

Die Glasfaser, die gegen Solarisation durch UV-Licht resistent ist, besteht aus mehreren Schichten. Das Ziel: Wasserstoffionen im entscheidenden Bereich halten und ihre Diffusion verhindern



Glasfasern für medizinische Laser – durch UV-Licht nicht geschädigt

(Bild: Ceramoptec)

Lasertechnik | Glasfaserkomponenten medizinischer UV-Laser mussten bisher in regelmäßigen Abständen ausgetauscht werden, da sie durch die so genannte Solarisation abdunkelten und damit als Lichtwellenleiter unbrauchbar wurden. Nun lassen sich solarisationsresistente Faseroptiken mit langer Lebensdauer herstellen.

Von der Tumorzerstörung mittels Infrarot-Laser bis zur Augenoperation per UV-Laser – aus der Medizintechnik sind Laseranwendungen nicht mehr wegzudenken. Übertragen wird die Laserstrahlung meist mit Hilfe von Glasfasern, die eine fokussierte und flexible Strahlungsführung ermöglichen.

Als Problem erwies sich die Transmission von UV-Licht: Insbesondere bei UV-C-Licht mit einer Wellenlänge von 200 bis 280 nm verlieren herkömmliche Fasern schnell an Übertragungsqualität. Ursache hierfür ist ein physikalischer Abdunklungsprozess – die Solarisation. Ausgelöst wird sie durch die UV-photoneninduzierte Spaltung von Siliziumoxidverbindungen im Quarzglas. Dabei entstehen Defektzentren, an denen das Glas die UV-Strahlung absorbiert und allmählich abdunkelt, bis es irreversibel „erblindet“.

Insbesondere in der Laserchirurgie, wo der Behandlungserfolg von der gleichbleibenden Übertragungsqualität abhängt, müssen die faseroptischen Komponenten regelmäßig ersetzt werden. Seit geraumer Zeit wird daher versucht, solarisationsresistente Fasern zu entwickeln. Bisher ließ sich die Abdunklung zwar verzögern, aber nicht vollständig verhindern.

Auf Basis einer bekannten Methode – der Defektpassivierung – gelang es den Faseroptik-Spezialisten der Ceramoptec GmbH aus Bonn nun, erstmals ein Faserkonzept zu entwickeln, das den Abdunklungsprozess unterbindet.

Bei der Defektpassivierung wird die Spaltung der Siliziumoxidverbindungen durch eine Wasserstoff-Ionen-Sättigung der Defektzentren kompensiert. Dazu wird der Faserkern in einer Druckkammer bei hohen Temperaturen und einem Gasdruck von 100 bar mit überschüssigen Wasserstoffatomen beladen. Aus diesen überzähligen Atomen rekrutieren sich später bei Bestrahlung mit UV-Licht die passivierenden Teilchen, die die Abdunklung des Quarzglases blockieren.

Defektzentren ließen sich bisher nicht verhindern

In der Praxis diffundierten nach einer gewissen Zeit die Atome aber wieder aus dem Kern heraus, die Zahl der Defektzentren stieg an und der Solarisationseffekt setzte wieder ein. Einige Hersteller versuchten daher, die Anzahl möglicher Defektzentren mittels faserziehtechnischer Methoden zu minimieren. Da sich die Zahl jedoch nicht bis auf Null herabsenken ließ, konnte auch so keine langfristige Solarisationshemmung erzielt werden.

Mit einem neuen Faserkonzept gelang es Ceramoptec nun, die Wasserstoffdiffusion zu blockieren und damit sättigende Ionen permanent verfügbar zu halten: Eine Kohlenstoffbeschichtung wird schon während des Faserziehens aufgetragen und ummantelt diese. Lediglich bei anwendungsuntypischen Temperaturen von über 150 °C ist sie diffusionsoffen, sodass die Beladung des Faserkerns mit Wasser-

stoffteilchen in einer entsprechend beheizten Druckkammer unter Überdruck möglich wird. Verlässt die Faser die Kammer, sinkt die Temperatur, und die Kohlenstoffschicht verhindert ein Herausdiffundieren der Wasserstoff-Ionen.

Marktreif umgesetzt wurde dies im Fasertyp Optran UV NSS. Dieser besitzt einen undotierten Quarzglaskern und einen fluorin-dotierten Quarzglas-mantel. Um Beschädigungen der Kohlenstoffschicht zu verhindern und eine langfristige Funktionalität der Faser sicherzustellen, schützt ein Polyimid-Jacket die Schicht. Dieses Jacket weist eine Zugfestigkeit von 70 kpsi (kilo-pounds per square inch) auf und bleibt auch bei mobilen Anwendungen stabil, ohne die Faserflexibilität zu beeinträchtigen.

Die Übertragungs- und Dämpfungswerte der Optran-UV-NSS-Faser zeigen eine hohe Solarisationsresistenz: Eine 2-m-Faser erreicht nach Einkopplung von UV-C-Licht mit einer Wellenlänge von 214 nm über eine Dauer von 100 min immer noch eine überdurchschnittlich gute Transmission von 85 % des ursprünglichen Wertes und eine Dämpfung von weniger als 2 dB/m. Da sich dies auch in Langzeitbeobachtungen über dreizehn Monate bestätigte, kann die Faser als solarisationsresistent bezeichnet werden. ■

Bronislav Hracek, Holger Bäuerle
Ceramoptec, Bonn

www.ceramoptec.com