

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/228596 A1

SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

kleiner als der Aufnahmerohrinnendurchmesser ist, sodass das Aufnahmerohr (103) den zentralen Füllstab (107) aufweist, • - Einlegen eines ersten Kernstabes 109 mit einer ersten Kernstabquerschnittsfläche in die Kernstabaufnahmeausparung (105), sodass das Aufnahmerohr (103) den Kernstab (109) aufweist, • - axiales Einführen des den ersten Kernstab (109) und den zentralen Füllstab (107) aufweisenden Aufnahmerohrs (103) in ein Mantelrohr (111), sodass ein das Aufnahmerohr (103) aufweisendes Mantelrohr (111) vorliegt, und • - Verschmelzen des das Aufnahmerohr (103) aufweisenden Mantelrohrs (111) zu einer Preform, sodass die Preform vorliegt.

Verfahren zum Herstellen einer Preform zum Herstellen einer
Mehrkernfaser sowie Preform und Mehrkernfaser

[01] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen einer Preform zum Herstellen einer Mehrkernfaser mit mehreren Schritten sowie eine Preform und eine Mehrkernfaser.

[02] Um die Übertragungskapazität von Glasfasern zu erhöhen, stehen prinzipiell die Möglichkeiten des zeitlichen Multiplexings, des Wellenlängenmultiplexings und des räumlichen Multiplexings sowie bei Multimodefasern Modengruppen-Multiplexing zur Verfügung. Die Möglichkeiten zur Steigerung der Übertragungskapazitäten von konventionellen Einkernfasern stoßen jedoch langsam an ihre technisch-physikalischen Grenzen. Begrenzte Steigerungsmöglichkeiten stehen durch Verringerung des Kerndurchmessers oder durch Verminderung der numerischen Apertur sind gegeben.

[03] Für räumliche Multiplex-Verfahren werden entsprechend Multikernfasern entwickelt. Multikernfasern weisen entsprechend der Anzahl der Kerne ein Vielfaches der Übertragungskapazität einer Faser mit nur einem Kern auf. Der Kerndurchmesser der einzelnen Kerne von Mehrkernfasern ist im Allgemeinen kleiner als 50 μm . Durch die reduzierte Anzahl der in solchen Kernen ausbreitungsfähigen Kernmoden, sind prinzipiell höhere Bandbreiten bei vollständig oder auch beschränkter Anregung als mit konventionellen multimoden Fasern möglich.

[04] Die Fertigung von Multikernfasern erfolgt nach dem sogenannten „Stack-and-Draw-Verfahren“. Bei diesem Verfahren werden Kernpreformen und reine Quarzstäbe unterschiedlicher Durchmesser relativ aufwendig so gestapelt, dass sie eine gewisse Symmetrie und eine relativ hohe Packungsdichte

aufweisen. Die Stäbe werden dann räumlich fixiert in ein Jacketingrohr eingeführt und zu einer finalen Preform, entweder vor dem Faserziehen oder während des Faserziehens, verschmolzen. Um die gewünschte hohe Packungsdichte zu erreichen, müssen neben den wellenleitenden Kernstäben eine relativ hohe Anzahl von Auffüllstäben unterschiedlicher Durchmesser verwendet werden. Die Stapelung der Einzelstäbe in der gewünschten Packungsstruktur und Symmetrie ist relativ aufwändig und kann leicht zu Stapelfehlern und damit zur Unbrauchbarkeit der verschmolzenen Sekundärpreform oder der finalen Faser führen. Da die erreichbare Packungsdichte in radialer Richtung unterschiedlich ist, wird die Sekundärpreform nach dem Verschmelzen ohne verbleibende Öffnungen im Allgemeinen in azimuthaler Richtung unterschiedliche Radiuswerte aufweisen, die entsprechend an der Sekundärpreform durch Rundschleifen ausgeglichen werden müssen oder an der Faser zu Unrundheiten führen.

[05] Durch die Verwendung einer Vielzahl von Einzelstäben unterschiedlicher Durchmesser besitzt die gestapelte Preform vor dem Verschmelzen eine Vielzahl von Grenzflächen, die beim Verschmelzen durch mögliche Kontaminationen oder Oberflächeninhomogenitäten zu Blasen in der verschmolzenen Sekundärpreform oder zu unerwünschten Blasen in der Faser führen. Zurückbleibende Blasen an den Grenzflächen oder auch Fremdpartikel führen zu Durchmesserstörungen an der Faser und durch Lichtstreuung zu erhöhten Dämpfungswerten und beeinträchtigen die Faserfestigkeit und müssen deshalb in jedem Falle vermieden werden.

[06] Ein weiteres Herstellungsverfahren gemäß dem Stand der Technik zum Herstellen von Mehrkernfasern besteht darin, in einen Glaszylinder in axialer Richtung Löcher zu bohren und in diese Löcher Kernstäbe einzuführen. Die so gefertigte Sekundärpreform kann entweder vor dem Ziehen oder aber auch während des Faserziehens verschmolzen werden. Die Probleme

dieser Fertigungsmethode bestehen darin, dass es schwierig ist, hinreichend tiefe Löcher in axialer Richtung in den Quarzstab mit hinreichender Genauigkeit in Bezug auf die Parallelität zur Längsachse zu bohren. Zum Bohren der Löcher werden üblicherweise Ultraschall-Bohrverfahren genutzt. Die mit Ultraschall gebohrten Löcher müssen noch bezüglich der Rauigkeit der inneren Lochoberfläche entweder poliert oder zumindest mittels Feuerpolitur geglättet werden. Die Fertigung von Mehrkernpreformen hinreichend großer Preformlänge und mit einer großen Anzahl von Kernen führt zu hohen Fertigungskosten und entsprechend bezüglich der erreichbaren Exzentrizität der Kerne bezüglich ihrer Sollpositionen zu unerwünscht hohen Geometriefehlern.

[07] Aufgabe der Erfindung ist es, den Stand der Technik zu verbessern.

[08] Gelöst wird die Aufgabe durch ein Verfahren zum Herstellen einer Preform zum Herstellen einer Mehrkernfaser mit folgenden Schritten:

- mittiges Heraustrennen eines ersten Teilrohrsegments mit einer ersten Teilrohrsegmentquerschnittsfläche aus einem Aufnahmerohr mit einem Aufnahmerohrinnendurchmesser, sodass das Aufnahmerohr eine erste Kernstabaufnahmeausparung aufweist,
- axiales Einführen eines zentralen Füllstabes mit einem Füllstabaußendurchmesser in das Aufnahmerohr, wobei der Füllstabaußendurchmesser kleiner als der Aufnahmerohrinnendurchmesser ist, sodass das Aufnahmerohr den zentralen Füllstab aufweist,
- Einlegen eines ersten Kernstabes mit einer ersten Kernstabquerschnittsfläche in die Kernstabaufnahmeausparung, sodass das Aufnahmerohr den Kernstab aufweist,

- axiales Einführen des den ersten Kernstab und den zentralen Füllstab aufweisenden Aufnahmerohrs in ein Mantelrohr, sodass ein das Aufnahmerohr aufweisendes Mantelrohr vorliegt, und
- Verschmelzen des das Aufnahmerohr aufweisenden Mantelrohrs zu einer Preform, sodass die Preform vorliegt.

[09] Dadurch kann die Geometrie der gestapelten und/oder verschmolzenen Sekundärpreformen oder der finalen Faser deutlich verbessert werden. Zudem entfällt ein Stapeln der sonst üblichen großen Anzahl von Füll- und Kernstäben zueinander und Stapelfehler können vorliegend nicht auftreten oder sind zumindest in ihrer Wahrscheinlichkeit deutlich reduziert.

[10] Für den Fall, dass der Kernstab oder im weiteren auch der Kernstäbe genau zwischen die Kanten der verbleibenden Kreisringsektoren und somit der Aussparungen eingepasst werden, kann eine hohe Genauigkeit im Bezug auf die azimutale Winkelposition als auch die radiale Position mit sehr hoher Genauigkeit eingehalten werden. Aufgrund der fest vorgegebenen Position für den Kernstab wird ein Verschieben des Kernstabes im weiteren Verarbeitungsprozess verhindert. Zudem können die Kernstäbe entsprechend einem vorgegebenen Radialmuster positioniert werden. Zudem können somit Laserfasern hergestellt werden, die einen von der Zylindersymmetrie abweichenden Grundkern aufweisen.

[11] Ein Kern der Erfindung besteht somit darin, dass das Aufnahmerohr derart gestaltet wird, dass der Kernstab definiert ausgerichtet und/oder fixiert werden kann.

[12] Folgendes Begriffliche sei erläutert:

[13] Eine „Preform“ wird auch Vorförmling genannt. Derartige Preformen werden beim Herstellen von optischen Fasern verwendet. Insbesondere durch Ziehen der Preform wird der lange und im Vergleich zur Preform sehr dünne Lichtwellenleiter hergestellt. Die Preform kann dabei insbesondere aus einem glasartigen Material wie Quarz hergestellt sein. Einzelne Elemente können dotiert sein oder eine gewisse Beschichtung aufweisen, sodass die Bedingungen für die Totalreflektion im Inneren der Faser gewährleistet sind. Die Preform weist typischerweise eine Länge von circa 1 Meter und einen Durchmesser zwischen 10 und 50 Millimeter auf. Zudem besitzt die Preform im Wesentlichen schon das Brechungsindexprofil der späteren Faser.

[14] Eine „Mehrkernfaser“ ist insbesondere ein Lichtwellenleiter, auch Lichtleitkabel genannt, bei denen nicht nur ein Kern, sondern mehrere Kerne verwendet werden, sodass gleichzeitig räumlich parallel Lichtsignale über die Kerne transportiert werden können.

[15] Das „Aufnahmerohr“ bildet einen wesentlichen Bestandteil der späteren Preform. Dieses Aufnahmerohr besteht beispielsweise aus hochreinem Quarz (SiO_2). Dieses Aufnahmerohr bildet insbesondere nach dem mittigen Heraustrennen des Teilrohrsegments ein Gerüst für den einzufügenden Kernstab.

[16] Dabei kann das „mittige Heraustrennen“ durch Fräsen oder auch durch Laserschneiden erfolgen. Mittig ist insbesondere dahingehend zu verstehen, dass jeweils an den Enden des Teilrohrsegments ein Steg zum jeweiligen Ende des Aufnahmerohrs bestehen bleibt. Somit ist das Aufnahmerohr weiterhin im Wesentlichen stabil. Das Heraustrennen kann derart erfolgen, dass der Kernstab in der Kernstabaufnahme fixierbar ist.

[17] Das „Teilrohrsegment“ ist der Teil des Aufnahmerohrs, welcher insbesondere durch Herausschneiden aus dem

Aufnahmerohr gebildet wird. Nach dem Entfernen des Teilrohrsegments aus dem Aufnahmerohr ist somit nicht nur ein Zugang von den Seiten in das Innere des Aufnahmerohrs an den Seiten des Endes des Aufnahmerohrs möglich, sondern auch von der Längsseite. Somit liegt nach dem Entfernen durch das Heraustrennen des Teilrohrsegments eine „Kernstabaufnahmeaussparung“ im Aufnahmerohr vor.

[18] Ein „axiales Einführen“ ist ein Einbringen eines Bauteils an einem Ende des Aufnahmerohrs in Längsrichtung entlang der Längsachse.

[19] Die „Teilrohrsegmentquerschnittsfläche“ ist die sich ausbildende Fläche, des Teilrohrsegments, die sich bei einem Schnitt in radialer Richtung ausbildet.

[20] Der „zentrale Füllstab“ dient beispielsweise zum einen der Lagerung des Kernstabes oder auch zum Auffüllen des Aufnahmerohrs mit dem entsprechenden Fasermaterial.

[21] Der „Aufnahmerohrinnendurchmesser“ ist der Innendurchmesser des Aufnahmerohrs und ist derart ausgestaltet, dass der zentrale Füllstab mit seinem „Außendurchmesser“ axial einführbar ist. Bei einem axial eingeführten zentralen Füllstab bildet sich zwischen dem Füllstab und dem Aufnahmerohr ein Spalt aufgrund der unterschiedlichen Durchmesser aus.

[22] Das „Einlegen“ des „ersten Kernstabes“ erfolgt insbesondere in radialer Richtung von außen, wobei beispielsweise nach dem Einlegen eine Zylinderoberfläche des Kernstabes auf der Zylinderoberfläche des Füllstabes aufliegt.

[23] Der „Kernstab“ ist derart ausgestaltet, dass dieser in der späteren Mehrkernfaser das Licht leitet.

[24] Die „Kernstabsquerschnittsfläche“ ist insbesondere die Fläche des Kernstabes, die sich bei einem radialen Schnitt durch den Kernstab ausbildet.

[25] Ein „Mantelrohr“ wird auch Jacketingrohr genannt. Das Mantelrohr, der zentrale Füllstab, das Aufnahmerohr und der Kernstab bilden nach dem „Verschmelzen“ die Preform. Beim Verschmelzen wird durch Aufbringen der entsprechenden Temperatur die Struktur viskos, sodass sich die einzelnen Bestandteile miteinander verbinden. Dies kann beispielsweise unter Vakuum und einer entsprechenden Form erfolgen, sodass die Preform anschließend eine runde, polygone oder rechteckige Form aufweist.

[26] Um mehrere Kerne in der Preform anzuordnen, kann das Verfahren vor dem Verschmelzen zur Preform folgende weitere Schritte aufweisen.

- mittiges Heraustrennen eines zweiten Teilrohrsegments mit einer zweiten Teilrohrsegmentquerschnittsfläche, eines dritten Teilrohrsegments mit einer dritten Teilrohrsegmentquerschnittsfläche, eines vierten Teilrohrsegments mit einer vierten Teilrohrsegmentquerschnittsfläche und/oder weiterer Teilrohrsegmente mit jeweils einer Teilrohrsegmentquerschnittsfläche aus dem Aufnahmerohr, sodass das Aufnahmerohr eine zweite Kernstabaufnahmeausparung, eine dritte Kernstabaufnahmeausparung, eine vierte Kernstabaufnahmeausparung und/oder weitere Kernstabaufnahmeausparungen aufweist und die jeweiligen Kernstabaufnahmeausparungen azimuthal durch Material des Aufnahmerohrs zueinander beabstandet sind,
- Einlegen eines zweiten Kernstabes, eines dritten Kernstabes, eines vierten Kernstabes oder weiterer Kernstäbe in die zweite Kernstabaufnahmeausparung, in

die dritte Kernstabaufnahmeaussparung, in die vierte Kernstabaufnahmeaussparung und/oder in die weiteren Kernstabaufnahmeaussparungen, sodass das Aufnahmerohr die jeweiligen Kernstäbe aufweist und

- axiales Einführen des die Kernstäbe und den zentralen Füllstab aufweisenden Aufnahmerohrs in das Mantelrohr, sodass das Mantelrohr das Aufnahmerohr aufweist.

[27] Im Wesentlichen wird somit das Verfahren für den ersten Kernstab auf weitere Kernstäbe ausgedehnt.

[28] Insbesondere um eine möglichst kreisförmige Querschnittsfläche und/oder homogene Anordnung der Kernstäbe zu gewährleisten, können die jeweiligen Kernstäbe derart ausgestaltet oder ausgewählt werden, dass die jeweiligen Kernstabquerschnittsflächen im Wesentlichen der jeweiligen Teilrohrsegmentquerschnittsfläche entsprechen.

[29] Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass die Teilrohrsegmentquerschnittsfläche und die Kernstabquerschnittsfläche messtechnisch bestimmt werden und ein runder Kernstab mit entsprechender Fläche ausgewählt wird. Die Abweichungen der Kernstabquerschnittsfläche von der Teilrohrsegmentquerschnittsfläche sollte weniger als $\pm 5\%$, insbesondere weniger $\pm 2\%$ und insbesondere weniger als $\pm 0,5\%$ betragen. Auch kann die Querschnittsfläche des Teilkreissegments mathematisch bestimmt werden.

[30] In einer weiteren Ausführungsform wird oder werden vor oder nach dem Einlegen des Kernstabs und/oder der weiteren Kernstäbe jeweils ein Auffüllstab oder mehrere Auffüllstäbe in die jeweiligen Kernstabaufnahmeaussparungen eingelegt.

[31] Dadurch können sowohl die entsprechenden Freiräume mit entsprechendem Fasermaterial versehen werden, sodass Abweichungen von einer Rundform nach dem Verschmelzen geringer

sind. Zudem kann durch die Füllstäbe ein definiertes Positionieren erfolgen. Das Material des Auffüllstabs entspricht insbesondere dem Material des Aufnahmerohrs. Der Auffüllstab oder entsprechend die Auffüllstäbe können sowohl als Innenfüllstab oder Innenfüllstäbe oder als Außenfüllstab oder Außenfüllstäbe ausgestaltet sein. Dabei weisen insbesondere die Innenfüllstäbe einen geringeren Durchmesser als die Außenfüllstäbe auf. Die Innenfüllstäbe werden insbesondere zwischen dem zentralen Füllstab und dem jeweiligen Kernstab und der Außenfüllstab oder die Außenfüllstäbe zwischen dem Kernstab und dem Jacketingrohr angeordnet.

[32] In einer diesbezüglichen Ausgestaltung sind der Innenfüllstab oder sämtliche Innenfüllstäbe der jeweiligen Kernstabaufnahme und/oder der Außenfüllstab oder sämtliche Außenfüllstäbe der jeweiligen Kernstabaufnahme und die jeweiligen Kernstäbe derart ausgestaltet, dass deren Gesamtquerschnittsfläche im Wesentlichen der jeweiligen Teilrohrsegmentquerschnittsfläche entspricht.

[33] Dabei kann die Teilrohrsegmentquerschnittsfläche wiederum messtechnisch oder mathematisch bestimmt werden und durch Aufaddieren der Querschnittsfläche der Kernstäbe und der Füllstäbe die Flächen zueinander angepasst werden. „Im Wesentlichen“ heißt vorliegend insbesondere, dass die Abweichungen der Gesamtquerschnittsfläche von der Teilrohrsegmentquerschnittsfläche weniger als $\pm 1,5\%$, insbesondere weniger als $\pm 0,8\%$ entspricht.

[34] Um die Anzahl der Kerne zu erhöhen, kann der erste Kernstab und/oder können die weiteren Kernstäbe selbst Mehrfachkerne aufweisen. Dabei kann ein Kernstab wie zuvor die Preform gefertigt worden sein.

[35] Um besonders homogene Oberflächen zu erhalten, die nicht vopolisiert und/oder nachbehandelt werden müssen, kann das

Heraustrennen des Teilrohrsegments oder der Teilrohrsegmente mittels Laserschneiden insbesondere mittels eines CO₂-Lasers, erfolgen.

[36] Zudem kann das Verschmelzen zur Preform vor oder während des Ziehens einer Preform zur Mehrkernfaser erfolgen. Insbesondere wenn das Ziehen und Verschmelzen gleichzeitig erfolgt, kann der Energiebedarf zum Herstellen der Mehrkernfaser reduziert werden. Dies ist insbesondere dadurch möglich, dass die entsprechenden Querschnittsflächen der Füll- und Kernstäbe den Teilrohrsegmentquerschnittsflächen entspricht, da somit hohe Genauigkeit bezüglich der Geometrien erreicht werden, und eine Nachbehandlung der Preform nicht erforderlich ist.

[37] Weiterhin wird die Aufgabe gelöst durch eine Preform, welche nach einem zuvor beschriebenen Verfahren hergestellt wurde.

[38] Zudem wird die Aufgabe gelöst durch eine Mehrkernfaser, welche durch ein Ziehen der Preform oder beim gleichzeitigen Verschmelzen und Ziehen der Preform zur Mehrkernfaser entsteht.

[39] Im Weiteren wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels erläutert. Es zeigen

Figur 1 eine stark schematische radiale Querschnittsdarstellung eines Jacketingrohres mit Aufnahmerohr, wobei in dem Aufnahmerohr vier Kernstäbe und ein zentraler Füllstab angeordnet sind,

Figur 2 einen stark schematischen Teilausschnitt einer Preform mit einem Kernstab und Auffüllstäbe vor dem Verschmelzen und

Figur 3 eine stark schematische dreidimensionale Darstellung eines Aufnahmerohrs mit einer Kernstabaufnahmeaussparung.

[40] Ein aus Quarz gefertigtes Aufnahmerohr 103 wird mittels eines CO₂-Lasers mittig seitlich aufgeschlitzt und ein Teilrohrsegment (nicht dargestellt) entfernt. Die verbleibende Öffnung 105 dient als Kernstabaufnahmeaussparung. Durch das Herausschneiden hat sich eine Schnittkante 106 gebildet. Aufgrund der Randstücke 102 bleibt die Stabilität des Aufnahmerohrs 103 im Wesentlichen bestehen.

[41] Insgesamt werden radial gleichmäßig verteilt vier Teilrohrsegmente aus dem Aufnahmerohr 103 entfernt, sodass vier Kernstabaufnahmeaussparungen 105 gegeben sind.

[42] In einer ersten Alternative wird in das Aufnahmerohr 103 seitlich axial ein zentraler Füllstab 107 vollständig eingeführt. In die jeweilige Kernstabaufnahmeaussparung 105 wird jeweils ein Kernstab 109 seitlich eingelegt. Nachdem alle vier Kernstabaufnahmeaussparungen 105 mit Kernstäben 109 bestückt sind, wird das Aufnahmerohr 103 mit eingeführten zentralen Füllstab 107 und auf diesem aufliegenden Kernstäben 109 in ein Jacketingrohr 111 seitlich axial eingeführt. Dadurch bildet sich eine Preform 101 vor dem Verschmelzen (siehe Figur 1).

[43] Zwischen den jeweiligen Kernstäben sind verbleibende Rohrsegmente 104 als Bestandteil des Aufnahmerohrs 103 vorgesehen. Die Kernstäbe 109 liegen jeweils an zwei Punkten an den Schnittkanten 106 auf. Zwischen dem Aufnahmerohr 103 und dem Jacketingrohr 111 ist ein Mantelrohrfreiraum 115 vorgesehen. Analog ist ein Kernstabfreiraum zwischen dem zentralen Füllstab 107 und dem Aufnahmerohr 103 gegeben.

[44] Anschließend wird die Preform verschmolzen, sodass sämtliche Freiräume verschlossen werden, und gleichzeitig oder

anschließend wird die verschmolzene Preform zu einer Mehrkernfaser gezogen.

[45] In einer zweiten Alternative werden nachdem das Aufnahmerohr 103 mit dem zentralen Füllstab 107 versehen wurde, zuerst in jede Kernstabaufnahmeausparungen 105 zwei innere Füllstäbe 117 und darauf der Kernstab 109 sowie darauf zwei äußere Füllstäbe 119 eingelegt. Anschließend wird das so bestückte Aufnahmerohr 103 in das Jacketingrohr 111 seitlich axial eingeführt.

[46] Bei allen Ausführungsformen wurde die Querschnittsfläche des Teilsegmentrohres messtechnisch bestimmt. In der ersten Alternative entspricht die Kreisfläche des Kernstabes der Teilsegmentrohrquerschnittsfläche und in der zweiten Alternative entsprechen die Summen der Querschnittsflächen der beiden inneren Füllstäbe 117, der beiden äußeren Füllstäbe 119 und des Kernstabes 109 der bestimmten Teilsegmentrohrquerschnittsfläche.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer Preform zum Herstellen einer Mehrkernfaser mit folgenden Schritten:
 - mittiges Heraustrennen eines ersten Teilrohrsegments mit einer ersten Teilrohrsegmentquerschnittsfläche aus einem Aufnahmerohr mit einem Aufnahmerohrinnendurchmesser, sodass das Aufnahmerohr eine erste Kernstabaufnahmeaussparung aufweist,
 - axiales Einführen eines zentralen Füllstabes mit einem Füllstabaußendurchmesser in das Aufnahmerohr, wobei der Füllstabaußendurchmesser kleiner als der Aufnahmerohrinnendurchmesser ist, sodass das Aufnahmerohr den zentralen Füllstab aufweist,
 - Einlegen eines ersten Kernstabes mit einer ersten Kernstabquerschnittsfläche in die Kernstabaufnahmeaussparung, sodass das Aufnahmerohr den Kernstab aufweist,
 - axiales Einführen des den ersten Kernstab und den zentralen Füllstab aufweisenden Aufnahmerohrs in ein Mantelrohr, sodass ein das Aufnahmerohr aufweisendes Mantelrohr vorliegt, und
 - Verschmelzen des das Aufnahmerohr aufweisenden Mantelrohrs zu einer Preform, sodass die Preform vorliegt.
2. Verfahren nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** vor dem Verschmelzen zur Preform folgende Schritte durchgeführt werden:
 - mittiges Heraustrennen eines zweiten Teilrohrsegments mit einer zweiten Teilrohrsegmentquerschnittsfläche, eines dritten Teilrohrsegments mit einer dritten

- Teilrohrsegmentquerschnittsfläche, eines vierten Teilrohrsegments mit einer vierten Teilrohrsegmentquerschnittsfläche und/oder weiterer Teilrohrsegmente mit jeweils einer Teilrohrsegmentquerschnittsfläche aus dem Aufnahmerohr, sodass das Aufnahmerohr eine zweite Kernstabaufnahmeaussparung, eine dritte Kernstabaufnahmeaussparung, eine vierte Kernstabaufnahmeaussparung und/oder weitere Kernstabaufnahmeaussparungen aufweist und die jeweiligen Kernstabaufnahmeaussparungen azimuthal durch Material des Aufnahmerohrs zueinander beabstandet sind,
- Einlegen eines zweiten Kernstabes, eines dritten Kernstabes, eines vierten Kernstabes oder weiterer Kernstäbe in die zweite Kernstabaufnahmeaussparung, in die dritte Kernstabaufnahmeaussparung, in die vierte Kernstabaufnahmeaussparung und/oder in die weiteren Kernstabaufnahmeaussparungen, sodass das Aufnahmerohr die jeweiligen Kernstäbe aufweist und
 - axiales Einführen des die Kernstäbe und den zentralen Füllstab aufweisenden Aufnahmerohrs in das Mantelrohr, sodass das Mantelrohr das Aufnahmerohr aufweist.
3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die jeweiligen Kernstäbe derart ausgestaltet werden, dass die jeweilige Kernstabquerschnittsfläche im Wesentlichen der jeweiligen Teilrohrsegmentquerschnittsfläche entspricht.
4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor oder nach dem Einlegen des ersten Kernstabes und/oder der weiteren Kernstäbe jeweils ein Auffüllstab oder mehrere Auffüllstäbe in die jeweilige Kernstabaufnahmeaussparung eingelegt wird oder werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor dem Einlegen des ersten Kernstabes und/oder der weiteren Kernstäbe jeweils ein Innenfüllstab, zwei Innenfüllstäbe oder mehrere Innenfüllstäbe in die jeweilige Kernstabaufnahmeaussparung eingelegt wird oder werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor dem axialen Einführen des Aufnahmerohrs in das Mantelrohr jeweils ein Außenfüllstab, zwei Außenfüllstäbe oder mehrere Außenfüllstäbe in die jeweilige mit Kernstäben versehene Kernstabaufnahmeaussparung eingelegt wird oder werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Innenfüllstab oder sämtliche Innenfüllstäbe der jeweiligen Kernstabaufnahme und/oder der Außenfüllstab oder sämtliche Außenfüllstäbe der jeweiligen Kernstabaufnahme und die jeweiligen Kernstäbe derart ausgestaltet werden, dass deren Gesamtquerschnittsfläche im Wesentlichen der jeweiligen Teilrohrsegmentquerschnittsfläche entspricht.
8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Kernstab und/oder die weiteren Kernstäbe Mehrfachkernstäbe aufweist oder aufweisen.
9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Heraustrennen des Teilrohrsegments oder der Teilrohrsegmente mittels Laserschneiden, insbesondere mittels eines CO₂-Lasers, erfolgt.
10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verschmelzen zur Preform vor einem Ziehens der Preform zur Mehrkernfaser erfolgt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verschmelzen zur Preform während eines Ziehens der Preform zur Mehrkernfaser erfolgt.
12. Preform, welche durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 hergestellt ist.
13. Mehrkernfaser, welche durch ein Ziehen der Preform nach Anspruch 11 oder durch ein Verfahren nach Anspruch 11 hergestellt ist.

1/1

Fig. 1

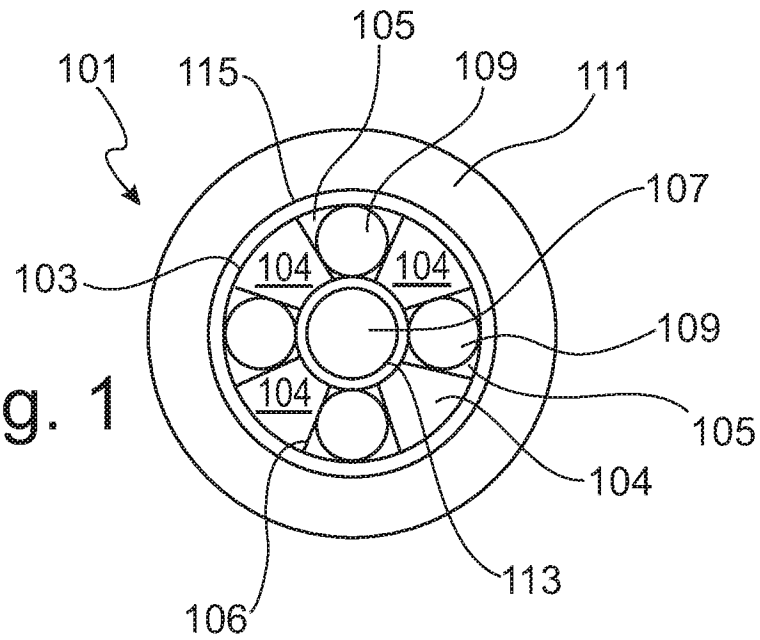


Fig. 2

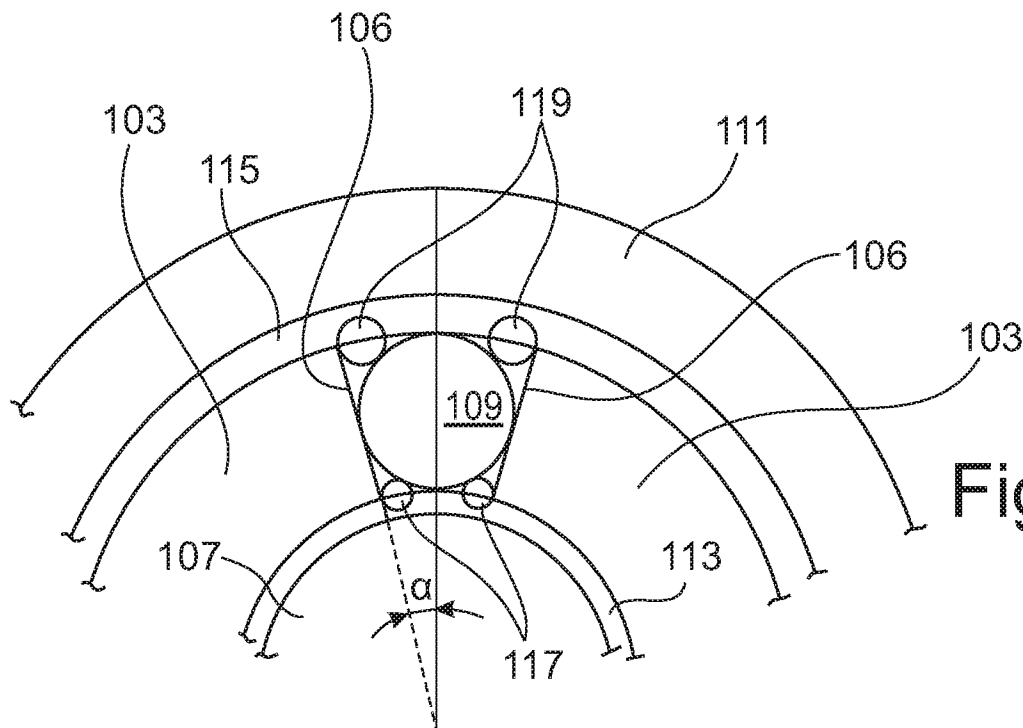
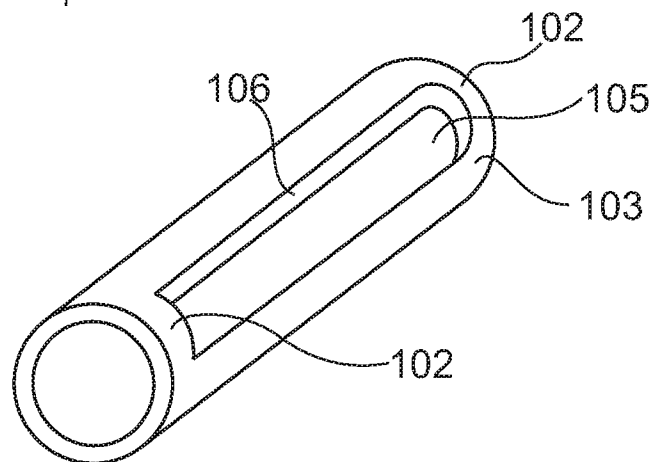


Fig. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DE2019/200043

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**C03B 37/012**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C03B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2010316088 A1 (BAYINDIR MEHMET [TR] ET AL) 16 December 2010 (2010-12-16) paragraphs [0012], [0055], [0154], [0156] - [0158]; figures 11,12A-12D	1-3,9-13
X	CN 101943767 A (UNIV HARBIN ENG) 12 January 2011 (2011-01-12) paragraph [0037]; claims; figures 1,6	1-3,8-13
X A	CN 105785503 A (UNIV HARBIN ENG) 20 July 2016 (2016-07-20) figures	12,13 1-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 August 2019

Date of mailing of the international search report

05 September 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Creux, Sophie

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/DE2019/200043

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US	2010316088	A1	16 December 2010	US 2009097805 A1	16 April 2009
				US 2009169158 A1	02 July 2009
				US 2010316088 A1	16 December 2010
CN	101943767	A	12 January 2011	NONE	
CN	105785503	A	20 July 2016	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. C03B37/012
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
C03B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2010/316088 A1 (BAYINDIR MEHMET [TR] ET AL) 16. Dezember 2010 (2010-12-16) Absätze [0012], [0055], [0154], [0156] - [0158]; Abbildungen 11,12A-12D -----	1-3,9-13
X	CN 101 943 767 A (UNIV HARBIN ENG) 12. Januar 2011 (2011-01-12) Absatz [0037]; Ansprüche; Abbildungen 1,6 -----	1-3,8-13
X	CN 105 785 503 A (UNIV HARBIN ENG) 20. Juli 2016 (2016-07-20) Abbildungen -----	12,13
A		1-11



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

28. August 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

05/09/2019

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Creux, Sophie

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2019/200043

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2010316088	A1	16-12-2010	US	2009097805 A1	16-04-2009
			US	2009169158 A1	02-07-2009
			US	2010316088 A1	16-12-2010

CN 101943767	A	12-01-2011	KEINE		

CN 105785503	A	20-07-2016	KEINE		
