

Solarisationsresistente Glasfasern für UV-Laser

Die Glasfasertechnik bemüht sich schon seit längerem um die Produktion solarisationsfreier Lichtleiter. Über Verzögerungen des Solarisationseffekts kamen die Hersteller jedoch bislang nicht hinaus. Eine Neuentwicklung von CeramOptec berechtigt jetzt erstmals dazu, von einer dauerhaft solarisationsresistenten Faser zu sprechen.

Das Licht von UV-Lasern via Glasfaser zu transportieren, ist mit einigen Schwierigkeiten behaftet. Zwar ist der Einsatz faseroptischer Komponenten auch bei diesem Lasertyp interessant, da Glasfasern sowohl eine enge Fokussierung als auch eine flexible Führung des Laserstrahls ermöglichen. Das könnte speziell bei UV-laserbasierten Härteverfahren, wie sie etwa im stereolithographischen Additive Manufacturing üblich sind, neue Wege der Materialbearbeitung eröffnen. Als Problem erweist sich jedoch immer wieder die Solarisation – ein physika-

lischer Abdunklungseffekt, der durch die UV-Photoneninduzierte Spaltung von Sauerstoffbrücken innerhalb des herkömmlicherweise verwendeten Quarzglas verursacht wird. Diese Spaltung lässt sogenannte Defektzentren entstehen, an denen das Glas die UV-Strahlung absorbiert und so gleichsam schrittweise »erblindet«. Der Transmissionsgrad der Faser nimmt dadurch kontinuierlich ab, bis sie schließlich als Lichtleiter unbrauchbar wird. Insbesondere die Bestrahlung mit fernem UV-Licht (UV-C) von 200 bis 280 nm Wellenlänge wird von marktüblichen Quarzglasfasern nicht dauerhaft toleriert und bewirkt einen raschen Alterungsprozess. Dieser Effekt hat sich bis heute nicht restlos beseitigen lassen. Zwar haben die führenden Glasfaserhersteller unter hohem Forschungsaufwand versucht, solarisationsresistente Fasern zu entwickeln. Doch trotz aller Bemühungen ließ sich die Abdunklung bislang allenfalls verzögern, nicht aber ver-

meiden. Der Einsatz fasergeführter UV-Laser kam deshalb einzig und allein für Anwender infrage, die es technisch und wirtschaftlich verantworten konnten, die Faserkomponenten regelmäßig auszutauschen.

Neues Faserkonzept greift Ansatz der Defektpassivierung auf

Durch eine Innovation des Glasfaser-spezialisten CeramOptec könnte die Faserführung von UV-Laserstrahlen jedoch künftig auch für Anwender attraktiv werden, die auf äußerst langlebige Komponenten angewiesen sind. Die Bonner biolitec-Tochter hat ein Faserkonzept entwickelt, das einen schon länger bekannten, jedoch bis dato nicht dauerhaft erfolgreichen Ansatz zur Hemmung der Absorption von UV-Strahlen aufgreift. Dieser Ansatz zielt darauf ab, die Defektzentren im Quarzglas durch Wasserstoff-Ionen zu sättigen und so die UV-Photoneninduzierte Spaltung der Sauerstoffbrücken zu kompensieren.

Um diese sogenannte Defektpassivierung möglich zu machen, wird der Kern der Glasfaser in einer Druckkammer unter hohen Temperaturen und einem Luftdruck von bis zu 100 bar mit Wasserstoffatomen (H_2) beladen. Aus diesen überschüssigen Atomen rekrutieren sich später die passivierenden Teilchen. Dieser Ansatz hat sich in zahlreichen Studien als tragfähig erwiesen und kann die Absorption des UV-Lichts tatsächlich blockieren. Langfristig ist er aber nur dann effektiv, wenn die in der Druckkammer zugeführten Wasserstoffatome dauerhaft im Faserkern verbleiben und zur Defektpassivierung zur Verfügung stehen. Genau dies ließ sich in der Praxis jedoch bislang nicht sicherstellen: Die Atome diffundierten nach einer gewissen Zeit regelmäßig wieder aus dem Kern heraus. Die Solarisationsresistenz ging so nach und nach verloren, und der bekannte Abdunklungseffekt



▲ CeramOptec UV NSS Faser mit Quarzglas kern, fluorine-dotiertem Quarzmantel, hermetischer Kohlenstoffschicht und Polyimidjacket.
Bild: CeramOptec

stellte sich ein. Von manchen Herstellern wurde die Defektpassivierung deshalb zugunsten des Versuches einer faserziehtechnischen Verringerung der Anzahl möglicher Defektzentren aufgegeben. Da sich diese Anzahl jedoch nicht auf Null reduzieren lässt, kam es auch hier zur Solarisation der Faser.

Der zumindest kurzfristig effektivere Ansatz blieb somit die Defektpassivierung: Sie macht die Faser unstrittig solarisationsresistent, ließ sich aber nicht auf Dauer realisieren.

Kohlenstoffschicht blockiert die Wasserstoffdiffusion

Das alternative Faserkonzept von CeramOptec setzt nun an genau dieser Schwachstelle an. Es basiert auf der Grundidee, durch Blockade der Wasserstoffdiffusion die permanente Verfügbarkeit sättigender Ionen sicherzustellen und die Defektpassivierung so langfristig nutzbar zu machen.

Erstmals umgesetzt wurde diese Idee bei der unlängst auf den Markt gebrachten Optran® UV NSS Faser. Sie besitzt einen undotierten Quarzglas-kern sowie einen fluorin-dotierten Quarzglas-mantel, der schon im Laufe des Faserziehprozesses mit einer Kohlenstoffschicht versehen wird. Diese Beschichtung ist nur in hohen Temperaturbereichen diffusionsoffen, sodass die Wasserstoffatome bei einer Druckkammertemperatur von über 150 °C und einem Luftdruck von rund 70 bar in die Faser eingebracht werden müssen. Dieser Vorgang nimmt etwa 24 Stunden in Anspruch, erst dann ist die Faser ausreichend beladen. Sobald die Druckkammerbehandlung beendet ist und die Glas-temperatur wieder unter 150 °C sinkt, dichtet die Kohlenstoffschicht die Faser hermetisch ab und verhindert das neuerliche Herausdiffundieren des Wasserstoffs. Die passivierenden



▲ Laserschneiden mit einem UV-Laser.
Bild: Bystronic Deutschland GmbH

Teilchen sind so gleichsam in der Faser gefangen und stehen dauerhaft zur Sättigung möglicher Defektzentren zur Verfügung.

Ergebnis ist eine außergewöhnlich hohe Solarisationsresistenz, die sich auch deutlich in den Übertragungs- und Dämpfungswerten ausdrückt: Nach 100 minütiger Bestrahlung mit UV-C-Licht von 214 nm Wellenlänge kommt eine 2-Meter-Faser noch immer auf eine exzellente Transmission von 85 Prozent sowie eine Dämpfung von weniger als 2 dB/m. Das ist lediglich ein Viertel der Dämpfung, welche die derzeit marktführende solarisationsarme Faser unter identischen Prozessparametern aufweist. Langzeitbeobachtungen konnten zeigen, dass sich diese Solarisationsresistenz selbst nach mehr als einem Jahr nicht verflüchtigt: Änderungen der H₂-Konzentration im Quarzglas blieben auch während einer 13 monatigen Überwachungsphase innerhalb des Fehler-toleranzrahmens und sind höchstwahrscheinlich ausschließlich auf die Reaktion der Wasserstoff-Ionen mit bestrahlungsindizierten Defektzentren zurückzuführen. Da eine Wasserstoffdiffusion somit nicht nachgewiesen werden konnte, ist man erstmals dazu berechtigt, von einer langfristig solarisationsresistenten Faser zu sprechen.

Die dauerhafte Funktionalität der Optran® UV NSS Faser steht und fällt nun allerdings mit dem Zustand der

Kohlenstoffschicht. Nur wenn diese auch langfristig intakt bleibt, ist der solarisationshemmende Effekt gesichert. Verletzungen der Schicht würden auf lange Sicht auch hier zum Herausdiffundieren des Wasserstoffs samt sukzessivem Abdunkeln der Faser führen. Die Faser ist deshalb ab Werk mit einem hochwertigen, schützenden Polyimidjacket umgeben. Es besitzt eine Zugfestigkeit von 70 kpsi (kilo-pound per square inch) und bleibt auch bei mobilen Anwendungen stabil, ohne die Flexibilität der Faser einzuschränken.

Mit den von CeramOptec neuentwickelten Optran® UV NSS Fasern liegt ein Fasertyp vor, der selbst bei Langzeiteinsätzen im fernen UV-C-Spektrum solarisationsfrei bleibt und UV-Lasern neue Einsatzmöglichkeiten eröffnet.

Faserführungen können künftig bedenkenlos realisiert werden, und auch im Faserdesign gibt es wenig Einschränkungen: Ab Werk sind die Fasern mit Numerischen Aperturen (NA) zwischen 0,12 und 0,28 sowie Kern-Mantel-Verhältnissen zwischen 1:1,06 und 1:1,4 verfügbar, auf Anfrage werden darüber hinaus auch kundenspezifische Designs realisiert.

Welche Faserausführung optimal auf die jeweilige Anwendung passt, sollte nach Möglichkeit im Rahmen einer persönlichen Beratung und mithilfe spezieller Testläufe ermittelt werden.

■ INFO

Kontakt:
Holger Bäuerle
Head of Industrial Sales – Fiber Optics
CeramOptec GmbH
– a company of biolitec group –
Brühler Str. 30
53121 Bonn
Tel.: 0228 97 967 12
Fax: 0228 97 967 99
E-Mail: holger.baeuerle@ceramoptec.com
www.ceramoptec.de