

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



**Optical circuit boards – Basic test and measurement procedures –  
Part 2-5: Flexibility test for flexible opto-electric circuits**

**Cartes à circuits optiques – Procédures fondamentales d'essais et de mesures –  
Partie 2-5: Essai de flexibilité pour les circuits optoélectroniques souples**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62496-2-5:2022



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2022 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

Tel.: +41 22 919 02 11  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[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 corrigendum or an amendment might have been published.

#### IEC publications search - [webstore.iec.ch/advsearchform](http://webstore.iec.ch/advsearchform)

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

#### IEC Customer Service Centre - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: [sales@iec.ch](mailto:sales@iec.ch).

#### IEC Products & Services Portal - [products.iec.ch](http://products.iec.ch)

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

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

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

### A propos de l'IEC

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

### A propos des publications IEC

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

#### Recherche de publications IEC -

[webstore.iec.ch/advsearchform](http://webstore.iec.ch/advsearchform)

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

#### Service Clients - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

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

IEC Products & Services Portal - [products.iec.ch](http://products.iec.ch)

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

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

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



**Optical circuit boards – Basic test and measurement procedures –  
Part 2-5: Flexibility test for flexible opto-electric circuits**

**Cartes à circuits optiques – Procédures fondamentales d'essais et de mesures  
–  
Partie 2-5: Essai de flexibilité pour les circuits optoélectriques souples**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

ICS 33.180.01

ISBN 978-2-8322-6119-4

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

## CONTENTS

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD .....                                                                                                | 4  |
| 1 Scope .....                                                                                                 | 6  |
| 2 Normative references .....                                                                                  | 6  |
| 3 Terms and definitions .....                                                                                 | 6  |
| 4 Apparatus .....                                                                                             | 7  |
| 4.1 General description .....                                                                                 | 7  |
| 4.2 Flexibility tester for flexibility test of FOECBs .....                                                   | 8  |
| 4.2.1 FOECBs test sample of fibre optical types .....                                                         | 8  |
| 4.2.2 FOECBs test sample of planer waveguide optical circuit types .....                                      | 8  |
| 4.3 O-E signal control source .....                                                                           | 9  |
| 4.4 Laser source .....                                                                                        | 9  |
| 4.5 Photo detector .....                                                                                      | 9  |
| 4.6 Folding jig .....                                                                                         | 9  |
| 4.7 Relay switch .....                                                                                        | 10 |
| 4.8 Main controller .....                                                                                     | 10 |
| 5 Test sample .....                                                                                           | 10 |
| 5.1 FOECB test samples of optical fibre-types .....                                                           | 10 |
| 5.2 FOECB test samples of planar optical waveguide-types .....                                                | 11 |
| 6 Procedures .....                                                                                            | 13 |
| 6.1 For test samples of optical fibre-types .....                                                             | 13 |
| 6.1.1 Preparing test samples .....                                                                            | 13 |
| 6.1.2 Initial optical and electrical performance measurement .....                                            | 13 |
| 6.1.3 Setting the test sample .....                                                                           | 13 |
| 6.1.4 Flexibility measurement .....                                                                           | 14 |
| 6.1.5 Final optical and electrical performance measurement .....                                              | 14 |
| 6.1.6 Mechanical performance measurement .....                                                                | 14 |
| 6.2 For test samples of the planar optical waveguide-types .....                                              | 14 |
| 6.2.1 Preparing test samples .....                                                                            | 14 |
| 6.2.2 Initial optical and electrical performance measurement .....                                            | 14 |
| 6.2.3 Setting the test sample .....                                                                           | 15 |
| 6.2.4 Flexibility measurement .....                                                                           | 15 |
| 6.2.5 Final optical and electrical performance measurement .....                                              | 15 |
| 6.2.6 Mechanical characteristic measurement .....                                                             | 16 |
| 7 Report .....                                                                                                | 16 |
| Annex A (informative) Detail requirement for structure of FOECB test samples of optical fibre-types .....     | 17 |
| Annex B (informative) Requirement for structure of FOECB test samples of planar optical waveguide-types ..... | 18 |
| Annex C (informative) Guideline for flexibility folding jig setting conditions of FOECB test samples .....    | 19 |
| Bibliography .....                                                                                            | 20 |
| Figure 1 – Schematic diagram of flexible opto-electric circuit board (top view) .....                         | 7  |
| Figure 2 – Overview of the folding jig .....                                                                  | 8  |
| Figure 3 – Schematic diagram of the flexibility test system for fibre optical circuits .....                  | 8  |

|                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 4 – Schematic diagram of the flexibility test system for planar waveguide optical circuits .....                             | 9  |
| Figure 5 – Flexibility folding jigs (from the left, folding radius $r$ is 1,0 mm, 2,0 mm, 3,0 mm, 4,0 mm, 5,0 mm and 10,0 mm) ..... | 10 |
| Figure 6 – Schematic diagram of FOECB test samples of optical fibre-types .....                                                     | 11 |
| Figure 7 – Schematic diagram of FOECB test samples of planar optical waveguide-types .....                                          | 12 |
| Figure B.1 – Schematic diagram of the flexibility test system for planar waveguide optical circuits .....                           | 18 |
| Figure C.1 – An example of measurement result of optical loss versus bending diameter .....                                         | 19 |

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62496-2-5:2022

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## OPTICAL CIRCUIT BOARDS – BASIC TEST AND MEASUREMENT PROCEDURES –

### Part 2-5: Flexibility test for flexible opto-electric circuits

#### FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 62496-2-5 has been prepared by IEC technical committee 86: Fibre optics. It is an International Standard.

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

|             |                  |
|-------------|------------------|
| Draft       | Report on voting |
| 86/605/FDIS | 86/609/RVD       |

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

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

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

A list of all parts in the IEC 62496 series, published under the general title *Optical circuit boards*, can be found on the IEC website.

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

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

**IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62496-2-5:2022

## OPTICAL CIRCUIT BOARDS – BASIC TEST AND MEASUREMENT PROCEDURES –

### Part 2-5: Flexibility test for flexible opto-electric circuits

#### 1 Scope

This part of IEC 62496 defines a test method for folding flexibility inspection of flexible opto-electric circuits with a flexibility tester endurance tester and presents a guideline for a step stress test method for finding the predetermined minimum mechanical folding radii below which the flexible opto-electric circuits can be damaged by intended folding distortion. Here, test samples are used instead of products for the flexibility test of their flexible opto-electric circuits, and the test samples have the same material, layer structure, processing technology and equipment as the products.

#### 2 Normative references

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

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

IEC 60793-2 (all parts), *Optical fibres – Part 2: Product specifications*

IEC 62496-2-1, *Optical circuit boards – Part 2-1: Measurements – Optical attenuation and isolation*

ISO 5626:1993, *Paper – Determination of folding endurance*

#### 3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 62496-1 and the following apply.

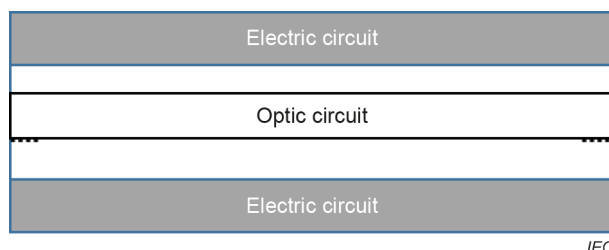
ISO and IEC maintain terminology databases for use in standardization at the following addresses:

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

##### 3.1

##### **flexible opto-electric circuit board**

flexible circuit board that contains both optic and electric circuits integrated into a flexible sheet



**Figure 1 – Schematic diagram of flexible opto-electric circuit board (top view)**

Note 1 to entry: Figure 1 shows an example of the top view of a flexible opto-electric circuit board.

Note 2 to entry: There are two types of flexible opto-electric circuit board: optical fibre-types and planar optical waveguide-types.

[SOURCE: ISO 5626:1993, Clause 1]

### 3.2

#### **flexibility tester**

instrument for folding endurance test of flexible sheets with interchangeable folding heads, allowing a range of thickness up to 1,25 mm

Note 1 to entry: In general, it is called the MIT folding endurance tester.

## **4 Apparatus**

### **4.1 General description**

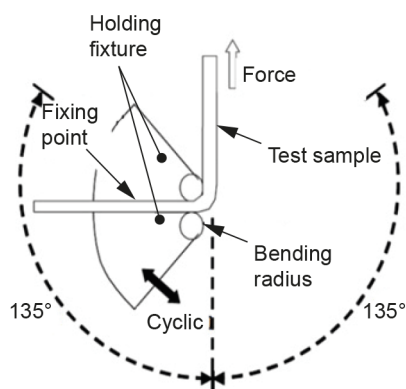
The flexibility test system for flexibility test of the flexible opto-electric circuit board (hereafter FOECB) shall be used for finding of the minimum folding radii of both optic and electric circuits of the FOECB before any functional damage occurs. An existing flexibility folding method has been used for testing the folding flexibility of only electric circuits. However, in this document, it shall be used for testing the folding flexibility of both optic and electric circuits.

Since the test sample for fibre optical type should be connected to the flexibility test system through an optical fibre, real-time monitoring may be possible. Accordingly, the flexibility tester shall be configured with a real-time monitoring system using a laser signal device to accurately know the time of breakage of the optical fibres.

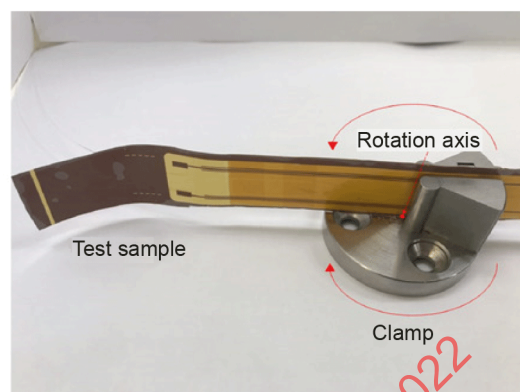
Generally, test samples for planar waveguide optical circuits are difficult to measure through real-time monitoring because it is not easy to connect to a flexibility test device through an optical fibre. Therefore, the test sample should be tested by connecting only electric circuits as in the existing flexibility folding method. The failure time of the test sample should be measured separately using a visual light on the planar waveguide circuits.

But, in case of that the test sample for planar waveguide optical circuits shall use optical fibres with connector to coupling with the optical waveguide, flexibility test of the test samples can be possible with real-time monitoring.

In addition, these tests should be measured in the process of replacing the holding jig. The test sample shall be clamped by the folding jig within the main controller as shown in Figure 2.



a) Photograph diagram of the folding jig



b) Photograph of a folding jig and test sample

Figure 2 – Overview of the folding jig

## 4.2 Flexibility tester for flexibility test of FOECBs

### 4.2.1 FOECBs test sample of fibre optical types

The flexibility test system for fibre optical circuits should be configured to stop the folding action of the test sample if any damage starts to appear in its optical and electrical sections. Therefore, the flexibility test system shall be composed of an optic-electric signal control source (hereafter referred as O-E signal control source), test sample, and main controller, as shown in Figure 3.

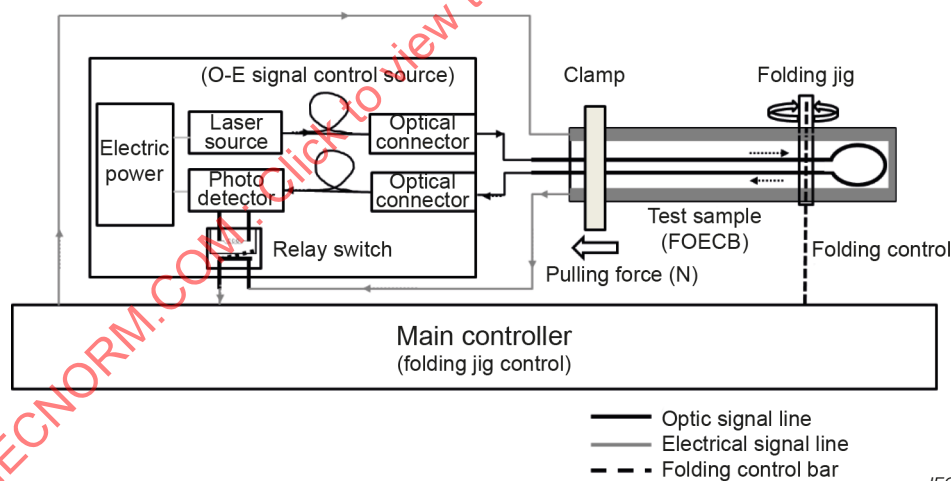
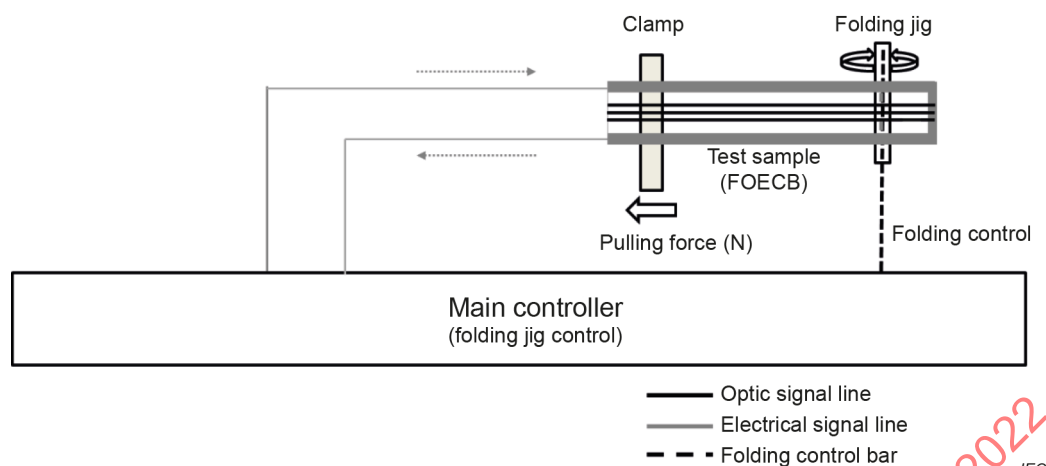


Figure 3 – Schematic diagram of the flexibility test system for fibre optical circuits

### 4.2.2 FOECBs test sample of planer waveguide optical circuit types

The flexibility test system for planer waveguide optical circuits shall be constructed in the same form as the folding flexibility test method for existing electrical circuits, as shown in Figure 4.



**Figure 4 – Schematic diagram of the flexibility test system for planar waveguide optical circuits**

### 4.3 O-E signal control source

An O-E signal control source shall be composed of a laser source, photo detector, relay switch, electric power source, optical fibre, and optical connectors. The O-E signal control source supplies an optical signal to the test sample, and allows the photo detector to control the relay switch based on detected optical signal for on-off switching of the electric signal flow (current) within the flexibility test system.

### 4.4 Laser source

The optical output power of the laser source shall have enough larger of the minimum detected power of optical detector and attenuation (optical loss) of samples. The laser source in the O-E signal control source sends an optical signal to the test sample via its optical input terminal connected to the protruded optical fibre. The wavelength and mode of the laser source should be chosen according to the application to be used. The launching mode of the laser source should be appropriate to the application of the relevant specification of O-E circuit board.

### 4.5 Photo detector

The minimum detected optical power of the photo detector shall be enough to detect the optical power after attenuating the optical power by the test sample and light source power. The photo detector detects the optic signal flow in the test sample. The photo detector output controls the relay switch inside the O-E signal control source. Therefore, the output current of the photo detector should be above the minimum operating voltage of the relay switch with a proper resistance for the current output. The photo detector shall have enough response frequency to detect the optical power change (deviation) by the attenuation change caused by the folding distortion. At minimum, the response frequency for the photo detector should be 10 times or more than the folding duration ( $0^\circ$  to  $90^\circ$ ), or kHz order will be necessary.

### 4.6 Folding jig

The size of the jig shall be selected according to the test samples. Several types of folding jigs with different bending radii are required to apply various bending tests to the test sample. Folding jigs of 6 different curvature radii (1,0 mm, 2,0 mm, 3,0 mm, 4,0 mm, 5,0 mm, and 10,0 mm) should be prepared (see Figure 5).



**Figure 5 – Flexibility folding jigs (from the left, folding radius  $r$  is 1,0 mm, 2,0 mm, 3,0 mm, 4,0 mm, 5,0 mm and 10,0 mm)**

#### 4.7 Relay switch

The switching time shall be at least one tenth of the folding speed. The relay switch plays a role of direct on-off switching control of the electric circuit in the flexibility test system. That is, once the photo detector detects the optic signal flow in the test sample, the relay switch stays in the on-state. If the photo detector fails to detect the optic signal flow in the test sample, the relay switch turns to the off-state. The relay switch operates the flexibility test system depending on the detected optical signal output at the photo detector, which is subject to the physical state of the test sample (e.g., either broken or non-broken state of the optic circuit).

#### 4.8 Main controller

The main controller shall control the electrical current to fold the folding jig with enough accuracy to test. The main controller supplies an electric current to the test sample and mechanically controls the folding action of the test sample. The main controller may consist of the main controller and the mechanical control means of folding, separately. Generally, the main controller emits the electric signal by itself to perform the mechanical folding operation on the test sample. The typical electric current flowing through the main controller ranges from 1 mA to 10 mA.

### 5 Test sample

#### 5.1 FOECB test samples of optical fibre-types

Test samples of optical fibre-types shall have a pigtailed shape (see Figure 6). The optical fibres used in the test samples may be single-mode and/or multimode fibres. Depending on applications, glass optical fibres, polymer optical fibres, and specialty optical fibres may be used to form the optical circuits.

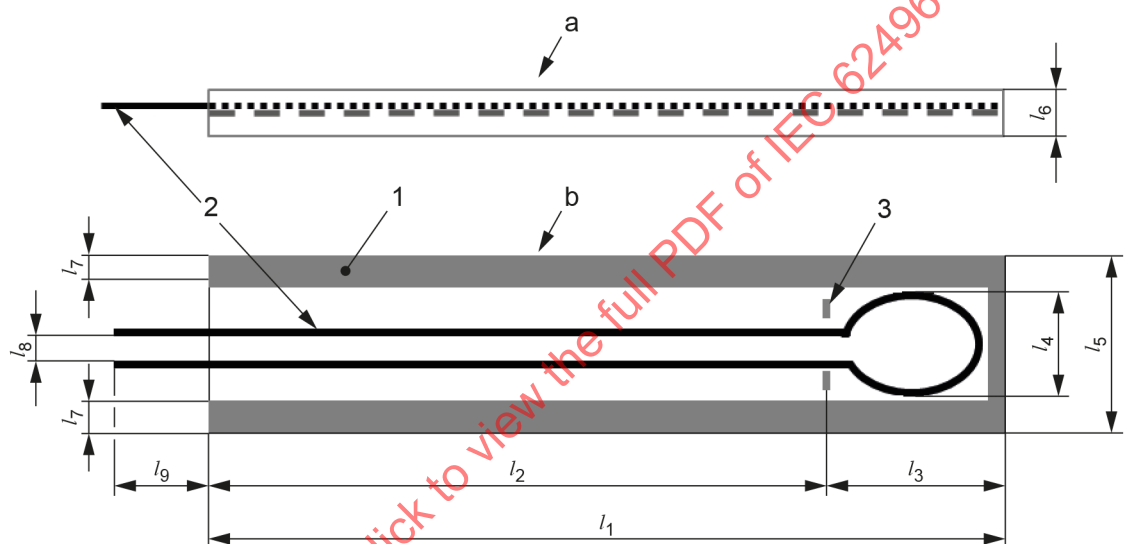
The optical circuits shall be positioned at a central part of the entire FOECB test samples. The electrical circuits shall be positioned at peripheral areas of the optical circuit in a symmetrical structure. The symmetrical structure shall have superior characteristics in size stability from the viewpoint of design and reliability for the FOECB test samples, as shown in Figure 6.

The test samples of the optical fibre-types shall have a protruded structure with a length of  $l_9$  at one side. The protruded length ( $l_9$ ) shall be maintained with sufficient length over 100 mm for easy connection with other fibres (e.g., fibre fusion splicing). The other side of the test samples shall have a continuous fibre bending area over a 6-mm diameter with a non-end state as shown in Figure 6. The bending state over the 6-mm diameter for glass optical fibres shall be maintained to minimize their optical bending loss.

A detail requirement for structure of FOECB test samples of optical fibre-types is described in Annex A.

A position mark shall be assigned on the test sample for locating the folding position with a clamp of the flexibility test system.

The size of the test samples should be confirmed in accordance with the flexibility folding jigs (see 4.6). As illustrated in Figure 6, the nominal dimensions of the total length ( $l_1$ ) of the test sample shall be 130 mm within 10 % tolerance, and the nominal dimensions of the width ( $l_5$ ) of the test sample shall be 2,5 mm to 50 mm within 10 % tolerance. It is recommended that the length ( $l_2$ ) of the test samples from its one edge to the clamp position mark and the length ( $l_3$ ) from the clamp position mark of the bending area to the other edge are chosen to be 100 mm and 30 mm, respectively. The bending diameter ( $l_4$ ) of the optical circuit, spacing ( $l_8$ ) between two optical circuit lines, and the number of optical circuits shall be decided in accordance with the user's requirements. The pattern width ( $l_7$ ) of the electrical circuit lines also shall be decided in accordance with the user's requirements. The thickness ( $l_6$ ) of the FOECB test samples is very critical because it influences the minimum mechanical folding radius  $r$ . The thickness of the test sample shall be from 150  $\mu\text{m}$  to 500  $\mu\text{m}$  for the FOECB test samples of the general glass fibres defined in IEC 60793-2 series with polymer over-clad protection. The thickness of the test samples should be same as that for products. If there are any differences, the thickness of the test samples shall be decided in accordance with the user's requirements.



IEC

#### Key

- 1 electric circuit
- 2 optic circuit
- 3 position mark for clamp (folding)
- a side view of test sample
- b top view of test sample

**Figure 6 – Schematic diagram of FOECB test samples of optical fibre-types**

## 5.2 FOECB test samples of planar optical waveguide-types

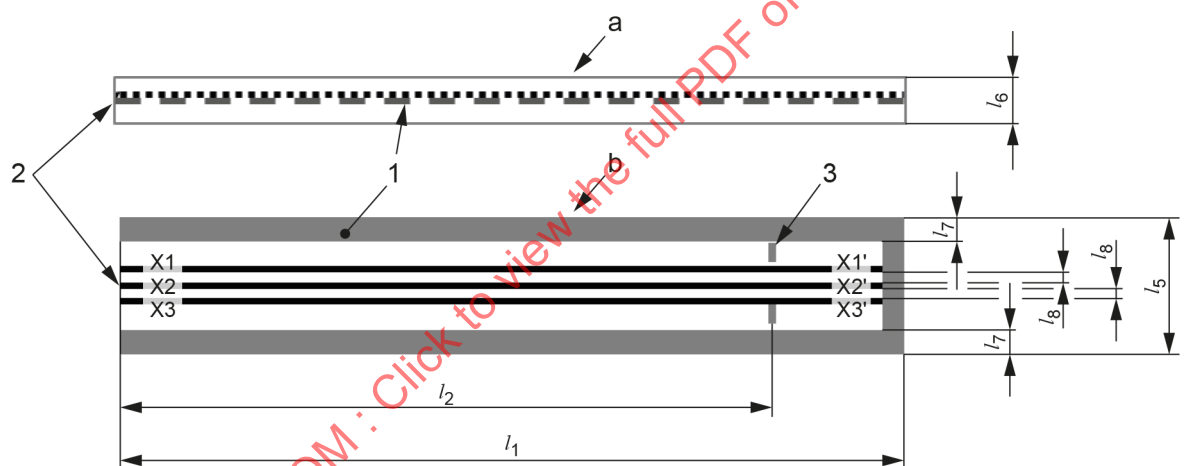
The optical circuits shall be positioned at a central part of the entire FOECB test samples. The electrical circuits shall be positioned at a peripheral area of the optical circuit in a symmetrical structure. The symmetrical structure shall have superior characteristics in size stability from the viewpoint of design and reliability for the FOECB test samples as shown in Figure 7.

The test samples of the planar optical waveguide-types shall have a non-protruded structure at both side (see Figure 7). The number of optical circuit lines shall be at least three for crosstalk testing.

A requirement for structure of FOECB test samples of planar optical waveguide-types is described in Annex B.

A position mark shall be assigned on the test sample for locating the folding position with a clamp of the flexibility test system.

The size of the test samples should be confirmed in accordance with the flexibility folding jigs (see 4.6). As illustrated in Figure 7, the nominal dimensions of the total length ( $l_1$ ) of the test sample shall be 130 mm within 10 % tolerance, and the nominal dimensions of the width ( $l_5$ ) of the test sample shall be 2,5 mm to 50 mm within 10 % tolerance. It is recommended that the length ( $l_2$ ) of test samples from its one edge to the clamp position mark are chosen to be 100 mm. The optical circuits shall be composed of over three optical waveguides. The spacing ( $l_8$ ) between two optical waveguides shall be decided in accordance with the user's requirements. The pattern width ( $l_7$ ) of the electrical circuit lines also shall be decided in accordance with the user's requirements. The thickness ( $l_6$ ) of the FOECB test sample is very critical because it influences the minimum mechanical folding radius  $r$ . The thickness of test samples shall be from 50  $\mu\text{m}$  to 1 000  $\mu\text{m}$  for FOECB test samples of the planar optical waveguide-types. The thickness of the test samples should be same as that for products. If there are any differences, the thickness of the test samples shall be decided in accordance with the user's requirements.



IEC

#### Key

- 1 electric circuit
- 2 optic circuit
- 3 position mark for clamp (folding)
- a side view of test sample
- b top view of test sample
- X1, X2, X3: input port of optical circuit
- X1', X2', X3': output port of optical circuit

**Figure 7 – Schematic diagram of FOECB test samples of planar optical waveguide-types**

## 6 Procedures

### 6.1 For test samples of optical fibre-types

#### 6.1.1 Preparing test samples

Prepare a number of the test samples having the same physical conditions in the same fabrication processes.

The number of test samples should be at least 18 including 3 test samples per jig for 6 different test jigs with folding radii of 1,0 mm, 2,0 mm, 3,0 mm, 4,0 mm, 5,0 mm and 10,0 mm.

The test sample should be 2,5 mm to 50 mm wide with a sufficient length (over 100 mm length) to be suitable for the test instrument being used. Edges of test samples should be clean-cut to align parallel to the edge on the opposite end.

The test sample should be initially free from any folds, wrinkles or blemishes. The portion of the test sample where the folding action takes place should not contain any watermark traces.

Take care not to handle with bare hands any part of the test piece that is exposed between the clamps.

#### 6.1.2 Initial optical and electrical performance measurement

Before applying the flexibility folding test, the optical attenuation and electrical performances of the test samples shall be measured both for no-bended and bended conditions. Optical performance shall be measured according to IEC 62496-2-1. Electrical performance shall be measured by LCR meter.

#### 6.1.3 Setting the test sample

Since the test sample of the optical fibre-types has a protruded structure, both the optical fibre and electric cable shall be connected to the test sample (see Figure 3).

The procedure for connecting the test sample to the flexibility test system is as follows:

- a) Connect the optic fibres to the protruded fibres of the test sample
- b) Make the optic fibre and electric wire connections between the test sample and an O-E signal control source
- c) Mount the test sample to a folding jig in flexibility test system

The flexibility folding conditions for the test samples shall be as follows:

- A set of 100, 500, 1 000, 5 000 and 10 000 folding cycles is used as the basis point for finding an appearance of breakage and/or crack of the test samples
- Folding radius  $r$ : 1,0 mm to 10,0 mm
- Pulling force: 5 N to 15 N
- Folding speed: 30 cycles/min to 175 cycles/min
- Folding angle:  $135^\circ \pm 5^\circ$

A general guideline for the flexibility folding jig setting conditions of the FOECB test samples is described in Annex C.

Record the pulling force, thickness and the width (cross-section) of the test sample and the bending angle. If required, the temperature chamber of controllable from  $-40^\circ\text{C}$  to  $+100^\circ\text{C}$  should be prepared. The test ambient temperature should be decided between users and manufacturers.

#### 6.1.4 Flexibility measurement

Appearance of any breakage and/or crack of the test sample during the folding test process should be monitored through the monitor panel of the flexibility tester main controller. The folding test shall be repeated with the flexibility folding jigs of a series of different radii (see Figure 3) by replacing one by one. The flexibility folding test should be started with the jig of a large folding radius  $r$  value (10,0 mm) at the beginning, and repeated by replacing it with another jig of gradually reduced folding radius  $r$  until any breakage and/or crack of the test sample starts to appear during the folding process. Once any damage appears during the folding process, then the folding radius  $r$  of the jig shall be regarded as a critical point value for the folding limit of the test sample.

Any damage and delamination during the folding test cannot be observed during real-time monitoring, so appeared damage cannot be used as a termination criteria. Therefore, the damage and delamination appearance test during the folding test process also shall be regarded as the termination criteria.

#### 6.1.5 Final optical and electrical performance measurement

After the final folding test, the test sample should be kept in the standard atmospheric condition defined in IEC 60068-1 during more than or equal to 2 hours. Then, measure the optical attenuation and electrical performance of the test sample in the same conditions as ones used for the same measurement before the folding test. Calculate the deviation of the measured optical attenuation and electrical resistance values between before and after the folding test.

#### 6.1.6 Mechanical performance measurement

After the final optical and electrical characteristic measurement, inspect the test samples for any peeling and buckling of the circuit layer. If required, optical fibres dimensions, optical fibres pitch (relative core locations), the peeling strength should be measured.

### 6.2 For test samples of the planar optical waveguide-types

#### 6.2.1 Preparing test samples

Prepare a number of the test samples having the same physical conditions in the same fabrication processes.

The number of the test samples should be at least 18, including 3 test samples per jig for 6 different test jigs with folding radii of 1,0 mm, 2,0 mm, 3,0 mm, 4,0 mm, 5,0 mm and 10,0 mm.

The test sample should be 2,5 mm to 50 mm wide with a sufficient length (over 100 mm length) to be suitable for the test instrument being used. Edges of the test samples should be clean-cut to align parallel to the edge on the opposite end.

The test sample should be initially free from any folds, wrinkles or blemishes. The portion of the test sample where the folding action takes place should not contain any watermark traces.

Take care not to handle with bare hands any part of the test piece that is exposed between the clamps.

#### 6.2.2 Initial optical and electrical performance measurement

Before applying the flexibility folding test, the optical performance (attenuation and crosstalk) and electric performance of the test samples shall be measured both for no-bended and bended conditions.

Optic performance should be measured according to IEC 62496-2-1. Electrical performance shall be measured by LCR meter.

### 6.2.3 Setting the test sample

Since the test sample of the planar waveguide-types has a non-protruded structure, only the electric cable should be connected to the test sample (see Figure B.1).

The procedure for connecting the test sample to the flexibility test system is as follows:

- a) Mount the test sample to a folding jig in flexibility test system
- b) Make the electric wire connections between the test sample and a main controller

Take care of the test sample not to cause any damage during the mounting process.

The flexibility folding conditions for the test sample are as follows:

- A set of 100, 500, 5 000, and 10 000 folding cycles is used as the basis point for finding an appearance of breakage and/or crack of the test sample
- Folding radius  $r$ : 1,0 mm to 10,0 mm
- Pulling force: 5 N to 15 N
- Folding speed: 90 cycles/min to 175 cycles/min
- Folding angle:  $135^\circ \pm 5^\circ$

Record the pulling force, thickness and the width (cross-section) of the test sample and the bending angle. If required, the temperature chamber of controllable from  $-40^\circ\text{C}$  to  $+100^\circ\text{C}$  should be prepared. The test ambient temperature should be decided between users and manufacturers.

### 6.2.4 Flexibility measurement

Appearance of any breakage and/or crack of electric circuits inside the test sample during the folding test process should be monitored through the monitor panel of the flexibility tester main controller. The folding test shall be repeated with the flexibility folding jigs of a series of different radii (see Figure 3) by replacing one by one. The flexibility folding test should be started with the jig of a large folding radius  $r$  value (10,0 mm) at the beginning, and repeated by replacing it with another jig of gradually reduced folding radius  $r$  until any breakage and/or crack of the test sample starts to appear during the folding process. Once any damage appears during the folding process, then the folding radius  $r$  of the jig shall be regarded as a critical point value for the folding limit of the test sample.

After the end of the flexibility folding test, whether the optical circuit in the test sample is damaged or not, should be determined through evaluation of separate optical performance.

Any damage and delamination during the folding test cannot be observed during real-time monitoring, so appeared damage cannot be used as a termination criteria. Therefore, the damage and delamination appearance test during the folding test process also shall be regarded as the termination criteria.

### 6.2.5 Final optical and electrical performance measurement

After the folding test, the test sample should be kept in the standard atmospheric condition (defined in IEC 60068-1) more than or equal to 2 hours. Measure the optical performance (attenuation and crosstalk) and electrical performance same as the measurement condition before the folding test. Calculate the deviation of optical performance (attenuation and crosstalk)/electrical resistance values between before and after the folding test.

### 6.2.6 Mechanical characteristic measurement

After the final optical and electrical characteristic test, inspect the test samples for any peeling and buckling of the circuit layers. If required in the relevant document, optical core dimensions, optical core pitch (relative core locations), and peeling strength should be measured.

## 7 Report

In cases where the specification of the present flexibility measurement shall be included in the report, the following shall be explained in detail:

- a) model number of the test sample
- b) manufacturer information of the test sample
- c) material type of the test sample
- d) layer structure of the test sample
- e) test sample size:  $W$  (Width)  $\times$   $L$  (Length)  $\times$   $T$  (Thickness) (mm)
- f) test sample type: optical fibre-types (single-mode or multimode) or planar optical waveguide-types (single-mode or multimode)
- g) type of light source, its launching condition
- h) type of optical detector and its response frequency
- i) ambient temperature and humidity conditions
- j) flexibility folding test conditions (folding radius, pulling force, folding cycle, folding angle)
- k) optical performance (attenuation and crosstalk) and electric performance (resistance values) before and after folding test
- l) average limit of flexibility (folding cycle number at folding radius) should be reported at least with three specimens

## **Annex A** (informative)

### **Detail requirement for structure of FOECB test samples of optical fibre-types**

Test samples of optical fibre-types can be broken suddenly during the flexibility folding test. In particular, optical circuits composed of glass fibres are relatively rigid compared to those with polymer fibres, and can be easily broken in repeated folding processes. Accordingly, optical attenuation values and electrical resistance values of test samples of optical fibre-types should be monitored in real-time to confirm the presence of breakage during the flexibility folding test. Accordingly, one side of test samples of optical fibre-types should be formed with a protruding optical fibre, and the opposite side thereof should be formed with a non-protruding structure. When the test sample is mounted on the flexibility test system, a portion of the test sample is clamped on the folding jig of the flexibility test system and is subject to shaking and folding continuously. If an optic and electrical connection is made to the shaking part of the test sample, the flexibility folding test can be interrupted due to an unsafe connection of the test sample. Therefore, the test sample should be designed so that no optical (and/or electrical) signal input/output ports are positioned on the shaking and folding area.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62496-2-5:2022

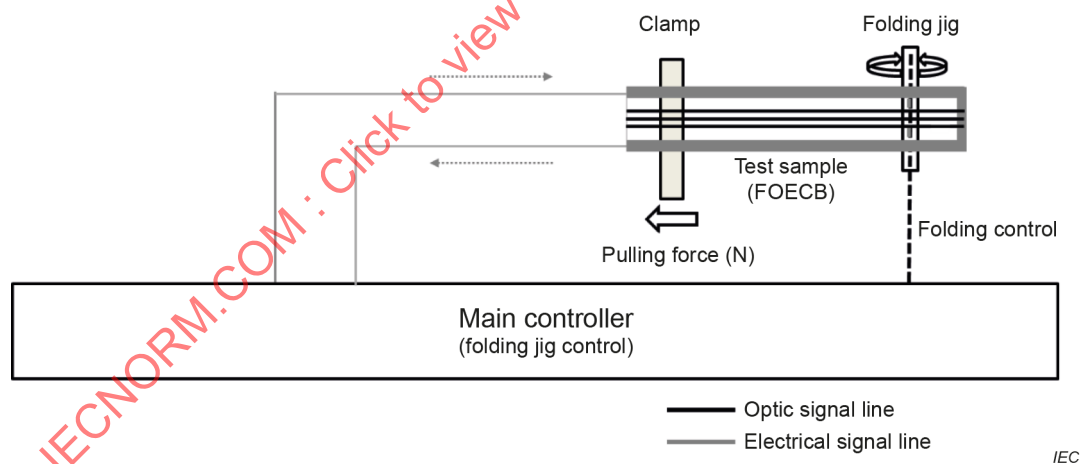
## Annex B (informative)

### Requirement for structure of FOECB test samples of planar optical waveguide-types

Test sample of planar optical waveguide-types shall have a non-pigtailed shape, and for crosstalk testing, the number of optical circuit lines should be at least three, and each of these should be configured to be located close to each other see Figure 6).

Since planar optical waveguides cannot form pigtailed structures like optical fibres, both sides of the test samples of planar optical waveguide-types shall be formed without a protruding structure. Therefore, test samples of planar optical waveguide-types cannot be monitored in real-time to confirm the presence of breakage during the flexibility folding test (see Figure B.1).

Since the optical waveguide circuits can be composed in various forms depending on the application, the test samples of planar optical waveguide-types are subject to the crosstalk measurement between the optical waveguides. The test samples for the crosstalk measurement should be configured with at least three optical waveguides in close proximity to one another. In test samples of the optical fibre-types, the crosstalk phenomenon does not occur because the distance between adjacent optical fibres is at least 250  $\mu\text{m}$ . Therefore, any test sample of the optical fibre-types may not be required for the crosstalk test. However, test samples of planar optical waveguide-types formed with the etching process have no limitation on the distance between the adjacent optical waveguides, and when the distance between the two adjacent optical waveguides is 20  $\mu\text{m}$  to 30  $\mu\text{m}$  or less, a serious crosstalk problem can arise. The crosstalk test method for FOECB test samples of planar optical waveguide-types shall follow the IEC 62496-2-1.



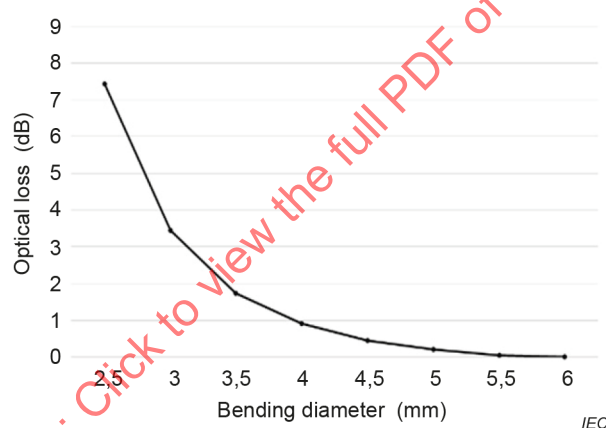
**Figure B.1 – Schematic diagram of the flexibility test system for planar waveguide optical circuits**

In the case that the test sample for planar waveguide optical circuits uses optical fibres with connector to coupling with the optical waveguide, a flexibility test of the test samples can be possible with real-time monitoring.

## Annex C (informative)

### Guideline for flexibility folding jig setting conditions of FOECB test samples

The flexibility folding jig setting conditions can be partially changed depending on the thickness of the test sample, the core and clad sizes of the optical materials used for its optical circuits, and the radius of the flexibility folding jig. A thin test sample may not be suitable for the flexibility folding jig with a small folding radius of curvature. For example, a 0,2 mm-thick test sample composed of a multimode optical fibres (core 62,5  $\mu\text{m}$  / clad 125  $\mu\text{m}$ ) may not be suitable for the flexibility folding test with folding jigs of 1 mm radius or less. For sharp bending curvatures of 1-mm radius or less, a significant optical loss appears at the bent portion of the folding jig, so that the optical signal transmission to the receiver side may fail. This condition corresponds to the situation that the optical circuit parts are broken at the bent portion of the test sample. A plot of the measured optical loss of the FOECB versus the bending radius is shown in Figure C.1. The bending loss of the test sample increases above tens of dB for bending curvatures of less than 1 mm radii. The measured results show that thin samples with a thickness of 2 mm or thinner start to fail during the folding test when the folding angle is increased above  $\pm 90^\circ$ . Thus, the flexibility folding test for thin samples should be set at a condition having a minimum radius of the folding jig of 2 mm, and/or following the folding angle to smaller than  $\pm 90^\circ$ .



**Figure C.1 – An example of measurement result of optical loss versus bending diameter**

The test samples should be fixed to the flexibility folding jig with an adhesive tape to prevent them from slipping off the sample holder during the cyclic folding test. Adhesive tape is placed at both sides of the test sample between the inner faces of the facing jigs. It should be very thin and adequately cover the jig faces to avoid any situation that may alter the bending curvature. The adhesive tape attachment should be strong enough to endure a flexibility test of 100 000 cycles.

Thermal heating on the sample in the test area, which may be caused either by the folding actions performed on the sample or by the heat transferred from the instrument motor via the jaws, can lead to focused embrittlement of the sample test strip and thus result in a low folding endurance performance. This thermal problem can be minimized by thermally insulating or isolating the drive motor from the remainders of the apparatus and by having adequate ventilation to prevent any heat transfer to the area surrounding the folding head (ISO 5626).

## Bibliography

IEC 60793-2-10, *Optical fibres – Part 2-10: Product specifications – Sectional specification for category A1 multimode fibres*

IEC 60793-2-20, *Optical fibres – Part 2-20: Product specifications – Sectional specification for category A2 multimode fibres*

IPC-TM-650-2.4.3.1, *Flexural fatigue and ductility, flexible printed wiring*

JPCA-PE02-05-01S: 2008, 6.1.2, *Flex test*

---

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62496-2-5:2022

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62496-2-5:2022

## SOMMAIRE

|                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS .....                                                                                                                              | 24 |
| 1 Domaine d'application .....                                                                                                                   | 26 |
| 2 Références normatives .....                                                                                                                   | 26 |
| 3 Termes et définitions .....                                                                                                                   | 26 |
| 4 Appareillage .....                                                                                                                            | 27 |
| 4.1 Description générale .....                                                                                                                  | 27 |
| 4.2 Appareil de contrôle pour l'essai de la flexibilité des FOECB.....                                                                          | 28 |
| 4.2.1 Échantillon d'essai de FOECB de type à fibres optiques .....                                                                              | 28 |
| 4.2.2 Échantillon d'essai de FOECB de type circuit à guide d'ondes optique plan .....                                                           | 28 |
| 4.3 Source de régulation de signal O-E.....                                                                                                     | 29 |
| 4.4 Source laser .....                                                                                                                          | 29 |
| 4.5 Photodétecteur .....                                                                                                                        | 29 |
| 4.6 Gabarit de pliage .....                                                                                                                     | 29 |
| 4.7 Relais de commutation.....                                                                                                                  | 30 |
| 4.8 Contrôleur principal.....                                                                                                                   | 30 |
| 5 Échantillon d'essai.....                                                                                                                      | 30 |
| 5.1 Échantillons d'essai de FOECB de type à fibres optiques.....                                                                                | 30 |
| 5.2 Échantillons d'essai de FOECB de type à guides d'ondes optiques plans.....                                                                  | 32 |
| 6 Procédures.....                                                                                                                               | 33 |
| 6.1 Pour les échantillons d'essai de type à fibres optiques.....                                                                                | 33 |
| 6.1.1 Préparation des échantillons d'essai.....                                                                                                 | 33 |
| 6.1.2 Mesure initiale des performances optiques et électriques .....                                                                            | 34 |
| 6.1.3 Mise en place de l'échantillon d'essai .....                                                                                              | 34 |
| 6.1.4 Mesurage de la flexibilité .....                                                                                                          | 34 |
| 6.1.5 Mesure finale des performances optiques et électriques .....                                                                              | 35 |
| 6.1.6 Mesure des performances mécaniques .....                                                                                                  | 35 |
| 6.2 Pour les échantillons d'essai de type à guides d'ondes optiques plans.....                                                                  | 35 |
| 6.2.1 Préparation des échantillons d'essai.....                                                                                                 | 35 |
| 6.2.2 Mesure initiale des performances optiques et électriques .....                                                                            | 35 |
| 6.2.3 Mise en place de l'échantillon d'essai .....                                                                                              | 36 |
| 6.2.4 Mesurage de la flexibilité .....                                                                                                          | 36 |
| 6.2.5 Mesure finale des performances optiques et électriques .....                                                                              | 36 |
| 6.2.6 Mesure des caractéristiques mécaniques .....                                                                                              | 37 |
| 7 Rapport .....                                                                                                                                 | 37 |
| Annexe A (informative) Exigence détaillée concernant la structure des échantillons d'essai de FOECB de type à fibres optiques .....             | 38 |
| Annexe B (informative) Exigence détaillée concernant la structure des échantillons d'essai de FOECB de type à guides d'ondes optique plan ..... | 39 |
| Annexe C (informative) Guide pour les conditions de réglage du gabarit de pliage de flexibilité des échantillons d'essai de FOECB .....         | 40 |
| Bibliographie.....                                                                                                                              | 41 |
| Figure 1 – Représentation schématique d'un circuit optoélectrique souple (vue de dessus).....                                                   | 27 |
| Figure 2 – Vue d'ensemble du gabarit de pliage.....                                                                                             | 28 |

|                                                                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 3 – Représentation schématique du système d'essai de flexibilité pour circuits à fibres optiques .....                                                      | 28 |
| Figure 4 – Représentation schématique du système d'essai de flexibilité pour circuits optiques à guide d'ondes plan.....                                           | 29 |
| Figure 5 – Gabarits de pliage de flexibilité (avec de la gauche vers la droite des rayons de pliage $r$ de 1,0 mm, 2,0 mm, 3,0 mm, 4,0 mm, 5,0 mm et 10,0 mm)..... | 30 |
| Figure 6 – Représentation schématique des échantillons d'essai de FOECB de type à fibres optiques .....                                                            | 32 |
| Figure 7 – Représentation schématique des échantillons d'essai de FOECB de type à guide d'ondes optique plan .....                                                 | 33 |
| Figure B.1 – Représentation schématique du système d'essai de flexibilité pour circuits optiques à guide d'ondes plan .....                                        | 39 |
| Figure C.1 – Exemple de résultat de mesure de l'affaiblissement optique en fonction du diamètre de courbure .....                                                  | 40 |

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62496-2-5:2022

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CARTES A CIRCUITS OPTIQUES – PROCÉDURES  
FONDAMENTALES D'ESSAIS ET DE MESURES –****Partie 2-5: Essai de flexibilité pour  
les circuits optoélectroniques souples****AVANT-PROPOS**

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

L'IEC 62496-2-5 a été établie par le comité d'études 86 de l'IEC: Fibres optiques. Il s'agit d'une Norme internationale.

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

| Projet      | Rapport de vote |
|-------------|-----------------|
| 86/605/FDIS | 86/609/RVD      |

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

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62496, publiées sous le titre général *Cartes à circuits optiques*, se trouve sur le site web de l'IEC.

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

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

**IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62496-2-5:2022

## CARTES A CIRCUITS OPTIQUES – PROCÉDURES FONDAMENTALES D'ESSAIS ET DE MESURES –

### Partie 2-5: Essai de flexibilité pour les circuits optoélectriques souples

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62496-2 définit une méthode d'essai pour l'examen de la flexibilité au pliage des circuits optoélectriques souples au moyen d'un appareil de contrôle de la flexibilité, et fournit un guide qui présente une méthode d'essai sous contrainte échelonnée destinée à déterminer les rayons de pliage mécanique minimaux prédéterminés en deçà desquels les circuits optoélectriques souples peuvent être endommagés par la distorsion induite par un pliage intentionnel. Des échantillons d'essai sont utilisés ici à la place des produits pour l'essai de flexibilité de leurs circuits optoélectriques souples, et ces échantillons d'essai sont constitués du même matériau, ont la même structure de couches et utilisent la même technologie et les mêmes équipements de traitement que les produits eux-mêmes.

#### 2 Références normatives

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

IEC 60068-1, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et lignes directrices*

IEC 60793-2 (toutes les parties), *Fibres optiques – Partie 2: Spécifications de produits*

IEC 62496-2-1, *Cartes à circuits optiques – Partie 2-1: Mesures – Affaiblissement et isolation optiques*

ISO 5626:1993, *Papier – Détermination de la résistance au pliage*

#### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 62496-1 ainsi que les suivants s'appliquent.

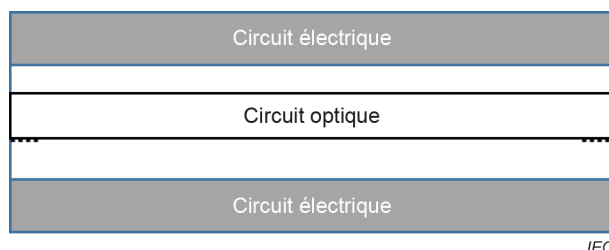
L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

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

##### 3.1

##### **circuit optoélectrique souple**

carte de circuit souple constituée à la fois de circuits optiques et électriques qui sont intégrés dans une feuille souple



**Figure 1 – Représentation schématique d'un circuit optoélectrique souple (vue de dessus)**

Note 1 à l'article: La Figure 1 représente un exemple en vue de dessus d'un circuit optoélectrique souple.

Note 2 à l'article: Il existe deux types de circuit optoélectrique souple: les types à fibres optiques et les types à guides d'ondes optiques plans.

[SOURCE: ISO 5626:1993, Article 1]

### 3.2

#### **appareil de contrôle de la flexibilité**

instrument pour l'essai de résistance au pliage des feuilles souples avec têtes de pliage interchangeables, autorisant une plage d'épaisseurs allant jusqu'à 1,25 mm

Note 1 à l'article: Généralement, cet appareil de contrôle est désigné sous le terme "appareil MIT de contrôle de la résistance au pliage".

## 4 Appareillage

### 4.1 Description générale

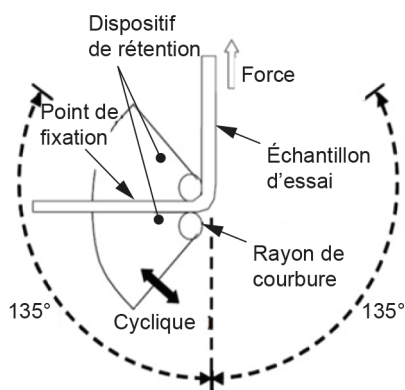
Le système utilisé pour l'essai de flexibilité des circuits optoélectriques souples (désignés ci-après "FOECB") doit être utilisé pour déterminer les rayons de pliage minimaux des circuits optiques et des circuits électriques des FOECB, avant qu'un quelconque dommage fonctionnel ne se produise. Il existe une méthode de pliage qui est utilisée pour les essais de flexibilité au pliage des seuls circuits électriques. Cependant, dans le présent document, elle doit être utilisée pour l'essai de la flexibilité au pliage à la fois des circuits optiques et des circuits électriques.

Comme il convient que l'échantillon d'essai pour le type de circuit à fibres optiques soit connecté au système d'essai de flexibilité par l'intermédiaire d'une fibre optique, il est possible d'envisager une surveillance en temps réel. Par conséquent, l'appareil de contrôle de la flexibilité doit être configuré avec un système de surveillance en temps réel qui utilise un dispositif à signal laser, afin de connaître avec exactitude le temps de rupture des fibres optiques.

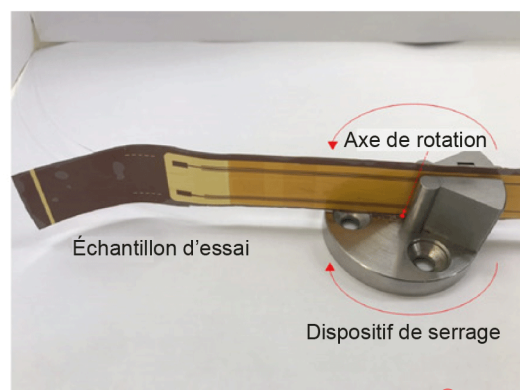
Généralement, les échantillons d'essai pour les circuits optiques à guides d'ondes plans sont difficiles à mesurer par une surveillance en temps réel car la connexion à un dispositif d'essai de la flexibilité au moyen d'une fibre optique n'est pas facile à réaliser. Il convient par conséquent de réaliser l'essai sur l'échantillon en connectant uniquement les circuits électriques, comme dans la méthode de pliage existante. Il convient de mesurer indépendamment le temps de défaillance de l'échantillon d'essai, en utilisant une lumière visible sur les circuits à guide d'ondes plan.

Par contre, lorsque l'échantillon d'essai pour les circuits optiques à guide d'ondes plan doit utiliser des fibres optiques avec le connecteur pour le couplage avec le guide d'ondes optique, l'essai de flexibilité des échantillons d'essai est possible avec la surveillance en temps réel.

Il convient en outre de procéder aux mesures de ces essais lors du remplacement du dispositif de rétention. L'échantillon d'essai doit être bridé par le gabarit de pliage à l'intérieur du contrôleur principal, comme cela est représenté à la Figure 2.



IEC



IEC

a) Schéma de la photographie du gabarit de pliage

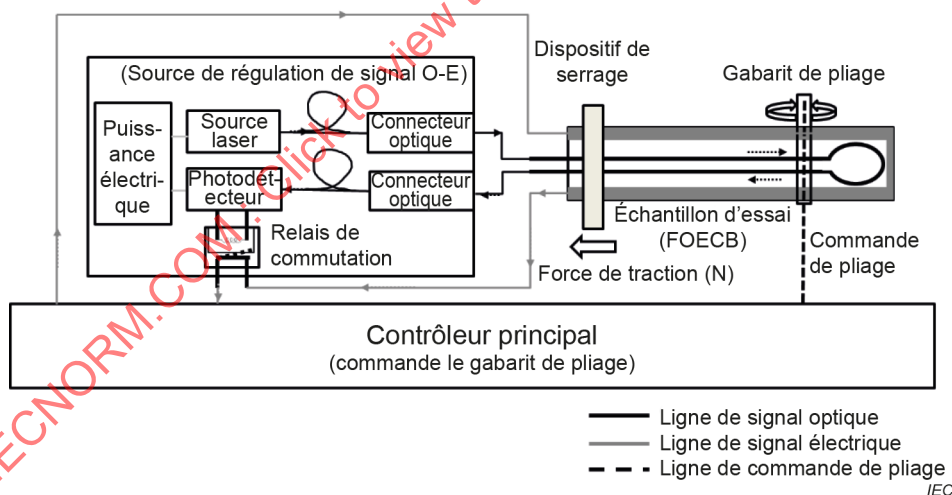
b) Photographie d'un gabarit de pliage et d'un échantillon d'essai

Figure 2 – Vue d'ensemble du gabarit de pliage

## 4.2 Appareil de contrôle pour l'essai de la flexibilité des FOECB

### 4.2.1 Échantillon d'essai de FOECB de type à fibres optiques

Il convient de configurer le système d'essai de flexibilité pour les circuits à fibres optiques de sorte qu'il interrompe le mouvement de pliage de l'échantillon d'essai si de quelconques dommages commencent à être constatés sur ses sections optiques et électriques. Le système d'essai de flexibilité doit par conséquent être composé d'une source de régulation de signal optique-électrique, (ci-après dénommée "source de régulation de signal O-E"), d'un échantillon d'essai et d'un contrôleur principal, comme cela est représenté à la Figure 3.

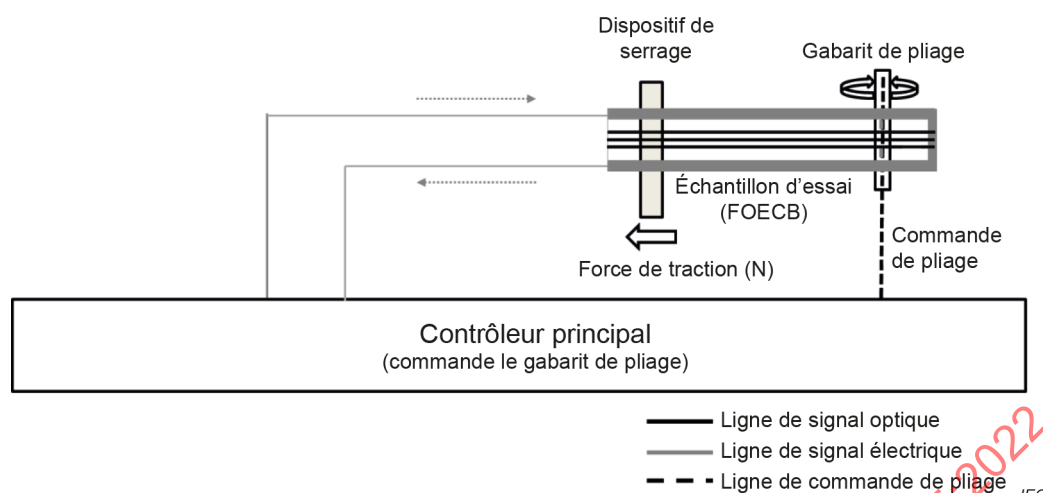


IEC

Figure 3 – Représentation schématique du système d'essai de flexibilité pour circuits à fibres optiques

### 4.2.2 Échantillon d'essai de FOECB de type circuit à guide d'ondes optique plan

Le système d'essai de flexibilité pour les circuits optiques à guide d'ondes plan doit reprendre la même construction que celle de la méthode d'essai de flexibilité au pliage pour les circuits électriques existants, comme cela est représenté à la Figure 4.



**Figure 4 – Représentation schématique du système d'essai de flexibilité pour circuits optiques à guide d'ondes plan**

### 4.3 Source de régulation de signal O-E

Une source de régulation de signal O-E doit être composée d'une source laser, d'un photodétecteur, d'un relais de commutation, d'une source de puissance électrique, de fibres optiques et de connecteurs optiques. La source de régulation de signal O-E fournit un signal optique à l'échantillon d'essai, et permet au photodétecteur de commander le relais de commutation en se basant sur le signal optique détecté pour activer/désactiver le flux de signal électrique (courant) à l'intérieur du système d'essai de flexibilité.

### 4.4 Source laser

La puissance de sortie optique de la source laser doit être suffisamment élevée pour englober la puissance minimale détectée par le détecteur optique et l'affaiblissement (affaiblissement optique) des échantillons. La source laser de la source de régulation de signal O-E envoie un signal optique à l'échantillon d'essai par l'intermédiaire de sa terminaison d'entrée optique, raccordée à la fibre optique en saillie. Il convient de choisir la longueur d'onde et le mode de la source laser en fonction de l'application à utiliser. Il convient que le mode d'injection de la source laser soit approprié à l'application visée par la spécification pertinente de la carte de circuit O-E.

### 4.5 Photodétecteur

La puissance optique minimale détectée par le photodétecteur doit être suffisamment élevée pour détecter la puissance optique après que celle-ci a subi l'affaiblissement dû à l'échantillon d'essai ainsi qu'à la puissance de la source lumineuse. Le photodétecteur détecte le flux de signal optique dans l'échantillon d'essai. La sortie du photodétecteur commande le relais de commutation au sein de la source de régulation de signal O-E. Il convient par conséquent que le courant de sortie du photodétecteur soit supérieur à la tension de fonctionnement minimale du relais de commutation, avec une résistance appropriée à la sortie de courant. Le photodétecteur doit présenter une fréquence de réponse suffisamment élevée pour détecter la variation de puissance optique (écart) qui résulte de la variation d'affaiblissement provoquée par la distorsion induite par le pliage. Il convient que la fréquence de réponse du photodétecteur soit au minimum 10 fois supérieure à la durée de pliage (pour passer de 0° à 90°); à défaut, une fréquence de réponse de l'ordre des kilohertz est nécessaire.

### 4.6 Gabarit de pliage

La taille du gabarit de pliage doit être choisie en fonction des échantillons d'essai. Plusieurs types de gabarits de pliage avec différents rayons de courbure sont exigés, afin de soumettre l'échantillon d'essai à différents essais de courbure. Il convient de préparer des gabarits de

pliage présentant 6 rayons de courbure différents (1,0 mm, 2,0 mm, 3,0 mm, 4,0 mm, 5,0 mm, et 10,0 mm) (voir la Figure 5).



**Figure 5 – Gabarits de pliage de flexibilité (avec de la gauche vers la droite des rayons de pliage  $r$  de 1,0 mm, 2,0 mm, 3,0 mm, 4,0 mm, 5,0 mm et 10,0 mm)**

#### 4.7 Relais de commutation

Le temps de commutation doit correspondre à au moins un dixième de la vitesse de pliage. Le relais de commutation joue un rôle de contrôle direct de l'activation/la désactivation du circuit électrique dans le système d'essai de flexibilité. C'est-à-dire qu'une fois que le photodétecteur détecte le flux de signal optique dans l'échantillon d'essai, le relais de commutation reste à l'état passant. Si le photodétecteur ne détecte pas de flux de signal optique dans l'échantillon d'essai, le relais de commutation passe à l'état bloqué. Le relais de commutation actionne le système d'essai de flexibilité selon la sortie de signal optique détectée au niveau du photodétecteur, qui est subordonnée à l'état physique de l'échantillon d'essai (par exemple, état rompu ou non rompu du circuit optique).

#### 4.8 Contrôleur principal

Le contrôleur principal doit réguler le courant électrique afin d'actionner le gabarit de pliage avec une exactitude suffisante pour l'essai. Le contrôleur principal fournit un courant électrique à l'échantillon d'essai et commande mécaniquement l'action de pliage de celui-ci. Le contrôleur principal peut être composé du contrôleur principal et de l'organe de commande mécanique indépendant qui assure le pliage. Généralement, le contrôleur principal émet lui-même le signal électrique pour effectuer l'opération de pliage mécanique sur l'échantillon d'essai. Le courant électrique type passant par le contrôleur principal est compris entre 1 mA et 10 mA.

### 5 Échantillon d'essai

#### 5.1 Échantillons d'essai de FOECB de type à fibres optiques

Les échantillons d'essai de type à fibres optiques doivent avoir une forme avec fibre amorce (voir la Figure 6). Les fibres optiques utilisées dans les échantillons d'essai peuvent être des fibres unimodales et/ou des fibres multimodales. Selon les applications, des fibres optiques en verre, des fibres optiques polymères et des fibres optiques pour applications spécifiques peuvent être utilisées pour constituer les circuits optiques.

Les circuits optiques doivent être positionnés en position centrale, pour l'ensemble des échantillons d'essai de FOECB. Les circuits électriques doivent être situés à la périphérie du circuit optique selon une structure symétrique. La structure symétrique doit présenter des caractéristiques supérieures de stabilité dimensionnelle, du point de vue de la conception et de la fiabilité des échantillons d'essai de FOECB, comme représenté à la Figure 6.

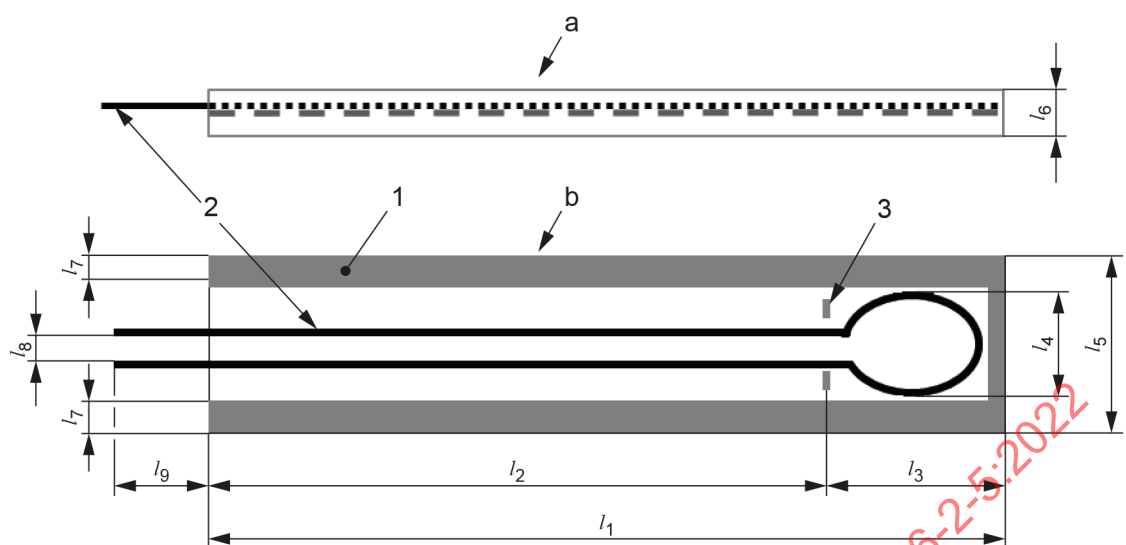
Les échantillons d'essai de type à fibres optiques doivent présenter une structure avec une extrémité en saillie selon la cote  $l_9$ . Une longueur suffisante supérieure à 100 mm doit être conservée sur la longueur en saillie ( $l_9$ ) afin de permettre un raccordement aisé avec les autres fibres (par exemple par épissurage des fibres par fusion). L'autre extrémité des échantillons d'essai doit consister en une zone continue de courbure des fibres selon un diamètre de 6 mm et sans que l'extrémité présente de terminaison, comme représenté à la Figure 6. L'état de

courbure des fibres optiques en verre selon le diamètre de 6 mm doit être maintenu afin de réduire le plus possible leur perte de courbure optique.

Une exigence détaillée concernant la structure des échantillons d'essai de FOECB à fibres optiques est décrite à l'Annex A.

Un repère de position doit être apposé sur l'échantillon d'essai afin de localiser la position de pliage, qui correspond à un dispositif de serrage du système d'essai de flexibilité.

Il convient de valider la taille des échantillons d'essai conformément aux gabarits de pliage de flexibilité (voir 4.6). Comme représenté à la Figure 6, les dimensions nominales de la longueur totale ( $l_1$ ) de l'échantillon d'essai doivent être de 130 mm avec une tolérance de 10 %, et les dimensions nominales de la largeur ( $l_5$ ) de l'échantillon d'essai doivent être comprises entre 2,5 mm et 50 mm avec une tolérance de 10 %. Il est recommandé que la longueur ( $l_2$ ) des échantillons d'essai depuis l'une de leur extrémité jusqu'au repère de position du dispositif de serrage ainsi que la longueur ( $l_3$ ) depuis le repère de position du dispositif de serrage de la zone de courbure jusqu'à l'autre extrémité soient respectivement choisies comme étant de 100 mm et 30 mm, respectivement. Le diamètre de courbure ( $l_4$ ) du circuit optique, l'espacement ( $l_8$ ) entre deux lignes de circuit optique et le nombre de circuits optiques doivent être déterminés conformément aux exigences de l'utilisateur. La largeur de motif ( $l_7$ ) des lignes de circuit électrique doit également être déterminée conformément aux exigences de l'utilisateur. L'épaisseur ( $l_6$ ) des échantillons d'essai de FOECB est particulièrement critique, car elle influe sur le rayon de pliage mécanique minimal  $r$ . L'épaisseur de l'échantillon d'essai doit être comprise entre 150  $\mu\text{m}$  et 500  $\mu\text{m}$  pour les échantillons d'essai de FOECB correspondant aux fibres de verre générales définies dans la série IEC 60793-2, avec gaine de protection en polymère. Il convient que l'épaisseur des échantillons d'essai soit identique à celle des produits. En cas de différences, l'épaisseur des échantillons d'essai doit être déterminée conformément aux exigences de l'utilisateur.



IEC

#### Légende

- 1 circuit électrique
- 2 circuit optique
- 3 repère de position du dispositif de serrage (pliage)
- a vue de côté de l'échantillon d'essai
- b vue de dessus de l'échantillon d'essai

**Figure 6 – Représentation schématique des échantillons d'essai de FOECB de type à fibres optiques**

## 5.2 Echantillons d'essai de FOECB de type à guides d'ondes optiques plans

Les circuits optiques doivent être positionnés en position centrale, pour l'ensemble des échantillons d'essai de FOECB. Les circuits électriques doivent être situés dans une zone périphérique du circuit optique selon une structure symétrique. La structure symétrique doit présenter des caractéristiques supérieures de stabilité dimensionnelle, du point de vue de la conception et de la fiabilité des échantillons d'essai de FOECB, comme représenté à la Figure 7.

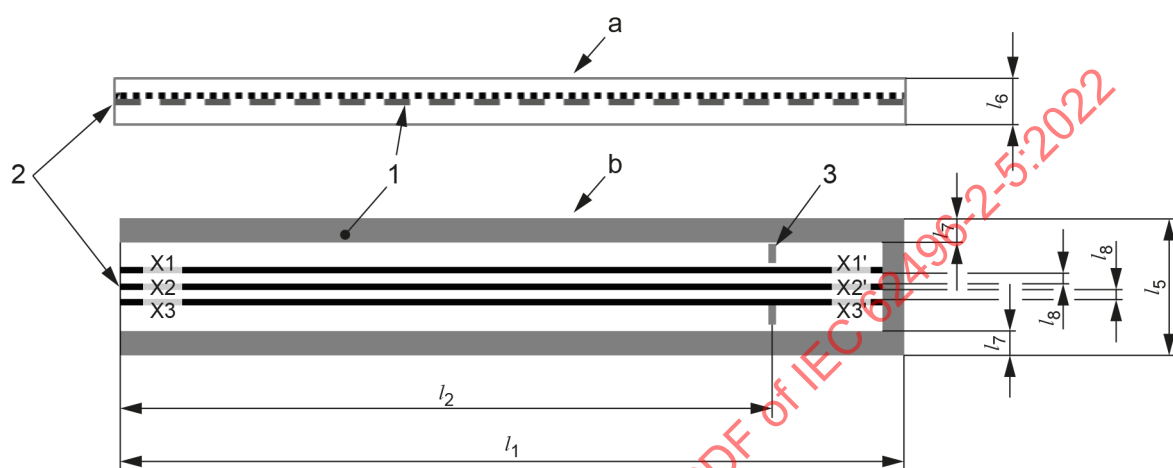
Les échantillons d'essai de type à guide d'ondes optique plan doivent présenter à leurs deux extrémités une structure sans partie en saillie (voir la Figure 7). Le nombre de lignes de circuit optique doit être d'au moins trois pour les essais de diaphonie.

Une exigence concernant la structure des échantillons d'essai de FOECB à guide d'ondes optique plan est décrite à l'Annex B.

Un repère de position doit être apposé sur l'échantillon d'essai afin de localiser la position de pliage avec un dispositif de serrage du système d'essai de flexibilité.

Il convient de valider la taille des échantillons d'essai conformément aux gabarits de pliage de flexibilité (voir 4.6). Comme cela est représenté à la Figure 7, les dimensions nominales de la longueur totale ( $l_1$ ) de l'échantillon d'essai doivent être de 130 mm avec une tolérance de 10 %, et les dimensions nominales de la largeur ( $l_5$ ) de l'échantillon d'essai doivent être comprises entre 2,5 mm et 50 mm avec une tolérance de 10 %. Il est recommandé que la longueur ( $l_2$ ) choisie pour les échantillons d'essai depuis l'une de leurs extrémités jusqu'au repère de position du dispositif de serrage soit de 100 mm. Les circuits optiques doivent être composés de plus de trois guides d'ondes optiques. L'espacement ( $l_8$ ) entre deux guides d'ondes optiques

doit être déterminé conformément aux exigences de l'utilisateur. La largeur de motif ( $l_7$ ) des lignes de circuit électrique doit également être déterminée conformément aux exigences de l'utilisateur. L'épaisseur ( $l_6$ ) de l'échantillon d'essai de FOECB est particulièrement critique, car elle influe sur le rayon de pliage mécanique minimal  $r$ . L'épaisseur des échantillons d'essai doit être comprise entre 50  $\mu\text{m}$  et 1 000  $\mu\text{m}$  pour les échantillons d'essai de FOECB de type à guide d'ondes optique plan. Il convient que l'épaisseur des échantillons d'essai soit identique à celle des produits. En cas de différences, l'épaisseur des échantillons d'essai doit être déterminée conformément aux exigences de l'utilisateur.



IEC

### Légende

- 1 circuit électrique
- 2 circuit optique
- 3 repère de position du dispositif de serrage (pliage)
- a vue de côté de l'échantillon d'essai
- b vue de dessus de l'échantillon d'essai
- X1, X2, X3: port d'entrée du circuit optique
- X1, X2', X3': port de sortie du circuit optique

**Figure 7 – Représentation schématique des échantillons d'essai de FOECB de type à guide d'ondes optique plan**

## 6 Procédures

### 6.1 Pour les échantillons d'essai de type à fibres optiques

#### 6.1.1 Préparation des échantillons d'essai

Préparer selon les mêmes procédés de fabrication un certain nombre d'échantillons d'essai présentant les mêmes conditions physiques.

Il convient que le nombre d'échantillons d'essai soit d'au moins 18, comprenant 3 échantillons d'essai pour chacun des 6 gabarits d'essai différents, de rayons de pliage respectifs 1,0 mm, 2,0 mm, 3,0 mm, 4,0 mm, 5,0 mm et 10,0 mm.

Il convient que l'échantillon d'essai soit d'une largeur comprise entre 2,5 mm et 50 mm, et d'une longueur suffisante (supérieure à 100 mm) pour l'instrument d'essai utilisé. Il convient que la coupe des extrémités des échantillons d'essai soit nette, afin qu'elles s'alignent parallèlement avec celles de l'extrémité opposée.

Il convient que l'échantillon d'essai soit initialement exempt de quelconques plis, ridules ou imperfections. Il convient que la portion de l'échantillon d'essai sur laquelle va être exercée l'action de pliage ne présente pas de marques de filigranes.

Veiller à ne pas manipuler à mains nues une quelconque portion de la pièce d'essai qui est exposée entre les dispositifs de serrage.

### 6.1.2 Mesure initiale des performances optiques et électriques

Avant la réalisation de l'essai de pliage de flexibilité, l'affaiblissement optique et les performances électriques des échantillons d'essai doivent être mesurés à la fois pour la condition avec pliage et pour la condition sans pliage. Les performances optiques doivent être mesurées conformément à l'IEC 62496-2-1. Les performances électriques doivent être mesurées à l'aide d'un pont RLC.

### 6.1.3 Mise en place de l'échantillon d'essai

Comme l'échantillon d'essai de type à fibres optiques présente une structure en saillie, la fibre optique ainsi que le câble électrique doivent être raccordés à l'échantillon d'essai (voir la Figure 3).

La procédure pour raccorder l'échantillon d'essai au système d'essai de flexibilité est la suivante:

- a) connecter les fibres optiques aux fibres en saillie de l'échantillon d'essai;
- b) effectuer les raccordements des fibres optiques et des fils électriques entre l'échantillon d'essai et une source de régulation de signal O-E;
- c) insérer l'échantillon d'essai dans un gabarit de pliage dans le système d'essai de flexibilité.

Les conditions de pliage des échantillons d'essai pour la flexibilité doivent être les suivantes:

- un ensemble de 100 cycles, 500 cycles, 1 000 cycles, 5 000 cycles et 10 000 cycles de pliage est utilisé comme point de départ pour identifier l'apparition d'une rupture et/ou la fissuration des échantillons d'essai;
- rayon de pliage  $r$ : 1,0 mm à 10,0 mm;
- force de traction: 5 N à 15 N;
- vitesse de pliage: 30 cycles/min à 175 cycles/min;
- angle de pliage:  $135^\circ \pm 5^\circ$ .

Un guide général pour les conditions de réglage du gabarit de pliage de flexibilité des échantillons d'essai de FOECB est décrit à l'Annex C.

Consigner la force de traction, l'épaisseur et la largeur (section) de l'échantillon d'essai, ainsi que l'angle de courbure. Si cela est exigé, il convient de préparer l'enceinte climatique avec régulation de la température de  $-40^\circ\text{C}$  à  $+100^\circ\text{C}$ . Il convient que les utilisateurs et fabricants déterminent conjointement la température ambiante d'essai.

### 6.1.4 Mesurage de la flexibilité

Il convient de surveiller l'apparition d'une quelconque rupture et/ou fissure de l'échantillon d'essai pendant le processus d'essai de pliage par l'intermédiaire du tableau de surveillance du contrôleur principal de l'appareil de contrôle de la flexibilité. L'essai de pliage doit être répété avec la série de gabarits de pliage de flexibilité de rayons différents (voir la Figure 3) en les remplaçant un par un. Il convient de démarrer l'essai de pliage avec le gabarit présentant la valeur la plus élevée du rayon de pliage  $r$  (10,0 mm), puis de le répéter en remplaçant ce gabarit par les autres gabarits de rayon de pliage  $r$  progressivement de plus en plus petit, jusqu'à ce qu'une quelconque rupture et/ou fissure commence à apparaître sur l'échantillon d'essai pendant le processus de pliage. Dès qu'un quelconque dommage apparaît lors du processus