

Hohe Strahlqualität – exzellente Leistungsübertragung: Silberhalogenidfasern für medizinische CO₂-Laser

Anstelle von Spiegelgelenkarmen werden in medizinischen CO₂-Lasern zunehmend auch optische Fasern zur Führung des Laserstrahls eingesetzt. Der Erfolg dieser Lösung steht und fällt jedoch mit der Wahl der richtigen Fasern. Beste Ergebnisse lassen sich mit polykristallinen Fasern aus Silberhalogenid erzielen.

In der Laserchirurgie haben CO₂-Laser seit langem ihren festen Platz. Insbesondere in der Operativen Dermatologie zählen sie heute neben den Nd:YAG-Lasern zu den wichtigsten chirurgischen Instrumenten. Typische Anwendungsgebiete sind unter anderem die kosmetische Narbenbehandlung oder die Entfernung von Hauttumoren. Der Laserstrahl trägt dabei zum einen Gewebestrukturen an der Hautoberfläche ab, indem er die stark wasserhaltigen Hautzellen vaporisiert. Zum anderen regt er durch seine thermische Wirkung Gewebsneubildungen in tieferen Hautschichten an. Medizinische CO₂-Laser arbeiten durchweg mit Infrarotlaserstrahlen von

10,6 m Wellenlänge. Diese Lichtwellenlänge liegt im mittleren Infrarotbereich (MIR) und ist für das menschliche Auge unsichtbar. Als Zielstrahl werden deshalb ergänzende Hilfs-laser eingesetzt.

Faseroptische Strahlführungssysteme im Aufwind

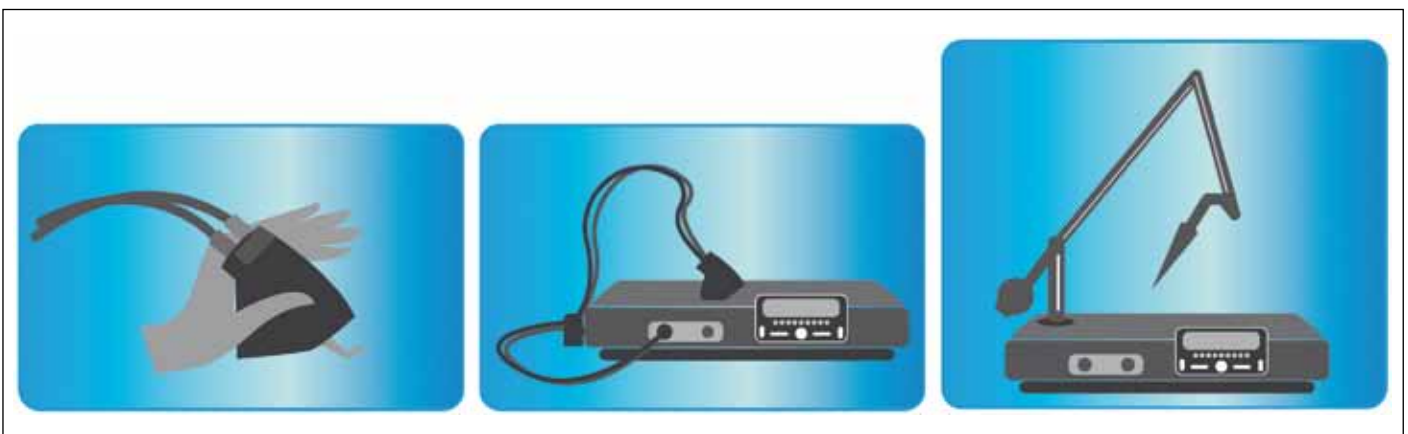
Eigentliches Arbeitsinstrument des Chirurgen ist bei medizinischen CO₂-Lasern das sogenannte Fokussierhandstück.

Um hochpräzise chirurgische Eingriffe optimal zu unterstützen, muss dieses Handstück so flexibel wie möglich handhabbar sein. Kritischer Punkt ist dabei das Führungssystem, über welches der Laserstrahl von der Laserquelle zum Handstück geleitet wird. Dieses System sollte dem Chirurgen ein Maximum an Bewegungsfreiheit garantieren.

Zur Auswahl stehen dabei heute zwei grundlegende Techniken. Am weitesten verbreitet ist die Führung des Laserstrahls über einen Spiegelgelenkarm. Dabei handelt es sich um ein

Strahlführungssystem aus starren Röhren, die über frei bewegliche Gelenke miteinander verbunden sind. In diesen Gelenken sind spezielle Umlenkspiegel montiert, die dafür sorgen, dass der eingekoppelte Laserstrahl in jeder beliebigen Gelenkstellung unverändert durch das Röhrensystem zum Handstück gelangt.

Vorteile dieser Technik sind eine hervorragende Erhaltung der Strahlqualität sowie ein hohes Leistungsübertragungsvermögen. Dem steht jedoch als Nachteil entgegen, dass Spiegelgelenkarme stoßempfindlich und zudem nicht sehr flexibel zu handhaben sind. Fließendere chirurgische Handbewegungen und damit eine insgesamt präzisere Arbeitsweise ermöglichen Strahlführungen über optische Fasern: Die Biegsamkeit der Fasern bietet dem Chirurgen einen größeren Bewegungsspielraum als die Gelenke des Röhrensystems, sodass er problemlos auch filigranste Bewegungen ausführen kann. Zudem sind optische Fasern weniger stoßempfindlich. Etablierte Hersteller von medizinischen CO₂-



▲ Instrument des Chirurgen ist das Fokussierhandstück (links); CO₂-Laser mit faseroptischer Strahlführung (mitte); CO₂-Laser mit Spiegelgelenkarm (rechts)
Copyright: Riba:BusinessTalk GmbH

Lasern bieten ihre Geräte deshalb zunehmend auch mit faseroptischer Strahlführung an.

Wahl des Fasertyps entscheidend

Damit faseroptische Strahlführungssysteme ihre Pluspunkte zur Geltung bringen können, müssen sie allerdings in puncto Strahlqualität und Leistungsübertragung möglichst nahe an das Röhrensystem von Spiegelgelenkarmen heranrücken.

Von zentraler Bedeutung für die Effektivität solcher Strahlführungssysteme ist deshalb die Auswahl geeigneter Fasern. Zum Transport der 10,6 µm Infrarotlaserstrahlen, mit denen medizinische CO₂-Laser agieren, stehen dabei grundsätzlich drei Fasertypen zur Verfügung: klassische Glasfasern mit kompaktem Kern, Hohlkernfasern sowie polykristalline Fasern. Die geringste Eignung für den betreffenden Bereich besitzen letztlich die klassischen Glasfasern, da diese das langwellige Infrarotlicht nur um den Preis hoher Leistungsverluste transportieren.

Als bevorzugte Komponenten in faseroptischen Strahlführungssystemen haben sich deshalb Hohlkernfasern aus Quarz- oder Saphirglas sowie polykristalline Fasern (PC-Fasern) aus Halogenidmaterialien durchgesetzt. Die PC-Fasern scheinen dabei auf den ersten Blick die schwächere Lösung darzustellen. Aufgrund der niedrigen Zerstörungsgrenze von Halogenidmaterialien liegt ihre Leistungsgrenze bei etwa 30 Watt. Geht die Leistung darüber hinaus, droht die Wärmeentwicklung die Struktur der Faser zu beschädigen.

Hohlkernfasern hingegen können ohne Probleme bis zu 1 Kilowatt Laserleistung transportieren. Doch diesen Vorteil können sie in der chirurgischen Praxis nicht ausspielen. Denn hier werden lediglich Leistungen von maximal 25 W benötigt, sodass polykristalline Fasern unverändert eine echte Alternative bleiben. Tatsächlich sind sie sogar mehr als das. Berücksichtigt



▲ **Optran MIR Faser von CeramOptec mit Silberhalogenid-Kern und -Cladding sowie PEEK-Schutzschlauch.**
Copyright: Riba:BusinessTalk GmbH

sichtigt man die für Strahlqualität und Leistungsübertragung relevanten Parameter wie numerische Apertur (NA) und Dämpfung, erweisen sich PC-Fasern als die überlegene Lösung. Während Hohlkernfasern NA-Werte von etwa 0,1 sowie Dämpfungswerte von etwa 0,5 dB/m erreichen, kommen PC-Fasern auf numerische Aperturen zwischen etwa 0,15 und 0,3 sowie eine Dämpfung von 0,3 dB/m und weniger. Ihre niedrigere Leistungsgrenze fällt demgegenüber nicht ins Gewicht.

Silberhalogenidfasern als beste Lösung

Mit Blick auf chirurgische Anwendungen muss nun allerdings auch bei polykristallinen Fasern eine Auswahl unter mehreren verfügbaren Faservarianten getroffen werden. So scheidet hier beispielsweise der älteste, noch heute gebräuchliche PC-Fasertyp, die erstmals 1976 gefertigte KRS-5 Faser, von vornherein aus. Hergestellt aus Thalliumbromidiodid (TlBrI), überzeugt diese Faser zwar durch leichte Formbarkeit und gute Übertragungswerte.

Da Thallium hochgiftig und zudem wasserlöslich ist, kommt die KRS-5 Faser für die hautvaporisierende Laserchirurgie jedoch nicht infrage und kann lediglich in spektroskopischen Anwendungen gefahrlos eingesetzt werden.

Im medizinischen Bereich bedenkenlos einsetzbar, weil ungiftig und zudem flexibler als KRS-5 Fasern sind

dagegen polykristalline Fasern aus Silberhalogenid (AgBrCl).

Sie weisen gerade bei Infrarotstrahlen von 10,6 µm Wellenlänge optimale Übertragungswerte auf und gelten deshalb heute als die besten optischen Fasern zur Führung des Lichtstrahls medizinischer CO₂-Laser.

Silberhalogenidfasern wie die Optran® MIR Fasern von CeramOptec kommen je nach Ausführung auf NA-Werte zwischen 0,11 und 0,25 sowie auf Dämpfungswerte von lediglich 0,2 bis 0,25 dB/m bei verfügbaren Kern-/Manteldurchmessern von 400/500, 600/700 und 860/1000 µm.

Schutz vor Lichteinwirkung wichtig

Wer Silberhalogenidfasern als Komponenten faseroptischer Strahlführungssysteme einsetzt, verfügt somit letztlich über eine Lösung, die hohe Strahlqualität und exzellente Leistungsübertragung gewährleistet und folglich eine echte Alternative zu Spiegelgelenkarmen darstellt. Da Silberhalogenide bei Metallkontakt korrodieren und zudem lichtempfindliche Kristalle sind, die speziell unter Einwirkung von UV-Licht unumkehrbar abdunkeln, müssen für die Erhaltung der optischen Eigenschaften von Silberhalogenidfasern allerdings hinreichende Schutzmaßnahmen getroffen werden.

Hersteller wie CeramOptec bieten deshalb beispielsweise vorkonfektionierte Fasern mit lichtundurchlässigen PEEK-Schutzschläuchen an und stellen so schon ab Werk die hohe Lebensdauer der Fasern sicher.

■ INFO

Kontakt:
Dipl.-Ing. Alexei Solomatine
Manager of R&D medical/industrial
CeramOptec GmbH
Siemensstr. 44
53121 Bonn
Tel.: 0228 97 967 32
Fax: 0228 97 967 99
E-Mail: alexey.solomatin@biolitec.com
www.ceramoptec.de