



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 029 506 A1** 2009.01.08

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 029 506.7**

(22) Anmeldetag: **25.06.2007**

(43) Offenlegungstag: **08.01.2009**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **C03B 20/00 (2006.01)**  
**C03B 19/06 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Heraeus Quarzglas GmbH & Co. KG, 63450 Hanau, DE**

(74) Vertreter:

**Staudt, A., Dipl.-Ing. Univ., Pat.-Anw., 63674 Altenstadt**

(72) Erfinder:

**Hoff, Frank, 06803 Greppin, DE; Muschler, Michael, 06862 Roßlau, DE; Peper, Udo, 06110 Halle, DE; Schmidt, Sven, 06796 Brehna, DE; Zwarg, Steffen, 06766 Wolfen, DE; Fritsche, Hans-Georg, 06766 Bobbau, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

**DE 103 03 290 B3**

**US 43 62 545 A**

**US 41 57 906 A**

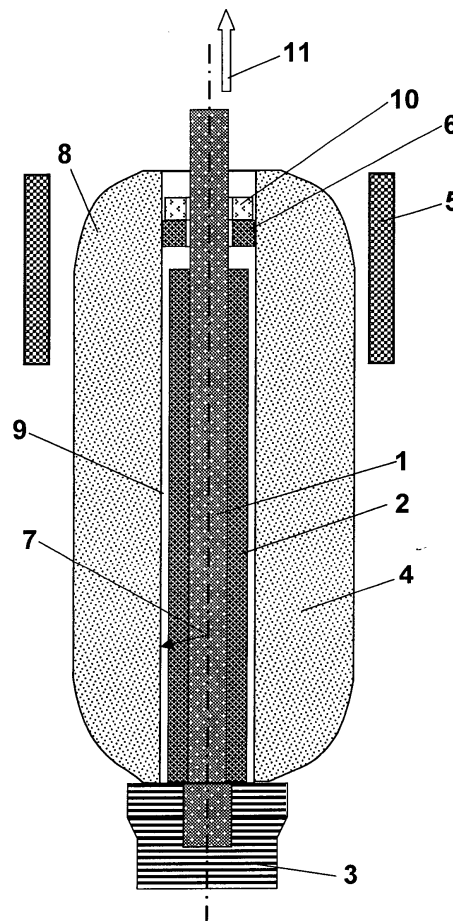
**EP 07 01 975 A2**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines Zylinders aus Quarzglas unter Einsatz einer Haltevorrichtung sowie geeignete Haltevorrichtung zur Durchführung des Verfahrens**

(57) Zusammenfassung: Ein bekanntes Verfahren zur Herstellung eines Zylinders aus Quarzglas umfasst einen Verfahrensschritt, bei dem ein eine zentrale Innenbohrung, ein unteres Ende und ein oberes Ende aufweisender, poröser SiO<sub>2</sub>-Körper in einem Sinterofen, vom oberen Ende beginnend, zonenweise zu dem Querglaszylinder gesintert wird, wobei eine Haltevorrichtung eingesetzt wird, mittels der der SiO<sub>2</sub>-Körper während einer ersten Sinterphase in vertikaler Ausrichtung stehend und in einer zweiten Sinterphase hängend gehalten wird. Um hiervon ausgehend ein Verfahren anzugeben, mittels dessen auch schwere Körper aus porösem SiO<sub>2</sub> beim Sintern sicher gehalten werden können, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, dass die Haltevorrichtung einen Einschmelzkörper aus Quarzglas umfasst, der im Bereich des oberen Endes in der Innenbohrung angeordnet wird und der im Verlauf der ersten Sinterphase mit dem Quarzglas des SiO<sub>2</sub>-Körpers (4) verschmilzt und der während der zweiten Sinterphase mit einem Halteelement der Haltevorrichtung in Wirkverbindung steht und mit diesem zusammen zur hängenden Halterung des zu sinternenden SiO<sub>2</sub>-Körpers (4) beiträgt.



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Zylinders aus Quarzglas, umfassend einen Verfahrensschritt, bei dem ein eine zentrale Innenbohrung, ein unteres Ende und ein oberes Ende aufweisender, poröser  $\text{SiO}_2$ -Körper in einem Sinterofen vom oberen Ende beginnend zonenweise zu dem Quarzglaszylinder gesintert wird, wobei eine Haltevorrichtung eingesetzt wird, mittels der der  $\text{SiO}_2$ -Körper während einer ersten Sinterphase in vertikaler Ausrichtung stehend und in einer zweiten Sinterphase hängend gehalten wird.

**[0002]** Weiterhin betrifft die Erfindung eine Haltevorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

**[0003]** Hohlzylinder oder Rohre aus synthetischem Quarzglas werden als Zwischenprodukte für eine Vielzahl von Bauteilen für die optische und für die chemische Industrie und insbesondere für die Herstellung von Vorformen für optische Fasern und für die Weiterverarbeitung zu Linsenrohlingen für die Mikrolithographie verwendet.

**[0004]** Beim sogenannten „Sootverfahren“ umfasst die Herstellung des Zwischenprodukts einen Abscheideprozess von  $\text{SiO}_2$ , bei dem eine poröser Rohling aus  $\text{SiO}_2$ -Partikeln gebildet wird (hier als „Sootkörper“ oder als „Sootrohr“ bezeichnet), der anschließend zu einem Quarzglaszylinder gesintert wird. Das Sintern eines Sootrohres (auch als „Verglasen“ bezeichnet) kann so geführt werden, dass gleichzeitig die Sootrohr-Innenbohrung vollständig kollabiert, so dass ein Vollzylinder erhalten wird.

**[0005]** Das Sintern eines Sootrohres ist beispielsweise in der US 4,157,906 A beschrieben. Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung offenbart, wobei ein  $\text{SiO}_2$ -Sootrohr in einem Verfahrensschritt gesintert, die Innenbohrung dabei kollabiert und gleichzeitig zu einer Faser elongiert wird. Zur Halterung des  $\text{SiO}_2$ -Sootrohres in einem Zieh- und Verglasungs-ofen in vertikaler Ausrichtung wird in die Innenbohrung des Sootrohres ein ca. 50 mm langes Rohrstück aus Quarzglas eingesetzt, dessen Außendurchmesser in etwa dem Innendurchmesser der Innenbohrung entspricht, und das an seinem zur Einführung in die Innenbohrung bestimmten Ende höckerartige Verdickungen aufweist. Zur Verankerung des Quarzglasrohres werden die höckerartigen Verdickungen in der Innenbohrung um ca. 90 Grad verdreht, so dass eine einem Bajonettverschluss ähnliche, formschlüssige Verbindung entsteht. Das Sootrohr wird an dem eingedrehten Halter an seinem oberen Ende hängend gehalten und mit seinem unteren Ende beginnend einer Heizzone zugeführt und darin zonenweise erweicht und zu einer Faser elongiert.

**[0006]** Beim Eindrehen des Rohrstücks in die Wan-

nung des Sootrohres werden Partikel generiert, die sich auf der Sootrohr-Innenwandung ablagern und sich im weiteren Prozess ungünstig bemerkbar machen können. Außerdem kann es zu Ausbrüchen und Rissen kommen, die das Sootrohr unbrauchbar machen oder die später zu einem Ausbrechen des Halters führen können.

**[0007]** Es ist auch vorgeschlagen worden, einen Halter aus Quarzglas bereits beim Abscheideprozess in den sich aufbauenden Sootkörper so einzubetten, dass er stirnseitig aus dem zu sinternden Sootkörper herausragt und so zur hängenden Halterung des Sootkörpers bei nachfolgenden Prozessschritten verwendet werden kann.

**[0008]** Die Einbettung des Halters ist jedoch schwierig zu reproduzieren und die Festigkeit kaum überprüfbar. Dabei ist zu beachten, dass im Zuge der Produktivitätssteigerung zunehmend größere Quarzglaszylinder nachgefragt werden, so dass auch die Gewichte der zu sinternden Sootrohre laufend zunehmen. Die Halterung schwerer Sootrohre ist bei den oben beschriebenen Verfahrensweisen problematisch.

**[0009]** Aus der EP 701 975 A2 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Gattung bekannt. Das Sootrohr wird dabei in einen Verglasungs-ofen eingebracht und darin in vertikaler Orientierung mittels einer Haltevorrichtung gehalten. Diese umfasst einen Haltestab, der sich von oben durch die Innenbohrung des Sootrohres erstreckt und der mit einem Haltefuß verbunden ist, auf dem das Sootrohr anfangs mit seinem unteren Ende aufsteht. Der Haltestab besteht aus kohlefaserverstärktem Grafit (CFC; carbon fiber reinforced carbon) und er eng ist von einem gasdurchlässigen, dünnwandigen Hüllrohr aus reinem Grafit umhüllt. In einer Position oberhalb des oberen Endes des Hüllrohres ist in die Innenbohrung des Sootrohres ein Grafittragring eingebettet, der nach Innen herausragt.

**[0010]** Beim Sintern wird das Sootrohr mit seinem oberen Ende beginnend zonenweise verglast. Dabei kollabiert das Sootrohr sukzessive auf das Grafit-Hüllrohr auf und schrumpft auch in seiner Länge, wobei es in einer ersten Sinterphase auf dem Haltefuß aufsteht. Die Position des im Sootrohr eingebetteten Grafittragrings ist so gewählt, dass sich dieser in einer zweiten Sinterphase infolge der zunehmenden Längenschrumpfung auf dem Grafit-Hüllrohr abstützt, so dass dann das Sootrohr am oberen Ende hängend gehalten wird.

**[0011]** Die vom Grafittragring zur Verfügung gestellte Stützfläche ist aus prozesstechnischen Gründen in ihrer Größe jedoch beschränkt, so dass es bei hohen Lasten zu einem Abrutschen des Sootrohres in der zweiten Sinterphase kommen kann.

**[0012]** Beim Sintern kollabiert das Sootrohr auf das Grafit-Hüllrohr auf. Dabei können im Grafit vorhandene Verunreinigungen – insbesondere metallische Verunreinigungen – gelöst und in das Quarzglas des Sootrohres eingetragen werden. Infolge des Kontaktes mit dem Hüllrohr weist der so erzeugte Hohlzylinder zudem eine raue Innenoberfläche mit eingebackenen Grafitpartikeln auf. Nach dem Sintern wird das Hüllrohr entfernt, und die Innenbohrung des erhaltenen Quarzglasrohres wird durch Bohren, Schleifen, Honen oder Ätzen nachbearbeitet. Dieses Verfahren ist zeitaufwendig und es kommt zu Materialverlusten. Das Verfahren ist daher zeitaufwändig und mit Materialverlusten verbunden.

**[0013]** Ähnliche Problemstellungen ergeben sich auch beim Sintern anderer Körper aus porösem  $\text{SiO}_2$ , die nicht über die  $\text{SiO}_2$ -Soot-Verfahrensrouten erzeugt worden sind, etwa bei porösen  $\text{SiO}_2$ -Körpern, die über die bekannte Sol-Gel-Routen oder durch Pressverfahren erhalten worden sind.

**[0014]** Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung eines Zylinders aus Quarzglas anzugeben, mittels dem auch schwere Körper aus porösem  $\text{SiO}_2$  beim Sintern sicher gehalten werden können.

**[0015]** Außerdem liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine konstruktiv einfache und betriebssichere Haltevorrichtung zur Durchführung des Verfahrens bereitzustellen.

**[0016]** Hinsichtlich des Verfahrens wird diese Aufgabe ausgehend von dem eingangs genannten Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Haltevorrichtung einen Einschmelzkörper aus Quarzglas umfasst, der im Bereich des oberen Endes in der Innenbohrung angeordnet wird, und der im Verlauf der ersten Sinterphase mit dem Quarzglas des  $\text{SiO}_2$ -Körpers verschmilzt, und der während der zweiten Sinterphase mit einem Halteelement der Haltevorrichtung in Wirkverbindung steht und mit diesem zusammen zur hängenden Halterung des zu sinternden  $\text{SiO}_2$ -Körpers beiträgt.

**[0017]** Ein wichtiger Aspekt der Erfindung ist darin zu sehen, dass die Haltevorrichtung einen Einschmelzkörper aus Quarzglas umfasst, der während der ersten Sinterphase – während der das obere Ende des  $\text{SiO}_2$ -Körpers gesintert wird und der  $\text{SiO}_2$ -Körper auf seiner unteren Stirnseite stehend gehalten wird – in den sinternden  $\text{SiO}_2$ -Körper eingeschmolzen wird, und zwar im Bereich von dessen oberem Ende. Nach dem Abkühlen und Erstarren des gesinterten, oberen  $\text{SiO}_2$ -Körper-Endes ist der Einschmelzkörper mit dem gesinterten Quarzglas des  $\text{SiO}_2$ -Körpers mindestens zum Teil untrennbar verschmolzen und in diesen in der Regel auch formschlüssig eingebettet. Im Bereich der Einschmelzung

verliert der Einschmelzkörper in der Regel seine ursprüngliche Form, sofern nicht besondere Maßnahmen getroffen werden, um dies zu verhindern, beispielsweise indem ein Quarzglas-Bauteil eingesetzt wird, dessen Quarzglas eine Viskosität aufweist, die höher ist als diejenige des  $\text{SiO}_2$ -Körper-Quarzglas.

**[0018]** Ein weiterer Aspekt der Erfindung besteht darin, dass der so eingeschmolzene (verschmolzene und/oder eingebettete) Einschmelzkörper im Verlauf des weiteren Sinterprozesses zur hängenden Halterung des  $\text{SiO}_2$ -Körpers beiträgt. Zu diesem Zweck ist der eingeschmolzene Einschmelzkörper entweder mit einem weiteren Halteelement der Haltevorrichtung verbunden – wie etwa einem Greifer oder einem Haltestab – oder er gelangt im Verlauf des Sinterprozesses mit einem weiteren Halteelement unmittelbar oder mittelbar in Wirkverbindung, zum Beispiel infolge fortschreitender Längenschrumpfung beim Sintern des  $\text{SiO}_2$ -Körpers.

**[0019]** Der Beitrag des eingeschmolzenen Einschmelzkörpers zur hängenden Halterung des  $\text{SiO}_2$ -Körpers kann auch darin bestehen, dass es ein anderes Halteelement zur hängenden Halterung mechanisch verstärkt oder in seiner Lage stabilisiert.

**[0020]** Da der  $\text{SiO}_2$ -Körper während der ersten Sinterphase stehend gelagert wird, ist eine mechanische schlüssige Verbindung zwischen  $\text{SiO}_2$ -Körper und Quarzglas-Bauteil in diesem Verfahrensstadium noch nicht erforderlich. Die aus dem Stand der Technik bekannten Maßnahmen zur Fixierung eines Halteelements in einem  $\text{SiO}_2$ -Körper vor Beginn des Sinterprozesses, wie etwa durch Einbetten oder durch Eindrehen, können daher vermieden werden, und damit auch die damit einhergehenden Nachteile und Risiken.

**[0021]** Der vormalige Einschmelzkörper ist jedoch nach dem Erstarren des gesinterten, oberen Endes des  $\text{SiO}_2$ -Körpers in die erstarrte Quarzglasmasse fest eingefügt und daher in der zweiten Sinterphase für eine stabile, betriebssichere hängende Halterung des noch zu sinternden  $\text{SiO}_2$ -Körper-Teilabschnitts einsetzbar.

**[0022]** Dadurch, dass der zur hängenden Halterung des  $\text{SiO}_2$ -Körpers beitragende Einschmelzkörper aus Quarzglas besteht, vorzugsweise aus synthetischem Quarzglas, und somit aus einem – in Bezug auf das Material des  $\text{SiO}_2$ -Körpers – arteigenen Material, ist die Gefahr von Verunreinigungen des  $\text{SiO}_2$ -Körpers durch den Einschmelzkörper beim Sintern gering.

**[0023]** Beim Sintern wird der  $\text{SiO}_2$ -Körper einer Heizzone, die kürzer ist als die Länge des  $\text{SiO}_2$ -Körpers, mit dem oberen Ende beginnend zugeführt und darin zonenweise erhitzt und erweicht. Die Innenbohrung des  $\text{SiO}_2$ -Körpers kollabiert beim Sintern teilwei-

se oder vollständig.

**[0024]** Nachfolgend werden mehrere bevorzugte Varianten des erfindungsgemäßen Verfahrens näher erläutert.

**[0025]** Bei einer ersten bevorzugten Variante wird eine Haltevorrichtung eingesetzt, bei der im Bereich des oberen Endes der SiO<sub>2</sub>-Körper-Innenbohrung ein Tragrings in die SiO<sub>2</sub>-Körper-Wandung eingelassen ist, auf dem der Einschmelzkörper zu Beginn der ersten Sinterphase aufliegt, wobei sich der Tragrings infolge von Längenschumpfung des SiO<sub>2</sub>-Körpers in der zweiten Sinterphase auf einem in der Innenbohrung angeordneten Lager abstützt.

**[0026]** Der Einsatz einer Haltevorrichtung mit einem derartigen Tragrings ist aus der oben erwähnten EP 701 975 A2 bekannt. Der Tragrings kann zum Beispiel aus Grafit bestehen. In der Regel ist er zu Beginn der ersten Sinterphase ein Stück oberhalb eines Gegenlagers in der SiO<sub>2</sub>-Körper-Innenbohrung fixiert, auf das er im Verlauf der ersten Sinterphase infolge der Längenschumpfung des SiO<sub>2</sub>-Körpers zum Anliegen kommt, wobei er sich mit seiner Unterseite auf dem Gegenlager auflegt, und danach zur hängenden Halterung des zu sinternden SiO<sub>2</sub>-Körpers beiträgt.

**[0027]** Die Modifikation dieses Standes der Technik gemäß vorliegender Erfindung beruht darauf, den Tragrings mechanisch zu verstärken und in seiner Lage zu stabilisieren, bevor er seine tragende Funktion während der zweiten Sinterphase zu übernehmen hat. Diese Verstärkung und Stabilisierung erfolgt während der ersten Sinterphase, indem ein auf dem Tragrings – mittelbar oder unmittelbar – aufliegendes Einschmelzkörper erhitzt wird, dabei erweicht und sich mit dem sinternden Quarzglas des SiO<sub>2</sub>-Körpers verbindet und gleichzeitig den Tragrings umfließt und so in seiner Lage fixiert. Dadurch kann der Tragrings nicht mehr seitlich ausweichen und ein Abrutschen vom Gegenlager wird so verhindert. Dadurch können schwere SiO<sub>2</sub>-Körper auch mittels Tragrings mit geringer Auflage- oder Haltefläche sicher hängend gehalten werden.

**[0028]** Im einfachsten Fall ist der Einschmelzkörper ringförmig ausgebildet.

**[0029]** Der Tragrings ist dabei über seinen Umfang mit dem Quarzglas des Einschmelzkörpers bedeckt. Der Einschmelzkörper ist als Ring oder Hülse ausgebildet, wobei die Stärke der Wandung des Rings oder der Hülse etwa der Breite der ringförmigen Auflage- oder Haltefläche entsprechen kann, wie sie der Tragrings zur Verfügung stellt.

**[0030]** In dem Zusammenhang hat es sich als günstig erwiesen, wenn die Haltevorrichtung einen Stützfuß, einen mit dem Stützfuß verbundenen Haltestab

und ein den Haltestab teilweise umgebendes Hüllrohr umfasst, wobei sich der Haltestab durch die Innenbohrung des SiO<sub>2</sub>-Körpers erstreckt, und wobei der Einschmelzkörper in Form einer Quarzglas-Hülse ausgebildet ist, deren Wandstärke so ausgelegt ist, dass sie den Ringspalt zwischen Haltestab und SiO<sub>2</sub>-Körper-Innenwandung so ausfüllt, dass zum Haltestab ein Rest-Ringspalt mit einer Breite von weniger als 2 mm verbleibt.

**[0031]** Der Einschmelzkörper ist hierbei in Form einer Quarzglas-Hülse ausgebildet, die sich über eine gewisse Höhe entlang des Haltestabes erstreckt. Sie übernimmt zusätzliche Funktionen, indem sie den Haltestab vor mechanischen Einwirkungen und Schäden schützt und im gewissen Maße vor einer oxidativen Umgebung abschirmt.

**[0032]** Bei einer alternativen, gleichermaßen bevorzugten Verfahrensvariante wird eine Haltevorrichtung ohne den oben beschriebenen Tragrings eingesetzt. Die Haltevorrichtung umfasst hierbei einen Stützfuß, einen mit dem Stützfuß verbundenen Haltestab und ein den Haltestab teilweise umgebendes Hüllrohr, wobei sich der Haltestab durch die Innenbohrung des SiO<sub>2</sub>-Körpers erstreckt, und wobei der Einschmelzkörper ringförmig ausgebildet ist und auf der oberen Stirnseite des Hüllrohres aufliegt.

**[0033]** Das Hüllrohr kann beispielsweise aus hochreinem Grafit bestehen, wie in der oben erwähnten EP 701 975 A2 beschrieben. Das Grafit-Hüllrohr kann auch von einem Quarzglasrohr umgeben sein. Wichtig ist, dass auf der oberen Stirnseite des Hüllrohres mittelbar oder unmittelbar ein Quarzglas-Einschmelzkörper im Sinne der Erfindung aufliegt. Das obere und untere Ende des SiO<sub>2</sub>-Körpers wird im Verlauf der Weiterverarbeitung verworfen. Daher ist es nicht erforderlich, dass sich das Hüllrohr über die gesamte Innenbohrung des SiO<sub>2</sub>-Körpers erstreckt. Das Hüllrohr endet kurz vor dem oberen Ende des SiO<sub>2</sub>-Körpers.

**[0034]** Der Einschmelzkörper wird während des Sinterns des oberen Endes des SiO<sub>2</sub>-Körpers (erste Sinterphase) mit dessen Innenwandung verschmelzen, und bildet nach dem Erstarren eine Verengung der Innenbohrung. Solange die Quarzglasmasse des Einschmelzkörpers nicht vollständig erstarrt ist, kann die obere Stirnseite des Hüllrohres von unten in die weiche Quarzglasmasse vordringen. Dieses Vordringen stoppt nach dem Erstarren der Masse, so dass sich danach die Verengung auf der Hüllrohr-Oberkante abstützt, so dass die weitere Längenschwindung des SiO<sub>2</sub>-Körpers zum allmählichen Abheben vom Standfuß und zur hängenden Sootrohr-Halterung führt.

**[0035]** Auch bei dieser Verfahrensvariante ist der Einschmelzkörper bevorzugt in Form einer Quarz-

glas-Hülse ausgebildet, deren Wandstärke so ausgelegt ist, dass sie den Ringspalt zwischen Haltestab und SiO<sub>2</sub>-Körper-Innenwandung so ausfüllt, dass zum Haltestab ein Rest-Ringspalt mit einer Breite von weniger als 2 mm verbleibt.

**[0036]** Der hülsenförmige Einschmelzkörper erstreckt sich über eine gewisse Höhe entlang des Haltestabes und übernimmt während der ersten Sinterphase zusätzliche Funktionen, indem die Quarzglas-Hülse den Haltestab vor mechanischen Einwirkungen und Schäden schützt und im gewissen Maße vor einer oxidativen Umgebung abschirmt, wie oben anhand der ersten Verfahrensvariante beschreiben.

**[0037]** Bei einer weiteren bevorzugten Verfahrensvariante ist vorgesehen, dass der Einschmelzkörper als länglicher Quarzglaskörper ausgebildet ist, der ein oberes Ende und ein unteres Ende aufweist, wobei das untere Ende in die Innenbohrung des SiO<sub>2</sub>-Körpers hineinragt, und wobei am oberen Ende eine Halterung angreift, mittels der der zu sinternde SiO<sub>2</sub>-Körper während der zweiten Sinterphase am Quarzglaskörper hängend gehalten wird.

**[0038]** Der längliche Einschmelzkörper ist beispielsweise als Vollzylinder, Hohlzylinder oder Kegel ausgebildet; er kann auch einen profilierten Außenmantel aufweisen. Wichtig ist, dass er sich teilweise in die SiO<sub>2</sub>-Körper-Innenbohrung erstreckt und mit seinem oberen Ende herausragt. Auch bei dieser Verfahrensvariante liegt ein wesentlicher Vorteil darin, dass der Formschluss zwischen dem Einschmelzkörper und dem SiO<sub>2</sub>-Körper selbst nicht vorab erzeugt werden muss, sondern sich während der ersten Sinterphase durch Verschmelzen des oberen Bereichs des SiO<sub>2</sub>-Körpers quasi von allein einstellt. Hierfür ist es lediglich erforderlich, dass der Einschmelzkörper während der ersten Sinterphase mit seinem unteren Ende in den oberen Bereich der Innenbohrung hineinragt und bei Kollabieren der Innenbohrung mit der SiO<sub>2</sub>-Körper-Innenwandung in Kontakt kommt.

**[0039]** Im Verlauf der ersten Sinterphase wird einer Schmelzverbindung zwischen Einschmelzkörper und SiO<sub>2</sub>-Körper-Innenwandung erzeugt, die nach dem Erstarren eine tragende Funktion übernehmen kann. An dem aus der Innenbohrung nach oben herausragenden Ende des Einschmelzkörpers kann daher ein Halter angreifen, an dem der zu sinternde SiO<sub>2</sub>-Körper während der zweiten Sinterphase hängend gehalten wird.

**[0040]** Aus Praktikabilitätsgründen besteht das Quarzglas des Einschmelzkörpers in der Regel aus einer Quarzglasqualität, die bei der Sintertemperatur die gleiche oder eine ähnliche Viskosität aufweist wie das Quarzglas des SiO<sub>2</sub>-Körpers. Es hat sich aber auch eine Verfahrensvariante als günstig erwiesen, bei der der Einschmelzkörper aus einer Quarzglas-

qualität besteht, die bei der Sintertemperatur eine höhere Viskosität aufweist als das Quarzglas des SiO<sub>2</sub>-Körpers.

**[0041]** Dadurch wird eine gewisse Formstabilität des länglichen Einschmelzkörpers auch nach dem Verschmelzen während der ersten Sinterphase und damit einhergehend eine exakte vertikale Ausrichtung des hängenden SiO<sub>2</sub>-Körpers erleichtert. Eine höhere Viskosität wird beispielsweise durch die Zugabe von Dotierstoffen wie Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oder Stickstoff oder durch einen im Vergleich zum SiO<sub>2</sub>-Körper geringeren Hydroxylgruppengehalt erreicht.

**[0042]** Insbesondere im Hinblick auf eine hohe Reinheit des zu sinternden SiO<sub>2</sub>-Körpers wird ein Einschmelzkörper eingesetzt, der aus synthetisch hergestelltem Quarzglas besteht.

**[0043]** Hinsichtlich der Haltevorrichtung wird die oben angegebene Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Haltevorrichtung einen Einschmelzkörper aus Quarzglas umfasst, der im Bereich des oberen Endes der Innenbohrung des zu sinternden SiO<sub>2</sub>-Körpers angeordnet wird, und im Verlauf der ersten Sinterphase mit dem Quarzglas des zu sinternden SiO<sub>2</sub>-Körpers verschmolzen wird, und mindestens während der zweiten Sinterphase mit einem Halteelement in Wirkverbindung stehend mit diesem zusammen zur hängenden Halterung des zu sinternden SiO<sub>2</sub>-Körpers beiträgt.

**[0044]** Bei der erfindungsgemäßen Abwandlung der bekannten Haltevorrichtung ist ein Einschmelzkörper aus Quarzglas vorgesehen, der in der Innenbohrung des SiO<sub>2</sub>-Körpers angeordnet ist, und der während der ersten Sinterphase in das obere Ende des zu sinternden SiO<sub>2</sub>-Körpers eingeschmolzen wird. Nach dem Abkühlen und Erstarren des gesinterten, oberen SiO<sub>2</sub>-Körper-Endes ist der Einschmelzkörper mit dem gesinterten Quarzglas des SiO<sub>2</sub>-Körpers mindestens zum Teil untrennbar verschmolzen und in diesen in der Regel auch formschlüssig eingebettet. Der eingeschmolzene (verschmolzene und/oder eingebettete) Einschmelzkörper dient im Verlauf des weiteren Sinterprozesses zur hängenden Halterung des SiO<sub>2</sub>-Körpers. Zu diesem Zweck ist der eingeschmolzene Einschmelzkörper entweder mit einem weiteren Halteelement der Haltevorrichtung verbunden – wie etwa einem Greifer oder einem Haltestab – oder er gelangt im Verlauf des Sinterprozesses mit einem weiteren Halteelement unmittelbar oder mittelbar in Wirkverbindung, zum Beispielinfolge fortschreitender Längenschumpfung beim Sintern des SiO<sub>2</sub>-Körpers.

**[0045]** Der Beitrag des eingeschmolzenen Einschmelzkörpers zur hängenden Halterung des SiO<sub>2</sub>-Körpers kann auch darin bestehen, dass es ein anderes Halteelement zur hängenden Halterung mechanisch verstärkt oder in seiner Lage stabilisiert.

**[0046]** Da der  $\text{SiO}_2$ -Körper während der ersten Sinterphase stehend gelagert wird, ist eine mechanische schlüssige Verbindung zwischen  $\text{SiO}_2$ -Körper und Quarzglas-Bauteil in diesem Verfahrensstadium noch nicht erforderlich. Die aus dem Stand der Technik bekannten Maßnahmen zur Fixierung eines Halteteils in einem  $\text{SiO}_2$ -Körper vor Beginn des Sinterprozesses, wie etwa durch Einbetten oder durch Eindrehen, können daher vermieden werden, und damit auch die damit einhergehenden Nachteile und Risiken.

**[0047]** Der vormalige Einschmelzkörper ist jedoch nach dem Erstarren des gesinterten, oberen Endes des  $\text{SiO}_2$ -Körpers in die erstarrte Quarzglasmasse fest eingefügt und daher in der zweiten Sinterphase für eine stabile, betriebssichere hängende Halterung des noch zu sinternden  $\text{SiO}_2$ -Körper-Teilabschnitts einsetzbar.

**[0048]** Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Haltevorrichtung ergeben sich aus den Unteransprüchen. Soweit in den Unteransprüchen angegebene Ausgestaltungen der Haltevorrichtung den in Unteransprüchen zum erfindungsgemäßen Verfahren genannten Verfahrensweisen nachgebildet sind, wird zur ergänzenden Erläuterung auf die obigen Ausführungen zu den entsprechenden Verfahrensansprüchen verwiesen.

**[0049]** Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und einer Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt in schematischer Darstellung

**[0050]** [Fig. 1](#) eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Haltevorrichtung,

**[0051]** [Fig. 2](#) eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Haltevorrichtung, und

**[0052]** [Fig. 3](#) eine dritte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Haltevorrichtung,.

**[0053]** Die Haltevorrichtung gemäß [Fig. 1](#) weist eine Tragegestange **1** aus CFC auf, die von einem Grafitrohr **2** umgeben ist, und die mit einem Haltefuß **3** aus Grafit verbunden ist.

**[0054]** Der Haltefuß **3** dient zur Aufnahme eines  $\text{SiO}_2$ -Sootrohres **4** in einem Dotier- und Verglasungs-ofen mit einem ringförmigen Heizelement **5**. Der Haltefuß **3** ist mit einer waagrecht orientierten Aufnahmefläche versehen, auf der das Sootrohr **4** in vertikaler Orientierung aufsteht. Haltefuß **3** und Tragegestange **1** sind mittels Gewinde fest miteinander verbunden.

**[0055]** Die Tragegestange **1** erstreckt sich durch die gesamte Innenbohrung **7** des Sootrohres **4**. Zum Hantieren der Anordnung dient der über das obere

Ende **8** des Sootrohres **4** hinausragende Teil der Tragegestange **1**.

**[0056]** Im oberen Bereich ist in die Innenwandung **7** des Sootrohres **4** ein Tragrings **6** eingesetzt. Auf dem Tragrings **6** liegt ein Ring **10** aus synthetischem Quarzglas auf

**[0057]** Das Sootrohr **4** hat vor dem Sintern einen nominalen Innendurchmesser von 43 mm und ein Gewicht von ca. 200 kg. Im oberen Bereich ist die Innenbohrung **7** herstellungsbedingt geringfügig konisch aufgeweitet. Der Tragrings **6** hat einen Außendurchmesser von 44 mm und ist in die Innenbohrung von oben fest eingepasst. Die Höhe des Quarzglasrings **10** beträgt etwa 20 mm, sein Außendurchmesser etwa 43 mm und sein Innendurchmesser 32 mm. Der Außendurchmesser des Grafit-Hüllrohres **2** beträgt 41 mm, die Weite des Ringspalts **9** zwischen  $\text{SiO}_2$ -Körper **4** und Hüllrohr **2** liegt somit bei 1 mm.

**[0058]** Nachfolgend wird ein Verfahren zur Herstellung eines Hohlzylinders aus synthetischem Quarzglas unter Einsatz der in [Fig. 1](#) dargestellten Haltevorrichtung näher beschrieben:

Durch Flammenhydrolyse von  $\text{SiCl}_4$  werden in der Brennerflamme eines Abscheidebrenners  $\text{SiO}_2$ -Sootpartikel gebildet und diese auf einem um seine Längsachse rotierenden Trägerstab unter Bildung eines  $\text{SiO}_2$ -Körpers aus porösem  $\text{SiO}_2$  schichtweise abgeschieden. Nach Abschluss des Abscheideverfahrens wird der Trägerstab entfernt. Aus dem so erhaltenen Sootrohr **4**, das eine Dichte von etwa 27% der Dichte von Quarzglas aufweist, wird ein transparentes Quarzglasrohr anhand des nachfolgend beispielhaft erläuterten Verfahrens hergestellt:

Das Sootrohr **4** wird nach dem Entfernen der herstellungsbedingt eingebrachten Hydroxylgruppen in einen Sinterofen mit vertikal orientierter Längsachse eingebracht und darin mittels der Haltevorrichtung gemäß [Fig. 1](#) gehalten. Der Sinterofen ist evakuierbar und mit einem ringförmigem Grafit-Heizelement **5** ausgestattet.

**[0059]** Das Sootrohr **4** wird mit seinem oberen Ende beginnend, mit einer Zufuhrgeschwindigkeit von 5 mm/min kontinuierlich von unten nach durch das dem Heizelement **5** gezogen und dabei zonenweise erhitzt und gesintert, wie dies der Richtungspfeil **11** anzeigt. Die Temperatur des Heizelements **10** wird auf 1600°C voreingestellt, wodurch sich auf der Oberfläche des Sootrohres **4** eine Maximaltemperatur von etwa 1580°C einstellt. Dabei wandert eine Schmelzfront innerhalb des Sootrohres **4** von außen nach innen und gleichzeitig von oben nach unten. Der Innendruck innerhalb des Verglasungs-ofens wird beim Verglasen durch fortlaufendes Evakuieren bei 0,1 mbar gehalten. Während des Sinterns schrumpft das Sootrohr **4** auf das Grafit-Hüllrohr **2** zonenweise auf. Während einer ersten Sinterphase bewegt sich dabei

der Tragring **6** infolge der Längenschrumpfung des Sootrohres **4** von oben nach unten, bis er auf der Oberseite des Hüllrohres **2** zur Anlage kommt.

**[0060]** Gleichzeitig mit dem Sootrohr **4** schmilzt auch der Außenrand des Quarzglasrings **10** auf und bildet dabei mit der Innenwandung des Sootrohres **4** eine Schmelzverbindung. Außerdem verteilt sich Quarzglasmasse zwischen in den Spalten zwischen sinterndem Sootrohr **4** und Tragring **6**. Nach dem Erstarren des oberen Teils des gesinterten Sootrohres **4** stabilisiert die so verteilte und erstarrte Quarzglasmasse des vormaligen Quarzglasrings **10** den Grafittragring **6** und dessen Lage, so dass die in der zweiten Sinterphase einsetzende hängende Halterung des restlichen zu sinternden Sootrohres **4** sicher erfolgen kann. Der Quarzglasring **10** besteht aus derselben Quarzglasqualität wie das Quarzglas des fertig gesinterten Sootrohres **4**, so dass die Viskositäten von Sootrohr **4** und Quarzglasring **10** bei der Sintertertemperatur gleich sind.

**[0061]** Der gesinterte Hohlzylinder zeigt eine hohe Reinheit und eine geringe Hydroxylgruppenkonzentration, was einen Einsatz im kernnahen Bereich einer Vorform für optische Fasern – zum Beispiel als Substratrohr für die Innenabscheidung mittels MCVD-Verfahren – ermöglicht. Das Quarzglasrohr ist selbstverständlich auch zum Überfangen eines Kernstabs beim Faserziehen oder zur Herstellung einer Vorform oder für den Einsatz zur Herstellung eines Linsenrohrlings für die Mikrolithographie geeignet.

**[0062]** [Fig. 2](#) zeigt eine Variante der erfindungsgemäßen Haltevorrichtung. Im Vergleich zu der in [Fig. 1](#) gezeigten Ausführungsform sind der Tragring **6** und der Quarzglasring **10** durch eine Quarzglashülse **20** ersetzt. Die Quarzglashülse **20** weist einen Innendurchmesser von 32 mm, einen dem Außendurchmesser des Grafit-Hüllrohres **2** entsprechenden Außendurchmesser von 41 mm sowie eine Höhe von 300 mm auf.

**[0063]** Die Quarzglashülse **20** steht zu Beginn der ersten Sinterphase auf der oberen Stirnseite des Grafit-Hüllrohres **2** auf. Während der ersten Sinterphase wird die Quarzglashülse **20** mit der Innenwandung des oberen Endes des Sootrohres **4** verschmolzen und bildet nach dem Erstarren der Quarzglasmasse eine Verengung der Innenbohrung **7**. Diese Verengung stützt sich nach dem Erstarren auf der oberen Stirnseite des Hüllrohres **2** ab, so dass die weitere Längenschwindung des Sootrohres **4** zum allmählichen Abheben vom Standfuß **3** und zur hängenden Sootrohr-Halterung führt.

**[0064]** Die Quarzglashülse **20** füllt den Ringspalt zwischen Haltestab **1** und Sootrohr-Innenwandung im Wesentlichen aus. Zum Haltestab **1** verbleibt ein Rest-Ringspalt mit einer Breite von 1 mm, so dass die

Quarzglashülse **20** den Haltestab **1** oberhalb des Grafit-Hüllrohres **2** vor mechanischen Einwirkungen und Schäden schützt und ihn vor einer oxidativen Umgebung abschirmt.

**[0065]** Bei der in [Fig. 3](#) dargestellten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Haltevorrichtung wird auf ein Verglasungsgestänge aus Grafit im Wesentlichen verzichtet. Es ist lediglich noch ein Haltefuß **3** aus Grafit vorgesehen, auf dem das Sootrohr **4** zu Beginn des Sinterprozesses und während der ersten Sinterphase ruht. In den oberen Bereich der Sootrohr-Innenbohrung **7** erstreckt sich ein Quarzglasrohr **30**, das nach oben ein Stück herausragt und an dem ein Greifelement **31** angreift. Das Quarzglasrohr **30** weist einen Innendurchmesser von 32 mm, einen Außendurchmesser von 43 mm und eine Länge von 500 mm auf.

**[0066]** Das Quarzglasrohr **30** besteht aus synthetischem Quarzglas, das im Vergleich zum Quarzglas des fertig gesinterten Sootrohres **4** einen geringeren Hydroxylgruppengehalt und damit einhergehend eine höhere Viskosität aufweist. Es wird zu Beginn des Sinterprozesses mittels des Greifers **31** in der Innenbohrung **7** gehalten. Während der ersten Sinterphase, steht das Sootrohr **4** auf dem Haltefuß **4** auf und das Quarzglasrohr **30** wird mit der Innenwandung des oberen Endes des Sootrohres **4** verschmolzen. Nach dem Erstarren bildet das Quarzglasrohr **30** eine feste Schmelzverbindung mit dem gesinterten, oberen Teil des Sootrohres **4**, so dass dessen weitere Halterung in der zweiten Sinterphase mittels Quarzglasrohr **30** und Greifer **31** erfolgen kann.

**[0067]** Besondere Vorteile dieser Verfahrensweise liegen darin, dass auf Fremdstoffe wie Grafit in der Innenbohrung **7** des Sootrohres **4** weitgehend verzichtet werden kann und dass auch ein vollständiges Kolabieren der Innenbohrung **7** beim Sintern des Sootrohres **4** ermöglicht wird, sofern gewünscht.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- US 4157906 A [[0005](#)]
- EP 701975 A2 [[0009](#), [0026](#), [0033](#)]



### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Zylinders aus Quarzglas, umfassend einen Verfahrensschritt, bei dem ein eine zentrale Innenbohrung (7), ein unteres Ende und ein oberes Ende (8) aufweisender poröser SiO<sub>2</sub>-Körper (4) in einem Sinterofen (5) vom oberen Ende (8) beginnend zonenweise zu dem Quarzglaszylinder gesintert wird, wobei eine Haltevorrichtung eingesetzt wird, mittels der der SiO<sub>2</sub>-Körper (4) während einer ersten Sinterphase in vertikaler Ausrichtung stehend und in einer zweiten Sinterphase hängend gehalten wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Haltevorrichtung einen Einschmelzkörper (10; 20; 30) aus Quarzglas umfasst, der im Bereich des oberen Endes (8) in der Innenbohrung (7) angeordnet wird, und der im Verlauf der ersten Sinterphase mit dem Quarzglas des SiO<sub>2</sub>-Körpers (4) verschmilzt, und der während der zweiten Sinterphase mit einem Haltelement (6, 2, 31) der Haltevorrichtung in Wirkverbindung steht und mit diesem zusammen zur hängenden Halterung des zu sintierenden SiO<sub>2</sub>-Körpers (4) beiträgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Haltevorrichtung eingesetzt wird, bei der im Bereich des oberen Endes (8) der Innenbohrung (7) ein Tragrings (6) in die SiO<sub>2</sub>-Körper-Wandung eingelassen ist, auf dem der Einschmelzkörper (10) zu Beginn der ersten Sinterphase aufliegt, wobei sich der Tragrings (6) infolge von Längenschumpfung des SiO<sub>2</sub>-Körpers (4) in der zweiten Sinterphase auf einem in der Innenbohrung (7) angeordneten Lager (2) abstützt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Einschmelzkörper (10) ringförmig ausgebildet ist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Haltevorrichtung einen Stützfuß (3), einen mit dem Stützfuß (3) verbundenen Haltestab (1) und ein den Haltestab (1) teilweise umgebendes Hüllrohr (2) umfasst, wobei sich der Haltestab (1) durch die Innenbohrung (7) des SiO<sub>2</sub>-Körpers (4) erstreckt, und wobei der Einschmelzkörper in Form einer Quarzglas-Hülse (20) ausgebildet ist, deren Wandstärke so ausgelegt ist, dass sie den Ringspalt zwischen Haltestab (1) und SiO<sub>2</sub>-Körper-Innenwandung so ausfüllt, dass zum Haltestab (1) ein Rest-Ringspalt mit einer Breite von weniger als 2 mm verbleibt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Haltevorrichtung einen Stützfuß (3), einen mit dem Stützfuß (3) verbundenen Haltestab (1) und ein den Haltestab (1) teilweise umgebendes Hüllrohr (2) umfasst, wobei sich der Haltestab (1) durch die Innenbohrung (7) des SiO<sub>2</sub>-Körpers (4) erstreckt, und wobei der Einschmelzkörper (20) ringförmig

ausgebildet ist und auf der oberen Stirnseite des Hüllrohres (2) aufliegt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Einschmelzkörper in Form eines Quarzglas-Hülse (20) ausgebildet ist, deren Wandstärke so ausgelegt ist, dass sie den Ringspalt zwischen Haltestab (1) und SiO<sub>2</sub>-Körper-Innenwandung so ausfüllt, dass zum Haltestab (1) ein Rest-Ringspalt mit einer Breite von weniger als 2 mm verbleibt.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Einschmelzkörper als länglicher Quarzglaskörper (30) ausgebildet ist, der ein oberes Ende und ein unteres Ende aufweist, wobei das untere Ende in die Innenbohrung (7) des SiO<sub>2</sub>-Körpers (4) hineinragt, und wobei am oberen Ende (8) eine Halterung (31) angreift, mittels der der zu sintierende SiO<sub>2</sub>-Körper (4) während der zweiten Sinterphase am Quarzglaskörper (30) hängend gehalten wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Einschmelzkörper (10; 20; 30) aus einer Quarzglasqualität besteht, die bei der Sintertemperatur eine höhere Viskosität aufweist als das Quarzglas des SiO<sub>2</sub>-Körpers (4).

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Einschmelzkörper (10; 20; 30) aus synthetisch hergestelltem Quarzglas eingesetzt wird.

10. Haltevorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Haltevorrichtung einen Einschmelzkörper (10; 20; 30) aus Quarzglas umfasst, der im Bereich des oberen Endes (8) der Innenbohrung (7) des zu sintierenden SiO<sub>2</sub>-Körpers (4) angeordnet wird, und im Verlauf der ersten Sinterphase mit dem Quarzglas des zu sintierenden SiO<sub>2</sub>-Körpers (4) verschmolzen wird, und mindestens während der zweiten Sinterphase mit einem Haltelement (6, 2, 31) in Wirkverbindung stehend mit diesem zusammen zur hängenden Halterung des zu sintierenden SiO<sub>2</sub>-Körpers (4) beiträgt.

11. Haltevorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Haltevorrichtung einen im Bereich des oberen Endes (8) der SiO<sub>2</sub>-Körper-Innenbohrung (7) in die SiO<sub>2</sub>-Körper-Wandung eingelassenen Tragrings (6) umfasst, auf dem der Einschmelzkörper (10) zu Beginn der ersten Sinterphase aufliegt, wobei sich der Tragrings (6) infolge von Längenschumpfung des SiO<sub>2</sub>-Körpers (4) in der zweiten Sinterphase auf einem in der Innenbohrung (7) angeordneten Lager (2) abstützt.

12. Haltevorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Einschmelzkörper (10)

ringförmig ausgebildet ist.

13. Haltevorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Haltevorrichtung einen Stützfuß (3), einen mit dem Stützfuß (3) verbundenen Haltestab (1) und ein den Haltestab (1) teilweise umgebendes Hüllrohr (2) umfasst, wobei sich der Haltestab (1) durch die Innenbohrung (7) des SiO<sub>2</sub>-Körpers (4) erstreckt, und wobei der Einschmelzkörper in Form einer Quarzglas-Hülse (20) ausgebildet ist, deren Wandstärke so ausgelegt ist, dass sie den Ringspalt zwischen Haltestab (1) und SiO<sub>2</sub>-Körper-Innenwandung so ausfüllt, dass zum Haltestab (2) ein Rest-Ringspalt mit einer Breite von weniger als 2 mm verbleibt.

14. Haltevorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Haltevorrichtung einen Stützfuß (3), einen mit dem Stützfuß (3) verbundenen Haltestab (1) und ein den Haltestab (1) teilweise umgebendes Hüllrohr (2) umfasst, wobei sich der Haltestab (1) durch die Innenbohrung (7) des SiO<sub>2</sub>-Körpers (4) erstreckt, und wobei der Einschmelzkörper (20) ringförmig ausgebildet ist und auf der oberen Stirnseite des Hüllrohres (2) aufliegt.

15. Haltevorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Einschmelzkörper in Form einer Quarzglas-Hülse (20) ausgebildet ist, deren Wandstärke so ausgelegt ist, dass sie den Ringspalt zwischen Haltestab (1) und SiO<sub>2</sub>-Körper-Innenwandung so ausfüllt, dass zum Haltestab (1) ein Rest-Ringspalt mit einer Breite von weniger als 2 mm verbleibt.

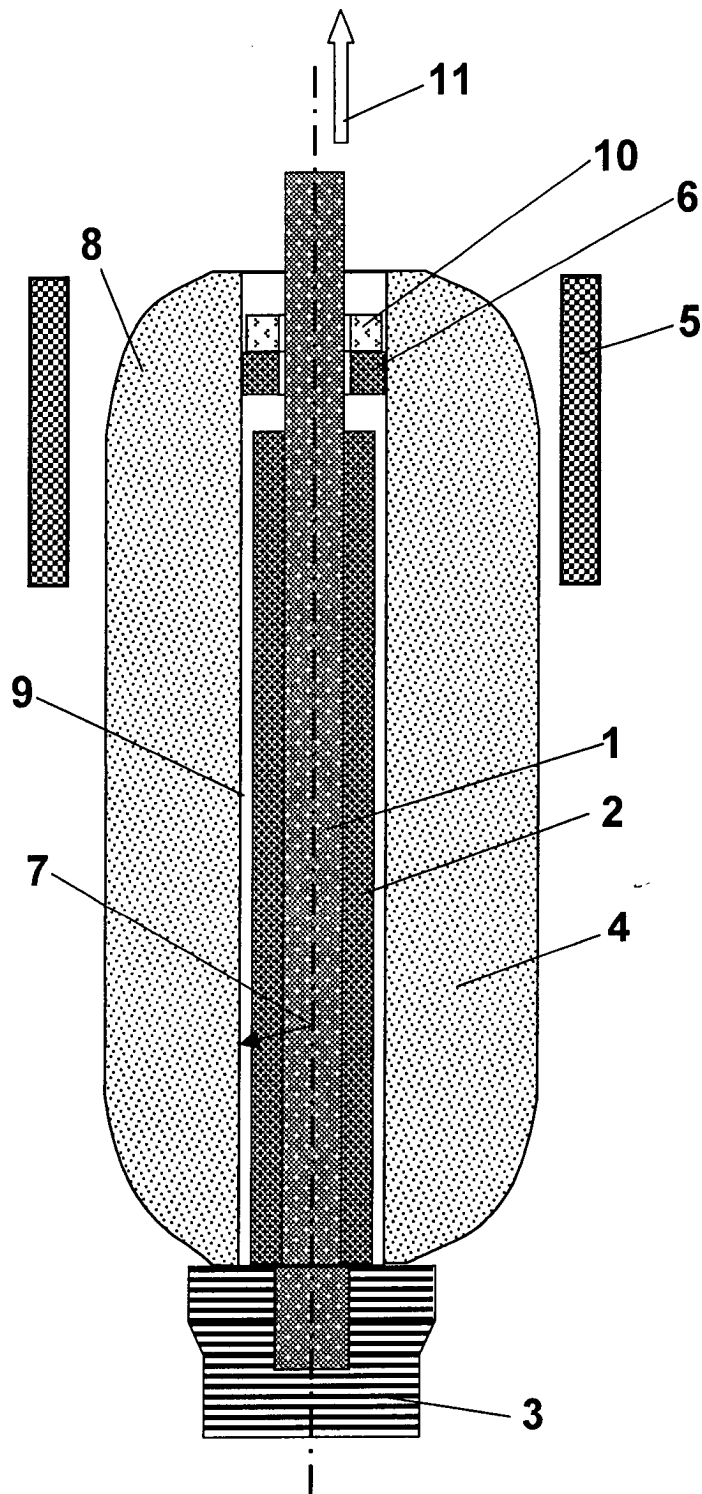
16. Haltevorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Einschmelzkörper als länglicher Quarzglaskörper (30) ausgebildet ist, der ein oberes Ende und ein unteres Ende aufweist, wobei das untere Ende in die Innenbohrung (7) des SiO<sub>2</sub>-Körpers (4) hineinragt, und wobei am oberen Ende eine Halterung (31) angreift, mittels der der zu sintierende SiO<sub>2</sub>-Körper (4) während der zweiten Sinterphase am Quarzglaskörper (30) hängend gehalten wird.

17. Haltevorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Einschmelzkörper (10; 20; 30) aus einer Quarzglasqualität besteht, die bei der Sintertemperatur eine höhere Viskosität aufweist als das Quarzglas des SiO<sub>2</sub>-Körpers (4).

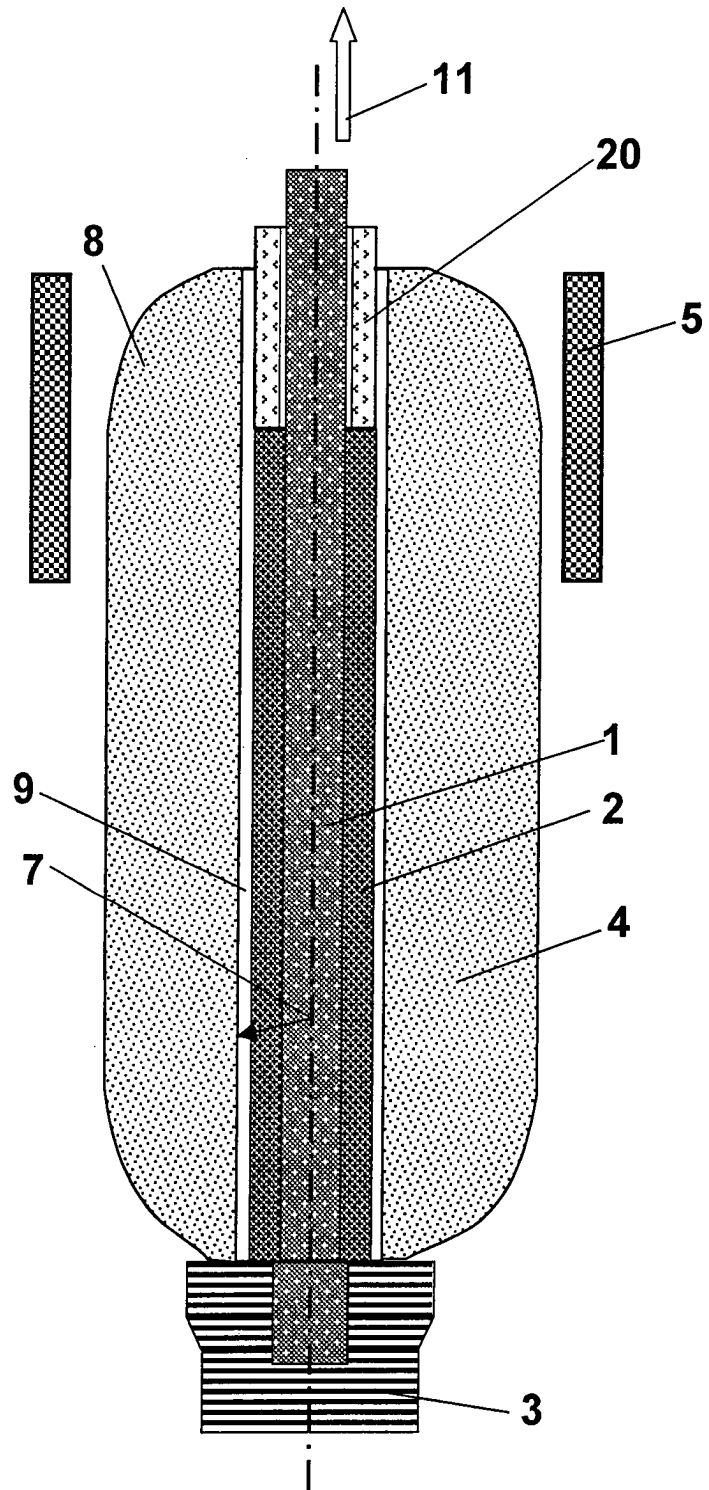
18. Haltevorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Einschmelzkörper (10; 20; 30) aus synthetisch hergestelltem Quarzglas besteht.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

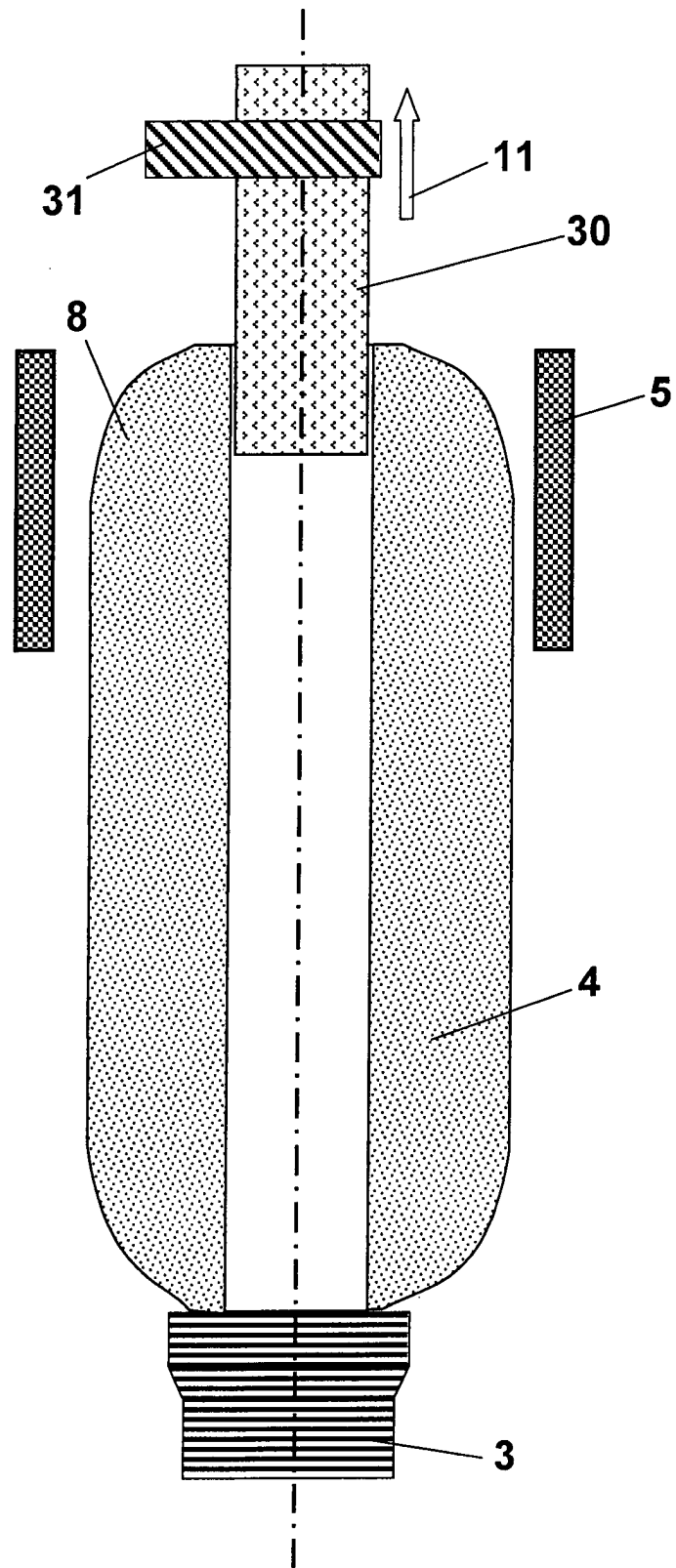
Anhängende Zeichnungen



**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**