IEC 61757-1-1

Edition 2.0 2020-03

REDLINE VERSION

colour inside

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.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission

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.

DISCLAIMER
This Redline version is not an official Standard and is intended to provide the user with an indication of what changes have been made to the previous version. Only the IEC International Standard provided in this package is to be considered the official Standard.

This Redline version provides you with a quick and easy way to compare all the changes between this standard and its 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.

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

~~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)*

IEC 61757-1-1

Edition 2.0 2020-03

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

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



IEC 61757-1-1:2020-03(en-fr)

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 Réflectivité 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: Fréquencemètres 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)*