

Optischer Strahlenschutz: Übertragung der Anforderungen nach IEC 60825-1 und -2 auf POF

Vortragsskizzenfassung vom 6. Fachgruppentreffen der ITG-FG 5.4.1 "Optische Polymerfasern" am 20.4.99 in Jena

Autor: Werner Horak, Siemens ICN QE 35 Hofmannstr. 51 D-81359 München
unabhängiges Prüflabor mit DAR-, VDE-, CECC-, IECQ- Akkreditierung für: grundlegende Umweltprüfverfahren, faseroptische Verbindungselemente und passive LWL-Bauelemente, Produktsicherheit (incl. optische Strahlungssicherheit)
Mitglied in: IEC TC 76 "optical radiation safety and laser equipment" (convenor of WG 11 "safety of LEDs"), DKE-GK 841 "Optische Strahlungssicherheit und Lasereinrichtungen"
Tel: (089) 722-23587; Fax: -25326; e-mail: werner.horak@icn.siemens.de

A) Vorgaben

Jeweils einzeln zu bewerten: Sende-LED und POF

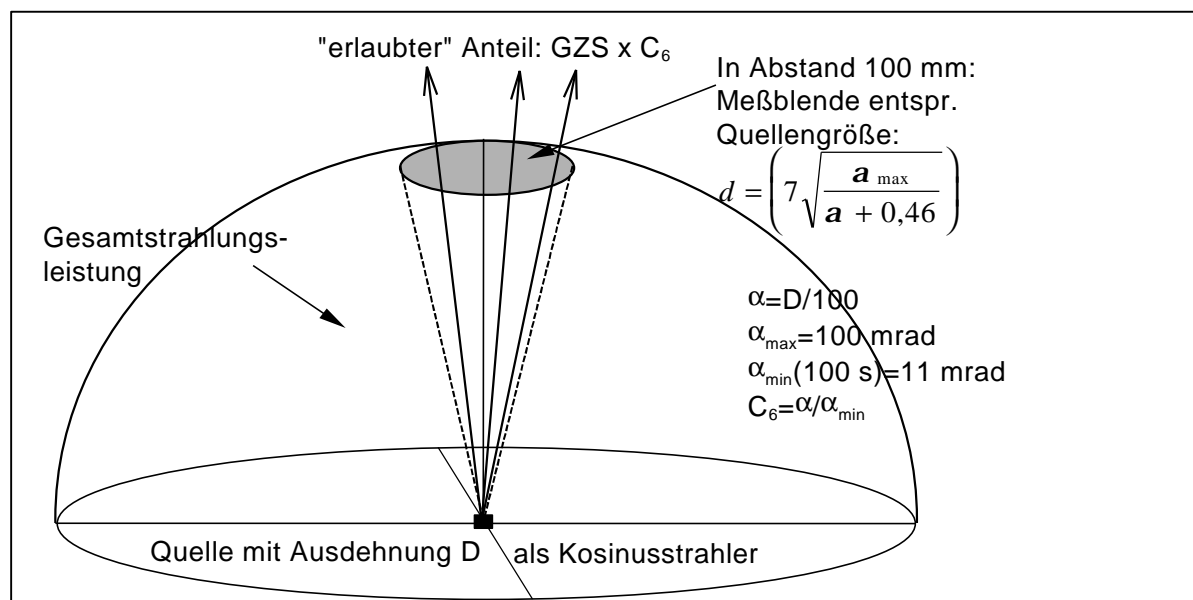
- POF-Sender (LED): Klassifizierung nach IEC 60825-1
- Ein LWL-System gilt nach dieser Vorschrift als "Klasse 1", da im bestimmungsgemäßen Betrieb keine Strahlung austreten kann. Nach der "Subbnorm" IEC 60825-2 Part 2, "Safety of optical fibre communication systems", sind Orte eines "räumlich ausgedehnten LWL-Systems" bei denen Strahlung zugänglich werden kann, (Steckstellen, usw.) mit "Gefährungsgraden" zu versehen. Deren Bewertung und Nummerierung entspricht weitestgehend den Klassen nach IEC 60825-1. Die notwendigen Schutzmaßnahmen sind je nach Gefährungsgrad und Zugangsmöglichkeit gestaffelt.

In der Praxis vorwiegend interessant: Klasse/Gefährungsgrad 1, weil nur dann Schutzmaßnahmen, Warnhinweise usw. entfallen können (ein Hinweis in der Bedienungsanleitung ist ausreichend).

Die Grenzwerte sind IEC 60825-1 je Klasse nach Wellenlänge und Expositionsdauern tabelliert. Diese gelten für (kollimierte) Punktlichtquellen und beziehen sich auf die Bestrahlung der Augen-Hornhaut. Wenn bei Blick in räumlich ausgedehnte Quellen die in das Auge einfallende Strahlungsleistung über einen größeren Bereich der Netzhaut verteilt wird, können diese Grenzwerte mit einem Korrekturfaktor C_6 erhöht werden.

Zur Klassifizierung sind diese Grenzwerte mit bestimmten Blenden in bestimmten Quellenabständen zu messen. Seit Veröffentlichung der Ergänzung "Amendmend 1" gibt es auch in den Meßvorschriften eine Abhängigkeit von der Quellengröße.

Die räumliche Strahlungsverteilung und die Quellengröße bestimmen also, wie groß der bei Messung "eingefangene" Strahlungsanteil ist. Die folgende Abbildung zeigt die Verhältnisse schematisch:



Für die Klassifizierung der POF-Komponenten erforderlich:

- Quellengröße und Strahlungsverteilung der POF-LED: Hersteller oder Messung ("worst case": Chipgröße mit 250 µm, Kosinusstrahler)
- Quellengröße und räumliche Strahlungsverteilung bei Strahlungsausritt aus der POF-Stirnfläche: abhängig von der Ausleuchtung der Faser und ihrer Numerischen Apertur

B) Bewertung von LWL

In LWL-Technik üblich: Angabe der Strahlungsleistung in der Faser - d.h. direkt am Quellenort → näherungsweise Umrechnung für divergente Strahler mit Gauß'schem Strahlungsprofil (s.a. IEC 60825-1, Annex A, Example A.6)

Bei Austritt aus dem Faserende: Strahlurchmesser (mit 63% der Gesamtstrahlungsleistung enthält) in Abhängigkeit vom Quellenabstand r:

$$D_{63} = \frac{a + 2r \cdot \tan(\arcsin(NA))}{1,7}$$

a: LWL-Durchmesser

r: Bewertungsabstand (100 mm)

NA: numerische Apertur d. LWL

Dann beträgt der Strahlungsanteil, der in r durch eine Blende mit Durchmesser d (s.o.) tritt:

$$h = \left(1 - e^{-\left(\frac{d}{D_{63}}\right)^2} \right), \text{ d.h. die erlaubte Ausgangsleistung direkt an der Faserstirnfläche}$$

beträgt: $GZS \times C_{\theta}/\eta$

C) Anwendung auf Beispiel-POF

Beispiel: "worst case"- NA = 0,46; LEDs mit Peakwellenlänge 650 und 525 nm; Faser mit 1 mm Kerndurchmesser.

Problem: anzuwendendes a: die Ausleuchtung des POF-Kerns (die Größe der scheinbaren Strahlungsquelle) ändert sich mit der Entfernung vom LED-Sender zwischen den Extremen: Chipgröße ("worst case") mit ca. 250 µm und - volle Ausleuchtung - POF- Kerndurchmesser (nach Herstellerangaben minimal 0,94 mm).

Für dieses Beispiel verwendet: Meßwert nach 50 mm POF mit \varnothing ca. 670 µm

Grenzwert nach IEC 60825-1 für Klasse 1 (Zeitbasis 100 s):

bei λ_{Peak} : 650 nm: 0,221 mW

bei λ_{Peak} : 525 nm: 0,041 mW

Im 100 mm-Abstand von der Faserstirnfläche beträgt der Strahldurchmesser D_{63} :

61,5 mm; mit der Aufnahmeblende von 26,2 mm Durchmesser wird ein Strahlungsanteil von 17% gemessen, die Grenzwerte für die Strahlungsleistung im POF betragen damit:

bei λ_{Peak} : 650 nm: 1,331 mW bzw. 1,24 dBm

bei λ_{Peak} : 525 nm: 0,247 mW bzw. -6,08 dBm

D) Bemerkungen

Die Angabe der Grenzwerte erfolgt ohne Gewähr; im Einzelfall müssen die individuellen Meßwerte zugrunde gelegt werden. Das gilt insbesondere für die Quellengröße.

Bei Wellenlängenmultiplexing ist die Additivität der Wirkungen zu berücksichtigen:

$\Sigma P_{\lambda}/GZS_{\lambda} \leq 1$, P_{λ} : spektrale Leistung der LEDs, GZS_{λ} : Grenzwert nach IEC 60825-1

Die internationale Laserschutznorm befindet sich ggw. (4/99) in Überarbeitung. Die Neuausgabe ("Amendmend 2") wird voraussichtlich (Y2k) sowohl in den Grenzwerten als auch in der "Sicherheitsphilosophie" Relaxationen enthalten. Nach dem ggw. Stand würden die Grenzwerte für das obige Beispiel bei beiden Wellenlängen ca. 10 mW (10 dBm) betragen.

E) Literatur

Bio-Physiologische Grundlagen und Grenzwerte:

ICNIRP: "guidelines on limits of exposure to broad-band incoherent optical radiation (0,38 to 3 µm)" Health Phys. (9/97) Vol. 73, No. 3, pp 539-555
ICNIRP: "guidelines on limits of exposure to laser radiation" of wavelength between 180 nm and 1 µm" Health Phys. (11/96) Vol. 71, No. 5, pp 804-819
ACGIH: "Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices" 1997-1998
D. Courand, L. Court, D. H. Sliney (1989) SPIE IS 5, 156-165
E. Sutter (1995), Optics & Laser Technol. Vol. 27, No. 1
Sliney, Wolbarsht (1980) NY Plenum Publishing Co.
W. Horak (1999) Journal of Laser Application Vol 11, No. 1, (pp 21-26)

Sicherheits-Standards

international (Einhaltung "freiwillig")

- IEC 60825-1 „Safety of laser products, Part 1: Equipment classification, requirements and user's guide“ (11/93)
Amendmend to IEC 60825-1 (9/97)
Amendmend 2 to IEC 60825-1 (CDV 4/99)
- IEC 60825-2 „Safety of laser products, Part 2: Safety of optical fibre communication systems“ (5/93)
Amendment to IEC 60825-2 „Application notes for the safe use of optical fibre communication systems“ 76/162/FDIS (9/97)
Amendment 2 to IEC 60825-2 „Safety of laser products, Part 2: Safety of optical fibre communication systems“ 76/161/CD (9/97)
- IEC 60825-6: „Safety of laser products, Part 6: Safety of products with optical sources, exclusively used for visible information transmission to the human eye"
Technical Report Type 2 (4/99)
- IEC 60825-9: "Compilation of maximum permissible exposure to incoherent optical radiation" (9/98)
Technical Report Type 3 (4/99)

national (Einhaltung nach Produkthaftungs- Gerätesicherheitsgesetz gefordert)

DIN EN.....(analoge Nummerierung wie bei IEC) Klassifikation VDE 0837 Teil 1, 2,..
DIN V VDE V 0837 Teil 6 (10/98)
(VDE-Verlag GmbH, 10625 Berlin)

Unfallverhütung: UVV "Laserstrahlung" (VBG 93) Berufsgenossenschaft