



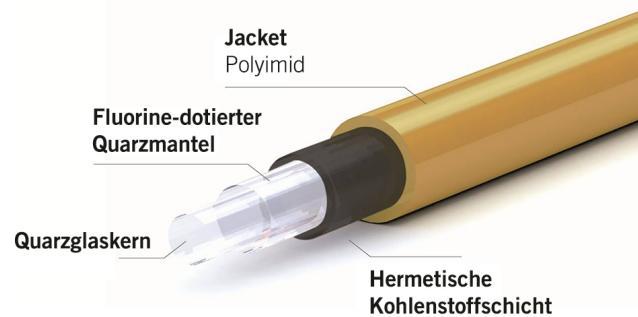
Glasfaserkomponenten medizinischer UV-Laser besaßen bisher keine lange Lebensdauer. Grund war die sogenannte Solarisation. Jetzt sind Fasern mit dauerhafter Solarisationsresistenz verfügbar.

# Glasfasern mit langfristiger UV-Beständigkeit

Bei der Konstruktion medizinischer UV-Laser spielen Glasfasern oft eine wichtige Rolle. Sie ermöglichen es, den Laserstrahl eng zu fokussieren und flexibel zu führen und schaffen so ideale Voraussetzungen für filigrane chirurgische Anwendungen, etwa in der Augenheilkunde oder der Dermatologie. Als Nachteil erwies sich bisher freilich ihre kurze Lebensdauer. Denn marktübliche Quarzglasfasern verlieren unter Einfluss von UV-Licht vergleichsweise schnell an Übertragungsqualität. Insbesondere die Einkopplung von UV-C-Licht mit 200 bis 280 nm Wellenlänge bewirkt einen rasanten Alterungsprozess. Ursache hierfür ist ein physikalischer Abdunklungseffekt, der als Solarisation bezeichnet wird. Dieser Effekt geht auf eine Spaltung von Siliziumoxidverbindungen im Quarzglas zurück, die ihrerseits durch UV-Photonen induziert wird. Diese Spaltung lässt sogenannte Defektzentren entstehen, an denen das Glas die UV-Strahlung absorbiert und so schrittweise abdunkelt. Es wird allmählich „blind“ und kann schließlich keine hinreichende Lichtleistung mehr übertragen. Da dieser Effekt irreversibel ist, bleibt keine andere Möglichkeit, als die Faser regelmäßig auszutauschen. Das ist je nach Lasersystem mit nicht unerheblichem technischem Aufwand verbunden und kann zudem bei permanentem UV-Laser-Einsatz recht kostspielig werden.

## Absorption des UV-Lichts bisher allenfalls verzögert

Der Glasfasertechnologie ist es bislang nicht gelungen, diesen technisch wie wirtschaftlich unbefriedigenden Alterungsprozess effektiv aufzuhalten. Zwar ist die Solarisation schon seit langem Gegenstand intensiver Forschungen, und führende Glasfaserhersteller haben wiederholt versucht, möglichst solarisationsresistente Fasern zu entwickeln. Befriedigende Ergebnisse wurden dabei allerdings nicht erzielt. Dabei ist durchaus bekannt, mit welcher Methode sich die Absorption von UV-Licht wirksam eindämmen ließe, nämlich mit Hilfe der sogenannten Defektpassivierung. Bei diesem Verfahren wird die Spaltung der Siliziumoxidverbindungen durch eine Wasserstoff-Ionen-Sättigung der Defektzentren kompensiert. Der Kern der Glasfaser wird hierzu in einer Druckkammer – bei



CeramOptec UVNSS-Faser mit Quarzglaskern, fluorine-dotiertem Quarzmantel, hermetischer Kohlenstoffschicht und Polyimidjacket

Bilder: CeramOptec GmbH

hohen Temperaturen und einem Gasdruck von bis zu 100 bar – mit überschüssigen Wasserstoffatomen (H<sub>2</sub>) beladen, aus denen sich später die passivierenden Teilchen rekrutieren. Durch diesen Ansatz lässt sich, wie zahlreiche Studien belegen, die Absorption des UV-Lichts tatsächlich blockieren.

Trotz ihrer hohen Effektivität hat sich die Defektpassivierung jedoch bisher in der Praxis nur teilweise bewährt. Zwar wurde die Abdunklung zunächst wirksam unterbunden. Dieser Erfolg ließ sich aber nicht konservieren, da die zugeführten Wasserstoffatome nach einer gewissen Zeit wieder aus dem Kern herausdiffundierten. Die Solarisationsresistenz ging so sukzessive verloren, mehr als eine Verzögerung des Abdunklungsprozesses wurde nicht erreicht. Einige Hersteller haben die Defektpassivierung deshalb zugunsten des Versuches aufgegeben, die Anzahl möglicher Defektzentren faserziehtechnisch zu verringern. Da sich ihre Zahl jedoch nicht auf Null absenken lässt, bleibt die Solarisation auch bei dieser Methode bestehen. Die nur zeitweilig wirksame Defektpassivierung erweist sich hier sogar noch als effektiver.

## Neuer Ansatz: Kohlenstoffbeschichtung stabilisiert Defektpassivierung

Doch was wäre, wenn es gelänge, die Defektpassivierung zu stabilisieren? Dieser Frage ist der Bonner Glasfaserspezialist CeramOptec nachgegangen. Ausgehend von der Grundidee,

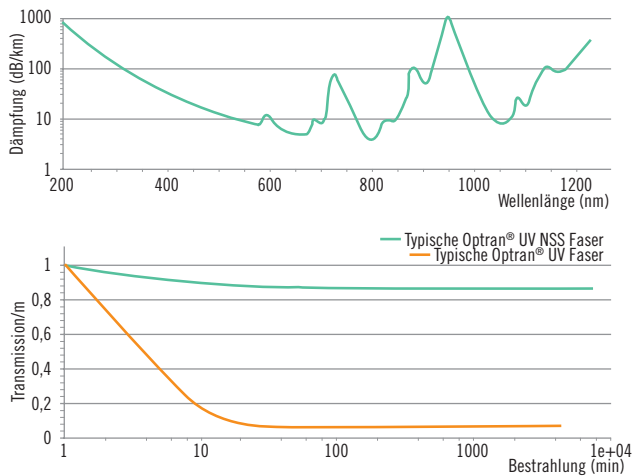


eine dauerhafte Verfügbarkeit sättigender Wasserstoff-Ionen sicherzustellen, suchte die biolitec-Tochter nach einem Weg, die sukzessive Ionendiffusion zu blockieren. Als Lösung kristallisierte sich schließlich eine Kohlenstoffbeschichtung des Fasermantels heraus, die schon während des Faserziehens aufgetragen wird. Diese Beschichtung dichtet die Faser bei herkömmlichen Einsatztemperaturen hermetisch ab und ist erst ab Temperaturen von mehr als 150°C diffusionsoffen. Durch diese besondere Eigenschaft der Schicht ist eine stabile Defektpassivierung möglich. Die Faser wird in der Druckkammer bei über 150°C und rund 70 bar Gasdruck mit Wasserstoff-Ionen beladen. Sobald sie die Druckkammer verlässt und die Temperatur unter 150°C sinkt, sind die passivierenden Ionen jedoch quasi hinter der Kohlenstoffschicht gefangen. Damit stehen auch langfristig hinreichend viele Teilchen zur Sättigung möglicher Defektzentren zur Verfügung. Erstmals umgesetzt wurde diese Beschichtungslösung bei der

des Fehlertoleranzrahmens und sind wahrscheinlich allein auf die Reaktion der Wasserstoff-Ionen mit bestrahlungsinduzierten Defektzentren zurückzuführen. Somit kann mit Recht von langfristiger Solarisationsresistenz gesprochen werden.

### Lange Lebensdauer, vielfältige Faserdesigns

Mit den Optran® UV NSS Fasern von CeramOptec steht erstmals eine Glasfaserkomponente zur Verfügung, die sich für alle medizinischen UV-Laser-Anwendungen eignet und zugleich eine lange Lebensdauer besitzt. Ihr Einsatz reduziert den technischen Aufwand für den Austausch von Fasern erheblich und wirkt sich zudem nachhaltig kostensenkend aus. Die Fasern sind ab Werk mit Numerischen Aperturen (NA) zwischen 0,12 und 0,28 sowie Kern-Mantel-Verhältnissen von 1:1,06 bis 1:1,4 erhältlich. Kundenindividuelle Faserdesigns sind auf Anfrage möglich. Welche Ausführung die jeweilige Anwendung am besten unterstützt, sollte zunächst im Rahmen einer persönlichen Beratung eingegrenzt und anschließend mit Hilfe ausführlicher Testläufe im Faserlabor verbindlich ermittelt werden.



**Änderung der Transmission von 2m Faser bei Bestrahlung mit 214 nm. Bestrahlung mit D2 Lampe und CaF2 Linsen. Mittels D2 Lampe und CaF2 Linsen wird die UV NSS Fasser UV Strahlung mit einer maximalen Intensität zwischen 180 bis 240 nm ausgesetzt. Das unterschiedliche Solarisationsverhalten der beiden Fasertypen bei einer Wellenlänge von 214nm ist im Diagramm dargestellt.**

Optran® UV NSS Faser. Sie verfügt über einen undotierten Quarzglaskern, einen fluorin-dotierten Quarzglas-mantel sowie ein hochwertiges Polyimidjacket, das die Kohlenstoffschicht vor Beschädigungen schützt. Das Jacket besitzt eine Zugfestigkeit von 70 kpsi (kilo-pound per square inch) und bleibt auch bei mobilen Applikationen stabil, ohne die Flexibilität der Faser zu beeinträchtigen. Auf der Basis dieser Produktparameter konnte in Laborversuchen eine außergewöhnlich hohe Solarisationsresistenz nachgewiesen werden: Nach 100minütiger Einkopplung von UV-C-Licht mit 214 nm Wellenlänge wies eine Optran® UV NSS Faser von zwei Metern Länge noch immer eine Transmission von 85 Prozent des ursprünglichen Transmissionswerts sowie eine Dämpfung von weniger als 1 dB/m auf. Auch Langzeitbeobachtungen zeigten keinen Einbruch der Übertragungswerte und lieferten insbesondere keinen Nachweis für eine Wasserstoffdiffusion: Änderungen der H2-Konzentration im Quarzglas blieben selbst während einer 13monatigen Überwachungsphase innerhalb

**KONTAKT**  
 CeramOptec GmbH  
 Siemensstr. 44  
 D-53121 Bonn  
 Tel. +49 228 97 96 70  
[www.ceramoptec.com](http://www.ceramoptec.com)