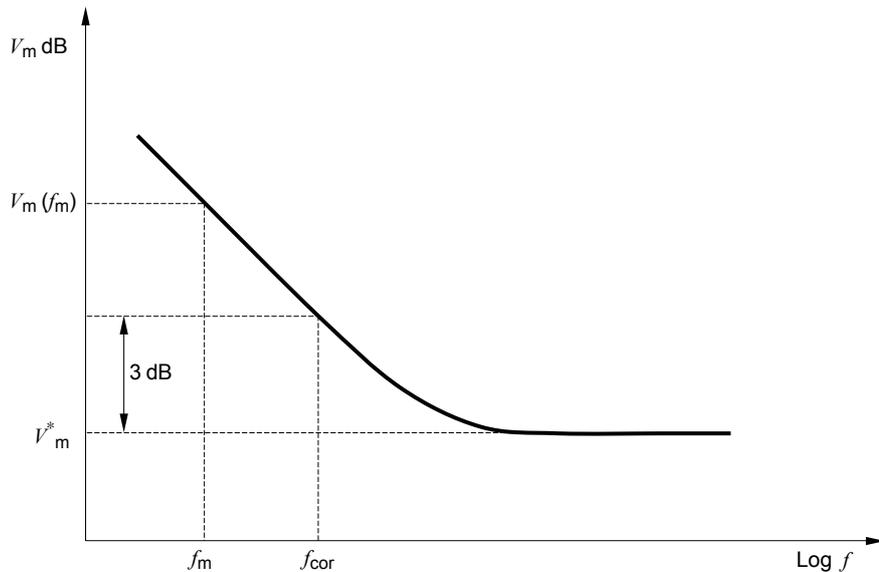
$$P_{no,\lambda,LF} = \frac{(V_m / G_v)^2}{R_L \times B}$$

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.



IEC 2330/08

**Figure 27 – Graph of  $V_m$  versus frequency**

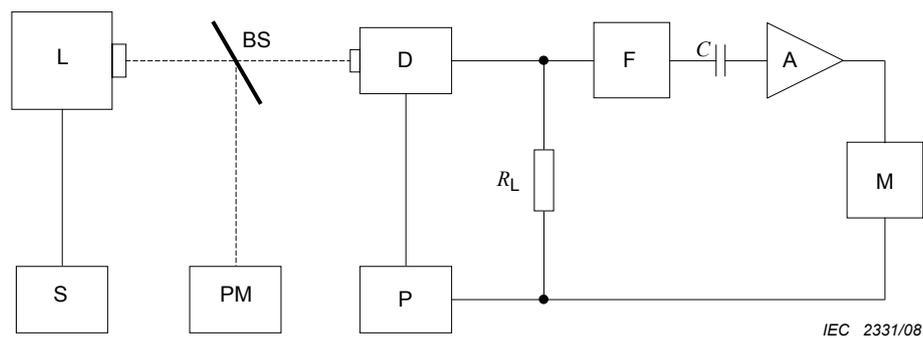
**5.10 Minimum detectable power of PIN-TIA module**

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 ( $\Phi_e$ ,  $\Delta\Phi_e$ )
- 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 ( $\lambda_p$ ,  $\Delta\lambda$ ).
- 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*

---

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE  
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

## 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 ( $\eta_d$ ) 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 $V_m$ 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.

## 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.

# 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 <sup>1</sup>
APD	photodiode à avalanche <sup>2</sup>

**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**

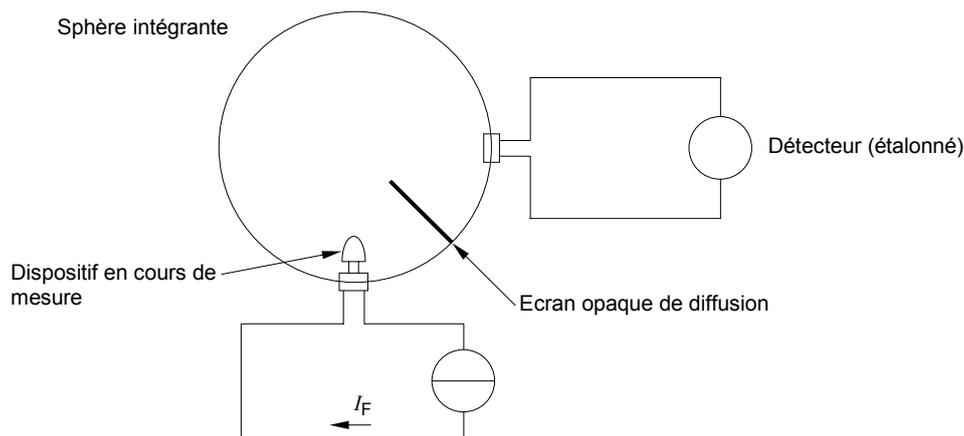
Mesurer le flux énergétique  $\Phi_e$  ou le courant direct  $I_F$  des diodes électroluminescentes (DEL) et des diodes laser, avec ou sans fibre amorce, dans des conditions spécifiées.

**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.

<sup>1</sup> TIA est l'abréviation de *transimpédance amplifier*.

<sup>2</sup> 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 ( $\Phi_e$ ) 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).

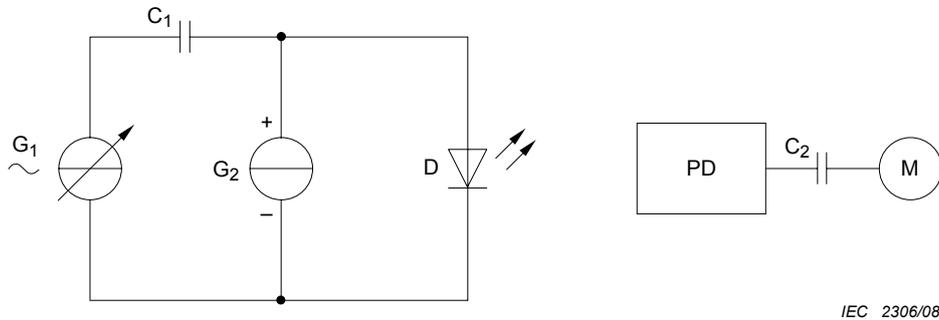
**4.3 Fréquence de coupure en petits signaux ( $f_c$ ) des DEL et DL avec ou sans fibres amorces**

*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 amorcée, 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.



IEC 2306/08

**Légende**

- D      dispositif en cours de mesure
- G<sub>1</sub>    générateur de courant alternatif à fréquence variable
- G<sub>2</sub>    générateur de courant continu
- PD     photodétecteur
- M      appareil de mesure du flux énergétique en courant alternatif
- C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> 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<sub>1</sub> 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.

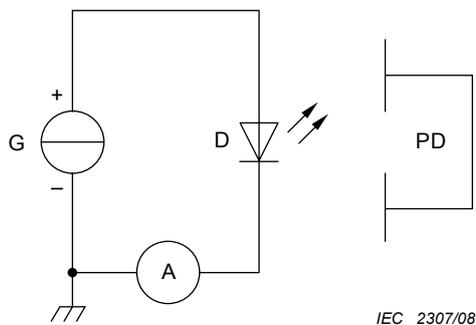
#### 4.4 Courant de seuil des DL avec ou sans fibre amorce

##### 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  $\Phi_e$ ).

##### 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.

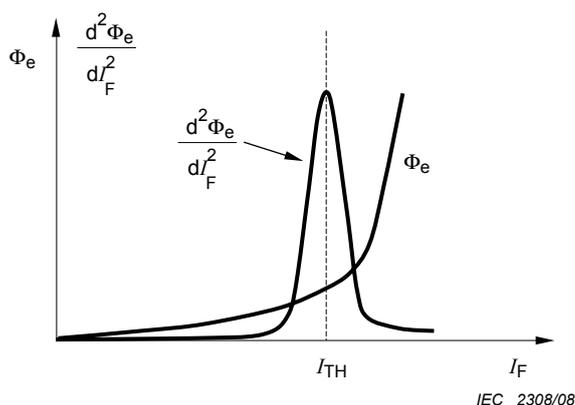


Figure 4 – Graphique permettant de déterminer le courant de seuil des lasers

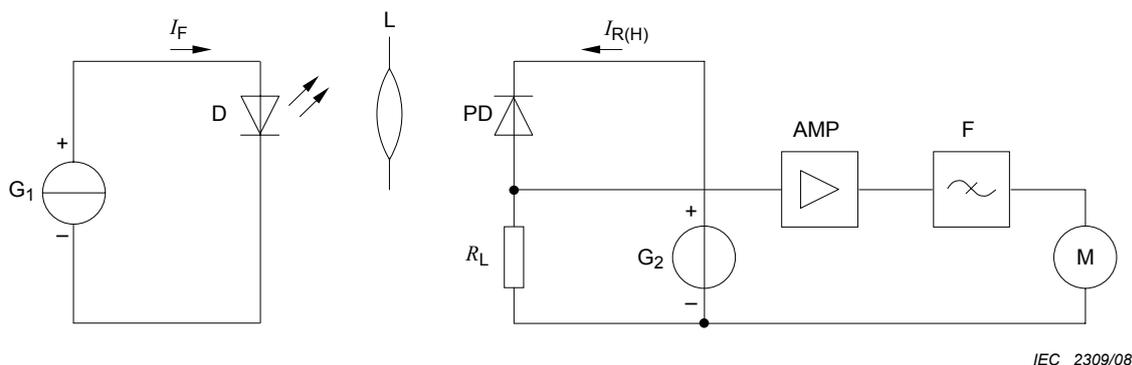
4.5 Intensité relative du bruit des DEL et DL avec ou sans fibre amorce

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<sub>1</sub> générateur de courant continu
- D dispositif en cours de mesure
- L système de lentilles
- I<sub>F</sub> courant direct
- PD photodétecteur
- R<sub>L</sub> résistance de charge
- I<sub>R(H)</sub> courant inverse du photodétecteur sous rayonnement optique
- G<sub>2</sub> générateur de tension continue de polarisation
- AMP amplificateur alternatif de gain G
- F filtre de fréquence centrale  $f_0$  et largeur de bruit équivalente  $\Delta f_N$
- 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  $\Phi_e$ . 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  $\text{Hz}^{-1}$ .

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.

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

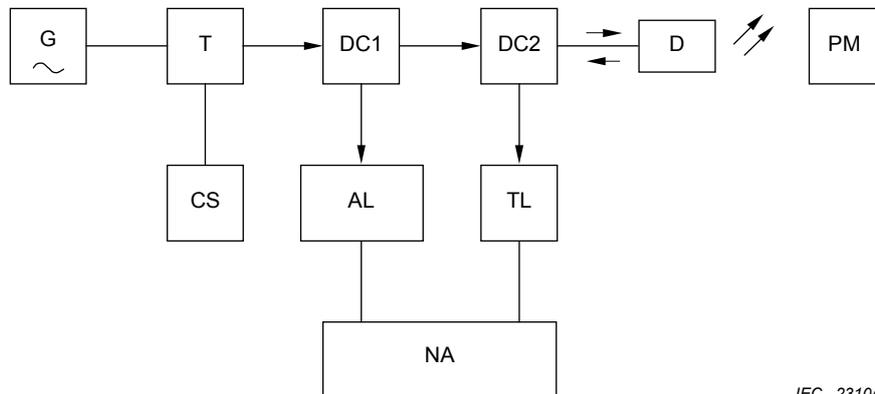
L'équation équivalente de travail étant:

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

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  $\Omega$  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*

– *Étalonnage:*

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 ( $\Phi_e$ ,  $T_{case}$  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:  $\Phi_e$  ou  $I_F$  ou  $\Delta I_F$ ,  $f$ ,  $m$  (profondeur de modulation).

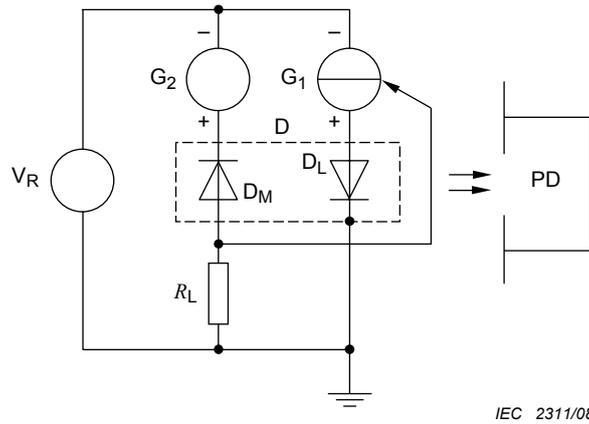
#### **4.7 Erreur de poursuite d'un module DL avec fibres amorces, avec ou sans élément refroidisseur**

##### *a) But*

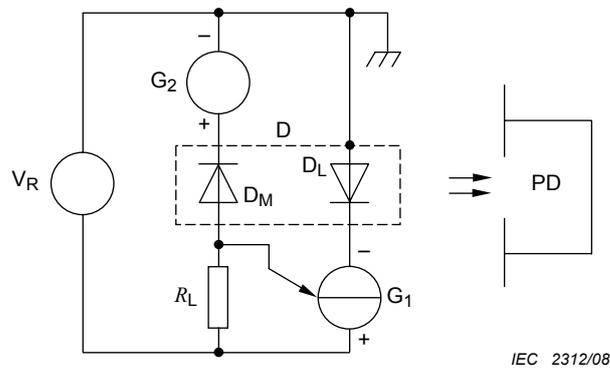
Mesurer les variations maximales de l'erreur de poursuite entre le flux énergétique de sortie de la fibre et le courant photoélectrique de la diode de contrôle du module laser dans une gamme de températures spécifiée.

##### *b) Schémas du circuit*

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



**a) Diode laser: cathode reliée au boîtier**



**b) Diode laser: anode reliée au boîtier**

**Légende**

- D dispositif en cours de mesure
- PD photodétecteur étalonné (en watts)
- G<sub>1</sub> source de courant continu, commandée en contre-réaction négative par le courant photoélectrique fourni par la photodiode de contrôle
- G<sub>2</sub> source de tension continue
- R<sub>L</sub> résistance de charge
- V<sub>R</sub> voltmètre continu
- D<sub>L</sub> diode laser
- D<sub>M</sub> 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.



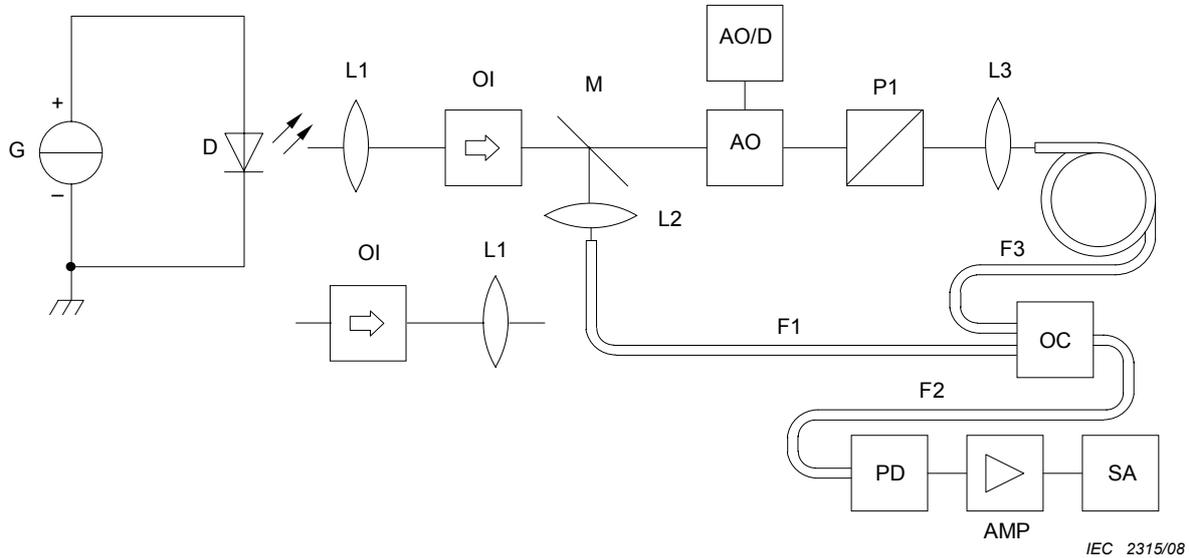
### 4.8 Largeur de ligne spectrale des DL avec ou sans fibre amorcée

a) But

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

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 ( $\Delta I_F$ ) ou le courant direct correspondant au flux énergétique spécifié ( $\Phi_e$ ) 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  $\Delta I_F$  ou flux énergétique  $\Phi_e$ .

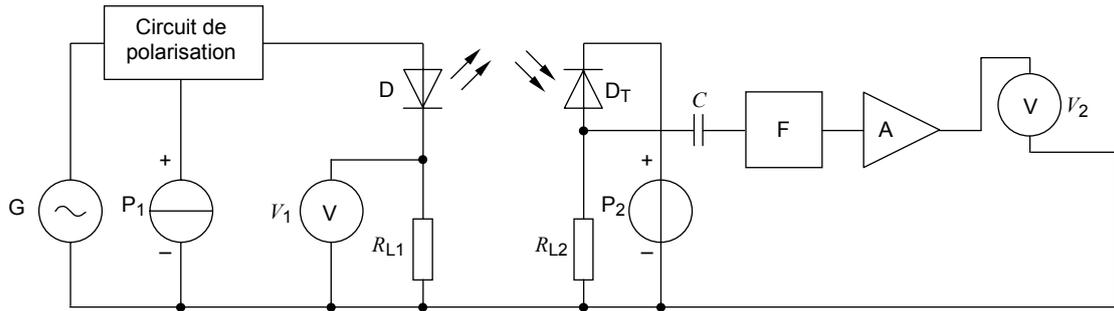
**4.9 Courant de modulation correspondant à 1 dB de compression d'efficacité ( $I_F$  (1 dB) des DEL**

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<sub>1</sub> source d'alimentation fournissant à D le flux énergétique  $\Phi_e$  spécifié
- V, V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub> voltmètres alternatifs ou appareils de mesure de tension à large bande
- R<sub>L1</sub> résistance de charge permettant d'adapter l'impédance électrique spécifiée pour D
- D<sub>T</sub> détecteur de signaux optiques
- R<sub>L2</sub> résistance de charge pour adaptation de l'impédance électrique spécifiée du D<sub>T</sub>
- P<sub>2</sub> source d'alimentation fournissant à D<sub>T</sub> 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<sub>T</sub>. Appliquer le courant d'alimentation généré par P<sub>1</sub> aux connexions appropriées de D pour que D émette le flux énergétique spécifié  $\Phi_e$  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 V<sub>2</sub> et la tension de modulation V<sub>1</sub> détectées en fonction de l'augmentation du courant de modulation. On détermine le courant de modulation I<sub>1</sub> ( $I_1 = V_1/R_{L1}$ ) à partir de V<sub>1</sub>, avec la valeur de R<sub>L1</sub>. Identifier la zone dans laquelle il existe une relation linéaire entre log V<sub>2</sub> et log I<sub>1</sub>. Enregistrer la valeur de I<sub>1</sub> pour laquelle log V<sub>2</sub> 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 I<sub>1</sub> est la valeur du courant de modulation correspondant à une compression d'efficacité I<sub>F(1 dB)</sub> 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 V<sub>2</sub> en fonction de log I<sub>1</sub>.

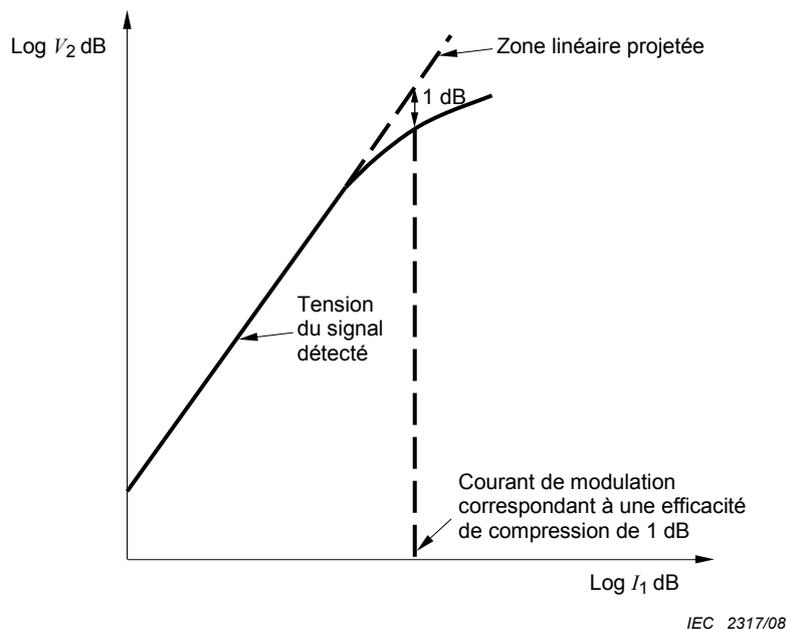


Figure 12 – Tracé de  $\log V_2$  en fonction de  $\log I_1$

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 ( $\lambda_p$ ,  $\Delta\lambda$ )
- Flux énergétique ( $\Phi_e$ )
- Fréquence de modulation ( $f$ )

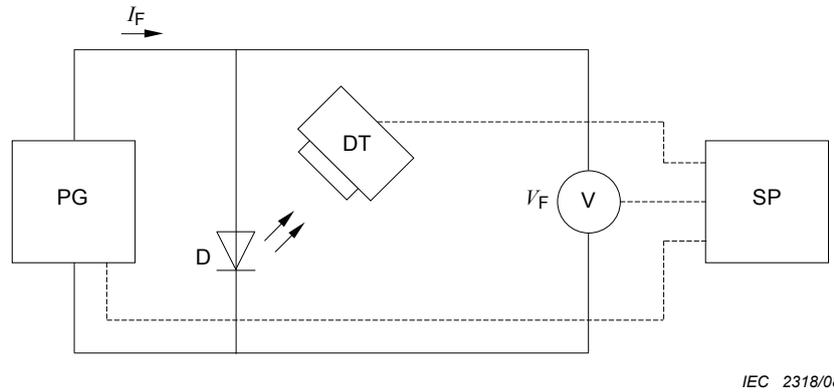
**4.10 Efficacité différentielle ( $\eta_d$ ) d'une DL avec ou sans fibre amorce et d'un module DL**

a) *But*

Mesurer l'efficacité différentielle  $\eta_d$  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.

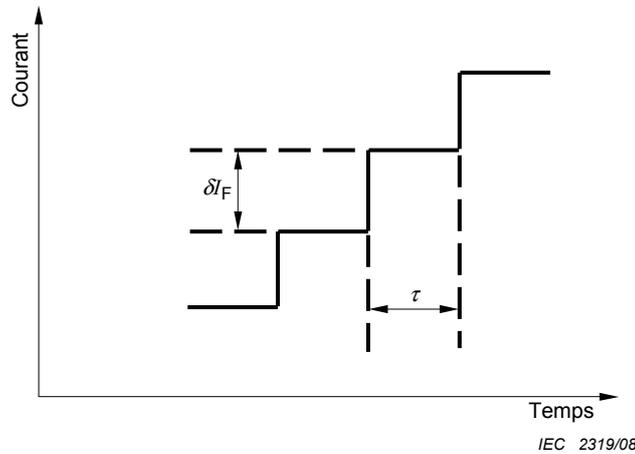


IEC 2318/08

**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**

$\delta I_F$	amplitude du pas
$\tau$	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  $\Phi_e$ , 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  $\delta I_F$  est l'amplitude du pas et  $\leq (1/20)\Delta I_F$  et  $\tau$ , 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,  $\tau$ , 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  $\mu\text{s}$ .

Enregistrer  $I_F$  et  $\Phi_e$  à chaque niveau de pas.

Déduire  $\eta_d$  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 ( $T_{\text{amb}}$ ,  $T_{\text{case}}$  ou  $T_{\text{sub}}$ )
- Courant direct au-dessus du seuil ( $\Delta I_F$ ) ou flux énergétique ( $\Phi_e$ )

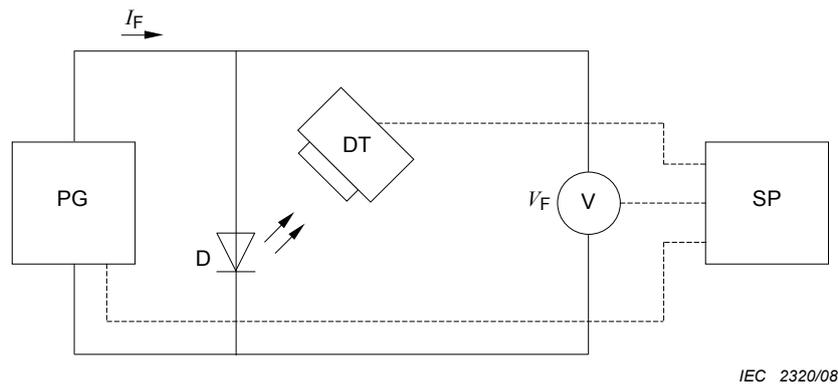
#### 4.11 Résistance différentielle (directe) $r_d$ d'une DL avec ou sans fibre amorcée

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*

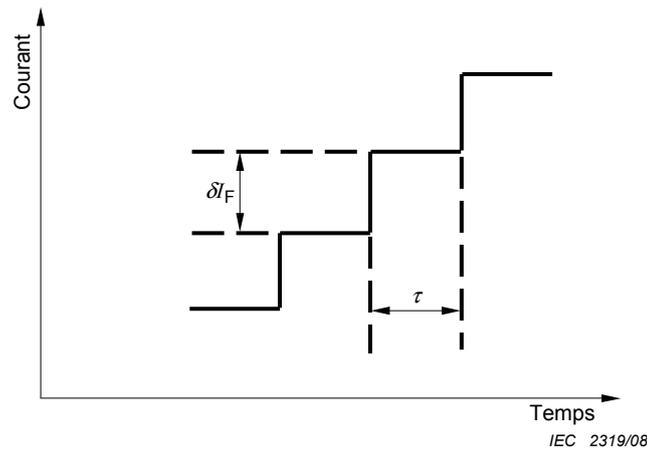
La Figure 15 représente le schéma du circuit de mesure de la résistance différentielle et la Figure 16 représente la forme d'onde du courant pour la mesure de la résistance différentielle.



**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 mesurée par le voltmètre
DT	photodétecteur		

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



**Légende**

- $\Delta I_F$       amplitude du pas
- $\tau$             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  $\Phi_e$ , 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  $\Delta I_F$  est l’amplitude du pas et est  $\leq (1/20)\Delta I_F$ .

Enregistrer  $I_F$ ,  $V_F$  et  $\Phi_e$  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 ( $\Delta I_F$ ) ou flux énergétique ( $\Phi_e$ )

**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.

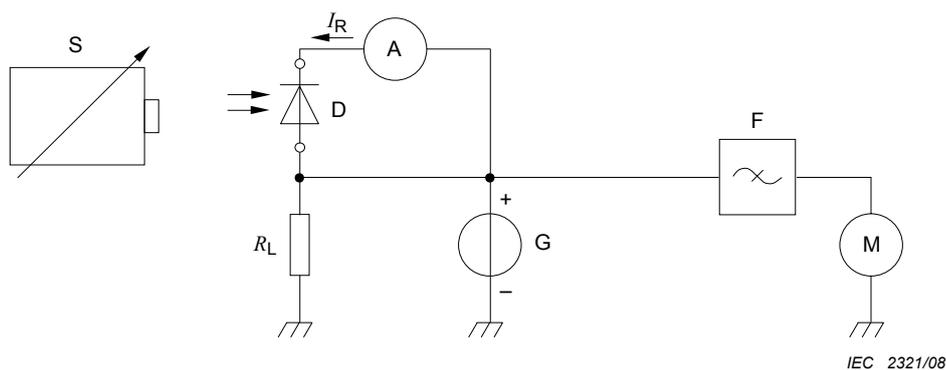
**5.2 Bruit d'une photodiode PIN**

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 $\Omega$ 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 $\Delta f_N$ spécifiée
M	appareil de mesure donnant la valeur efficace vraie, étalonnée en courant de bruit, puissance de bruit, détectivité ou puissance de bruit équivalente

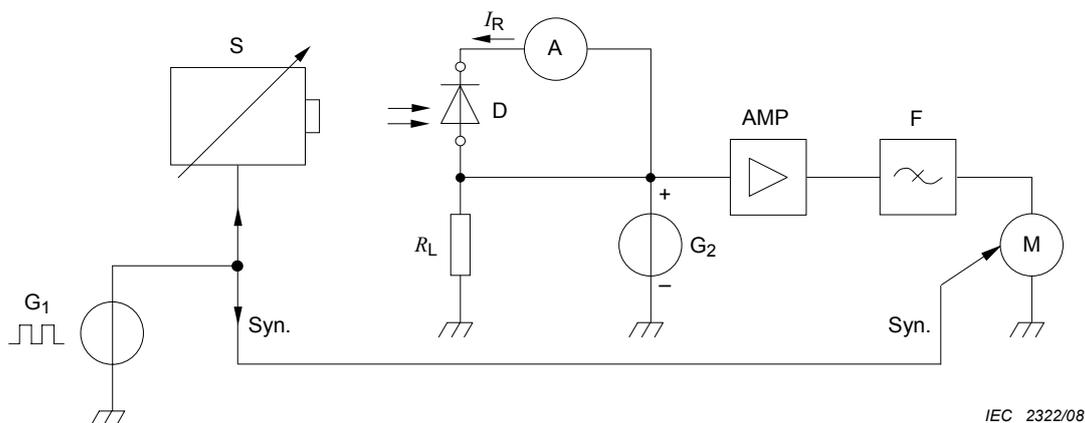
**Figure 17 – Schéma du circuit de mesure du bruit d'un photorécepteur PIN**

### 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.



**Légende**

- $G_1$  générateur servant à moduler en onde carrée ( $\delta = 0,5$ ) à la fréquence  $f_1$
- S source de lumière ou de rayonnement
- $I_R$  courant inverse sous rayonnement optique
- D dispositif en cours de mesure
- $R_L$  résistance de charge
- A ampèremètre
- $G_2$  source de tension inverse
- AMP amplificateur alternatif
- F filtre (fréquence centrale  $f_0$ , largeur de bande équivalente de bruit  $\Delta f_N$ )
- M appareil de mesure donnant la valeur efficace vraie
- Syn. signal de synchronisation

NOTE 1  $f_1$  est faible en comparaison de  $f_0$  (fréquence centrale du filtre F).

NOTE 2 Le filtre F rejette la fréquence  $f_1$ .

**Figure 18 – Schéma du circuit de mesure du bruit par détection synchrone**

**d) Procédure de mesure**

L'équipement de mesure étant étalonné, appliquer la tension inverse spécifiée  $V$  au dispositif en mesure D. Augmenter à partir de 0 le flux lumineux ou énergétique de la source jusqu'à ce que la valeur spécifiée de  $I_R$  soit atteinte. Mesurer le bruit du dispositif D sur l'appareil de mesure M.

**e) Conditions spécifiées**

- Température ambiante.
- Caractéristiques de la source de lumière ou de rayonnement: soit la longueur d'onde d'émission crête  $\lambda_p$  et la largeur de spectre  $\Delta\lambda$ , soit la distribution spectrale (par exemple illuminant A).
- Source de tension inverse ( $V$ ).
- Courant inverse sous rayonnement optique ( $I_R$ ).
- Résistance de charge ( $R_L$ ) si elle diffère de  $50 \Omega$ .
- Fréquence de transmission maximale (fréquence centrale) ( $f_0$ ) et largeur de bande équivalente de bruit ( $\Delta f_N$ ) du filtre.

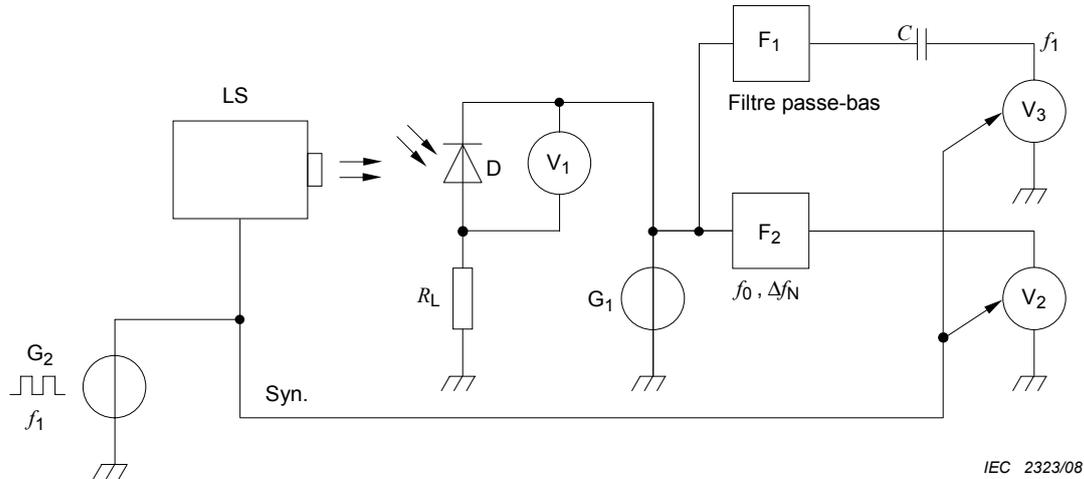
**5.3 Facteur d'excès de bruit d'une APD avec ou sans fibre amorce**

**a) But**

Mesurer le facteur d'excès de bruit  $F_e$  d'une photodiode à avalanche (APD) avec ou sans fibre amorce.

## b) Schéma du circuit

La Figure 19 représente le schéma du circuit de mesure de l'excès de bruit d'une APD.



## Légende

LS	source de lumière ou de rayonnement
D	dispositif en cours de mesure
$R_L$	résistance de charge
$G_1$	source de tension continue
$G_2$	générateur de modulation optique réglé à la fréquence $f_1$
$V_1$	voltmètre continu
$V_2$	voltmètre indiquant la valeur efficace vraie, avec amplificateur synchrone à la fréquence $f_1$
$V_3$	voltmètre à courant alternatif avec amplificateur synchrone à la fréquence $f_1$
$F_1$	filtre passe-bas
$F_2$	filtre passe-bande de fréquence centrale $f_0$ et de largeur de bande $\Delta f_N$ spécifiées
$C$	condensateur d'élimination de la composante continue
Syn.	signal de synchronisation

NOTE 1 Il convient que la fréquence de modulation  $f_1$  soit faible par rapport à  $f_0$  et pour éviter des erreurs de mesures dues à la réponse en fréquence du dispositif en mesure D.

NOTE 2 Il convient que le filtre  $F_2$  rejette la fréquence de modulation  $f_1$ .

NOTE 3 Il convient que le filtre  $F_1$  laisse passer la fréquence de modulation  $f_1$  mais rejette les fréquences supérieures à  $f_0 - \Delta f_N / 2$ .

NOTE 4 Il convient que la valeur du condensateur  $C$  soit suffisamment grande pour laisser passer la fréquence  $f_1$ .

NOTE 5 Il convient que seul le port optique du dispositif en mesure D soit illuminé et que le rayonnement le couvre entièrement

Figure 19 – Schéma du circuit de mesure de l'excès de bruit d'une APD

## c) Procédure

1) Appliquer une faible tension de polarisation  $V_{R1}$ , mesurée par  $V_1$ .

Il convient que  $V_{R1}$  soit suffisamment faible pour que la multiplication des porteurs soit négligeable (c'est-à-dire facteur de multiplication  $M \approx 1$ ) mais suffisamment grande pour que le dispositif soit entièrement déserté et qu'il ait atteint sa vitesse et sa sensibilité assignées. Régler la puissance optique en entrée afin d'obtenir le courant photoélectrique  $I_{po(3)}$  spécifié, mesuré par la tension  $V_{30}$  sur  $V_3$ , à partir du signal modulé à la fréquence  $f_1$  et en utilisant la formule:

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

où  $k$  est égal au rapport cyclique du générateur de modulation  $G_2$  (par exemple pour un rapport cyclique d'onde carrée de 50 %,  $k = 1/2$ ).

- 2) Augmenter la tension de polarisation  $V_R$  jusqu'à ce que la tension  $V_{31}$  lue sur  $V_3$  atteigne la valeur  $M \times V_{30}$ :

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

- 3) Relever la valeur de la tension  $V_{21}$  lue sur  $V_2$  et calculer le facteur d'excès de bruit  $F_e$  par la formule:

$$F_e = \frac{V_{21}^2}{2 q \times I_{p0} \times M^2 \times R_L^2 \times \Delta f_N}$$

où  $q$  est la charge de l'électron.

d) *Précautions à prendre*

Cette méthode n'est pas précise pour un dispositif dont le gain unitaire ( $M \approx 1$ ) ne peut être obtenu quand le dispositif est totalement déserté, c'est-à-dire lorsqu'il a atteint sa sensibilité et sa vitesse assignées.

e) *Conditions spécifiées*

- Température ambiante ou de boîtier.
- Facteur de multiplication ( $M$ ).
- Courant photoélectrique ( $I_{p0}$ ).
- $f_0$ ,  $\Delta f_N$  du filtre  $F_2$ .
- Longueur d'onde d'émission crête et largeur d'onde spectrale de rayonnement ( $\lambda_p$ ,  $\Delta\lambda$ ).
- $V_{R1}$ .

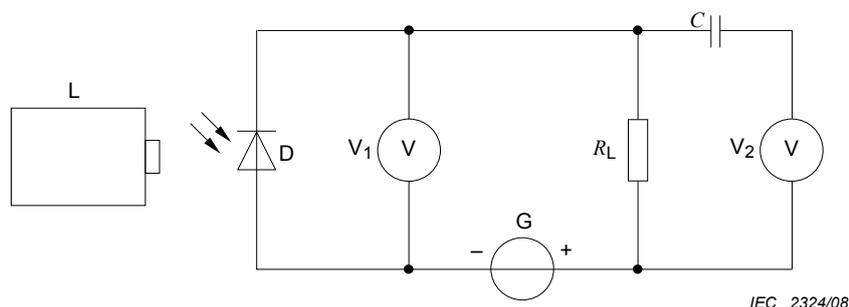
**5.4 Fréquence de coupure en petits signaux d'une photodiode avec ou sans fibre amorcée**

a) *But*

Mesurer la fréquence de coupure en petits signaux d'une photodiode, avec ou sans fibre amorcée, dans des conditions spécifiées.

b) *Schéma du circuit*

La Figure 20 représente le schéma du circuit de mesure de la fréquence de coupure en petits signaux d'une photodiode.



IEC 2324/08

**Légende**

- D      dispositif en cours de mesure
- L      source de lumière à bande étroite émettant de la lumière modulée en amplitude par une onde sinusoïdale en petits signaux, de fréquence ajustable
- G      source de tension continue
- $V_1$     voltmètre continu
- $V_2$     appareil de mesure de tension large bande
- $R_L$     résistance de charge, de valeur faible par rapport à celle de la source du dispositif en cours de mesure
- C      capacité de couplage

**Figure 20 – Schéma du circuit de mesure de la fréquence de la longueur d'onde de coupure en petits signaux d'une photodiode**

c) *Précaution à prendre*

Seul le port optique du dispositif doit être complètement soumis au rayonnement.

d) *Procédure de mesure*

Appliquer la tension continue inverse spécifiée à la photodiode en cours de mesure. Ajuster la source de rayonnement pour obtenir la valeur moyenne spécifiée  $\Phi_e$  au port optique. Moduler cette source à une fréquence basse (inférieure à  $f_c / 100$ ) et mesurer le signal alternatif de sortie sur  $V_2$ .

Augmenter la fréquence de modulation de la source de rayonnement en conservant la valeur moyenne de  $\Phi_e$  et le niveau de modulation constant jusqu'à ce que le signal de sortie mesuré sur  $V_2$  ait diminué de  $\sqrt{2}$ . Cette fréquence est la fréquence de coupure en petits signaux  $f_c$ .

e) *Conditions spécifiées*

- Température ambiante ou de boîtier.
- Tension inverse ( $V_R$ ).
- Résistance de charge ( $R_L$ ).
- Longueur d'onde d'émission crête et largeur de bande spectrale de la source lumineuse ( $\lambda_p, \Delta\lambda$ ).
- Flux énergétique ( $\Phi_e$ ).

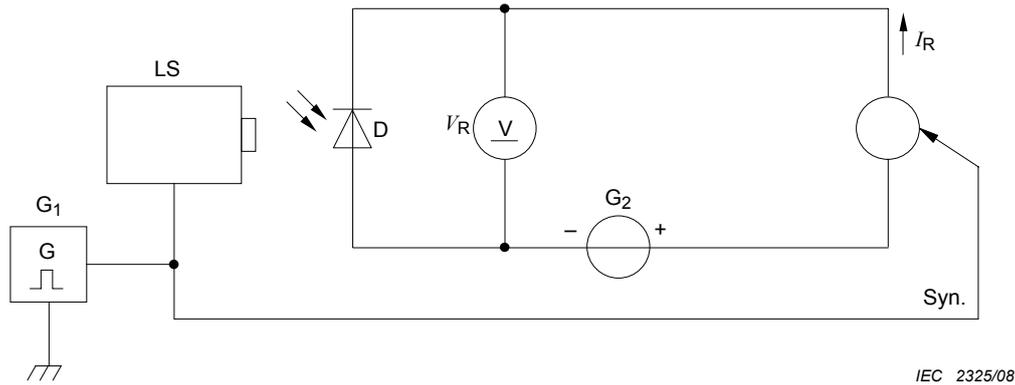
### 5.5 Facteur de multiplication d'une APD avec ou sans fibre amorce

a) *But*

Mesurer le facteur de multiplication  $M$  d'une photodiode à avalanche (APD) avec ou sans fibre amorce.

b) *Schéma du circuit*

La Figure 21 représente le schéma du circuit de mesure du facteur de multiplication d'une APD.



IEC 2325/08

**Légende**

- LS source de lumière ou de rayonnement
- D dispositif en cours de mesure
- G<sub>1</sub> générateur de modulation
- G<sub>2</sub> source de tension continue
- SA ampèremètre synchrone
- Syn. signal de synchronisation
- I<sub>R</sub> courant inverse sous rayonnement optique
- G source de tension
- V voltmètre
- V<sub>R</sub> tension de polarisation

**Figure 21 – Schéma du circuit de mesure du facteur de multiplication d'une APD**

**c) Précautions à prendre**

Seul le port optique du dispositif en mesure doit être pris en compte.

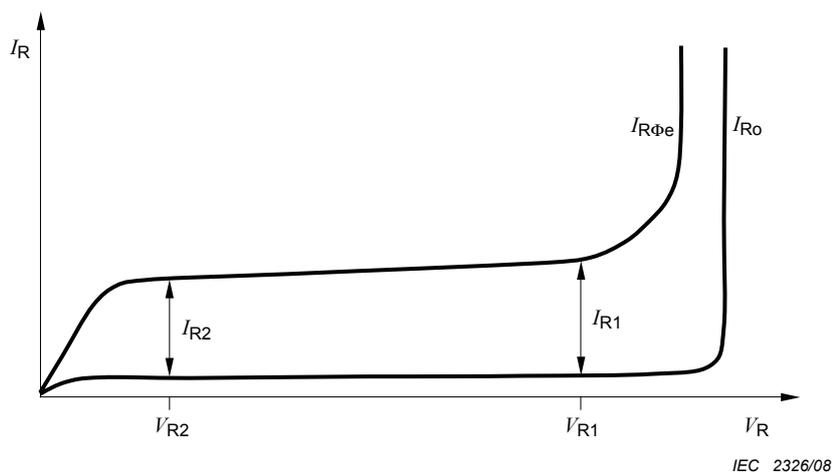
**d) Procédure de mesure**

Appliquer la faible tension de polarisation spécifiée  $V_{R2}$  du générateur  $G_2$  au dispositif en mesure. Régler le flux énergétique  $\Phi_e$  à la valeur spécifiée. Mesurer le courant  $I_{R2}$  sur l'ampèremètre synchrone.

Modifier la tension continue de polarisation appliquée au dispositif en mesure jusqu'à la valeur spécifiée  $V_{R1}$ . Mesurer le courant  $I_{R1}$  sur l'ampèremètre synchrone. La Figure 22 représente le graphique des mesures de  $I_{R1}$  et  $I_{R2}$ .

Calculer le facteur de multiplication  $M$  à partir de l'équation:

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



#### Légende

$I_{R_o}$	courant dans l'obscurité
$I_{R\phi_e}$	courant sous rayonnement optique
$V_R$	tension de polarisation

**Figure 22 – Graphique présentant les mesures de  $I_{R1}$  et  $I_{R2}$**

#### e) Conditions spécifiées

- Température ambiante ou de boîtier.
- Tensions inverses ( $V_{R1}$ ,  $V_{R2}$ ).
- Flux énergétique ( $\Phi_e$ ).
- Longueur d'onde d'émission crête ( $\lambda_p$ ).
- Largeur de bande spectrale de rayonnement ( $\Delta\lambda$ ).
- Port optique.
- Configuration optique.

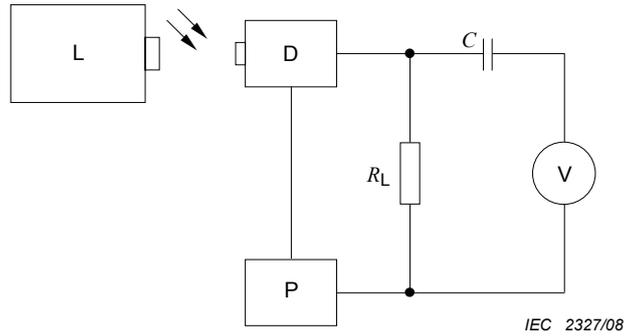
### 5.6 Sensibilité d'un module PIN-TIA

#### a) But

Mesurer la sensibilité d'un module PIN-TIA dans des conditions spécifiées de rayonnement d'entrée modulé.

#### b) Schéma du circuit

La Figure 23 représente le schéma du circuit de mesure de la sensibilité d'un module PIN-TIA.



**Légende**

- D dispositif en cours de mesure
- L source de rayonnement de bande étroite, avec flux énergétique  $\Phi_e$  réglable, modulée en amplitude avec une onde sinusoïdale en petits signaux à fréquence réglable de valeur efficace  $\Delta\Phi_e$  (eff)
- P source d'alimentation fournissant à D les tensions et courants de fonctionnement spécifiés
- $R_L$  résistance de charge permettant d'adapter l'impédance de sortie spécifiée pour D
- C capacité de couplage
- V voltmètre efficace ou appareil de mesure de tension à large bande.

**Figure 23 – Schéma du circuit de mesure de la sensibilité d'un module PIN-TIA**

**c) Précautions à prendre**

Le port optique du dispositif en mesure doit être entièrement soumis au rayonnement.

La valeur de  $\Delta\Phi_{e(\text{eff})}$  doit être nettement inférieure à celle du flux énergétique en courant continu  $\Phi_e$ , et doit rester constante dans la bande de fréquences spécifiées de fréquences de modulation  $f_1$  à  $f_2$ .

Un signal doit être considéré comme petit si le fait de doubler son amplitude ne produit pas de modification de la valeur mesurée du paramètre supérieure à l'erreur permise pour la mesure.

**d) Procédure de mesure**

Appliquer les tensions d'alimentation spécifiées fournies par P aux connexions appropriées de D. Régler L de manière à fournir la valeur spécifiée du flux énergétique d'entrée  $\Phi_e$  en courant continu, et la fréquence de modulation spécifiée. Mesurer sur V la tension efficace de sortie,  $V_{o(\text{eff})}$ . Etablir la sensibilité  $S$  en utilisant la relation suivante:

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

Noter les valeurs maximales ( $S_{\text{max}}$ ) et minimales ( $S_{\text{min}}$ ) de  $S$  mesurées dans la gamme de fréquences de  $f_1$  à  $f_2$ , ainsi que la valeur centrale  $S_{\text{mb}}$  en milieu de bande définie par:

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

ou correspondant à une valeur spécifiée.

NOTE Les analyseurs de spectre /réseau r.f comportent généralement les fonctions de résistance de charge, capacité de couplage et voltmètre en courant alternatif. Ils peuvent être utilisés à la place des éléments des circuits séparés représentés dans le schéma.

**e) Conditions spécifiées**

- Température ambiante ou de boîtier ( $T_{\text{amb}}$  ou  $T_{\text{case}}$ ).
- Tensions d'alimentation spécifiées fournies par P.
- Résistance de charge ( $R_L$ ).

- Longueur d'onde d'émission crête et largeur du spectre du flux de la source lumineuse ( $\lambda_p, \Delta\lambda$ ).
- Flux énergétique continu ( $\Phi_e$ ).
- Fréquence de modulation ( $f$ ).

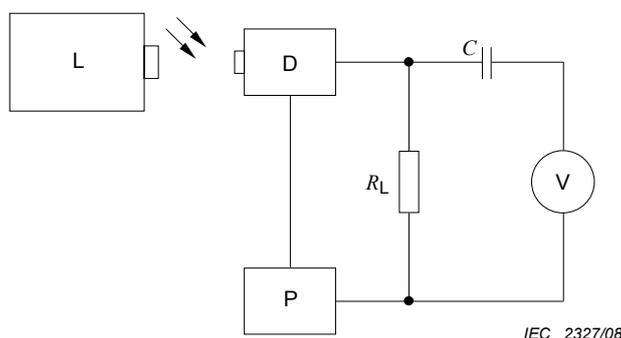
### 5.7 Monotonie de la réponse en fréquence ( $\Delta S/S$ ) d'un module PIN-TIA

#### a) But

Mesurer la monotonie de la réponse en fréquence d'un module PIN-TIA dans une bande de fréquences de modulation spécifiée.

#### b) Schéma du circuit

La Figure 24 représente le schéma du circuit de mesure de la monotonie de la réponse en fréquence d'un module PIN-TIA.



#### Légende

- D dispositif en cours de mesure
- L source de rayonnement à bande étroite, avec flux énergétique  $\Phi_e$  réglable, modulée en amplitude avec une onde sinusoïdale en petits signaux ou à fréquence réglable et de valeur efficace  $\Delta\Phi_{e(\text{eff})}$
- P source d'alimentation fournissant à D les tensions et courants de fonctionnement spécifiés
- $R_L$  résistance de charge permettant d'adapter l'impédance de sortie spécifiée pour D
- C capacité de couplage
- V voltmètre alternatif ou appareil de mesure de tension à large bande

**Figure 24 – Schéma du circuit de mesure de la monotonie de la réponse en fréquence d'un module PIN-TIA**

#### c) Précautions à prendre

Le port optique du dispositif en mesure doit être entièrement soumis au rayonnement.

La valeur  $\Delta\Phi_{e(\text{eff})}$  doit être nettement inférieure à celle du flux énergétique en courant continu  $\Phi_e$ , et suffisamment constante dans la bande de fréquences de modulation spécifiées entre  $f_1$  et  $f_2$ .

Un signal doit être considéré comme petit si le fait de doubler son amplitude ne produit pas de modification de la valeur du paramètre mesuré supérieure à l'erreur permise pour la mesure.

#### d) Procédure de mesure

Appliquer les tensions d'alimentation spécifiées fournies par P aux connexions appropriées de D. Régler L de manière à obtenir la valeur spécifiée du flux énergétique d'entrée  $\Phi_e$  en courant continu. Faire varier la fréquence de modulation entre  $f_1$  et  $f_2$  sur la bande spécifiée. Mesurer sur V la tension de sortie en courant alternatif  $V_{0(\text{eff})}$  en fonction de la fréquence. Etablir la sensibilité  $S$  en utilisant la relation suivante:

$$S = \frac{V_{0(\text{eff})}}{\Phi_{e(\text{eff})}}$$

Déterminer les valeurs maximale ( $S_{\max}$ ) et minimale ( $S_{\min}$ ) de  $S$  dans la bande de fréquences de modulation spécifiée, et sa valeur  $S(f_{\text{mb}})$  à la fréquence centrale  $f_{\text{mb}}$ . La monotonie de la réponse en fréquence, exprimée en décibels, est calculée selon l'équation suivante:

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

où  $f_{\text{mb}}$  est la fréquence centrale définie par  $f_{\text{mb}} = \sqrt{f_1 \times f_2}$ , sauf indication contraire, et  $S(f_{\text{mb}})$  est la valeur de sensibilité à la fréquence  $f_{\text{mb}}$ .

NOTE Les analyseurs de spectre /réseau r.f comportent généralement les fonctions de résistance de charge, capacité de couplage et voltmètre en courant alternatif. Ils peuvent être utilisés à la place des éléments des circuits séparés décrits dans le schéma.

e) *Conditions spécifiées*

- Température ambiante ou de boîtier ( $T_{\text{amb}}$  ou  $T_{\text{case}}$ ).
- Tensions de polarisation spécifiées, générées par P.
- Résistance de charge ( $R_L$ ).
- Longueur d'onde d'émission crête et largeur de bande spectrale de rayonnement de la source lumineuse ( $\lambda_p$ ,  $\Delta\lambda$ ).
- Flux énergétique en courant continu ( $\Phi_e$ ).
- Plage de fréquences de modulation du flux énergétique ( $f_1$ ,  $f_2$ ).
- Fréquence centrale ( $f_{\text{mb}}$ ), si différente de  $\sqrt{f_1 \times f_2}$ .

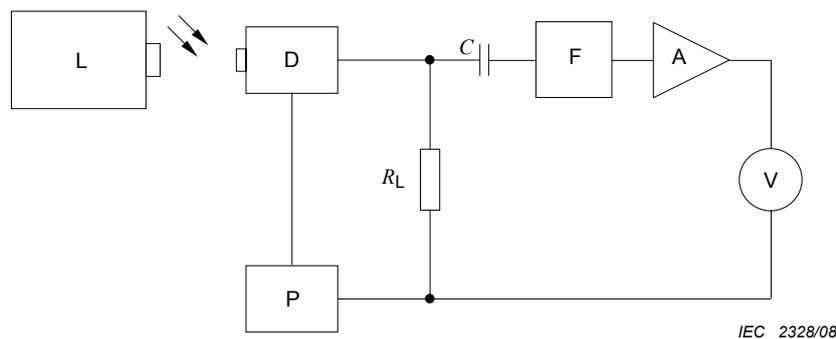
**5.8 Densité (spectrale) de la puissance de bruit  $P_{\text{no},\lambda}$  en sortie d'un module PIN-TIA**

a) *But*

Mesurer la densité spectrale de la puissance de bruit en sortie d'un module PIN-TIA dans des conditions d'adaptation en sortie.

b) *Schéma du circuit*

La Figure 25 représente le schéma du circuit de mesure de la densité (spectrale) de la puissance de bruit en sortie d'un module PIN-TIA avec sorties adaptées.



### Légende

- D dispositif en cours de mesure  
 L source de rayonnement à bande étroite avec flux énergétique  $\Phi_e$  réglable  
 P source d'alimentation fournissant à D les tensions et courants de fonctionnement spécifiés  
 $R_L$  résistance de charge permettant d'adapter l'impédance électrique spécifiée pour D  
 F filtre passe-bande à haute sélectivité  
 A amplificateur à gain de tension  $G_V$   
 V appareil de mesure de tension de bruit efficace destiné à mesurer la tension de bruit en sortie  $V_m$  à la fréquence  $f_m$   
 C capacité de couplage

**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**

#### c) Précautions à prendre

Le port optique du dispositif en mesure doit être entièrement soumis au rayonnement du flux énergétique d'entrée spécifié  $\Phi_e$ .

L'amplificateur doit avoir une bande suffisamment large pour que le filtre F puisse déterminer la largeur de bande de mesure du bruit.

Le circuit de mesure doit être relié à la terre et blindé pour que les signaux parasites ne gênent pas la mesure des signaux de faible niveau.

#### d) Procédure de mesure

Appliquer aux connexions appropriées de D les tensions et courants d'alimentation spécifiés fournis par P.

Régler L de manière à fournir au port optique de D le flux énergétique  $\Phi_e$  spécifié.

Régler la fréquence centrale de F sur la fréquence  $f_m$  spécifiée pour mesurer la densité (spectrale) de puissance de bruit en sortie.

Lire sur le voltmètre V la valeur de la tension du bruit efficace en sortie  $V_m$ .

Calculer la densité (spectrale) de puissance de bruit en sortie de la façon suivante:

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

NOTE Les analyseurs de spectres r.f. comportent généralement les fonctions de résistance de charge, filtre, amplificateur et mesureur de tension de bruit efficace. Ils peuvent être utilisés à la place des éléments du circuit séparés décrits dans le schéma.

#### e) Conditions spécifiées

- Température ambiante ou du boîtier ( $T_{amb}$  ou  $T_{case}$ ).
- Tensions et courants d'alimentation spécifiés fournis par P.
- Résistance de charge ( $R_L$ ).

- Longueur d'onde d'émission crête et largeur de bande spectrale de rayonnement de la source lumineuse ( $\lambda_p, \Delta\lambda$ ).
- Flux énergétique en entrée ( $\Phi_e$ ).
- Fréquence centrale ( $f_m$ ) et largeur de bande utile ( $B$ ) de F.

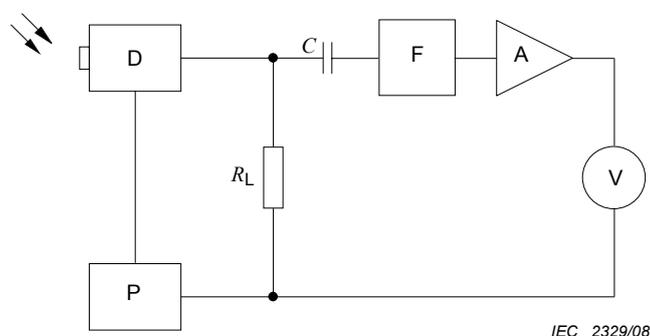
**5.9 Densité (spectrale) de la puissance de bruit en basse fréquence ( $P_{no,\lambda, LF}$ ) et de la fréquence de cassure ( $f_{cor}$ ) en sortie d'un module PIN-TIA**

a) *But*

Mesurer la densité (spectrale) de puissance du bruit en basse fréquence en sortie d'un module PIN-TIA non-irradié, où domine ce qu'il est convenu d'appeler le bruit en  $1/f$ , ainsi que sa fréquence de remontée, avec sa sortie adaptée.

b) *Schéma du circuit*

La Figure 26 représente le 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.



IEC 2329/08

**Légende**

- D dispositif en cours de mesure (non irradié)
- P source d'alimentation fournissant à D les tensions et courants de fonctionnement spécifiés
- $R_L$  résistance de charge permettant d'adapter l'impédance de sortie spécifiée pour D
- F filtre passe-bande à haute sélectivité à fréquence centrale réglable  $f_m$  et largeur de bande utile  $B$
- A amplificateur à gain en tension  $G_v$
- V appareil de mesure de tension efficace destiné à mesurer la tension de bruit en sortie  $V_m$  à la fréquence  $f_m$
- C capacité de couplage

**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**

c) *Précautions à prendre*

- Le port optique de D ne doit pas être soumis au rayonnement.
- L'amplificateur doit avoir une largeur de bande suffisante pour que toute la largeur de bande du bruit soit déterminée par F.
- Le circuit de mesure doit être électriquement relié à la terre et blindé pour que les signaux parasites ne gênent pas la mesure des signaux de bruit de faible niveau
- La largeur de bande (de bruit) utile  $B$  de F doit être égale à 15 % au plus de sa fréquence centrale.

d) *Procédure de mesure*

Appliquer aux connexions appropriées de D les tensions et courants d'alimentation spécifiés fournies par P.

Augmenter la fréquence centrale du filtre F, en partant d'une valeur très faible, à laquelle la tension de bruit  $V_m$  décroît lorsque la fréquence augmente, jusqu'à une valeur à laquelle  $V_m$  devient presque constante. La Figure 27 montre  $V_m$  en décibels en fonction de  $f$ . Relever la valeur  $V_m^*$  à cette fréquence.

Diminuer la fréquence jusqu'à ce que  $V_m$  augmente de 3 dB (d'un facteur  $\cong \sqrt{2}$ ) par rapport à  $V_m^*$ . Cette fréquence est la fréquence de remontée  $f_{cor}$ .

Diminuer encore la fréquence et mesurer  $V_m(f_m)$  à la fréquence spécifiée  $f_m$ , qui correspond à un point dans la zone presque linéaire de la courbe décrite en Figure 27.

Calculer la densité (spectrale) de la puissance de bruit basse fréquence en sortie de la façon suivante:

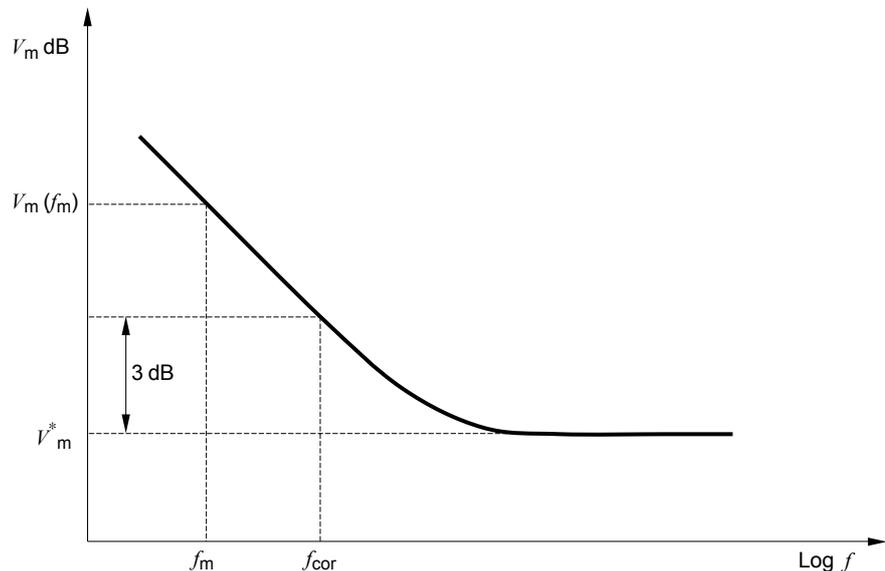
$$P_{no,\lambda,LF} = \frac{(V_m / G_v)^2}{R_L \times B}$$

NOTE Les analyseurs de spectres r.f. comportent généralement les fonctions de résistance de charge, filtre, amplificateur et mesureur de tension de bruit efficace. Ils peuvent être utilisés à la place des éléments du circuit séparés décrits dans le schéma. Dans ce cas, il faut veiller à ce que les analyseurs de spectres soient bien étalonnés et que l'impédance corresponde bien à D.

e) *Conditions spécifiées*

- Température ambiante ou de boîtier ( $T_{amb}$  ou  $T_{case}$ ).
- Tensions et courants d'alimentation fournis par P.
- Résistance de charge ( $R_L$ ).
- Fréquence de mesure ( $f_m$ ) pour  $P_{no,\lambda,LF}$ .
- Largeur de bande utile ( $B$ ) de F.

La Figure 27 représente la courbe  $V_m$  en fonction de la fréquence.



IEC 2330/08

Figure 27 – Graphique présentant  $V_m$  en fonction de la fréquence

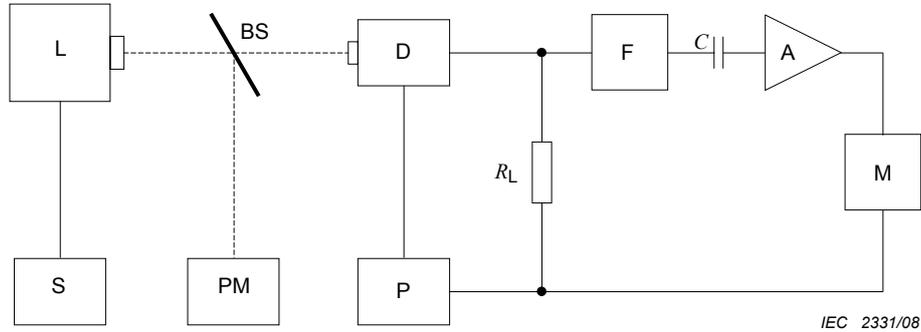
### 5.10 Puissance minimale détectable d'un module PIN-TIA

a) *But*

Mesurer 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.

b) *Schéma du circuit*

La Figure 28 représente le schéma du circuit de 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*) spécifié.



**Légende**

- L source de rayonnement avec flux énergétique modulé, réglable par courant continu ( $\Phi_e, \Delta\Phi_e$ )
- S source de signaux sinusoïdaux (mesures analogiques) ou source de signaux permettant de générer le signal numérique approprié dans des conditions spécifiques (mesures numériques)
- BS dispositif optique diviseur de faisceaux
- PM appareil de mesure de signaux optiques
- D dispositif en cours de mesure
- P source d'alimentation fournissant à D les tensions et courants de fonctionnement spécifiés
- $R_L$  résistance de charge
- EQ égaliseur, si nécessaire
- C capacité de couplage
- A amplificateur de fréquence centrale  $f_{mb}$  et largeur de bande  $B$  (mesures analogiques) ou amplificateur à gain variable (mesures numériques)
- M voltmètre efficace (mesures analogiques) ou mesureur de taux d'erreurs sur les bits (mesures numériques)

**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**

*c) Précautions à prendre*

La puissance optique de PM doit être étalonnée de manière à pouvoir mesurer le signal alternatif contenu dans la puissance rayonnée reçue au port optique de D.

Le rapport porteuse/bruit de L doit être suffisamment important pour éviter un accroissement du bruit détecté.

Seul le port optique de D doit être soumis au rayonnement.

*d) Procédure de mesure*

Ajuster P pour appliquer à D les tensions d'alimentation spécifiées et ajuster S pour obtenir un taux d'extinction suffisamment élevé.

Régler le flux énergétique mesuré sur PM pour obtenir le taux d'erreurs spécifié sur les bits et régler le gain de A pour que le taux d'extinction de L et les conditions d'entrée appropriées de M demeurent inchangés.

Mesurer le flux énergétique sur PM. Cette valeur est la puissance détectable minimale de D.

e) *Conditions spécifiées*

- Température ambiante ou de boîtier ( $T_{amb}$  ou  $T_{case}$ ).
- Source d'alimentation fournissant les tensions à D.
- Longueur d'onde d'émission crête et largeur du spectre de rayonnement de L ( $\lambda_p$ ,  $\Delta\lambda$ ).
- Débit binaire du signal.
- Type de modulation (RZ ou NRZ).
- Taux d'erreurs sur les bits.
- Forme du signal (séquence binaire et densité des points remarquables).
- Paramètres de l'égaliseur, si nécessaire.

## Bibliographie

CEI 60617, *Symboles graphiques pour schémas*

CEI 61300 (toutes les parties), *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Procédures fondamentales d'essais et de mesures*

CEI 61315, *Etalonnage de wattmètres pour dispositifs à fibres optiques*

CEI/TR 61930, *Symbologie des graphiques de fibres optiques*

CEI/TR 61931, *Fibres optiques – Terminologie*

ISO 1101, *Spécification géométrique des produits (GPS) – Tolérancement géométrique – Tolérancement de forme, orientation, position et battement*

---

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE  
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

3, rue de Varembé  
PO Box 131  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11  
Fax: + 41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)