

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Telekommunikationskabeln zur Übertragung von Lichtwellen, mit mindestens einem sich in Längsrichtung erstreckenden Hohlraum, wobei zunächst mindestens zwei Faserabschnitte hergestellt werden, die jeweils mindestens eine Verbindungsfläche aufweisen, dass in mindestens eine Verbindungsfläche mindestens eine Nut
 5 eingebracht wird, und dass danach die Faserabschnitte an den Verbindungsflächen zu einer Faser verbunden werden.

Zur Übertragung großer Datenmengen werden aufgrund der damit verbundenen Vorteile zunehmend Glasfaserkabeln eingesetzt. Diese besitzen eine in Größenordnungen größere Bandbreite im Vergleich zu Kupferkabeln, was dementsprechend größere Übertragungskapazitäten zur
 10 Folge hat. Je nach Einsatzzweck können dabei Lichtwellen im sichtbaren Bereich, aber auch im nicht sichtbaren Bereich, wie etwa im Infrarotbereich eingesetzt werden.

Es ist bekannt, das Übertragungsverhalten von Glasfaserkabeln dadurch zu verbessern, dass in der Faser mindestens ein sich in Längsrichtung erstreckender Hohlraum vorgesehen ist. Die Vorteile einer solchen Lösung liegen einerseits darin, dass die Ausbreitungsgeschwindigkeit des
 15 Lichts in Gasen im Allgemeinen höher ist als in festen Werkstoffen, wie etwa Glas, und andererseits, dass Dämpfungs- und Dispersionseffekte eine geringere Rolle spielen.

Aus der WO 02/095460 A ist eine optische Faser bekannt, die eine Vielzahl von Hohlräumen in Längsrichtung aufweist. Die Funktionsweise solcher Fasern ist dabei so, dass die Ausbreitung der Wellen primär im Fasermaterial erfolgt, jedoch durch die Hohlräume eine photonische Bandlücke
 20 erzeugt wird, die die Ausbreitungseigenschaften positiv verändert.

Die Herstellung einer solchen optischen Faser ist jedoch darüber hinaus sehr aufwendig und der Ausschuss ist hoch, da in vielen Fällen die Durchgängigkeit der einzelnen Hohlräume nicht gewährleistet ist. Ähnliche Nachteile treffen auf eine Lösung zu, wie sie in der GB 2 365 992 A beschrieben ist. Da die Faser aus einem Rohling, nämlich einer Preform gezogen wird, ist die
 25 Länge der Faser naturgemäß beschränkt, was bei Telekommunikationskabeln unerwünscht ist.

Grundsätzlich sind zwei verschiedene Typen von Glasfaserkabeln bekannt. Beim ersten Typ ist der optisch wirksame Querschnitt relativ groß, das heißt, dass bei Übertragung im sichtbaren Bereich des Lichtes ein optischer Durchmesser von mehreren μm gegeben ist. Die Übertragungskapazität solcher sogenannter multimodaler Fasern wird hauptsächlich durch Dispersionseffekte
 30 begrenzt, wobei Laufzeitunterschiede von Lichtstrahlen, die in unterschiedlichen Winkeln zur Achse der Faser verlaufen, dazu führen, dass hochfrequente Signalanteile gelöscht werden. Solche Effekte können durch die Verwendung von sogenannten Single-Mode-Fasern weitgehend ausgeschlossen werden, das sind Fasern, deren optischer Durchmesser in der Größenordnung der Wellenlänge des verwendeten Lichtes liegt, so dass eine sogenannte monomodale Ausbreitung
 35 vorliegt. Solche Fasern haben systembedingt eine höhere Übertragungskapazität, sind jedoch im Allgemeinen aufwendiger in der Handhabung, aufgrund der bei der Herstellung von Verbindungen und Anschlüssen benötigten Präzision.

Weiters sind so genannte optische Wellenleiter bekannt, die dazu vorgesehen sind, Strahlung hoher Intensität über vergleichsweise kurze Strecken zu transportieren. Ein solcher Wellenleiter ist
 40 beispielsweise in der US 4,652,083 A beschrieben. Wellenleiter dieser Art sind mit Telekommunikationskabeln in keiner Weise vergleichbar, da sich der innere Aufbau und die technischen Anforderungen grundsätzlich unterscheiden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung von Telekommunikationskabeln der obigen Art anzugeben, das diese genannten Nachteile vermeidet und das insbesondere eine kostengünstige und zuverlässige Herstellung von Kabeln mit hoher Übertragungs-
 45 kapazität ermöglicht.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass für eine monomodale Ausbreitung von Lichtwellen im Hohlraum die mindestens eine Nut mit Dimensionen gebildet wird, so dass der Durchmesser des Hohlraums der Wellenlänge des verwendeten Lichts entspricht.

Wesentlich an der vorliegenden Erfindung ist, dass ein Verfahren angegeben wird, mit dem Fasern hergestellt werden können, die die Vorteile der zur Verfügung stehenden Technologien in sich vereinen. Zum einen können durch die Übertragung der Lichtwellen in Hohlräumen die hohe Übertragungsgeschwindigkeit und die geringe Dämpfung ausgenutzt werden, und zum anderen
 50 können durch Anwendung der Single-Mode-Technologie Dispersionseffekte weitgehend unterdrückt werden. Da die Ausbreitung des Lichtes in den Hohlräumen je nach Ausführungsvariante

der Erfindung im Vakuum, in einem verdünnten Gas oder in Luft erfolgt, kann als Übertragungsgeschwindigkeit ein Wert angesetzt werden, der weitgehend dem der Vakuum-Lichtgeschwindigkeit entspricht. Im Gegensatz dazu ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Licht in Glas je nach Brechungsindex um einen Faktor 1,5 bis 1,9 kleiner als die Vakuum-Lichtgeschwindigkeit.

5 Ein wesentlicher Aspekt der Erfindung ist es, dass die Ausbreitung des Lichts zur Signalübertragung in den Hohlräumen erfolgt. Es ist zwar möglich, die Fasern aus Glas oder anderen transparenten Materialien herzustellen, wobei die Transparenz jedoch nicht genützt wird. Im Allgemeinen sind jedoch die Fasern aus einem nicht transparenten Material, was die Freiheitsgrade bei der Materialauswahl entsprechend erhöht. Außerdem ist durch die Erfindung die Verwendung von Licht
10 mit Wellenlängen möglich, die in Glasfaserkabeln nicht sinnvoll eingesetzt werden können.

Gegenüber bekannten Fasern ist die Kupplungstechnik vereinfacht, da die Hohlräume einen größeren Akzeptanzwinkel aufweisen, so dass die Ausrichtung bei Verbindungsstellen weniger kritisch ist.

Besonders bevorzugt ist es, wenn die Faserabschnitte aus einer Schmelze durch eine Matrize
15 hergestellt werden. Auf diese Weise ist eine endlose Faserproduktion möglich, und solche Extrusionsverfahren können sehr gut beherrscht werden, so dass eine sichere und kostengünstige Herstellung mit konstanter und reproduzierbarer Qualität erreicht werden kann. Dies ist erforderlich, da bei der Datenübertragung große Distanzen zu überwinden sind.

In einer besonders begünstigten Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Faserabschnitte in an sich bekannter Weise aus Metall hergestellt und die Nuten in den Verbindungsflächen durch einen Elektronenstrahl gebildet. Durch ein solches Verfahren können die Nuten mit ihren entsprechend kleinen Abmessungen in zuverlässiger Qualität mit geringen Toleranzen hergestellt werden. Da dieses Verfahren notwendigerweise im Vakuum durchgeführt wird, ergibt sich der zusätzliche Vorteil, dass eine Oxidbildung zuverlässig verhindert werden kann.

20 Alternativ dazu ist es möglich, dass die Faserabschnitte durch einen Ziehvorgang hergestellt werden, und dass die Nuten in den Verbindungsflächen durch einen Vorsprung an einem Ziehwerkzeug gebildet werden. Bei dieser Variante werden zwar Ziehwerkzeuge von extrem hoher Genauigkeit und Qualität benötigt, andererseits jedoch können die Faserabschnitte in einem im Allgemeinen mehrstufigen Ziehvorgang ohne weitere Nachbearbeitung hergestellt werden, was
25 den Aufwand entsprechend verringert. Eine weitere Möglichkeit der Herstellung der Nuten ist ein Funkenerosionsverfahren.

Es ist günstig, wenn die Verbindungsflächen der Faserabschnitte vor ihrer Verbindung durch Funkenerosion behandelt werden. Dabei entsteht im Gegensatz zum Polierlappen kein Abrieb, was die Prozesssicherheit erhöht. Alternativ oder zusätzlich können die Faserabschnitte an den Verbindungsflächen miteinander verklebt werden. Durch die Verklebung werden geringfügige Unebenheiten der Oberflächen ausgeglichen, so dass die Anforderungen an die Oberflächengüte weniger groß sind.

Kabel mit besonders hoher Übertragungskapazität auf kleinstem Raum können dadurch erzeugt werden, dass vorzugsweise mehrere parallele Nuten nebeneinander an einer Verbindungsfläche hergestellt werden. Besonders begünstigt ist es dabei, wenn die Faserabschnitte an den Verbindungsflächen miteinander verklebt werden. Auf diese Weise kann eine hohe Packungsdichte effizient erreicht werden.

Weiters betrifft die vorliegende Erfindung ein Telekommunikationskabel zur Übertragung von Lichtwellen, mit einer Faser, die mindestens einen sich in Längsrichtung erstreckenden Hohlraum aufweist, der zur Ausbreitung von Lichtwellen ausgebildet ist. Erfindungsgemäß ist dabei vorgesehen, dass für eine monomodale Ausbreitung von Lichtwellen im Hohlraum die mindestens eine Nut Dimensionen aufweist, so dass der Durchmesser des Hohlraums der Wellenlänge des verwendeten Lichts entspricht.

Es ist möglich, jeweils einen Hohlraum dadurch auszubilden, dass an den entsprechenden
50 Stellen der Verbindungsflächen einander gegenüberliegender Faserabschnitte eine Nut eingebracht wird. Beim Zusammenfügen der Faserabschnitte zu einer Faser ist es jedoch dann erforderlich, eine seitliche Ausrichtung der einzelnen Faserabschnitte mit Toleranzen von weniger als 1 µm durchzuführen. Eine wesentliche Vereinfachung kann dadurch erreicht werden, dass der einer Nut gegenüberliegende Abschnitt einer Verbindungsfläche glatt ausgebildet ist.

55 In einer weiteren besonders begünstigten Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen,

dass die Faser aus mehr als zwei Faserabschnitten zusammengesetzt ist und dass die Verbindungsflächen zueinander parallel angeordnet sind. Auf diese Weise können Fasern erzielt werden, die mit einer matrixartigen Anordnung, einer Vielzahl von Hohlräumen ausgestattet sind. Bei Bedarf können dabei verschieden große Nuten hergestellt werden, so dass die Hohlräume auf die monomodale Übertragung bei verschiedenen Wellenlängen optimiert sind.

Das erfindungsgemäße Kabel kann so zur Übertragung von extrem kurzen Hochenergiepulsen verwendet werden, die auf mehrere Hohlräume aufgeteilt werden. Dadurch kann eine sehr geringe Dispersion erzielt werden, und es können Spiegelstrecken und dgl. vermieden werden.

Das Übertragungsverhalten kann insbesondere dadurch verbessert werden, dass die Nut eine Beschichtung aufweist. Auf diese Weise können kostengünstige Grundmaterialien, wie etwa Kunststoffe verwendet werden, und dennoch kann eine qualitativ hochwertige Oberfläche der Hohlräume gewährleistet werden.

Weiters ist besonders begünstigt, wenn der Hohlraum evakuiert ist. Einerseits wird dadurch eine geringfügige Steigerung der Übertragungsgeschwindigkeit erzielt, die aus dem Unterschied zwischen der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes in Luft und der des Lichtes in Vakuum resultiert. Andererseits kann dadurch die Dämpfung verringert werden. Diesen Vorteilen steht allerdings der Nachteil gegenüber, dass bei der Herstellung und bei der Verarbeitung der Kabel ein erhöhter Aufwand notwendig ist, da das Vakuum aufgebaut und aufrecht erhalten werden muss. Alternativ dazu ist es möglich, dass der Hohlraum mit einem Gas mit geringem Brechungsindex gefüllt ist. Der niedrige Brechungsindex kann durch die Art des Gases bedingt sein, wie z.B. Helium, oder aber durch einen verringerten Druck, bei dem dieses Gas vorliegt.

In der Folge wird die Erfindung anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Es zeigen Fig. 1 eine axonometrische Darstellung einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, Fig. 2 ein Detail von Fig. 1, Fig. 3 eine allgemeine Darstellung eines erfindungsgemäßen Telekommunikationskabels, Fig. 4 eine weitere Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Telekommunikationskabels, Fig. 5 ein Detail von Fig. 4 und Fig. 6 eine weitere Ausführungsvariante der Erfindung im Querschnitt.

Fig. 1 zeigt schematisch den Herstellungsvorgang eines erfindungsgemäßen Telekommunikationskabels. Der wesentliche Teil des Herstellungsprozesses findet in einem evakuierten Behälter 1 statt. Eine Extrusionsvorrichtung für die Faserabschnitte 11, 12 ist allgemein mit 2 bezeichnet und besteht aus einem Zulaufrohr 2a, in dem das Material zur Herstellung der Faserabschnitte 11, 12 in flüssigem Zustand unter Druck zugeführt wird. Eine Matrize 2b formt die Faserabschnitte 11, 12 und kühlt diese gleichzeitig ab, um eine Formstabilität zu erreichen. Eine Oberflächenbehandlungseinrichtung ist mit 2c bezeichnet und kann beispielsweise als Funkenerosionsvorrichtung ausgebildet sein. Wesentlich ist eine Elektronenkanone 3, die Nuten 13, 14 in die Faserabschnitt 11, 12 durch Bestrahlung mit einem Elektronenstrahl 7 einbringt. Stromabwärts der Elektronenkanone 3 laufen die Faserabschnitte 11, 12 in eine Umlenkeinrichtung 4 ein, die die Faserabschnitte 11, 12 zu einer Faser verbindet. In einer weiteren Matrize 5 wird die Faser mit einer Umhüllung versehen, und im Anschluss daran auf einer Spule 6 aufgewickelt. Da die Herstellung der Faser in Hochvakuum erfolgt, liegt auch im Hohlraum 15 der fertigen Faser ein solches Vakuum vor. Sofern bei der Weiterverarbeitung der Faser Augenmerk darauf gerichtet wird, dieses Vakuum aufrechtzuerhalten, können die Vorteile der Ausbreitung des Lichts im Vakuum beim Einsatz der Faser ausgenutzt werden.

In Fig. 3 ist eine erste Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Telekommunikationskabels gezeigt. Das Kabel besteht aus zwei Faserabschnitten 11, 12 mit im Wesentlichen halbkreisförmigem Querschnitt. Im Bereich der Achse 10 des Kabels sind in den Faserabschnitten 11, 12 Nuten 13, 14 vorgesehen, die sich zu einem Hohlraum 15 ergänzen. Der Durchmesser des Hohlraumes 15 beträgt bei einer Ausführungsvariante zur Übertragung von sichtbarem Lichtes etwa 1 μm und bei Übertragung im Infrarotbereich zwischen 1 μm und 3 μm . Die Faserabschnitte 11, 12 sind von einer ersten Hüllschicht 16 und einer zweiten Hüllschicht 17 umgeben, die den Zusammenhalt der Faserabschnitte 11, 12 gewährleisten und eine entsprechende mechanische Festigkeit ergeben. Eine weitere Steigerung der Festigkeit wird durch eine Faserlage 18 erreicht, die außen von einer Außenhülle 19 umgeben ist.

Fig. 4 und Fig. 5 zeigen eine Ausführungsvariante, bei der eine Vielzahl von Hohlräumen 15

nebeneinander angeordnet ist. Wie bei der zuvor beschriebenen Ausführungsvariante sind diese Hohlräume 15 durch entsprechende Nuten 13, 14 gebildet, die in die Verbindungsflächen 11a, 12a der Faserabschnitte 11, 12 eingearbeitet sind.

Fig. 6 zeigt eine Ausführungsvariante, bei der eine Mehrzahl von Faserabschnitten 111 mit im Wesentlichen rechteckförmigem Querschnitt übereinander gestapelt sind. Jeder dieser Faserabschnitte 111 besitzt eine Mehrzahl von nebeneinander und parallel zueinander verlaufenden Nuten 113, die gleichzeitig die Hohlräume 115 bilden, so dass diese Hohlräume 115 matrixartig in einem im Querschnitt im Wesentlichen quadratischen Bereich angeordnet sind. Dadurch kann die Übertragungskapazität eines Telekommunikationskabels vervielfacht werden.

Die vorliegende Erfindung ermöglicht es, Telekommunikationskabeln mit extrem hoher Übertragungskapazität einfach und kostengünstig herzustellen.

PATENTANSPRÜCHE:

15

1. Verfahren zur Herstellung von Telekommunikationskabeln zur Übertragung von Lichtwellen, mit mindestens einem sich in Längsrichtung erstreckenden Hohlraum (15; 115), wobei zunächst mindestens zwei Faserabschnitte (11, 12; 111) hergestellt werden, die jeweils mindestens eine Verbindungsfläche (11a, 12a) aufweisen, dass in mindestens eine Verbindungsfläche (11a, 12a) mindestens eine Nut (13, 14; 113) eingebracht wird, und dass danach die Faserabschnitte (11, 12; 111) an den Verbindungsflächen (11a, 12a) zu einer Faser verbunden werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass für eine monomodale Ausbreitung von Lichtwellen im Hohlraum (15; 115) die mindestens eine Nut (13, 14; 113) mit Dimensionen gebildet wird, so dass der Durchmesser des Hohlraums der Wellenlänge des verwendeten Lichts entspricht.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Faserabschnitte (11, 12; 111) aus einer Schmelze durch eine Matrizze hergestellt werden.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Faserabschnitte (11, 12; 111) in an sich bekannter Weise aus Metall hergestellt werden und dass die Nuten (13, 14; 113) in den Verbindungsflächen (11a, 12a) durch einen Elektronenstrahl (7) gebildet werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Faserabschnitte (11, 12; 111) durch einen Ziehvorgang hergestellt werden und dass die Nuten (13, 14; 113) in den Verbindungsflächen (11a, 12a) durch einen Vorsprung an einem Ziehwerkzeug gebildet werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere parallele Nuten (13, 14; 113) nebeneinander an einer Verbindungsfläche (11a, 12a) hergestellt werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verbindungsflächen (11a, 12a) der Faserabschnitte (11, 12; 111) vor ihrer Verbindung durch Funkenerosion behandelt werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Faserabschnitte (11, 12; 111) an den Verbindungsflächen (11a, 12a) miteinander verklebt werden.
8. Telekommunikationskabel zur Übertragung von Lichtwellen, mit einer Faser, die mindestens einen sich in Längsrichtung erstreckenden Hohlraum (15; 115) aufweist, der zur Ausbreitung von Lichtwellen ausgebildet ist, wobei die Faser aus mindestens zwei Faserabschnitten (11, 12; 111) besteht, die entlang von Verbindungsflächen (11a, 12a) miteinander verbunden sind, wobei der Hohlraum (15; 115) als Nut (13, 14; 113) in mindestens einer Verbindungsfläche (11a, 12a) ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass für eine monomodale Ausbreitung von Lichtwellen im Hohlraum (15; 115) die mindestens eine Nut (13, 14; 113) Dimensionen aufweist, so dass der Durchmesser des Hohlraums der Wellenlänge des verwendeten Lichts entspricht.
9. Telekommunikationskabel nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Nuten (13, 14; 113) parallel zu einander an einer Verbindungsfläche (11a, 12a) vorgesehen

55

sind.

10. Telekommunikationskabel nach einem der Ansprüche 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der einer Nut (13, 14; 113) gegenüberliegende Abschnitt einer Verbindungsfläche (11a, 12a) glatt ausgebildet ist.
- 5 11. Telekommunikationskabel nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Faserabschnitte (11, 12; 111) an den Verbindungsflächen (11a, 12a) miteinander verklebt sind.
12. Telekommunikationskabel nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Faser aus mehr als zwei Faserabschnitten (11, 12; 111) zusammengesetzt ist und dass die Verbindungsflächen (11a, 12a) zueinander parallel angeordnet sind.
- 10 13. Telekommunikationskabel nach einem der Ansprüche 8 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Nut (13, 14; 113) in an sich bekannter Weise eine Beschichtung aufweist.
14. Telekommunikationskabel nach einem der Ansprüche 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Hohlraum (15; 115) evakuiert ist.
- 15 15. Telekommunikationskabel nach einem der Ansprüche 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Hohlraum (15; 115) mit einem Gas mit geringem Brechungsindex gefüllt ist.

HIEZU 4 BLATT ZEICHNUNGEN

20

25

30

35

40

45

50

55

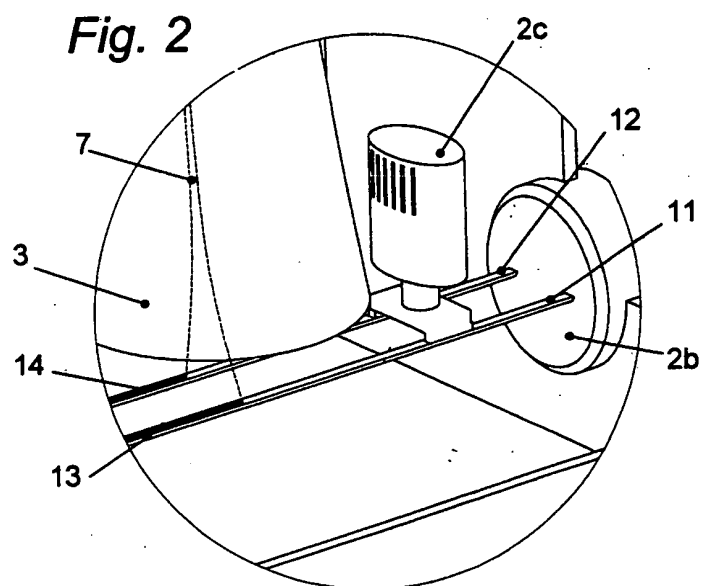
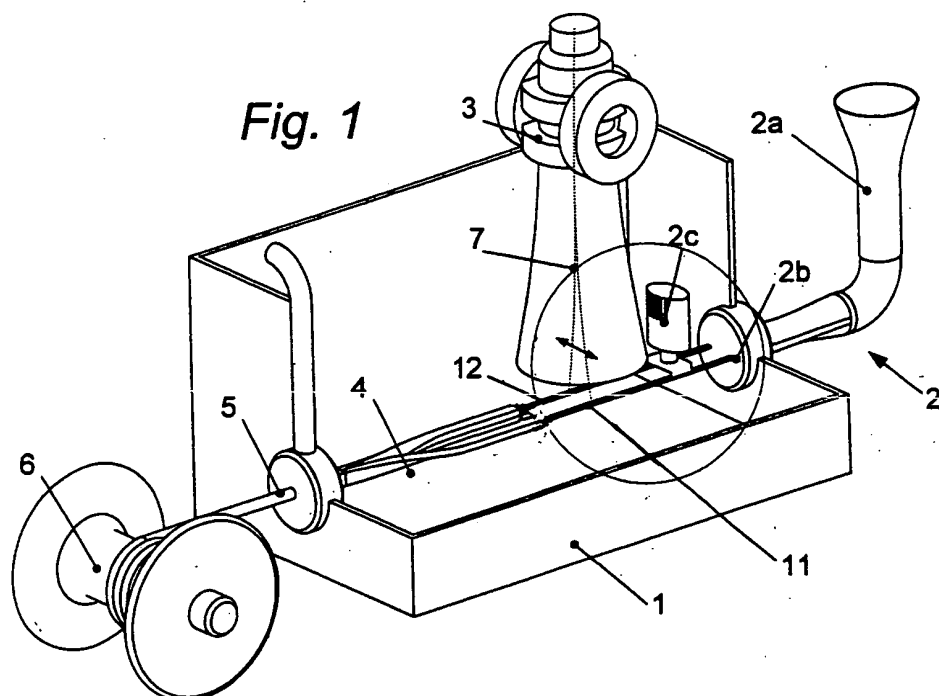


Fig. 3

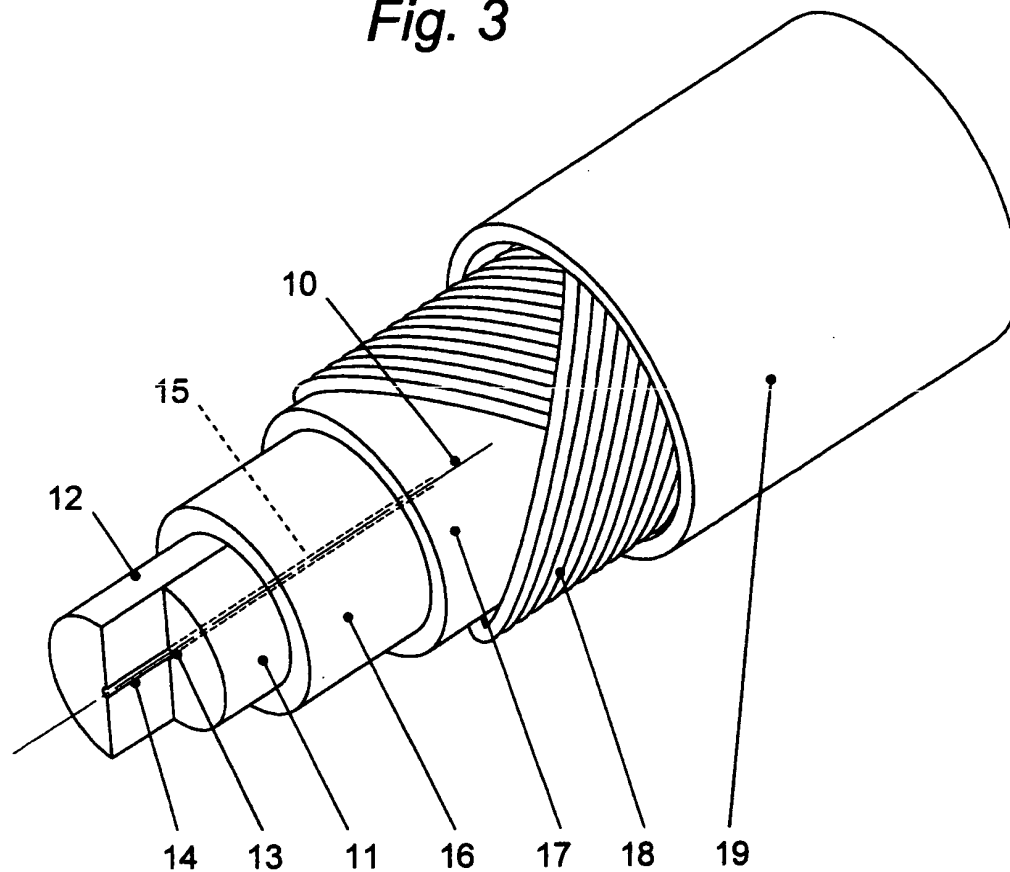


Fig. 4

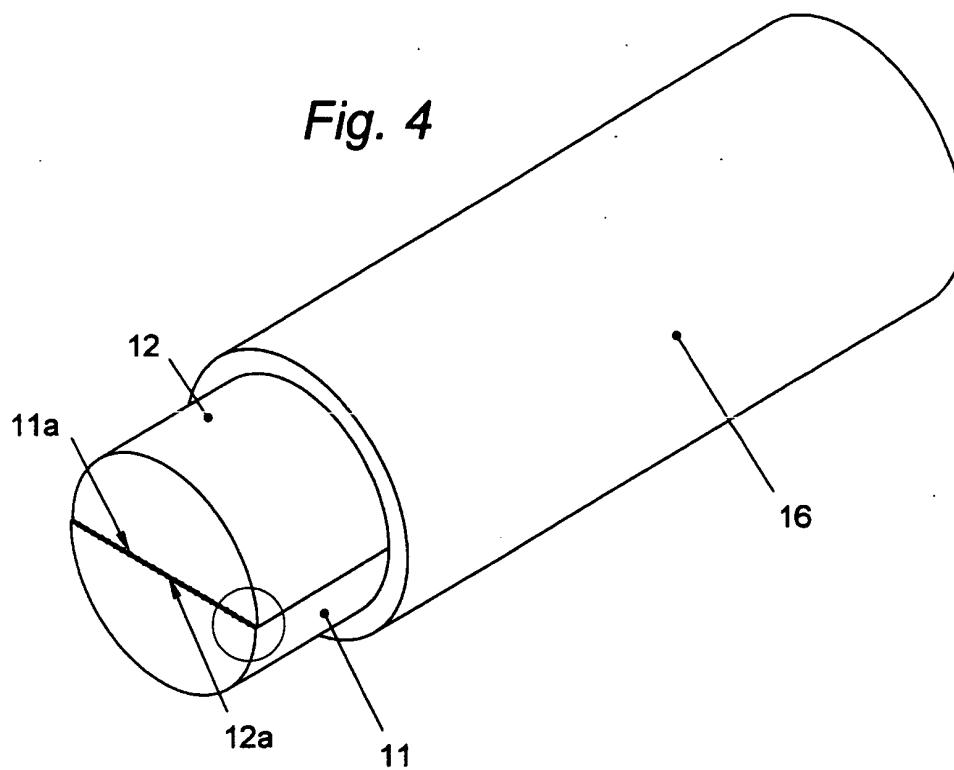


Fig. 5

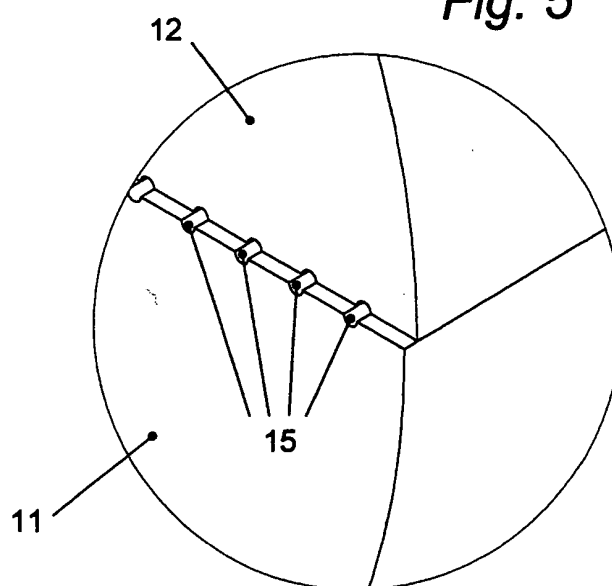


Fig. 6

