

Optischer Stufenindex

Bei der Herstellung von »optischen Stufenindex Quarzglas Fasern« sind der Einsatz von Hightech-Produktionsmitteln und langjähriges Know-how entscheidende Faktoren.

In vielen Bereichen der Lasertechnik, Spektroskopie, Analytik, Beleuchtungs- und Medizintechnik ist der Einsatz von Lichtwellenleitern (optischen Fasern) zwingend notwendig, um die gewünschten Ergebnisse zu erzielen. Mit Hilfe von LWL wird Licht im sichtbaren sowie ultravioletten oder infraroten Bereich übertragen.

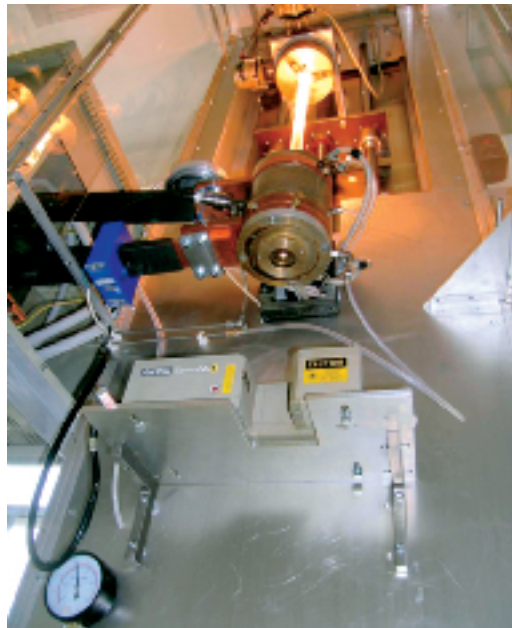
Bei einer Laseranwendung werden zum Beispiel die Lichtimpulse einer bestimmten Wellenlänge vom Laser zum Objekt transportiert, z. B. beim Laserschweißen in der Automobilindustrie. Hierbei lassen sich auch größere Entfernungen vom Laser zum Schweißkopf problemlos überbrücken, da die LWL als konfektioniertes »flexibles Kabel« zum Einsatz kommen.

In der Spektroskopie werden optische Signale verschiedener Wellenlängen vom Messpunkt zum Spektrometer übertragen. In der Medizintechnik werden Lasersonden (LWL) in verschiedensten Applikationen eingesetzt, zu denen Anwendungen in HNO, Dental, Ophthalmologie, Dermatologie u.v.a.m. gehören. Diese Beispiele zeigen die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von optischen Fasern auf.

Die Technologie

Die verwendeten Lichtleiter bestehen je nach Anwendung aus Mineralglas sprich Kieselglas bzw. Quarzglas, d. h. reines Siliciumdioxid (SiO_2), oder es wird organisches Glas (Kunststoff) verwendet. Die Faser besteht aus einem Kern (core), einem Mantel (cladding) und einer Schutzummantelung (coating oder buffer). Der Kerndurchmesser

bewegt sich im Bereich von ca. 50 μm bis 1500 μm .



Das Funktionsprinzip von Lichtwellenleitern beruht auf der Totalreflektion. Der lichtführende Kern dient zur Übertragung des Lichtes. Der Mantel hat eine niedrigere, optische Brechzahl als der Kern. Der Mantel führt daher zu einer Totalreflektion an der Grenzschicht, und somit wird die Strahlung im Kern des Lichtwellenleiters geführt.

Der maximale Winkel, unter dem Licht auf einen Lichtleiter fallen darf, um in diesem noch durch Totalreflektion fortgeführt zu werden, heißt Akzeptanzwinkel. Dies wird auch als numerische Apertur NA bezeichnet ($NA = \sin \alpha_{\text{max}}$, Halbwinkel). Man unterscheidet Gradientenindexfasern, bei denen die Brechzahl in radialer Richtung nach außen hin kontinuierlich abnimmt, und Stufenindexfasern, bei denen sich die Brechzahl vom Kern zum Mantel abrupt ändert.

Erzeugt wird die Brechzahländerung durch eine bestimmte Ablagerung von Germanium- oder Fluor-Schichten auf

der Preform (Vorform), aus der später die Faser gezogen wird. Dadurch erreicht man im Randbereich der Faser eine Dotierung.

Bei den Stufenindex Multimode LWL unterscheidet man hinsichtlich der Verwendbarkeit für Licht bestimmter Wellenlängen zwei verschiedene Quarzkern-Konfigurationen:

- Für Anwendungen im UV-Bereich (ca. 190 nm – 1100 nm) setzt man wasserhaltiges Quarzglas (typisch 700 ppm) ein.

- Im so genannten IR-Bereich (ca. 450 nm – 2.200 nm) benutzt man möglichst wasserfreies Quarzglas (< 0,5 ppm), um die bestmöglichen Transmissionswerte zu erreichen.

Aus diesen Angaben kann man erkennen, dass im Bereich 450 nm bis 1.100 nm beide LWL-Typen eingesetzt werden können.

Das Coating oder Buffer ist eine Schutzbeschichtung gegen mechanische Beschädigungen und besteht meistens aus speziellen Kunststoffen wie Polyamid, Acrylat oder Silikon, welche die Faser

auch vor Feuchtigkeit schützen. Darauf erfolgt oft noch eine zusätzliche Beschichtung mit Nylon oder Teflon, so dass hierdurch bereits eine Art Faserkabel entsteht. Eine Beschichtung mit Teflon schützt den LWL auch besonders gegen chemische Umgebungseinflüsse.

Der Herstellungsprozess

Lichtwellenleiter werden in verschiedenen Verfahrensschritten hergestellt, um die besten mechanischen, geometrischen und optischen Eigenschaften zu erreichen. Fast immer wird zunächst eine so genannte Vorform (Preform) hergestellt. Dies ist ein Glasstab mit ca. 25 mm Durchmesser und einer Länge von ca. 1.200 mm, welcher aus Kern (core) und Mantelglas (clad) besteht. Diese Preform entspricht im Verhältnis von geometrischer Abmessung und Brechzahlprofil genau dem LWL, der daraus entstehen soll.

Der Autor

Peter Tänzler ist Manager Sales & Marketing der LightGuideOptics Germany GmbH, Rheinbach.

Diese Preform entsteht durch unterschiedliche Dotierungen während einer Glasabscheidung aus der Gasphase. Das häufigste benutzte Verfahren ist das »Plasma-Outside-Depositions-Verfahren« (POD-Verfahren). Stäbe aus höchst reinem synthetischem Quarzglas werden mit Fluor-dotierten Quarzglas-schichten beschichtet, um Vorformen mit stufenförmigen Brechungsindexprofilen zu erhalten. Plasma-Brenner bereiten die Reaktionsverbindungen ausgehend von SiCl_4 , O_2 und einem fluorhaltigen Gas vor. Starke Wärmegradienten in Kombination mit dem Hochtemperatur-Plasma führen zu chemischen Abscheidungsbedingungen, die es erlauben, sehr hohe Fluor-Konzentrationen in das Quarzglasnetzwerk einzubinden. Eine Vorform wird als große Mutterform hergestellt, die zu Stäben gezogen und geschnitten wird, die für das Ziehen von Fasern geeignet sind. Diese Stäbe bilden eine Charge und stellen eine Einheit bei der Qualitätskontrolle dar (Quelle: Heraeus Quarzglas GmbH & Co KG).

Aus einer Preform können bis zu mehreren Kilometer Faser gezogen werden. Während der Herstellung werden höchste Ansprüche an Sauberkeit und Reinheit der chemischen Prozesse gestellt. Daher findet der gesamte Prozess unter Reinraumbedingungen statt.

Beim Verziehen eines LWL wird die Preform in einer Halterung oben in einem so genannten Ziehturm eingespannt. Dieser Ziehturm hat eine Höhe von ca. 10 m. Das untere Ende der Preform läuft durch ein ringförmiges Heizelement mit einer Temperatur von mehr als 2.000 °C. Der LWL wird von der schmelzenden Preform nach unten gezogen.

Nach dem Anfahren wird der LWL dann mit Hilfe eines per Motor angetriebenen Rades in unterschiedlichen Geschwindigkeiten gezogen. Je nach Faserdurchmesser erreicht man Ziehgeschwindigkeiten bis zu 300 m/min.

Dabei verändern sich die geometrischen Verhältnisse von Mantel und Kernglas nicht. Es erfolgt eine Laser-unterstützte Durchmesserkontrolle an mehreren Stellen. Anschließend werden zusätzliche

Beschichtungen zur Stabilität der Faser aufgebracht und teilweise mit Hilfe von UV-Lampen ausgehärtet.

Je nach Ausführung des LWL sind diese Beschichtungen spezielle Lacke oder Kunststoffe, welche beim Durchlauf durch einen Extruder aufgebracht werden. Während des Fertigungsprozesses erfolgen auch eine Exzentrizitätsprüfung und eine Kontrolle der Zugfestigkeit. Abschließend wird der LWL auf Spulen aufgewickelt.

Von jedem gefertigten LWL wird ebenfalls ein Fertigungs- und Messprotokoll angefertigt, in dem die geometrischen Istwerte und die Dämpfungswerte protokolliert werden. Mit Hilfe des Fertigungsprotokolls kann man lückenlos den gesamten Fertigungsvorgang und die Herkunft der Preform nachvollziehen.

Ausblick

Das Unternehmen LightGuideOptics Germany GmbH kann auf mehr als 20-jährige Erfahrung in der Fertigung von LWL aus Quarzglas zurückblicken und gehört mit mehr als 60 Mitarbeitern zu den größten und führenden Herstellern auf diesem Gebiet. Jährlich werden mehrere tausend Kilometer Glasfaser produziert und weiterverarbeitet. Die Herstellung von LWL benötigt nicht nur Hightech-Technologien, sondern auch über Jahrzehnte entstandenes Know-how. Vor diesem Hintergrund wurden auch patentierte Entwicklungen im Bereich verschmolzene Faserbündel oder sortierte Faserbündel entwickelt, welche nahezu einzigartig sind.

Light Guide Optics Germany GmbH ist ISO zertifiziert und liefert die Lichtwellenleiter weltweit an Kunden in allen Kontinenten aus. Der Sitz des Unternehmens ist in Rheinbach bei Bonn, die Fertigung der LWL-Produkte erfolgt im Tochterunternehmen Z-Light Ltd. in Lettland.

KENNZIFFER 046

LightGuideOptics Germany GmbH
www.lgoptics.de