ICS 17.180.30, 17.200.20

VDI/VDE-RICHTLINIEN

April 2020

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

VERBAND DER
ELEKTROTECHNIK
ELEKTRONIK
INFORMATIONSTECHNIK

Technische Temperaturmessung
Optischer Temperaturfühler basierend auf Faser-Bragg-Gittern
Empfehlungen zur Durchführung von Temperaturmessungen und Angabe der Messunsicherheit

Technical temperature measurement
Optical temperature sensor based on fibre Bragg gratings
Recommendation on temperature measurement and statement of measurement uncertainty

VDI/VDE 2660
Blatt 2 / Part 2

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt Seite

Vorbemerkung ... 3
Einleitung ... 3
1 Anwendungsbereich ... 5
2 Begriffe ... 6
3 Formelzeichen und Abkürzungen ... 13
4 Grundlagen/Kennwerte ... 15
4.1 Faser-Bragg-Gitter (FBG) ... 15
4.2 Abhängigkeit der Bragg-Wellenlänge von der Temperatur ... 19
4.3 Messtechnische Kennwerte ... 20
4.4 Kalibriermethoden ... 26
4.5 Sensitiver Bereich/temperaturempfindliche Länge des Fühlers ... 32
4.6 Beschreibung des statischen und dynamischen Verhaltens ... 32
4.7 Allgemeine Forderungen ... 36
5 Bauartspezifische Merkmale und anzugebende Kenngrößen ... 38
5.1 Konfiguration von FBG-Temperaturfühlern ... 38
5.2 Zugelassener Temperaturbereich ... 40
5.3 Zugelassene Klimabedingungen ... 41
5.4 Installationsbedingungen für die Prüflingsbewertung ... 41
5.5 Wiederkehrende Festlegungen für die Kennwerteprüfung ... 42
5.6 Installation conditions for the test sample evaluation ... 43
6 Bauartspezifische Merkmale und zu messende Kennwerte ... 44
6.1 Bragg-Wellenlänge λ_B ... 44
6.2 Spektrale Breite des FBG-Peaks ... 45
6.3 FBG-Reflektivität ... 46
6.4 Temperaturkennlinie ... 47
6.5 Temperaturmessbereich ... 48

Contents Page

Preliminary note ... 3
Introduction ... 3
1 Scope ... 5
2 Terms and definitions ... 6
3 Symbols and abbreviations ... 13
4 Fundamentals/characteristics ... 15
4.1 Fibre Bragg grating (FBG) ... 15
4.2 Dependence of the Bragg wavelength on the temperature ... 19
4.3 Characteristic values ... 20
4.4 Calibration methods ... 26
4.5 Sensitive area/temperature-sensitive length of the sensor ... 32
4.6 Description of the static and dynamic behaviour ... 32
4.7 General requirements ... 36
5 Design specific features and parameters to be provided ... 38
5.1 Configurations of FBG temperature sensors ... 38
5.2 Permitted temperature range ... 40
5.3 Permitted climate conditions ... 41
5.4 Recurring directives for characteristics testing ... 41
5.5 Anzuwendende Prüfungsart für einzelne Kennwerte ... 42
5.6 Type of test required for individual characteristics ... 43
6 Design specific features and characteristics to be measured ... 44
6.1 Bragg wavelength λ_B ... 44
6.2 Spectral width of the FBG peak ... 45
6.3 FBG reflectivity ... 46
6.4 Temperature characteristic ... 47
6.5 Temperature measurement range ... 48

VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA)
Fachbereich Prozessmesstechnik und Strukturanalyse

VDI/VDE-Handbuch Prozessmesstechnik und Strukturanalyse
VDI/VDE-Handbuch Optische Technologien

Frühere Ausgabe: 12.18 Entwurf, deutsch
Former edition: 12/18 Draft, in German only

Zu beziehen durch / Available at Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin – Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved (a) © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2020

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet / Reproduction – even for internal use – not permitted

 Alle Rechte vorbehalten © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2020

Inhalt Seite

6.6 Dynamisches Verhalten ... 48
6.7 Hysterese ... 49

7 Störeinflüsse bei der Temperaturmessung ... 50

7.1 Formstabilität des FBG-Peaks ... 50
7.2 Sensorspezifische Einflüsse ... 50
7.3 Polarisationseffekte ... 51
7.4 Kennliniendrift bei maximaler Betriebstemperatur ... 51
7.5 Einfluss des Wärmeübergangs auf die Fühlercharakteristik ... 52
7.6 Alterungsverhalten der beteiligten Werkstoffe ... 53
7.7 Einfluss von Biegung des FBG auf die Fühlercharakteristik ... 53
7.8 Physikalische/chemische Einflüsse ... 53
7.9 Andere Umgebungseinflüsse ... 55

8 Anforderungen an die optische Auswertung von FBG-Temperatursensoren ... 55

8.1 Bestimmung der FBG-Kennwerte unter Laborbedingungen ... 56
8.2 Empfehlungen zum Einsatz von FBG-Messgeräten ... 57
8.3 Anforderung an die Bestimmung der Bragg-Wellenlänge λ_B ... 60
8.4 Weitere spektrale Kennwerte ... 61

9 Angabe der Messergebnisse für die Kennwerte ... 63

9.1 Hinweise ... 63
9.2 Musterdatenblatt ... 64

Anhang A Weitere Eigenschaften von FBG-Temperaturfühlern ... 64

A1 Allgemeine mathematische Beschreibung von Faser-Bragg-Gitter-Sensoren ... 64
A2 Installationsvarianten ... 66
A3 Querdruckeinflüsse ... 67

Anhang B Beispiele für Kalibriereinrichtungen ... 68

B1 Einfache Flüssigkeitsbäder ... 68
B2 Flüssigkeits-Rohrthermostate ... 69
B3 Festkörperkalibratoren ... 71

Anhang C Anforderungen an ein Datenblatt ... 73

C1 Allgemeines ... 73
C2 Mechanischer Aufbau ... 73
C3 Funktionskenngrößen ... 73
C4 Grenzparameter ... 74
C5 Temperaturangaben ... 74
C6 Weitere Angaben auf Anfrage ... 74

Anhang D Anwendungsbeispiele ... 75

D1 FBG-Temperaturmesslanze in einem Reaktor ... 75
D2 FBG-Temperaturmessung in einer Getreidemühle ... 75

Anhang E Hinweise zur Richtlinie ... 77

Schrifttum ... 78

Benennungsindex englisch – deutsch ... 80

Contents Page

6.6 Dynamic behaviour ... 48
6.7 Hysteresis ... 49

7 Influences interfering the temperature measurement ... 50

7.1 Shape stability of the Bragg grating peak ... 50
7.2 Sensor-specific influences ... 50
7.3 Polarization effects ... 51
7.4 Drift of the characteristic curve at maximum operating temperature ... 51
7.5 Influence the heat transfer on the sensor characteristic ... 52
7.6 Aging behaviour of the materials involved ... 53
7.7 Influence of bending of the FBG on the sensor characteristic ... 53
7.8 Physical/chemical influences ... 53
7.9 Other environmental influences ... 55

8 Requirements for the optical evaluation of FBG temperature sensors ... 55

8.1 Determination of the FBG characteristic values under laboratory conditions ... 56
8.2 Recommendations for the use of FBG measurement devices ... 57
8.3 Requirements for the determination of the Bragg wavelength λ_B ... 60
8.4 Other spectral characteristics ... 61

9 Statement of the measurement results for the characteristic values ... 63

9.1 Practical information ... 63
9.2 Sample data sheet ... 64

Annex A Further properties of FBG temperature sensors ... 64

A1 General mathematical description of fibre Bragg grating sensors ... 64
A2 Versions of installation ... 66
A3 Transverse stress influences ... 67

Annex B Examples of calibration facility ... 68

B1 Simple liquid baths ... 68
B2 Liquid tube thermostats ... 69
B3 Solid state calibration facilities ... 71

Annex C Requirements for a data sheet ... 73

C1 General ... 73
C2 Mechanical setup ... 73
C3 Operational characteristics ... 73
C4 Limiting parameters ... 74
C5 Temperature data ... 74
C6 Further Information to be given upon request ... 74

Annex D Application examples ... 75

D1 FBG temperature measuring rod (measuring lance) in a reactor ... 75
D2 FBG temperature measurement in a grain mill ... 75

Annex E Notes on the standard ... 77

Bibliography ... 78

Term index English – German ... 80