



IEC 61757-1-1

Edition 2.0 2020-03
REDLINE VERSION

INTERNATIONAL STANDARD



**Fibre optic sensors –
Part 1-1: Strain measurement – Strain sensors based on fibre Bragg gratings**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

ICS 33.180.99

ISBN 978-2-8322-8092-8

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.

CONTENTS

FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
1 Scope	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	9
4 Symbols	14
5 Structures and characteristics	14
5.1 Fibre Bragg grating (FBG)	16
5.2 FBG strain sensor configuration	19
5.3 Measuring point and installation	20
5.4 Gauge length	20
5.5 Strain and reference strain	20
5.6 Reference wavelength	21
5.7 Stability behaviour	21
5.7.1 Drift and creep	21
5.7.2 Shape stability of the Bragg grating peak	22
5.7.3 Hysteresis	22
5.8 Test specimen	22
5.9 Indication of the measured values	22
5.10 Zero point related measurement	22
5.11 Non-zero point related measurement	23
5.12 Production set	23
5.13 FBG strain sensor standard type	23
5.14 FBG strain sensor series	23
6 Features and characteristics to be reported	23
6.1 Construction details and geometrical dimensions	23
6.2 Configuration of the FBG strain sensor	23
6.3 Temperature and humidity range	23
6.4 Connecting requirement	23
7 Features and characteristics to be measured	24
7.1 Sampling and statistical evaluation	24
7.1.1 Sampling	24
7.1.2 Random sampling	24
7.1.3 Type testing	24
7.1.4 Series testing	24
7.1.5 Individual sample testing	24
7.1.6 Reporting the measuring result	24
7.1.7 Sample conditioning	25
7.1.8 Ambient test conditions	25
7.1.9 Required type of test for individual characteristics	25
7.2 Bragg wavelength λ_B	25
7.2.1 General	25
7.2.2 Measuring procedure	26
7.2.3 Evaluation	26
7.2.4 Reporting	26

7.3	FBG spectral width.....	26
7.3.1	Measuring procedure	26
7.3.2	Evaluation	27
7.3.3	Reporting.....	27
7.4	FBG reflectivity	27
7.4.1	Measuring procedure	27
7.4.2	Evaluation	27
7.4.3	Reporting.....	28
7.5	FBG strain sensitivity	28
7.5.1	General	28
7.5.2	Tensile test set-up	29
7.5.3	Measuring procedure tensile test	29
7.5.4	Evaluation	30
7.5.5	Reporting.....	30
7.6	Gauge factor k	30
7.6.1	General	30
7.6.2	Bending test set-up.....	30
7.6.3	Measurement procedure	33
7.6.4	Evaluation	34
7.6.5	Reporting.....	34
7.7	Maximum strain range at room temperature	34
7.7.1	General	34
7.7.2	Test set-up	35
7.7.3	Measuring procedure	35
7.7.4	Evaluation	35
7.7.5	Reporting.....	36
7.8	Fatigue behaviour	36
7.8.1	Test set-up	36
7.8.2	Measuring procedure	36
7.8.3	Evaluation	37
7.8.4	Reporting.....	37
7.9	Minimum operating radius of curvature	37
7.9.1	Measuring procedure	37
7.9.2	Evaluation	37
7.9.3	Reporting.....	37
7.10	Temperature and humidity ranges	37
7.10.1	General	37
7.10.2	Measuring procedure	38
7.10.3	Evaluation	38
7.10.4	Reporting.....	38
7.11	Other environmental influences.....	38
7.12	Temperature-induced strain response	39
7.12.1	General	39
7.12.2	Test set-up	39
7.12.3	Measuring procedure	40
7.12.4	Evaluation	40
7.12.5	Reporting.....	40
7.13	Proof test and lifetime considerations	40
7.13.1	General	40

7.13.2	Measuring procedure	41
7.13.3	Evaluation	41
7.13.4	Reporting.....	42
8	Recommendations for use of FBG measuring instruments	42
Annex A (normative)	Further properties of FBG strain sensors.....	43
A.1	General.....	43
A.2	Extended explanation of FBG side-lobes for different conditions of use.....	43
Annex B (informative)	Blank detail specification	48
B.1	General.....	48
B.2	Mechanical setup of the FBG strain sensor	48
B.3	Operational characteristics of the FBG strain sensor.....	48
B.4	Limiting parameters of the FBG strain sensor.....	49
B.5	Temperature data of the FBG strain sensor.....	49
B.6	Further information of the FBG strain sensor given upon request	49
B.7	Key performance data of the FBG measuring instrument.....	49
Annex C (informative)	Polarization effects	51
Annex D (informative)	Applied FBG strain sensors.....	52
D.1	General.....	52
D.2	Recommended bonding process	52
Bibliography	53
Figure 1	– Characteristics of the Bragg grating reflectance spectrum.....	11
Figure 2	– Operation principle of a fibre Bragg grating in an optical waveguide	17
Figure 3	– Example of a reflection spectrum of a fibre Bragg grating array.....	18
Figure 4	– Gauge length between two attachment points	20
Figure 5	– Reflection spectrum of a FBG (calculated (left) and measured spectrum (right))	26
Figure 6	– Determination of R_{FBG} from the FBG reflection spectrum (left, Equation (9)) and transmission spectrum (right, Equation (10))	28
Figure 7	– Example set-up of a tensile test facility	29
Figure 8	– Test layout for the 4-point bending test with scheme of lateral force and bending moment curves	31
Figure 9	– Determination of the strain via displacement measurement	32
Figure 10	– Whole-surface applied sensor on a bended flexural beam.....	33
Figure 11	– Test specimen with applied FBG strain sensor	36
Figure A.1	– Side-lobes in the case of a single FBG strain sensor	44
Figure A.2	– Fundamental peaks and detected side-lobe peaks in the case of serially multiplexed FBGs	45
Figure A.3	– Spectral peaks in the case of serially multiplexed FBGs.....	45
Figure A.4	– Parameters to identify fundamental peaks and side-lobes	46
Figure A.5	– Identification of fundamental peaks and side-lobes	47
Table 1	– Required type of test for individual characteristics.....	25

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIBRE OPTIC SENSORS –**Part 1-1: Strain measurement –
Strain sensors based on fibre Bragg gratings****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.

This redline version of the official IEC Standard allows the user to identify the changes made to the previous edition. A vertical bar appears in the margin wherever a change has been made. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text.

International Standard IEC 61757-1-1 has been prepared by subcommittee SC 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 2016. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) update of cited standards;
- b) clarification of definitions and test specifications.

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

FDIS	Report on voting
86C/1642/FDIS	86C/1650/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 61757 series, published under the general title *Fibre optic sensors*, 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 "<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.

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

INTRODUCTION

~~It has been decided to restructure the IEC 61757 series, with the following logic. From now on, the sub-parts will be renumbered as IEC 61757- $M-T$, where M denotes the measure and T , the technology.~~

~~The existing part IEC 61757-1:2012 will be renumbered as IEC 61757 when it will be revised as edition 2.0 and will serve as an umbrella document over the entire series.~~

The IEC 61757 series is published with the following logic: the sub-parts are numbered as IEC 61757- $M-T$, where M denotes the measure and T , the technology.

FIBRE OPTIC SENSORS –

Part 1-1: Strain measurement – Strain sensors based on fibre Bragg gratings

1 Scope

This part of IEC 61757 defines detail specifications for fibre optic sensors using one or more fibre Bragg gratings (FBG) as the sensitive element for strain measurements. Generic specifications for fibre optic sensors are defined in IEC 61757-1:2012.

This document specifies the most important features and characteristics of a fibre optic sensor for strain measurements, based on use of an FBG as the sensitive element, and defines the procedures for their determination. Furthermore, it specifies basic performance parameters and characteristics of the corresponding measuring instrument to read out the optical signal from the FBG. This document refers to the measurement of static and dynamic strain values in a range of frequencies.

A blank detail specification is provided in Annex B.

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 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at www.electropedia.org)

IEC 60068-2 (all parts), *Environmental testing – Part 2: Tests*

IEC 60793-2, *Optical fibres – Part 2: Product specifications – General*

IEC 60793-2-50, *Optical fibres – Part 2-50: Product specifications – Sectional specification for class B single-mode fibres*

~~IEC 60874-1, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Connectors for optical fibres and cables – Part 1: Generic specification*~~

IEC 61300-2 (all parts), *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2: Tests*

IEC 61754 (all parts), *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Fibre optic connector interfaces*

~~IEC 61757-1:2012, *Fibre optic sensors – Part 1: Generic specification*~~

IEC 61757, *Fibre optic sensors – Generic specification*

IEC TR 61931, *Fibre optic – Terminology*

IEC 62129-1, *Calibration of wavelength/optical frequency measurement instruments – Part 1: Optical spectrum analyzers*

IEC 62129-2, *Calibration of wavelength/optical frequency measurement instruments – Part 2: Michelson interferometer single wavelength meters*

IEC ~~TS~~ 62129-3, *Calibration of wavelength/optical frequency measurement instruments – Part 3: Optical frequency meters ~~using optical frequency combs~~ internally referenced to a frequency comb*

ISO/IEC Guide 99, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)*

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Fibre optic sensors –
Part 1-1: Strain measurement – Strain sensors based on fibre Bragg gratings**

**Capteurs fibroniques –
Partie 1-1: Mesure de déformation – Capteurs de déformation basés
sur des réseaux de Bragg à fibres**

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	9
4 Symbols	14
5 Structures and characteristics.....	16
5.1 Fibre Bragg grating (FBG).....	16
5.2 FBG strain sensor configuration.....	19
5.3 Measuring point and installation.....	19
5.4 Gauge length	20
5.5 Strain and reference strain.....	20
5.6 Reference wavelength	20
5.7 Stability behaviour	21
5.7.1 Drift and creep.....	21
5.7.2 Shape stability of the Bragg grating peak.....	21
5.7.3 Hysteresis	21
5.8 Test specimen	22
5.9 Indication of the measured values.....	22
5.10 Zero point related measurement	22
5.11 Non-zero point related measurement	22
5.12 Production set.....	22
5.13 FBG strain sensor standard type.....	22
5.14 FBG strain sensor series.....	22
6 Features and characteristics to be reported.....	23
6.1 Construction details and geometrical dimensions	23
6.2 Configuration of the FBG strain sensor	23
6.3 Temperature and humidity range.....	23
6.4 Connecting requirement.....	23
7 Features and characteristics to be measured.....	23
7.1 Sampling and statistical evaluation	23
7.1.1 Sampling	23
7.1.2 Random sampling.....	23
7.1.3 Type testing.....	24
7.1.4 Series testing	24
7.1.5 Individual sample testing	24
7.1.6 Reporting the measuring result.....	24
7.1.7 Sample conditioning	24
7.1.8 Ambient test conditions.....	24
7.1.9 Required type of test for individual characteristics	24
7.2 Bragg wavelength λ_B	25
7.2.1 General	25
7.2.2 Measuring procedure	26
7.2.3 Evaluation	26
7.2.4 Reporting.....	26

7.3	FBG spectral width.....	26
7.3.1	Measuring procedure	26
7.3.2	Evaluation	27
7.3.3	Reporting.....	27
7.4	FBG reflectivity	27
7.4.1	Measuring procedure	27
7.4.2	Evaluation	27
7.4.3	Reporting.....	27
7.5	FBG strain sensitivity	28
7.5.1	General	28
7.5.2	Tensile test set-up	28
7.5.3	Measuring procedure tensile test	29
7.5.4	Evaluation	29
7.5.5	Reporting.....	30
7.6	Gauge factor k	30
7.6.1	General	30
7.6.2	Bending test set-up.....	30
7.6.3	Measurement procedure	32
7.6.4	Evaluation	33
7.6.5	Reporting.....	34
7.7	Maximum strain range at room temperature	34
7.7.1	General	34
7.7.2	Test set-up	34
7.7.3	Measuring procedure	34
7.7.4	Evaluation	34
7.7.5	Reporting.....	35
7.8	Fatigue behaviour	35
7.8.1	Test set-up	35
7.8.2	Measuring procedure	35
7.8.3	Evaluation	36
7.8.4	Reporting.....	36
7.9	Minimum operating radius of curvature	36
7.9.1	Measuring procedure	36
7.9.2	Evaluation	36
7.9.3	Reporting.....	36
7.10	Temperature and humidity ranges	37
7.10.1	General	37
7.10.2	Measuring procedure	37
7.10.3	Evaluation	37
7.10.4	Reporting.....	38
7.11	Other environmental influences.....	38
7.12	Temperature-induced strain response	38
7.12.1	General	38
7.12.2	Test set-up	39
7.12.3	Measuring procedure	39
7.12.4	Evaluation	39
7.12.5	Reporting.....	39
7.13	Proof test and lifetime considerations	40
7.13.1	General	40

7.13.2	Measuring procedure	40
7.13.3	Evaluation	41
7.13.4	Reporting.....	41
8	Recommendations for use of FBG measuring instruments	41
Annex A (normative)	Further properties of FBG strain sensors.....	43
A.1	General.....	43
A.2	Extended explanation of FBG side-lobes for different conditions of use.....	43
Annex B (informative)	Blank detail specification	48
B.1	General.....	48
B.2	Mechanical setup of the FBG strain sensor	48
B.3	Operational characteristics of the FBG strain sensor.....	48
B.4	Limiting parameters of the FBG strain sensor.....	49
B.5	Temperature data of the FBG strain sensor.....	49
B.6	Further information of the FBG strain sensor given upon request	49
B.7	Key performance data of the FBG measuring instrument.....	49
Annex C (informative)	Polarization effects	51
Annex D (informative)	Applied FBG strain sensors.....	52
D.1	General.....	52
D.2	Recommended bonding process	52
Bibliography	53
Figure 1	– Characteristics of the Bragg grating reflectance spectrum.....	11
Figure 2	– Operation principle of a fibre Bragg grating in an optical waveguide	17
Figure 3	– Example of a reflection spectrum of a fibre Bragg grating array.....	18
Figure 4	– Gauge length between two attachment points	19
Figure 5	– Reflection spectrum of a FBG (calculated (left) and measured spectrum (right))	25
Figure 6	– Determination of R_{FBG} from the FBG reflection spectrum (left, Equation (9)) and transmission spectrum (right, Equation (10))	27
Figure 7	– Example set-up of a tensile test facility	29
Figure 8	– Test layout for the 4-point bending test with scheme of lateral force and bending moment curves	31
Figure 9	– Determination of the strain via displacement measurement	31
Figure 10	– Whole-surface applied sensor on a bended flexural beam.....	32
Figure 11	– Test specimen with applied FBG strain sensor	36
Figure A.1	– Side-lobes in the case of a single FBG strain sensor	44
Figure A.2	– Fundamental peaks and detected side-lobe peaks in the case of serially multiplexed FBGs	45
Figure A.3	– Spectral peaks in the case of serially multiplexed FBGs.....	45
Figure A.4	– Parameters to identify fundamental peaks and side-lobes	46
Figure A.5	– Identification of fundamental peaks and side-lobes	47
Table 1	– Required type of test for individual characteristics.....	25

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIBRE OPTIC SENSORS –**Part 1-1: Strain measurement –
Strain sensors based on fibre Bragg gratings****FOREWORD**

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

International Standard IEC 61757-1-1 has been prepared by subcommittee SC 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 2016. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) update of cited standards;
- b) clarification of definitions and test specifications.

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

FDIS	Report on voting
86C/1642/FDIS	86C/1650/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 61757 series, published under the general title *Fibre optic sensors*, 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 "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

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

INTRODUCTION

The IEC 61757 series is published with the following logic: the sub-parts are numbered as IEC 61757-*M-T*, where *M* denotes the measure and *T*, the technology.

FIBRE OPTIC SENSORS –

Part 1-1: Strain measurement – Strain sensors based on fibre Bragg gratings

1 Scope

This part of IEC 61757 defines detail specifications for fibre optic sensors using one or more fibre Bragg gratings (FBG) as the sensitive element for strain measurements. Generic specifications for fibre optic sensors are defined in IEC 61757.

This document specifies the most important features and characteristics of a fibre optic sensor for strain measurements, based on use of an FBG as the sensitive element, and defines the procedures for their determination. Furthermore, it specifies basic performance parameters and characteristics of the corresponding measuring instrument to read out the optical signal from the FBG. This document refers to the measurement of static and dynamic strain values in a range of frequencies.

A blank detail specification is provided in Annex B.

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 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at www.electropedia.org)

IEC 60068-2 (all parts), *Environmental testing – Part 2: Tests*

IEC 60793-2, *Optical fibres – Part 2: Product specifications – General*

IEC 60793-2-50, *Optical fibres – Part 2-50: Product specifications – Sectional specification for class B single-mode fibres*

IEC 61300-2 (all parts), *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2: Tests*

IEC 61754 (all parts), *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Fibre optic connector interfaces*

IEC 61757, *Fibre optic sensors – Generic specification*

IEC TR 61931, *Fibre optic – Terminology*

IEC 62129-1, *Calibration of wavelength/optical frequency measurement instruments – Part 1: Optical spectrum analyzers*

IEC 62129-2, *Calibration of wavelength/optical frequency measurement instruments – Part 2: Michelson interferometer single wavelength meters*

IEC 62129-3, *Calibration of wavelength/optical frequency measurement instruments – Part 3: Optical frequency meters internally referenced to a frequency comb*

ISO/IEC Guide 99, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	57
INTRODUCTION	59
1 Domaine d'application	60
2 Références normatives	60
3 Termes et définitions	61
4 Symboles	67
5 Structure et caractéristiques	68
5.1 Réseau de Bragg à fibres (FBG)	68
5.2 Configuration d'un capteur de déformation à FBG	71
5.3 Point de mesure et installation	72
5.4 Longueur de jauge	72
5.5 Déformation et déformation de référence	72
5.6 Longueur d'onde de référence	73
5.7 Comportement de la stabilité.....	73
5.7.1 Dérive et fluage	73
5.7.2 Stabilité de la forme de la valeur de crête du réseau de Bragg	74
5.7.3 Hystérésis	74
5.8 Spécimen d'essai.....	74
5.9 Indication des valeurs mesurées	74
5.10 Mesure en référence au point zéro.....	75
5.11 Mesure sans référence au point zéro	75
5.12 Jeu de production	75
5.13 Type normalisé de capteur de déformation à FBG.....	75
5.14 Séries de capteurs de déformation à FBG	75
6 Caractéristiques à consigner	75
6.1 Détails de construction et dimensions géométriques	75
6.2 Configuration du capteur de déformation à FBG.....	76
6.3 Plages de températures et d'humidité	76
6.4 Exigences de connexion	76
7 Caractéristiques à mesurer.....	76
7.1 Echantillonnage et évaluation statistique	76
7.1.1 Echantillonnage	76
7.1.2 Echantillonnage aléatoire	76
7.1.3 Essais de type	76
7.1.4 Essais de série	77
7.1.5 Essais sur des échantillons individuels	77
7.1.6 Compte-rendu d'un résultat de mesure	77
7.1.7 Conditionnement des échantillons	77
7.1.8 Conditions ambiantes des essais.....	77
7.1.9 Types d'essais exigés pour les caractéristiques individuelles.....	77
7.2 Longueur d'onde de Bragg λ_B	78
7.2.1 Généralités	78
7.2.2 Procédure de mesure	79
7.2.3 Evaluation	79
7.2.4 Rapport	79

7.3	Largeur spectrale d'un FBG	79
7.3.1	Procédure de mesure	79
7.3.2	Evaluation	80
7.3.3	Rapport	80
7.4	Réflexivité d'un FBG	80
7.4.1	Procédure de mesure	80
7.4.2	Evaluation	80
7.4.3	Rapport	81
7.5	Sensibilité aux déformations d'un FBG.....	81
7.5.1	Généralités	81
7.5.2	Montage d'essai de traction	82
7.5.3	Procédure de mesure de l'essai de traction	82
7.5.4	Evaluation	83
7.5.5	Rapport	83
7.6	Facteur de jauge k	83
7.6.1	Généralités	83
7.6.2	Montage d'essai de courbure.....	84
7.6.3	Procédure de mesure	86
7.6.4	Evaluation	87
7.6.5	Rapport	87
7.7	Plage de déformation maximale à température ambiante	87
7.7.1	Généralités	87
7.7.2	Montage d'essai	88
7.7.3	Procédure de mesure	88
7.7.4	Evaluation	88
7.7.5	Rapport	89
7.8	Comportement en fatigue.....	89
7.8.1	Montage d'essai	89
7.8.2	Procédure de mesure	89
7.8.3	Evaluation	90
7.8.4	Rapport	90
7.9	Rayon de courbure de fonctionnement minimal.....	90
7.9.1	Procédure de mesure	90
7.9.2	Evaluation	90
7.9.3	Rapport	90
7.10	Plages de températures et d'humidité	91
7.10.1	Généralités.....	91
7.10.2	Procédure de mesure	91
7.10.3	Evaluation	92
7.10.4	Rapport	92
7.11	Autres influences environnementales.....	92
7.12	Réponse à une déformation provoquée par la température	92
7.12.1	Généralités.....	92
7.12.2	Montage d'essai	93
7.12.3	Procédure de mesure	93
7.12.4	Evaluation	94
7.12.5	Rapport	94
7.13	Essai de sélection et considérations relatives à la durée de vie	94
7.13.1	Généralités.....	94

7.13.2	Procédure de mesure	95
7.13.3	Evaluation	95
7.13.4	Rapport	96
8	Recommandations relatives à l'utilisation des appareils de mesure de FBG.....	96
Annexe A (normative) Propriétés supplémentaires des capteurs de déformation à FBG		98
A.1	Généralités	98
A.2	Explication approfondie des lobes latéraux d'un FBG pour différentes conditions d'utilisation.....	98
Annexe B (informative) Spécification particulière-cadre		103
B.1	Généralités	103
B.2	Installation mécanique du capteur de déformation à FBG.....	103
B.3	Caractéristiques de fonctionnement du capteur de déformation à FBG.....	103
B.4	Paramètres limitatifs du capteur de déformation à FBG.....	104
B.5	Données sur les températures du capteur de déformation à FBG	104
B.6	Informations supplémentaires sur le capteur de déformation à FBG fournies sur demande.....	104
B.7	Principales données de performance de l'appareil de mesure du FBG	104
Annexe C (informative) Effets de la polarisation.....		106
Annexe D (informative) Capteurs de déformation à FBG appliqués		107
D.1	Généralités	107
D.2	Processus de liaison recommandé	107
Bibliographie.....		108
Figure 1 – Caractéristiques du spectre de réflectance d'un réseau de Bragg.....		63
Figure 2 – Principe de fonctionnement d'un réseau de Bragg à fibres dans un guide d'ondes optique		69
Figure 3 – Exemple d'un spectre de réflexion d'une rangée de réseaux de Bragg à fibres		70
Figure 4 – Longueur de jauge entre deux points d'attache		72
Figure 5 – Spectre de réflexion d'un FBG (spectre calculé (à gauche) et spectre mesuré (à droite))		79
Figure 6 – Détermination de R_{FBG} à partir du spectre de réflexion d'un FBG (à gauche, Equation (9)) et du spectre de transmission (à droite, Equation (10)).....		81
Figure 7 – Exemple de montage d'essai de traction		82
Figure 8 – Dispositif d'essai pour l'essai de courbure à quatre points avec un mécanisme de force latérale et courbes de moment de courbure		84
Figure 9 – Détermination de la déformation par une mesure de déplacement.....		85
Figure 10 – Surface entière d'un capteur appliquée sur une poutre de flexion courbée		86
Figure 11 – Spécimen d'essai avec un capteur de déformation à FBG appliqué		90
Figure A.1 – Lobes latéraux dans le cas d'un capteur de déformation à un seul FBG		99
Figure A.2 – Valeurs de crête du fondamental et valeurs de crête détectées dans les lobes latéraux dans le cas de plusieurs FBG multiplexés en série.....		100
Figure A.3 – Valeurs de crête spectrales dans le cas de plusieurs FBG multiplexés en série		100
Figure A.4 – Paramètres pour identifier des valeurs de crête du fondamental et des lobes latéraux		101
Figure A.5 – Identification des valeurs de crête du fondamental et des lobes latéraux		102
Tableau 1 – Types d'essais exigés pour les caractéristiques individuelles		78

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CAPTEURS FIBRONIQUES –

Partie 1-1: Mesure de déformation – Capteurs de déformation basés sur des réseaux de Bragg à fibres

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 averti de leur existence.

La Norme internationale IEC 61757-1-1 a été établie par le sous-comité 86C: Systèmes et dispositifs actifs à fibres optiques, du comité d'études 86 de l'IEC: Fibres optiques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2016 dont elle constitue une révision technique.

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

- a) mise à jour des normes citées;
- b) clarification des définitions et des spécifications d'essais.

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

FDIS	Rapport de vote
86C/1642/FDIS	86C/1650/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61757, publiées sous le titre général *Capteurs fibroniques*, peut être consultée 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 "<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.

INTRODUCTION

La série IEC 61757 est publiée avec la logique suivante: les sous-parties sont numérotées IEC 61757-*M-T*, où *M* représente la grandeur à mesurer et *T* la technologie.

CAPTEURS FIBRONIQUES –

Partie 1-1: Mesure de déformation – Capteurs de déformation basés sur des réseaux de Bragg à fibres

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61757 définit des spécifications particulières pour des capteurs fibroniques utilisant un ou plusieurs réseaux de Bragg à fibres (FBG, *fibre Bragg gratings*) comme élément de détection pour les mesures de déformation. Des spécifications génériques pour les capteurs fibroniques sont définies dans l'IEC 61757.

Le présent document spécifie les caractéristiques les plus importantes d'un capteur fibronique servant à mesurer des déformations en utilisant un FBG comme élément de détection, et il définit les procédures permettant de déterminer ces caractéristiques. Il spécifie également les paramètres et les caractéristiques des performances de base de l'appareil utilisé pour mesurer le signal optique provenant du FBG. Le présent document porte sur la mesure des valeurs de déformations statiques et dynamiques sur une plage de fréquences.

Une spécification particulière-cadre est fournie à l'Annexe B.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Electrotechnique International* (disponible à l'adresse www.electropedia.org)

IEC 60068-2 (toutes les parties), *Essais d'environnement – Partie 2: Essais*

IEC 60793-2, *Fibres optiques – Partie 2: Spécifications de produits – Généralités*

IEC 60793-2-50, *Fibres optiques – Partie 2-50: Spécifications de produits – Spécification intermédiaire pour les fibres unimodales de classe B*

IEC 61300-2 (toutes les parties), *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs fibroniques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures – Partie 2: Essais*

IEC 61754 (toutes les parties), *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs fibroniques – Interfaces de connecteurs à fibres optiques*

IEC 61757, *Capteurs fibroniques – Spécification générique*

IEC TR 61931, *Fibres optiques – Terminologie*

IEC 62129-1, *Étalonnage des appareils de mesure de longueur d'onde/appareil de mesure de la fréquence optique – Partie 1: Analyseurs de spectre optique*

IEC 62129-2, *Étalonnage des appareils de mesure de longueur d'onde/appareil de mesure de la fréquence optique – Partie 2: Appareils de mesure de longueur d'onde unique à interféromètre de Michelson*

IEC 62129-3, *Étalonnage des appareils de mesure de longueur d'onde/appareil de mesure de la fréquence optique – Partie 3: Fréquence mètres optiques faisant référence en interne à un peigne de fréquence*

Guide ISO/IEC 99, *Vocabulaire international de métrologie – Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM)*