

Der Solarisation auf der Spur

Solarisations-resistente Quarzglasfasern für Systeme im tiefen UV-Bereich

• Infolge der zunehmenden Anforderungen in der UV-Technik werden Übertragungssysteme benötigt, welche die hohe Energie der UV-Photonen nahezu verlustfrei transportieren sollen. Im UV-Wellenlängenbereich, speziell $190 \text{ nm} < \lambda < 240 \text{ nm}$, zeigen die herkömmlichen Quarzglasfasern der optischen Übertragungssysteme eine Degradation der Transmission, welche als Solarisation bezeichnet wird und u.U. bis zur völligen „Erblindung“ des Systems führen.

Für die Lichtführung im UV-Bereich sind die Lichtwellenleiter auf der Basis von Quarzglas mit hohem OH-Anteil ($> 700 \text{ ppm}$) sehr gut geeignet. Bedingt durch die OH-Absorptionsbanden können derartige Fasern im Wellenlängenbereich $\lambda > 1100 \text{ nm}$ nur eingeschränkt verwendet werden. Die optische Dämpfung solcher Fasern ist durch die Rayleigh Streuung limitiert. Die typische optische Dämpfung fluor-dotierter Stufenindex-Multimode-Fasern (z. B. j-Ultrasol der J-Fiber GmbH aus dem LEONI Geschäftsbereich Datacom) liegt bei ca. $0,5 \text{ dB/m}$ bei 215 nm Wellenlänge.

Darüber hinaus treten zusätzliche Dämpfungen durch weitere Effekte auf. Diese Effekte werden beispielsweise durch Fremdiolen, durch freie Valenzen sowie auch intrinsisch strukturelle Fehlstellen im Glasnetzwerk verursacht, wie in [1] beschrieben. Die aufgeführten Effekte zeichnen sich durch ihre charakteristischen Absorptionsbanden aus. Die Absorptionsbanden zeigen ihren Einfluss je nach Energiezustand bzw. Resonanzband bei unterschiedlichen Wellenlängen. Im Folgenden wird verstärkt auf die intrinsischen Effekte eingegangen.

Die intrinsisch strukturellen Effekte zeigen gerade im UV-Bereich den größten Einfluss. Diese generieren eine hohe Absorption bei der zu übertragenden Wellenlänge, so dass bestimmte Signale nicht propagieren können. Ein Typus der strukturellen Effekte ist auf die stöchiometrischen Fehler im Quarzglas zurückzuführen, wie z. B. das Sauerstoff-Defizient-Zentrum (sog. ODC) oder

DIE AUTOREN

MOHAMMAD ZOHEIDI

Mohammad Zoheidi absolvierte 1990 sein Mineralogiestudium in Berlin. Er promovierte 1995 an der TU Berlin im Fachbereich Werkstoffwissenschaften und war am dortigen Institut für nichtmetallische Werkstoffe wissenschaftlicher Mitarbeiter und Lehrbeauftragter. Seit 2000 ist Dr. Zoheidi in der Fibertech GmbH für den Bereich F&E zuständig und arbeitet als Projektleiter bzw. Projektkoordinator an mehreren Forschungsvorhaben zu faseroptischen Themen. Dr. Zoheidi ist verantwortlicher Forschungsleiter Dickkernfasern im Bereich Fiber Optics der LEONI-Gruppe.



ALEXANDER HEINZE

Alexander Heinze absolvierte an der TU Berlin das Studium zum Dipl.-Ing. Maschinenbau. Seit 2006 arbeitet er für die FiberTech GmbH. Als Prozessingenieur war sein Aufgabengebiet zunächst die Optimierung des Faserherstellungsprozesses. Darüber hinaus erweiterte sich sein Tätigkeitsfeld in den Forschungs- und Entwicklungsbereich. Seit 2009 ist Alexander Heinze innerhalb des Bereiches Fiber Optics der LEONI-Gruppe verantwortlicher Manager der Produktlinie Dickkernfasern.



RALITSA ROSENOW

Dr. Ralitsa Rosenow studierte bis 2004 Materialwissenschaft mit Schwerpunkt Silicat-Material an der Universität für Chemische Technologie und Metallurgie in Sofia. Sie promovierte anschließend am Otto-Schott-Institut für Glaschemie der Friedrich-Schiller-Universität Jena über Nanokristallisation aus Gläsern. Danach forschte und entwickelte sie metal-oxidische Nanomaterialien bei der IBU-tec GmbH Weimar. Seit 2008 arbeitet sie als Key Account Manager für Spezialglas und -fasern bei der j-fiber GmbH, einem Unternehmen der LEONI-Gruppe. Sie ist die verantwortliche Projektleiterin für die Entwicklung solarisationsresistenter Fasern.

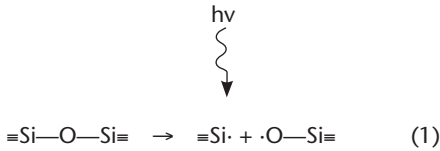


Dr. Mohammad Zoheidi
Dipl.-Ing. Alexander Heinze
LEONI Fiber Optics GmbH
Nalepastr. 170-171
12459 Berlin
Tel.: +49 (0)30 53 00 580
E-Mail: fiber@fibertech.de
Website: www.fibertech.de

Dr. Ralitsa Rosenow
Dipl.-Phys. Andreas Huth
j-fiber GmbH
Im Semmicht 1
07751 Jena
Tel.: +49 (0)3641 352-149
E-Mail: ralitsa.rosenow@j-fiber.com
Website: www.j-fiber.com

das Peroxi Radikal. Weitere Arten struktureller Effekte sind zwei besonders kritische Wirkungen mit der Bezeichnung E'-Zentrum und Nicht Brückenbildendes Sauerstoffatom-Loch (ein sog. NBOH) [2]. Diese beiden Effekte treten gerade im tiefen UV-Bereich [3] auf, wenn die Faser der Bestrahlung mit

einer Lichtquelle, wie z. B. Excimerlaser, ArF, KrF, Nd:YAG oder Deuteriumlampe, ausgesetzt wird. Dieser Effekt wird als Solarisation bezeichnet. Bei der Solarisation ergibt sich die folgende strukturelle Änderung der Si-O-Bindung durch das energiereiche UV-Photon, siehe Abbildung 1.

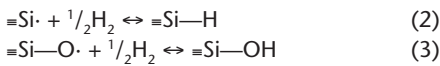


Darstellung der Entstehung des Defektzentrums durch ein UV-Photon

Effekt	Defektzentrum	Absorptionsband
E'-Zentrum	$\equiv\text{Si}\cdot$	210/215 nm
NBOH	$\cdot\text{O}-\text{Si}\equiv$	265 nm

Wie Gleichung 1 zeigt, wird die Sauerstoffbrücke zwischen zwei SiO₄-Tetraedern gespalten.

Es ist weitgehend bekannt, dass durch die Sättigung der aufgebrochenen Absorptionszentren mit Wasserstoffionen diese in einen nicht absorbierenden Zustand umgewandelt wird [4] und infolgedessen die Faser solarisations-resistente Eigenschaften aufweist. Dabei findet folgende Reaktion statt [4]:



Diese Reaktion kann z. B. durch die gezielte Beladung des Kernmaterials mit überschüssigem Wasserstoff herbeigeführt werden. Die Defektpassivierung in der Kernfaser kann in einem Autoklaven unter hohem Druck (~ 100 bar) in einer Wasserstoffatmosphäre vollzogen werden. In der Praxis stellte sich jedoch heraus, dass die Wasserstoffionen im Laufe der Zeit aus dem Kern diffundieren und damit auch die solarisations-resistente Eigenschaft der Faser verloren geht [2].

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, durch die Modifizierung und Optimierung der technologischen Prozesse die Entstehung der E'-Zentren und des NBOH gezielt zu beeinflussen. Durch die Reduzierung der E'-Zentren und der NBOH kann die Faser für die Anwendung von Excimerlasern ArF, KrF, Nd:YAG oder Lichtquellen, wie Deuterium- oder Xenonlampe, optimiert werden.

Die von j-fiber für die Anwendung im tiefen UV-Bereich entwickelte j-Ultrasol ist eine fluor-dotierte solarisations-resistente Stufenindex Multimode-Faser, optimiert für Wellenlängen $\lambda < 400$ nm und mit außerordentlich hoher Transmissionsstabilität, speziell auch bei der Anwendung im kritischen Wellenlängenbereich bei 215 nm. Bei UV-Bestrahlung mit einer Tiefen-UV Deuterium-Lichtquelle (mit einer optischen Leistung von 8 μW bei 215 nm) erreicht j-Ultrasol 200/220 eine sehr hohe Transmission von 93% über einen Bestrahlungszeitraum von bis zu 2 Stunden. Bei fortgesetzter Bestrahlung bis zu 240 Stunden sinkt die Transmissi-

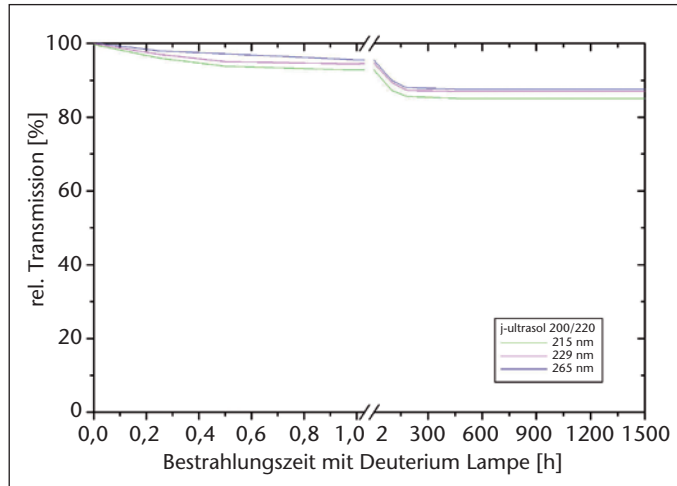


ABB. 1: Relative Transmissionskurve der j-Ultrasol Faser bei 215 nm (fluor-dotierte Stufenindexfaser, 200/220 μm , NA 0.22) 229 nm und 265 nm Wellenlänge als Funktion der Bestrahlung mit einer Deuteriumlampe bis zu 1.500 Stunden.

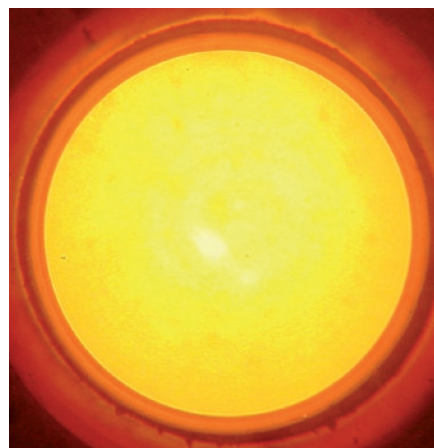


ABB. 2: UV-Bestrahlung mit einer Tiefen-UV Deuterium-Lichtquelle (8 μW bei 215 nm). Während der Testbestrahlung von 1500 Stunden sank die Transmission nicht unter 86%.

on von 93% auf 86% leicht ab und bleibt dann stabil auf einem Niveau von 86% während der Testdauer von 1500 Stunden.

Neben der hohen Transmission hat j-Ultrasol den wesentlichen Vorteil, dass keine Wasserstoff-Beladung notwendig ist, um die sehr lange Lebensdauer der Faser im tiefen UV-Bereich gegenüber zu herkömmlichen Fasern zu erreichen.

Anwendungen

Solarisations-resistente Fasern finden vor allem Anwendung in der Lasermedizin, wie z. B. Ametropie in der Augenheilkunde und Psoriasis in der Dermatologie. Sie sind für die Applikation in der UV-VIS-Spektrometrie, der Photolysis und der Fluoreszenzspektroskopie wie auch für die UV-Illumination geeignet. Desweiteren können j-Ultrasol Fasern in der Materialbearbeitung wie der Mikrozerteilung, beim Bohren, bei der Pulsed Laser Deposition (PLD), dem Laserdirektreiben (LDP), beim Laser-Lift-Off (LLO) und für Reinigungsprozesse eingesetzt werden.

DIE FIRMA

LEONI Fiber Optics

Der Geschäftsbereich Fiber Optics der LEONI-Gruppe ist einer der führenden Anbieter von Lichtwellenleitern für Spezialanwendungen in den verschiedensten industriellen Märkten, in der Wissenschaft und in der Medizin. LEONI ist ein führender Anbieter von Kabelsystemen und Dienstleistungen für die Automobilbranche und viele weitere Industrien und machte 2008 einen Umsatz von 2,9 Mrd. Euro.

www.leoni-fiber-optics.com

Eine Vielzahl an solarisations-resistenten Fasern mit unterschiedlichen Durchmesser, Kern-Mantelverhältnissen (CCDR) und verschiedenen Coatingmaterialien wie Akrylat, Silikon oder Polyimid sowie den Jacketmaterialien Nylon oder Tefzel sind je nach Einsatzgebiet verfügbar und werden auch kundenspezifisch angeboten.

Referenzen

- [1] D. L. Griscom, „Defect Structure of Glasses“, J. Non-Cryst. Solids, 73, 55-77 (1985)
- [2] K. Nagasawa, Y. Hoshi, Y. Ohki, K. Yahagi, „Improvement of Radiation resistance of pure silica core fibers by hydrogen Treatment“ Japanese Journal of Applied Physics, Vo. 24, N9, September 1985, pp. 1224-1228
- [3] K. F. Klein, R. Arndt, G. Hillrichs, M. Ruetting, M. Veidemanis, R. Dreiskemper, J. Clarkin, G. Nelson „UV-fibers for application below 200 nm“ Proc. SPIE Vol. 4253, p. 42-49, Optical Fibers and Sensors for Medical Applications, Israel Gannot; Ed.
- [4] P. Karlitschke, G. Hillrichs, K.-F. Klein, „Photodegradation and nonlinear effects in optical fibers induced by pulsed uv-laser radiation“ Opt. Commun., 116, 219-230 (1995)