

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 68 (1990)

Heft: 5

Artikel: Accroissement de la productivité d'une méthode de fabrication des fibres optiques monomodales = Erhöhung der Produktivität einer Methode zur Herstellung von optischen Monomodefaseren

Autor: Sandoz, Frédéric / Cochet, François / Piffaretti, José

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-876203>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 12.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Accroissement de la productivité d'une méthode de fabrication des fibres optiques monomodales*

Erhöhung der Produktivität einer Methode zur Herstellung von optischen Monomodefaser*

Frédéric SANDOZ, François COCHET et José PIFFARETTI, Cortaillod

Zusammenfassung. Die Herstellung einer optischen Monomodefaser beruht auf dem Ziehen einer Vorform, die die gleichen Eigenschaften aufweist wie die Faser selber. Die Vorform wird beispielsweise aus einem Quarzglasrohr gewonnen, in das der Faserkern vor dem Kollabieren mit der Methode des Abscheidens aus der Gasphase eingefügt wird. Diese Methode ist zu langsam, und die Länge der ausgezogenen Faser ist begrenzt. Es wird das Umhüllungsverfahren als eine Verbesserung des Vorganges beschrieben, das es erlaubt, schneller zu produzieren und doppelt so lange Fasern zu ziehen. Probleme, die sich aus der Umhüllungstechnik ergeben, wie die Diffusion der OH-Ionen während des Faserziehens oder die mechanischen Eigenschaften der mit dieser Methode fabrizierten Faser, werden behandelt. Zum Schluss werfen die Autoren einen positiven Blick in die Zukunft dieser in der Praxis erprobten und angewendeten Methode.

Résumé. La fabrication d'une fibre optique monomodale repose sur l'étirage d'une préforme ayant les mêmes propriétés que la fibre elle-même. La préforme est, par exemple, obtenue à partir d'un tube de quartz dans lequel on a introduit le cœur de la fibre, avant le rétreint par déposition chimique en phase gazeuse. Cette méthode est trop lente et la longueur des fibres étirées est limitée. Un procédé de manchonnage est décrit en tant qu'amélioration permettant de travailler plus rapidement et d'étirer des fibres deux fois plus longues. Les problèmes découlant de cette technique de manchonnage, tels que la diffusion des ions OH pendant l'étirage ou les propriétés mécaniques des fibres ainsi obtenues. Pour terminer, les auteurs portent un jugement positif sur l'avenir de cette méthode qui a fait ses preuves et qui est utilisée en pratique.

Aumento della produttività di un metodo di fabbricazione di fibre ottiche monomodali

Riassunto. La fabbricazione di una fibra ottica monomodale è basata sul tiro di una preforma che ha le stesse caratteristiche della fibra. La preforma è ottenuta per esempio da un tubo di quarzo in cui è stato introdotto il nucleo della fibra prima del collassamento per deposizione chimica in fase gassosa. Questo metodo è troppo lento e la lunghezza delle fibre tirate è limitata. Gli autori descrivono un nuovo metodo di fabbricazione basato su un sistema a manicotti che permette di lavorare più rapidamente e di tirare fibre due volte più lunghe e trattano i problemi relativi a questa nuova tecnica come la diffusione di ioni OH durante il tiro o le caratteristiche meccaniche delle fibre così fabbricate. Per finire gli autori esprimono un giudizio positivo sul futuro di questo metodo già sperimentato e applicato.

1 Introduction

Aujourd'hui la fibre optique est introduite dans pratiquement toutes les nouvelles installations de télécommunication à longue et moyenne distance. Seul le réseau d'abonné fait encore exception. La fibre la plus utilisée est la fibre monomodale, qui semble devoir, à plus long terme aussi, s'imposer jusque chez l'abonné.

Mis à part l'amélioration continue de la qualité et des performances de la fibre, telle que la possibilité d'utilisation en 3^e fenêtre, le principal problème qui se pose aux producteurs de fibres est celui de l'augmentation de la productivité, afin qu'il soit possible de répondre à la demande croissante du marché et de baisser les coûts de production.

Les auteurs décrivent une technique de manchonnage qui permet d'obtenir de plus grandes longueurs de fibre à partir d'une préforme fabriquée par la méthode modifiée de déposition chimique en phase gazeuse MCVD (Modified Chemical Vapor Deposition). Les problèmes soulevés par l'introduction de cette technique sont discutés et les solutions possibles abordées.

2 Structure et composition d'une fibre monomodale

Une fibre optique monomodale est constituée d'un cœur en silice d'environ 9 µm de diamètre et d'un man-

1 Einleitung

Heute werden Glasfasern praktisch in allen neuen Fernmeldeanlagen des Fern- und Bezirkskabelnetzes verwendet. Nur das Teilnehmernetz macht noch eine Ausnahme. Am meisten verbreitet ist die Monomodefaser, die sich längerfristig wohl auch für den Anschluss der Abonnenten aufdrängen wird.

Neben der ständigen Verbesserung der Qualität und Leistungsfähigkeit – als Beispiel sei die Verwendbarkeit der Fasern im dritten optischen Fenster genannt – besteht für die Faserproduzenten hauptsächlich das Problem der Produktivitätssteigerung. Diese wird im Hinblick auf die wachsenden Anforderungen des Marktes und die Herabsetzung der Produktionskosten angestrebt.

Die Autoren beschreiben eine sogenannte Umhüllungstechnik. Sie ermöglicht es, aus einer nach dem MCVD-Prinzip (Modified Chemical Vapor Deposition) hergestellten Faservorform wesentlich längere Fasern zu ziehen als bisher. Die Probleme, die mit der Einführung dieser Technik verbunden sind, werden diskutiert und Lösungsmöglichkeiten gezeigt.

2 Aufbau und Zusammensetzung einer Monomodefaser

An einer aus Quarzglas bestehenden Monomodefaser unterscheidet man einen Kern- und einen Mantelbereich

* Le projet a été financé partiellement par l'Entreprise des PTT dans le cadre de son programme de développement.

* Das Projekt wurde durch die PTT-Betriebe im Rahmen der Forschungs- und Entwicklungsprogramme teilweise finanziert.

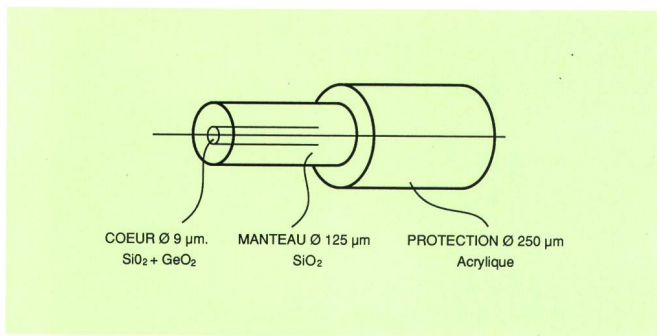


Fig. 1
Structure et composition d'une fibre monomodale – Struktur und Zusammensetzung einer Monomodefaser
 Cœur – Kern
 Manteau – Mantel
 Protection acrylique – Schutz aus Acrylat

teau, également en silice, de 125 µm de diamètre. Une couche de résine acrylique d'environ 250 µm de diamètre protège la surface contre les agressions extérieures (fig. 1).

Un indice de réfraction plus élevé dans le cœur que dans le manteau confère à la fibre ses propriétés de guidage. Mais lorsque des signaux lumineux parcourent une fibre optique monomodale, la lumière se propage non seulement à l'intérieur du cœur mais aussi dans la partie centrale du manteau. Pour que la lumière puisse se propager sans trop de pertes sur de longues distances, il est nécessaire de recourir à de la silice synthétique pour former le cœur et la partie centrale du manteau, appelé manteau optique. La différence d'indice est obtenue en dopant le cœur avec du germanium.

3 Procédé de fabrication

La fabrication d'une fibre optique comprend toujours deux opérations principales:

- la fabrication d'une préforme
- l'étirage de la préforme.

Une préforme est un barreau de silice d'environ 1 mètre de longueur et quelques centimètres de diamètre qui présente la même structure et la même composition que la fibre qui sera obtenue après étirage.

Il existe plusieurs procédés pour fabriquer les préformes. Dans certains cas, la préforme est entièrement synthétisée par le fabricant, dans les autres seule sa partie centrale l'est. Le procédé décrit dans cet article appartient au deuxième groupe, connu sous le nom de méthode modifiée de déposition chimique en phase gazeuse MCVD.

31 Fabrication des préformes par le procédé de déposition chimique en phase gazeuse

Le matériau de départ utilisé dans le procédé par déposition chimique en phase gazeuse MCVD est constitué par un tube de silice. Le procédé consiste à déposer la silice synthétique à l'intérieur de ce tube puis à le rétreindre de manière à obtenir une préforme.

mit etwa 9 µm bzw. 125 µm Durchmesser. Eine Beschichtung aus Acrylatharz mit einem Aussendurchmesser von etwa 250 µm schützt die Faser Oberfläche vor Angriffen von aussen (Fig. 1).

Die lichtleitenden Eigenschaften der Faser werden dadurch erreicht, dass der Brechungsindex im Kern größer ist als im Mantelbereich. Wenn nun Lichtsignale eine Monomodefaser durchlaufen, breitet sich das Licht nicht nur im Innern des Kerns, sondern auch im innersten Teil des Mantels aus. Damit sich das Licht möglichst verlustfrei auf lange Distanzen ausbreiten kann, ist es nötig, für den Ausbau des Kerns und inneren Mantels, auch optischer Mantel genannt, synthetisches Quarzglas zu verwenden. Die Unterschiede des Brechungsindex werden durch Dotierung des Quarzglases mit Germanium im Kernbereich erreicht.

3 Herstellungsverfahren

Die Fabrikation einer optischen Faser umfasst immer zwei Hauptoperationen:

- Die Herstellung einer Faservorform
- das Ausziehen der Faservorform zu einer Faser.

Eine Faservorform ist ein Quarzglasstab von etwa 1 Meter Länge und einigen Zentimetern Durchmesser. Sie hat den gleichen Aufbau und dieselbe Zusammensetzung wie die durch das Ausziehen entstehende Faser.

Es gibt verschiedene Verfahren zur Herstellung der Vorformen. Bei einigen davon wird die Vorform vollständig synthetisiert, bei anderen nur deren zentraler Teil. Das in diesem Artikel beschriebene Herstellungsverfahren gehört zur zweitgenannten Gruppe, unter der Bezeichnung MCVD-Verfahren bekannt.

31 Herstellung von Faservorformen mit dem MCVD-Verfahren

Das im MCVD-Verfahren verwendete Ausgangsmaterial ist ein Quarzglasrohr. Das Herstellungsverfahren besteht darin, im Innern des Rohres mit MCVD synthetisches Quarzglas abzuscheiden und das Rohr anschließend durch Kollabieren in einen massiven Glasstab (Vorform) überzuführen.

311 Abscheidung des optischen Mantels und des Kerns

Das synthetische Quarzglas erhält man durch Reaktion einer Gasmischung aus Sauerstoff und Siliziumtetrachlorid (SiCl_4) bei hohen Temperaturen. Beim MCVD-Verfahren (Fig. 2) lässt man diese Gasmischung durch das Quarzglasrohr fließen und führt die für die Oxidationsreaktion nötige Wärme (1700 °C) mit einem Knallgasbrenner zu. Das Reaktionsprodukt fällt in Form feinsten Partikel an. Diese lagern sich an der Rohrwand an und werden durch die zugeführte Wärme zu Glas geschmolzen.

In der Praxis läuft dieser Vorgang ab, während dem das Quarzglasrohr auf einer Glasbläserdrehbank montiert

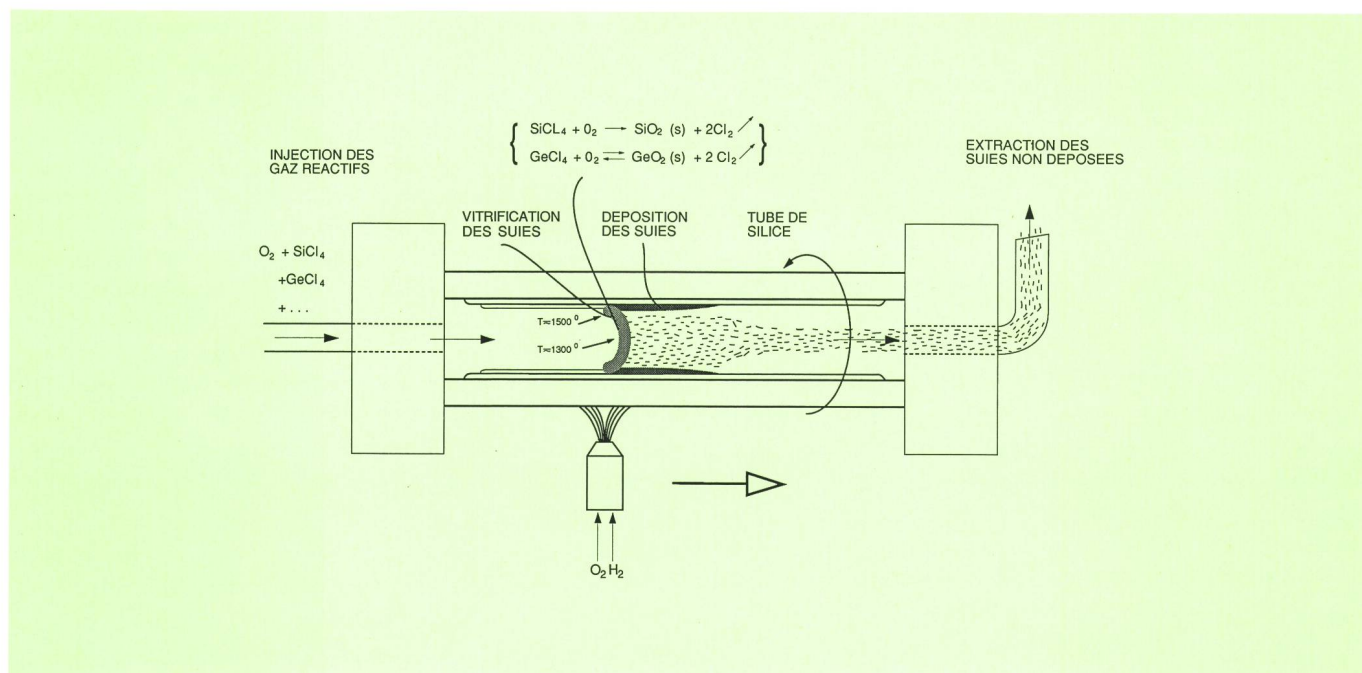


Fig. 2
Schéma de principe d'une installation de fabrication de préforme – Prinzipschema einer Anlage für die Vorformherstellung

Injection des gaz réactifs – Zufuhr der Reaktionsgase
 Vitrification des suies – Verglasung des Abscheidens
 Déposition des suies – Poröses Quarzglas-Abscheiden

Tube de silice – Quarzglasrohr
 Extraction des suies non déposées – Ableitung des unverbrauchten Materials

311 Dépôt du manteau optique et du cœur

La silice synthétique s'obtient en faisant réagir à haute température un mélange gazeux d'oxygène et de chlorure de silicium. Dans le procédé par dépôt chimique en phase gazeuse MCVD (*fig. 2*), on fait circuler ce mélange à l'intérieur du tube et la chaleur nécessaire à la réaction est fournie par un chalumeau oxyhydrique ($T = 1700^\circ\text{C}$). Les produits de la réaction d'oxydation se présentent sous la forme de suies qui se déposent sur la paroi intérieure du tube où elles sont vitrifiées sous l'action de la chaleur.

En pratique, cette opération de dépôt se fait avec le tube monté sur un tour verrier. Il est en effet indispensable de faire tourner le tube de manière à éviter des déformations de la zone chaude sous l'effet de la gravitation. Le chalumeau oxyhydrique est fixé sur un chariot qui se déplace à vitesse constante le long du tube, pour obtenir un dépôt de silice uniforme. La déposition se fait en plusieurs couches, c'est-à-dire en plusieurs passes de chalumeau. On ajoute au mélange de gaz les dopants nécessaires pour contrôler l'indice de réfraction: fluor sous forme de CCl_2F_2 (fréon 12) pour abaisser l'indice de réfraction du manteau optique, chlorure de germanium (GeCl_4) pour relever celui du cœur. On incorpore en outre du phosphore sous forme d'oxychlorure (POCl_3) lors de la déposition du manteau optique afin d'abaisser la température de vitrification des suies.

312 Rétreint

L'opération de rétreint se fait en deux ou trois passes du chalumeau porté à plus haute température ($T = 2000^\circ\text{C}$). Ce sont essentiellement les forces de tension superficielles et la pression de la flamme du chalumeau qui agissent dans cette opération.

ist. Das Rohr wird dabei gedreht, um eine Deformation der erhitzten Zone durch Gravitation zu verhindern. Der Knallgasbrenner ist auf einem Wagen montiert, der sich mit konstanter Geschwindigkeit entlang des Rohrs bewegt. Die Lateralbewegung des Brenners ist nötig, um eine regelmässige Quarzglasablagerung zu erhalten. Die Abscheidung geschieht in mehreren Schichten. Jede Schicht entspricht einem Brennerdurchgang. Der Gas-mischung werden die zur Kontrolle des Brechungsindex nötigen Dotierelemente zugegeben: Fluor wird in Form von CCl_2F_2 (Freon 12) zugegeben, es dient der Herabsetzung des Brechungsindex des optischen Mantels; Germanium wird als Germaniumtetrachlorid (GeCl_4) zugegeben, zur Erhöhung des Brechungsindex des Kerns. Zur Herabsetzung der Schmelztemperatur wird zudem während der Abscheidung des optischen Mantels Phosphor in Form von Phosphoroxychlorid (POCl_3) zugesetzt.

312 Kollabieren

Der Kollabievorgang wird in zwei bis drei Brennerdurchgängen bei erhöhter Temperatur ($T = 2000^\circ\text{C}$) ausgeführt. Dabei sind die Oberflächenspannung und der Flammendruck massgebend.

Während des Kollabierens verflüchtigt sich das in der letzten Kernschicht enthaltene Germanium teilweise, was zur typischen Ausbildung einer kleinen Depression des Brechungsindex führt. Dieser Effekt wird durch Wegätzen der germaniumverarmten Zone mittels Flusssäure (HF) ausgeglichen. Die Flusssäure erhält man durch Zersetzung von Freon bei hoher Temperatur. Dieser Vorgang findet unmittelbar vor dem letzten Kollabierdurchgang statt.

Pendant le rétreint, le germanium contenu dans la dernière couche de cœur se volatilise partiellement, ce qui produit une dépression de l'indice de réfraction («dip»). Pour corriger cet effet, la zone appauvrie en germanium est attaquée à l'acide fluorhydrique, obtenu par décomposition de fréon à haute température. Cette passe d'attaque précède immédiatement la passe finale de rétreint.

32 Etirage des préformes

Les préformes sont étirées sur des tours d'étrirage pouvant atteindre plus de 10 mètres de hauteur (fig. 3). La préforme suspendue verticalement au sommet de la tour est introduite progressivement dans un four annulaire. L'extrémité inférieure de la préforme est portée à la température de ramollissement de la silice ($T = 2100\text{ }^{\circ}\text{C}$). L'amorçage du procédé commence par la formation d'une goutte qui tombe en restant suspendue à un fil. Ce fil est alors passé à travers les filières d'application de la résine acrylique, puis à travers les fours à rayons ultraviolets où la résine est polymérisée. Enfin le fil est repris par un cabestan de tirage puis enroulé sur une bobine de réception.

La structure et la composition de ce fil sont identiques à celles de la préforme. Pour obtenir une fibre optique, il convient encore de lui donner le bon diamètre. Ce dernier est mesuré sans contact immédiatement à la sortie du four et le résultat de cette mesure est utilisé pour asservir la vitesse du cabestan de tirage. La vitesse d'étrirage dépend, entre autres facteurs, de la hauteur de la tour d'étrirage, dans la mesure où celle-ci limite le temps disponible pour refroidir la fibre avant l'application du revêtement acrylique.

33 Limites du procédé de fabrication standard

Le procédé de fabrication décrit ci-dessus peut être considéré comme le procédé standard appliqué très récemment encore par la plupart des fabricants de fibres optiques utilisant la technologie de déposition chimique en phase gazeuse MCVD ou ses dérivés. Les principales limites spécifiques à ce procédé sont les suivantes:

- *Dimensions du tube de déposition:* les tubes utilisés habituellement ont un diamètre extérieur de 25 mm et une épaisseur de paroi de 3 mm. Des épaisseurs de parois plus importantes ne permettent plus d'assurer un transfert de chaleur suffisant pour la vitrification des suies. En outre, l'utilisation de tubes avec des sections plus grosses soulève des difficultés lors du rétreint. La longueur étirable des préformes obtenues avec les tubes définis ci-dessus est typiquement de 10 km.
- *Qualité du tube:* les tubes disponibles actuellement sur le marché sont en silice naturelle et contiennent des impuretés et des inclusions qui peuvent affecter soit les propriétés de transmission, soit les propriétés mécaniques des fibres. L'impureté la plus mobile est constituée par des ions OH qui, en diffusant à travers

32 Ausziehen der Vorform zur Faser

Die Vorformen werden auf Ziehtürmen von mehr als 10 m Höhe (Fig. 3) zu Fasern ausgezogen. Die Vorform wird zuoberst auf dem Ziehturm vertikal montiert und fortschreitend in einen Ringofen eingeführt. Das untere Ende der Vorform wird so bis zum Erweichungspunkt von Quarzglas ($T = 2100\text{ }^{\circ}\text{C}$) erhitzt. Der Ziehvorgang beginnt mit der Ausbildung eines Glaspfens, der sich unter der Wirkung seines Gewichtes langsam gegen unten bewegt, aber durch einen feinen Glasfaden mit der Vorform verbunden bleibt. Dieser Faden durchläuft dann die Trichter, in welchen die Acrylharzschichten appliziert werden, und die UV-Strahler, in denen die Polymerisation der Acrylharze geschieht. Danach wird die nun fertige Faser über eine Abzugrolle geführt und auf eine Spule gewickelt.

Struktur und Zusammensetzung der Faser sind mit jener der Vorform identisch. Um jedoch eine optische Faser

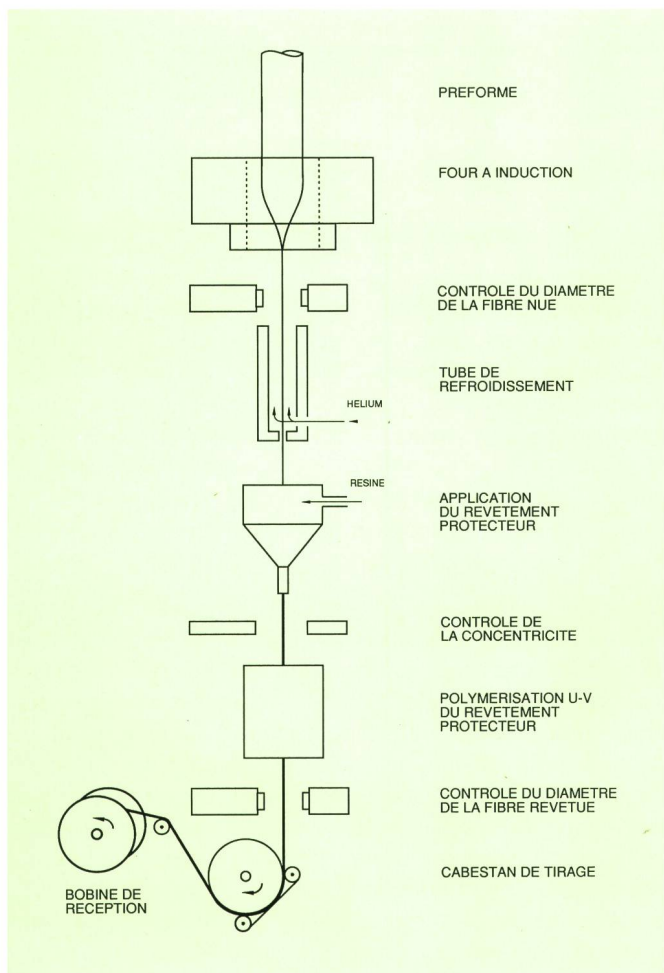


Fig. 3
Schéma de principe d'une tour d'étrirage – Prinzipschema eines Faserziehturmes
Préforme – Vorform
Four à induction – Induktionsofen
Contrôle du diamètre de la fibre nue – Durchmesserkontrolle der nackten Faser
Tube de refroidissement – Kühlrohr
Application du revêtement protecteur – Anbringen des Schutzüberzuges
Contrôle de la concentricité – Konzentritätskontrolle
Polymérisation UV du revêtement protecteur – UV-Polymerisation des Schutzüberzuges
Contrôle du diamètre de la fibre revêtue – Durchmesserkontrolle der beschichteten Faser
Cabestan de tirage – Abzugrolle
Bobine de réception – Aufnahmerolle

le manteau vers le cœur de la fibre, peuvent contribuer à l'augmentation de son affaiblissement optique.

- *Lenteur du procédé de rétreint*: le procédé de déposition et de vitrification de la silice synthétique est, de par sa nature, un procédé lent. Une passe de déposition sur un tube de 1 mètre de long prend environ 8 minutes, et l'on compte normalement 12 passes pour le manteau optique et 7 passes pour le cœur. Une passe de rétreint prend plus d'une heure.

4 Manchonnage

La technique du manchonnage* permet d'augmenter la longueur étirable des préformes, d'améliorer la productivité des machines et de diminuer la proportion de silice synthétisée par le fabricant de fibres. Elle consiste à placer une préforme fabriquée par le procédé standard dans un tube de silice naturelle supplémentaire. Une préforme prévue pour le manchonnage présente évidemment un cœur plus gros de manière à conserver les caractéristiques géométriques de la fibre. Un profil d'indice typique est représenté à la *figure 4*.

Pratiquement cette opération se déroule de la manière suivante (*fig. 5*). La préforme est introduite dans un tube fixé sur un tour verrier. On effectue ensuite, à l'une des extrémités, une première soudure entre le tube de manchonnage et la préforme. Puis on crée un vide entre la préforme et le tube et l'on procède à une soudure de scellement à l'autre extrémité de la préforme. Le rétreint du tube manchon se fait naturellement lors de l'étirage lorsque la préforme pénètre dans le four annulaire. Cette technique permet, à priori, d'envisager de multiplier la longueur étirable des préformes par un facteur compris entre 2 et 6.

* Cette technique est appelée en langue anglaise procédé «Rod-in-Tube».

der richtigen Dimension zu erhalten, muss während des Ziehvorgangs unmittelbar nach dem Austritt aus dem Ofen der Faserdurchmesser kontaktfrei gemessen werden. Dieser Parameter dient der Regelung der Drehgeschwindigkeit der Abzugrolle. Die Faserziehgeschwindigkeit hängt unter anderem auch von der Höhe des Ziehturms ab, da diese den für die Abkühlung der Faser vor der Acrylatbeschichtung zur Verfügung stehenden Zeitraum begrenzt.

33 Grenzen des gewöhnlichen Fabrikationsprozesses

Das oben beschriebene Herstellungsverfahren war bis vor kurzem das Standardverfahren der Mehrheit aller Hersteller, die mit MCVD oder verwandten Technologien Fasern produzieren. Die wichtigsten spezifischen Grenzen dieses Verfahrens sind folgende:

- *Abmessungen des Abscheidungsrohres*: Die üblicherweise verwendeten Rohre haben einen Aussendurchmesser von 25 mm und eine Wandstärke von 3 mm. Bei grösseren Wandstärken kann der für die Glasbildung benötigte Wärmetransfer nicht mehr gewährleistet werden. Zudem ergeben Rohre mit grösseren Querschnitten Schwierigkeiten beim Kollabieren. Die oben beschriebenen Rohre führen zu Vorformen mit einer ausziehbaren Faserlänge von typisch 10 km.
- *Qualität des Rohres*: Die gegenwärtig am Markt erhältlichen Rohre werden aus natürlichem Quarz hergestellt. Sie enthalten daher Verunreinigungen und Einschlüsse, die sowohl die Übertragungs- als auch die mechanischen Eigenschaften der Fasern beeinflussen können. Die chemisch mobilste Verunreinigung besteht aus OH-Ionen, die, durch den Mantel in den Faserkern diffundierend, zu einer Erhöhung der optischen Dämpfung beitragen können.

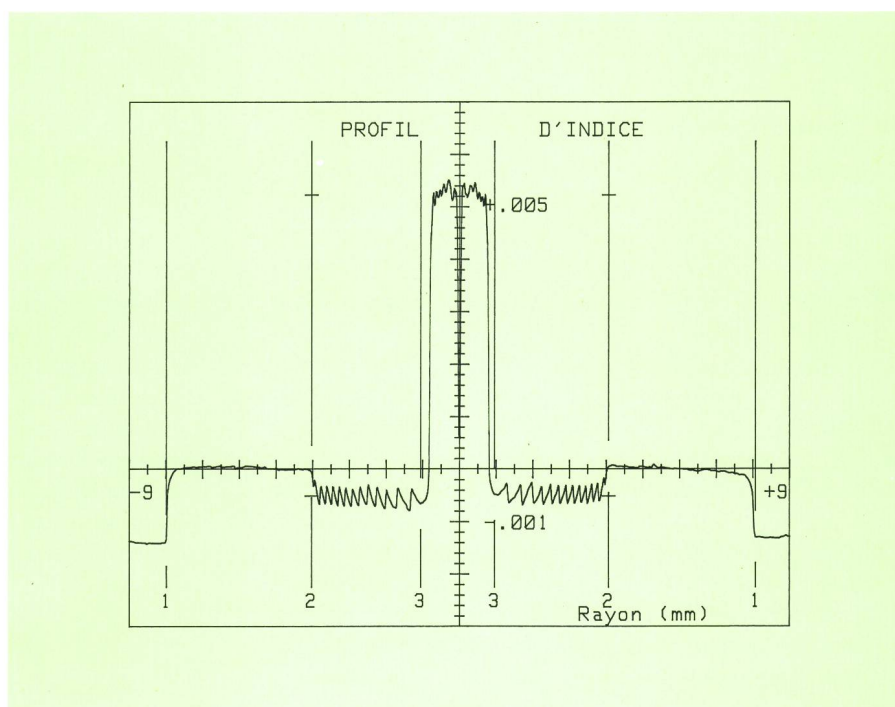


Fig. 4
Profil d'indice d'une préforme destinée au manchonnage – Indexprofil einer für die Umhüllung bestimmten Vorform
Profil d'indice – Indexprofil
Rayon – Radius

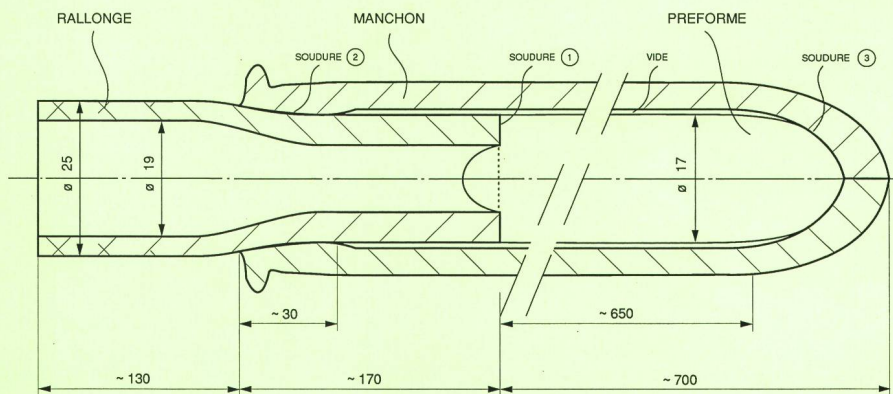


Fig. 5
Coupe longitudinale d'une préforme manchonnée – Längsschnitt durch eine mit Umhüllung hergestellte Vorform
 Rallonge – Verlängerung
 Manchon – Umhüllung
 Soudure – Schweissstelle
 Vide – Vakuum
 Préforme – Vorform

41 Problèmes posés par la technique du manchonnage

La pratique du manchonnage fait appel à l'habileté des opérateurs mais ne soulève pas de difficultés majeures. Le recours au vide entre la préforme et le tube manchon apporte une solution aux problèmes de concentricités cœur-fibre. La présence de ce vide accélère par ailleurs le processus de rétreint du tube manchon et supprime une limite pratique à la vitesse d'étirage.

En revanche, des modifications doivent être apportées à la structure des préformes et aux conditions d'étirage afin de garantir un affaiblissement équivalent à celui obtenu par le procédé standard. Enfin, il s'avère nécessaire de procéder à un polissage de la surface extérieure du tube manchon, pour qu'il conserve les mêmes propriétés de résistance mécanique.

42 Rôle du manteau optique

Dans une fibre monomodale standard, le cœur ne conduit qu'environ 80 % de la lumière. Le reste se propage à l'extérieur. C'est pourquoi il est nécessaire que non seulement le cœur, mais aussi la partie centrale du manteau optique soient faits d'une silice extrêmement pure. La fibre en silice la plus pure (non dopée) présente un coefficient d'atténuation optique de l'ordre de 0,29 dB/km à 1300 nm. La présence de certaines impuretés affecte ce coefficient de manière draconienne. L'impureté la plus gênante dans la silice naturelle est constituée par les ions OH qui engendrent deux pics d'absorption situés, le plus important à 1390 nm, le second à 1240 nm, c'est-à-dire de part et d'autre de la fenêtre d'utilisation principale (1270-1340 nm). L'affaiblissement supplémentaire dû à une concentration de 1 ppm d'ions OH est de l'ordre de 40 dB/km à 1390 nm. Sa contribution à 1340 nm représente encore 5 % de la hauteur totale du pic. Le cahier des charges en vigueur aujourd'hui

– *Langsamkeit des Kollabivorganges:* Der Abscheidungs- und Verglasungsprozess des synthetischen Quarzglas ist an sich schon ein langsamer Vorgang. Ein Abscheidendurchgang auf einem Rohr von 1 m Länge nimmt etwa 8 Minuten in Anspruch, und normalerweise muss man 12 Durchgänge für den optischen Mantel und 7 für den Kern ausführen. Ein Kollabierdurchgang dauert mehr als eine Stunde.

4 Umhüllung

Die Umhüllungstechnik* erlaubt eine wesentliche Erhöhung der ausziehbaren Faserlänge je Vorform, eine Steigerung der Produktivität der Herstellungsanlagen und eine Verminderung des Anteils des synthetisierten Quarzglas. Die Technik besteht darin, eine nach dem Standardverfahren hergestellte Faservorform in ein zusätzliches Rohr aus natürlichem Quarzglas zu bringen. Eine für die Umhüllung vorgesehene Vorform hat natürlich einen grösseren Kern, damit die Geometrie der Faser erhalten bleibt. Ein typisches Brechungsindexprofil ist in *Figur 4* wiedergegeben.

In der Praxis läuft die Herstellung (*Fig. 5*) wie folgt ab: Die Vorform wird in ein auf einer Glasbläserdrehbank montiertes Glasrohr eingebracht. Anschliessend werden Vorform und Rohr am einen Ende miteinander verschmolzen. Danach wird der Hohlraum zwischen Vorform und Rohr evakuiert und das andere Ende durch Verschmelzen von Vorform und Rohr verschlossen. Das Zusammenziehen des Rohres auf den Aussendurchmesser der Vorform geschieht kontinuierlich während des Faserziehvorgangs, wenn die Vorform in den Ringofen eindringt. Diese Technik erlaubt eine Vervielfachung der ausziehbaren Länge der Vorform um einen Faktor zwischen 2 und 6.

* Diese Technik wird im Englischen als «Rod-in-Tube»-Verfahren bezeichnet.

[1] impose au pic OH une limite supérieure de 3,0 dB, ce qui correspond à une concentration maximale d'ions OH de l'ordre de 0,06 ppm. L'influence du pic OH sur les valeurs maximales d'affaiblissement dans la fenêtre 1270-1340 nm est illustrée par la *figure 6*.

La principale source d'ions OH est constituée par le tube utilisé pour la déposition. Le recours à des réactifs de grade électronique (qualité MOS, classe de dépoussiérage 0) et l'application des techniques usuelles de lutte contre la pénétration de l'humidité ambiante permettent de s'affranchir des autres sources.

Afin d'éviter que les ions OH contenus dans le tube de déposition ne diffusent trop loin en direction du cœur, il est nécessaire de déposer une épaisseur de silice synthétique suffisante pour que le manteau optique puisse jouer le rôle de barrière de diffusion (*fig. 7*).

43 Limite supérieure du diamètre du manteau optique

Les tubes de déposition en silice naturelle utilisés aujourd'hui contiennent environ 200 ppm OH. Le diamètre du manteau optique déposé dans le procédé standard (sans manchonnage) est de 8 mm sur préforme, ce qui donne 60 μm sur fibre. Ces dimensions sont suffisantes pour contrôler la diffusion des ions OH en direction du cœur pendant les opérations de déposition (1700 °C) et de rétreint (2000 °C), et garantissent un pic OH inférieur à 3,0 dB/km. Si l'on voulait passer à la technique du manchonnage sans changer le diamètre du manteau optique sur fibre, il faudrait normalement augmenter en conséquence le diamètre du manteau optique déposé sur préforme. Dans ces conditions on garantirait l'obtention d'un pic OH égal à celui obtenu avec les préformes standards. Mais l'expérience montre que, si l'on augmente le diamètre du manteau optique déposé sur préforme, on obtient après étirage des fibres qui pré-

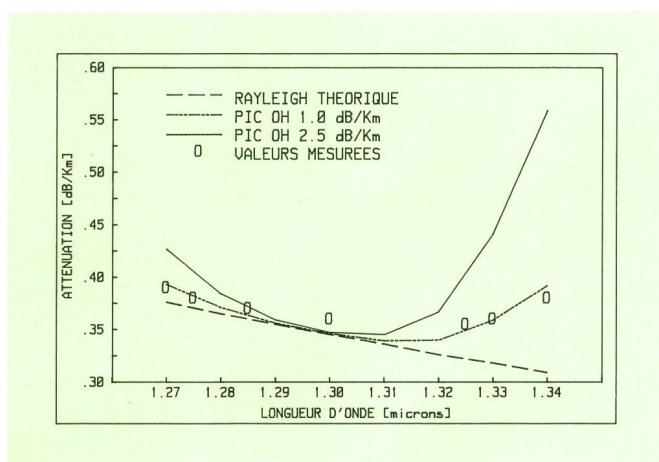


Fig. 6
Affaiblissement spectral d'une fibre optique monomodale dans la deuxième fenêtre. Influence de la hauteur du pic OH. Simulation d'après [2] – Spectrale Dämpfung einer Monomodefaser im zweiten optischen Fenster. Einfluss der Höhe der OH-Spitze. Simulation nach [2]
(Distribution de) Rayleigh théorique – Rayleigh-Streuung, theoretisch
Pic OH – Absorptionsspitze OH
Valeurs mesurées – Messwerte
Atténuation – Dämpfung
Longueur d'onde – Wellenlänge

41 Probleme, die sich aus der Umhüllungstechnik ergeben

Die Umhüllung verlangt zwar Geschicklichkeit, verursacht aber keine grösseren Schwierigkeiten. Mit der Evakuierung zwischen Vorform und Umhüllungsrohr sind die Konzentritätsprobleme zwischen Faser und Faserkern gelöst. Das Vakuum beschleunigt zudem das Zusammenziehen des Rohres, und der Faserziehgeschwindigkeit ist in der Praxis keine Grenze gesetzt.

Dagegen sind die Struktur der Vorformen und die Faserziehbedingungen so anzupassen, dass die Dämpfung der Faser gleich bleibt wie beim Standardverfahren. Zudem muss die Oberfläche des Manchonrohres poliert werden, um die mechanischen Eigenschaften zu erhalten.

42 Rolle des optischen Mantels

In einer Monomodefaser der Standardausführung leitet der Kern nur etwa 80 % des Lichtes. Der Rest breitet sich ausserhalb aus. Daher ist es nötig, dass nicht nur der Kern, sondern auch der zentrale Teil des optischen Mantels aus extrem reinem Quarzglas gemacht wird. Reinstes, nicht dotiertes Quarzglas weist bei 1300 nm Wellenlänge einen optischen Dämpfungskoeffizienten in der Grössenordnung von 0,29 dB/km auf. Die Gegenwart gewisser Verunreinigungen beeinflusst diesen Koeffizienten drastisch. Die am meisten störende Verunreinigung in natürlichem Quarzglas stellen OH-Ionen dar, die zwei Absorptionsspitzen verursachen. Die wichtigere liegt bei 1390 nm, die andere bei 1240 nm, d. h. beidseits des Hauptübertragungsfensters (1270–1340 nm). 1 ppm OH-Ionen ergibt eine Zusatzdämpfung in der Grössenordnung von 40 dB/km bei 1390 nm. Bei einer Wellenlänge von 1340 nm entspricht dies noch etwa 5 % des Absorptionsmaximums. Das geltende Pflichtenheft der PTT [1] schreibt für die OH-Spitze eine Höchstlimite von 3,0 dB vor, was einem OH-Ionengehalt von 0,06 ppm entspricht. Der Einfluss der OH-Absorptionsspitze auf die maximalen Dämpfungswerte im optischen Fenster zwischen 1270 und 1340 nm ist in *Figur 6* dargestellt.

Die hauptsächliche OH-Ionenquelle rührt von dem im MCVD-Verfahren verwendeten Abscheidungsrohr her. Mit Reagenzien, die über einen für elektronische Anwendungen genügenden Reinheitsgrad verfügen (MOS-Qualität, Staubklasse 0), und den üblichen Techniken zur Verhinderung des Eindringens von Luftfeuchtigkeit lassen sich alle anderen Quellen ausschliessen.

Um zu verhindern, dass die im Glasrohr enthaltenen OH-Ionen zu weit in Richtung des Faserkerns diffundieren, muss synthetisches Quarzglas in genügender Schichtdicke aufgetragen werden, damit der optische Mantel seiner Rolle als Diffusionsbarriere gerecht werden kann (*Fig. 7*).

43 Obere Grenze für den Durchmesser des optischen Mantels

Die heute verwendeten Depositionsrohre aus natürlichem Quarzglas enthalten ungefähr 200 ppm OH. Der Durchmesser des optischen Mantels, wie er nach dem

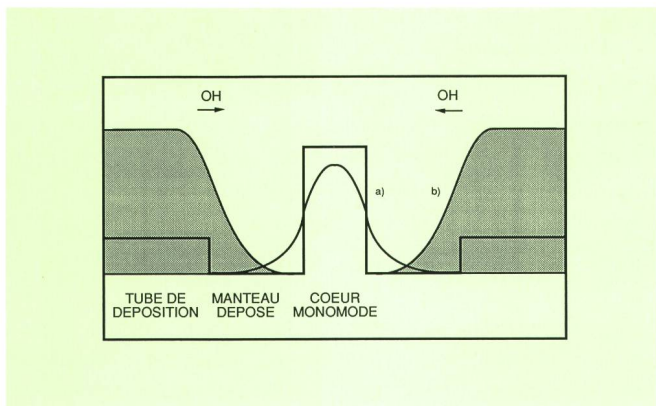


Fig. 7
Illustration de l'effet de barrière contre les ions OH exercé par le manteau optique – Illustration der Barrierenwirkung des optischen Mantels gegen die OH-Ionen

a) Distribution de la puissance lumineuse se propageant à l'extérieur du cœur d'une fibre monomodale (à 1300 nm) – Verteilung der optischen Leistung des sich ausserhalb des optischen Mantels ausbreitenden Lichtes (1300 nm)

b) Profil de diffusion vers le cœur des ions OH – Diffusionsprofil der OH-Ionen im Faserkern

Tube de déposition – Abscheidungsrohr

Manteau déposé – Abgeschiedener Fasermantel (cladding)

Cœur monomode – Monomoder Faserkern

sentent un excès d'affaiblissement, analogue à celui observé lorsqu'une fibre est soumise à des microcourbures. Aucune explication physique satisfaisante de ce phénomène n'a pu être avancée jusqu'ici. On constate cependant en pratique que le diamètre du manteau optique sur préforme ne doit pas dépasser une valeur voisine de 8 mm. Par conséquent, il n'est pas possible de passer à la technique du manchonnage sans réduire le diamètre du manteau optique sur fibre.

44 Diffusion des ions OH pendant l'étirage

Si l'on conserve un diamètre de manteau optique sur préforme égal à 8 mm, les conditions de diffusion des ions OH pendant les opérations de déposition et de rétreint sont pratiquement les mêmes, que la préforme soit destinée au manchonnage ou non. L'opération de manchonnage est sans influence sur la diffusion. En revanche, pendant l'étirage, l'épaisseur du manteau optique, c'est-à-dire de la barrière de diffusion, diminue plus fortement dans le cas d'une préforme manchonnée. Ainsi, si le manchonnage permet d'augmenter la longueur étirable de la préforme d'un facteur 2, le diamètre du manteau optique sur fibre diminue d'un facteur $1/\sqrt{2}$, c'est-à-dire qu'il passe de 60 μm à 43 μm . Donc, pendant l'étirage, l'épaisseur de la barrière de diffusion devient moins importante. En outre, si l'on étire à la même vitesse, le temps de séjour de la préforme dans le four d'étirage double. L'analyse théorique du problème de la diffusion des ions OH pendant l'étirage montre que le paramètre important est donné par le rapport $\Delta t/b^2$ où Δt est le temps de séjour à la température du four et b le rayon du manteau optique qui correspond, en l'occurrence, à la limite entre la silice avec et sans ions OH. Vu que, pendant l'étirage, la vitesse de défilement croît comme l'inverse de la section de la fibre, c'est-à-dire comme $1/b^2$, le temps décroît comme b^2 . Le rapport $\Delta t/b^2$ reste donc constant pendant tout le

Standardverfahren (ohne Umhüllung) hergestellt wird, beträgt in der Vorform 8 mm, in der Faser 60 μm . Diese Abmessungen genügen, um die Diffusion der OH-Ionen in Richtung des Faserkerns während der Ablagerung (1700 °C) und des Kollabierens (2000 °C) zu kontrollieren. Eine OH-Absorptionsspitze von weniger als 3,0 dB/km kann damit gewährleistet werden. Wenn man zur Umhüllungstechnik übergehen möchte, ohne den Durchmesser des optischen Mantels der Faser zu ändern, müsste dieser Wert in der Vorform entsprechend erhöht werden. Unter diesen Bedingungen würde man die gleiche OH-Spitze garantieren, wie bei den nach dem Standardverfahren produzierten Vorformen. Die Erfahrung zeigt jedoch, dass, wenn der Manteldurchmesser vergrößert wird, nach dem Faserziehen eine Zusatzdämpfung erhalten wird, wie sie zu beobachten ist, wenn die Faser Mikrobiegungen unterworfen ist. Bisher wurde keine befriedigende physikalische Erklärung für dieses Phänomen gefunden. In der Praxis ist jedoch festzustellen, dass der Durchmesser des optischen Mantels in der Vorform einen Wert von etwa 8 mm nicht überschreiten darf. Als Folge davon ist es nicht möglich, zur Umhüllungstechnik überzugehen, ohne den Durchmesser des optischen Mantels in der Faser zu verkleinern.

44 Diffusion der OH-Ionen während des Faserziehvorgangs

Bei gleichbleibendem Durchmesser des optischen Mantels von 8 mm sind die Diffusionsbedingungen für die OH-Ionen während des Ablagerungs- und Kollabierprozesses die gleichen, ob nun die Vorform für die Umhüllung vorgesehen sei oder nicht. Die Umhüllung selbst hat keinen Einfluss auf die Diffusion. Dagegen nimmt die Schichtdicke des optischen Mantels, das heisst der Diffusionsbarriere, stärker ab bei einer nach dem Umhüllungsprinzip hergestellten Vorform. Wenn beispielsweise durch Anwendung der Umhüllung die ausziehbare Länge einer Vorform um einen Faktor 2 zunimmt, vermindert sich der Durchmesser des optischen Mantels in der Faser um einen Faktor $1/\sqrt{2}$, das heisst, er fällt von 60 μm auf 43 μm . Die Schichtdicke der Diffusionsbarriere wird also während des Faserziehprozesses kleiner. Wenn man ausserdem die Faser mit gleichbleibender Geschwindigkeit zieht, verdoppelt sich die Verweilzeit der Vorform im Ofen. Eine theoretische Analyse der OH-Ionendiffusion während des Faserziehprozesses ergibt, dass der wichtigste Parameter durch die Beziehung $\Delta t/b^2$ gegeben ist, wobei Δt die Aufenthaltsdauer bei Ofentemperatur und b der Radius des optischen Mantels ist, der in diesem Fall der Grenze zwischen Quarzglas mit und ohne OH-Ionen entspricht. Da die Materialgeschwindigkeit während des Faserziehens entsprechend dem Inverswert des Querschnitts, d. h. um $1/b^2$ zunimmt, nimmt die Verweilzeit um b^2 ab. Das Verhältnis $\Delta t/b^2$ bleibt somit während des gesamten Faserziehprozesses konstant, und das Diffusionsprofil kann berechnet werden, wie wenn man es mit einer Faser von konstantem Durchmesser zu tun hätte, die mit der gegebenen Faserziehgeschwindigkeit durch den Ofen gezogen würde. Unter diesen Bedingungen ist es möglich, die Höhe der OH-Spitze in Funktion des Produktes $D \cdot t$ ohne

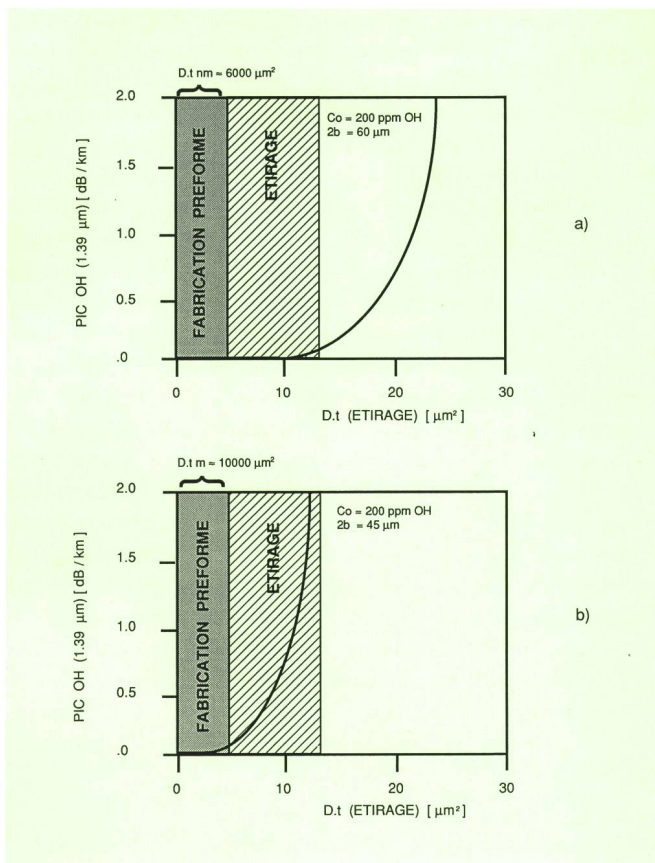


Fig. 8
Pic OH calculé en fonction des paramètres de diffusion – In Funktion der Diffusionsparameter berechnete OH-Spitzen
 a) $D \cdot t_{\text{nm}}$ Fibre non manchonnée – Faser ohne Umhüllung hergestellt
 b) $D \cdot t_{\text{nm}}$ Fibre manchonnée – Faser mit Umhüllung hergestellt
 Pic OH – OH-Absorptionsspitze
 Fabrication préforme – Vorformerherstellung
 Etirage – Ausziehvorgang

processus d'étirage et le profil de diffusion peut être calculé comme si on avait affaire à une fibre de diamètre constant défilant dans le four à la vitesse d'étirage. Dans ces conditions, il est possible de calculer sans trop de complications la hauteur du pic OH en fonction du produit $D \cdot t$ où D est la constante de diffusion pour les ions OH dans la silice. La figure 8 montre le résultat du calcul pour une préforme manchonnée et une préforme non manchonnée.

La valeur du produit $D \cdot t$ est difficile à estimer. L'expérience montre que la hauteur du pic OH d'une fibre provenant d'une préforme manchonnée étirée dans les mêmes conditions de température et de vitesse qu'une préforme non manchonnée est d'une dizaine de dB/km. On constate que pour la valeur correspondante du produit $D \cdot t$ ($\approx 12 \mu\text{m}^2$), l'effet de la diffusion pendant l'étirage est négligeable dans le cas d'une préforme non manchonnée. Toutefois, compte tenu du caractère exponentiel de la courbe d'atténuation du pic OH en fonction de $D \cdot t$, il suffit, dans le cas d'une préforme manchonnée, de réduire faiblement le temps de séjour Δt de la fibre à haute température pour abaisser très sensiblement la hauteur du pic OH.

Pratiquement le temps d'exposition de la fibre à haute température est prolongé pour une part non négligeable par la situation à la sortie du four. Il est donc possible de

zuviel Umstände zu berechnen. Dabei ist D die Diffusionskonstante für OH-Ionen in Quarzglas. *Figur 8* zeigt das Rechnungsergebnis für eine mit und eine ohne Umhüllungstechnik hergestellte Vorform.

Der Wert des Produktes $D \cdot t$ ist schwer abzuschätzen. Die Erfahrung zeigt jedoch, dass die OH-Absorption einer Faser, die aus einer mit Umhüllung hergestellten Vorform bei gleicher Temperatur und Geschwindigkeit gezogen wurde wie eine normale Vorform, etwa eine Spitze von 10 dB/km ergibt. Man stellt fest, dass der Diffusionseffekt während des Faserziehens für einen entsprechenden Wert des Produktes $D \cdot t$ ($\approx 12 \mu\text{m}^2$) bei einer normalen Vorform vernachlässigbar ist. Dem exponentiellen Charakter der Dämpfungskurve bei der OH-Spitze in Funktion von $D \cdot t$ Rechnung tragend, genügt es im Falle einer in Umhüllungstechnik hergestellten Vorform, die Verweilzeit Δt der Faser bei hoher Temperatur leicht zu reduzieren, um die Höhe der Spitze sehr empfindlich zu senken.

In der Praxis umfasst die Verweilzeit der Faser bei hoher Temperatur den Moment bis zum Verlassen des Ofens. Es ist daher möglich, diese Zeitspanne durch forciertes Abkühlen zu verkürzen. Die Lösung dieses Problems brachte die Installation eines Abkühlungselementes auf dem Ziehturm. Es besteht aus einem wassergekühlten Kupferrohr, das mit gasförmigem Helium gespült wird. *Figur 9* zeigt den Einfluss des Heliumdurchsatzes auf der OH-Spitze. Eine andere Lösung könnte die Erhöhung der Faserziehgeschwindigkeit sein, eine Lösung, die jedoch andere Probleme ergeben würde.

45 Mécaniques Eigenschaften der mit Umhüllung hergestellten Fasern

Grundsätzlich ist nicht zu erwarten, dass nach dem neuen Verfahren hergestellte Fasern andere mechani-

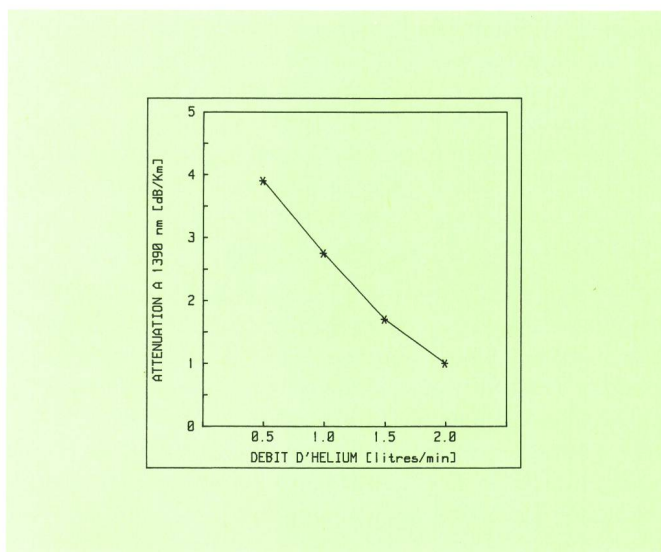


Fig. 9
Influence du débit d'hélium dans le tube de refroidissement de la tour d'étirage sur le pic OH – Einfluss des Heliumstromes im Abkühlungsrohr des Ziehturms auf der OH-Spitze
 Débit d'hélium [litres/min] – Heliumdurchsatz [liter/min]
 Atténuation à 1390 nm – Dämpfung bei 1390 nm

le réduire en forçant le refroidissement. La solution apportée à ce problème a consisté à installer sur les tours d'étirage un dispositif de refroidissement constitué par un tube de cuivre refroidi à l'eau et parcouru par un flux d'hélium gazeux. La *figure 9* montre l'influence du débit d'hélium sur la hauteur du pic OH. Une alternative pourrait consister à augmenter la vitesse d'étirage, mais cette solution soulève d'autres problèmes.

45 Propriétés mécaniques des fibres manchonnées

A priori, il n'y a pas de raison de s'attendre à ce que les fibres étirées à partir de préformes manchonnées présentent des propriétés mécaniques différentes de celles obtenues à partir de préformes non manchonnées. En effet, si les volumes et les surfaces de silice naturelle doublent, la longueur étirable des préformes double aussi. Dans ces conditions le nombre de ruptures observées par kilomètre de fibre lors du test de résistance mécanique devrait être inchangé. Toutefois, les taux de rupture constatés avec les premières fibres obtenues à partir de préformes de 20 km de longueur étirable se sont révélés sensiblement supérieurs à ceux attendus. L'observation au microscope des surfaces de rupture a montré que la majorité des ruptures observées avaient été provoquées par la présence de défauts localisés à la périphérie de la fibre, qui existaient probablement déjà sur la surface extérieure des tubes de manchonnage. Or il convient de mentionner que l'opération de rétreint sur le tube de déposition s'accompagne d'un décapage superficiel important par dissociation thermique de la silice (pratiquement, la quantité de silice dissociée est égale à la quantité de silice déposée). L'insertion d'une passe de décapage sur le tube manchon, juste avant l'introduction de la préforme, a permis de ramener les taux de rupture observés aux valeurs usuelles.

5 Perspectives

Le procédé de manchonnage décrit a été développé dans le but de faire passer, dans une première étape, la longueur étirable des préformes de 10 à 20 km de fibre. Ce procédé est aujourd'hui généralisé avec succès à toute la production de *Cabloptic SA* à Cortaillod. L'analyse statistique des résultats de production révèle même une sensible amélioration de la qualité par rapport à une production fondée sur des préformes non manchonnées en ce qui concerne le coefficient d'atténuation, la hauteur du pic OH et l'homogénéité de la fibre.

A la suite de cette première étape, le développement du manchonnage pour des préformes de plus grande longueur étirable a été poursuivi. Dans l'état actuel, la technologie des préformes manchonnées de 36 km de longueur étirable peut être considérée comme déjà maîtrisée. Toutefois, la fabrication de préformes manchonnées de plus de 20 km de longueur étirable nécessite le recours à des tubes de déposition en silice naturelle séchée (moins de 10 ppm OH) ou en silice synthétique. Le prix de ces derniers reste à l'heure actuelle encore relativement élevé, et l'intérêt du manchonnage de plus grosses préformes réside plus dans l'augmentation de la productivité des installations de déposition que dans la diminution des coûts de matières premières. Il apparaît

que des fibres ainsi obtenues pourraient présenter de meilleures propriétés mécaniques que les fibres obtenues par des procédés classiques. Les fibres obtenues par le manchonnage devraient en effet présenter de meilleures propriétés mécaniques que les fibres obtenues par des procédés classiques. Les fibres obtenues par le manchonnage devraient en effet présenter de meilleures propriétés mécaniques que les fibres obtenues par des procédés classiques. Les fibres obtenues par le manchonnage devraient en effet présenter de meilleures propriétés mécaniques que les fibres obtenues par des procédés classiques.

5 Ausblick

Das beschriebene Umhüllungsverfahren wurde mit dem Ziel entwickelt, die ausziehbare Länge der Vorformen in einer ersten Etappe von 10 auf 20 km Faser zu erhöhen. Dieses Verfahren wird heute allgemein mit Erfolg für die gesamte Produktion von *Cabloptic AG* in Cortaillod angewendet. Die statistische Analyse der Produktionsergebnisse zeigt sogar eine wesentliche Qualitätsverbesserung im Vergleich zur früheren Produktion ohne Umhüllung. Dies betrifft vor allem den Dämpfungskoeffizienten, die Höhe der OH-Spitzen und die Homogenität der Faser.

Anschliessend an diese erste Etappe wurde die Entwicklung der Umhüllung für Vorformen mit grösserer ausziehbarer Länge weiterverfolgt. Beim heutigen Stand dieser Technologie kann die Herstellung von Vorformen mit 36 km ausziehbarer Länge bereits als beherrscht betrachtet werden. Die Herstellung von Vorformen mit mehr als 20 km ausziehbarer Länge erfordert jedoch die Verwendung von Ablagerungsrohren aus getrocknetem natürlichem (weniger als 10 ppm OH) oder aus synthetischem Quarzglas. Diese haben im Moment noch einen verhältnismässig hohen Preis. Das Interesse für die Umhüllung besteht daher mehr in der Erhöhung der Produktivität der Ablagerungsanlagen als in der Verminderung der Rohstoffkosten. Daraus ist auch zu erkennen, dass jene Hersteller, die ein Innenabscheideverfahren verwenden, mehr und mehr von den Rohrlieferanten abhängig werden. Eine Alternative zur Umhüllungstechnik könnte die Entwicklung neuer Aussenabscheidetechniken sein, ohne dabei die Verwendung von Rohren für die Vorformherstellung aufzugeben.

Adresse der Autoren:
Cabloptic SA
av. François-Borel
2016 Cortaillod

aussi, de ce fait, que les fabricants de fibre utilisant des procédés de déposition intérieure deviennent de plus en plus dépendants des fournisseurs de tubes. Une alternative au procédé de manchonnage pourrait résider dans le développement de nouvelles techniques de déposition extérieure, sans que l'on abandonne pour autant l'utilisation d'un tube pour la fabrication de la préforme initiale.

Adresse des auteurs:

Cabloptic SA
av. François-Borel
2016 Cortaillod

Bibliographie

- [1] Cahier des charges pour la fabrication et la livraison de câbles à fibres optiques pour les réseaux des PTT, PTT 840.03, édition IV 1989.
Pflichtenheft für die Fabrikation und Lieferung von Glasfaserkabeln für die Netze der PTT, PTT 840.03, Ausgabe IV 1989.
- [2] S.S. Walker, Rapid Modelling and Estimation of Total Spectral Loss in Optical Fibers, Journal of light. techn., LT-4 (1986) 8, pp. 1125-1131.

Die nächste Nummer bringt unter anderem:

Vous pourrez lire dans le prochain numéro:

6/90

Zimmermann H. Die PC-Applikation «Transportdienst»

Nyffenegger A. TelcaStar – ein System für öffentliche Kassier-Telefonapparate
TelcaStar – un système d'appareils téléphoniques publics à prépaiement

Cochet F. et
Leuenberger B. Recherche d'un profil d'indice optimal pour des fibres optiques monomodes à saut d'indice utilisables à 1300 et 1550 nm
Entwicklung eines optimalen Stufenindexprofils für Monomode-Glasfasern, verwendbar für die Übertragung bei 1300 und bei 1550 nm
