



**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



⑫ PATENTSCHRIFT A5

620 181

⑪

⑯ Gesuchsnummer: 6982/76

⑬ Inhaber:  
Heraeus Quarzschmelze GmbH, Hanau a.M. (DE)

⑭ Anmeldungsdatum: 02.06.1976

⑮ Erfinder:  
Dr. Karlheinz Rau, Hanau (DE)  
Fritz Simmat, Gelnhausen (DE)  
Albert Mühllich, Frankfurt a.M. (DE)  
Norbert Treber, Krefeld (DE)

⑯ Patent erteilt: 14.11.1980

⑰ Vertreter:  
Kirker & Cie, Genève

⑯ Patentschrift  
veröffentlicht: 14.11.1980

**④ Verfahren zur Herstellung von synthetischem Quarzglas, Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens und Verwendung des synthetischen Quarzglases.**

⑤ Es wird die Herstellung von synthetischem, OH-Ionenfreiem Quarzglas beschrieben, welches durch Oxidation einer Wasserstoff-freien Silizium-Verbindung in einem Wasserstoff-freien, elementaren und/oder gebundenen Sauerstoff enthaltenden Gasstrom und Abscheiden dieses Oxidationsproduktes als glasige Masse auf einen hitzebeständigen Träger hergestellt wird. Der Gasstrom wird durch einen induktionsgekoppelten Plasmabrenner hindurchgeleitet. Zur Erniedrigung des Brechungsindexes von synthetischem Quarzglas wird in die Flamme des Plasmabrenners eine Wasserstoff-freie, sich in Hitze zersetzende, in Dampfform vorliegende Fluor-Verbindung, insbesondere Dichlordifluormethan eingeleitet. Es wird ein Plasmabrenner mit drei konzentrisch zueinander angeordneten, abgestuften Quarzglasrohren verwendet. Das Fluor-dotierte, synthetische Quarzglas dient als Werkstoff für den Mantel einer Lichtleitfaser.

### PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Herstellung von synthetischem OH-Ionen-freiem Quarzglas durch Oxidieren einer Wasserstoff-freien Siliziumverbindung in einem Wasserstoff-freien, elementaren und/oder gebundenen Sauerstoff enthaltenden Gasstrom und Abscheiden des Oxidationsproduktes als glasige Masse auf einem hitzebeständigen Träger, wobei der Gasstrom durch einen induktionsgekoppelten Plasmabrenner hindurchgeleitet wird, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzielung einer vorgegebenen Erniedrigung des Brechungsindex von synthetischem Quarzglas in die Flamme des Plasmabrenners eine wasserstoff-freie, sich in Hitze zersetzende, in Dampfform vorliegende Fluor-Verbindung, in einer Menge von wenigstens 500 g/kg aufgebautes SiO<sub>2</sub> eingeleitet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Fluor-Verbindung in Dampfform dem zur Aufrechterhaltung der Flamme des Plasmabrenners zugeführten Sauerstoff zugemischt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass man Dichlordifluormethan verwendet.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Oxidationsprodukt in Form einer Hülle auf einem stabförmigen Träger aus OH-Ionen-freiem synthetischen Quarzglas oder aus synthetischem Quarzglas, dessen Brechungsindex durch Zusatz von brechwerterhöhenden Metall-Ionen erhöht ist, abgeschieden wird, wobei dieser Träger während der Abscheidung in Längsrichtung bewegt und rotiert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Oxidationsprodukt auf einem stabförmigen Träger aus Quarzglas abgeschieden wird, dessen Brechungsindex durch brechwerterhöhende Metall-Ionen erhöht ist und mit dem Abstand von seiner Achse abnimmt.

6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge der zugemischten Fluor-Verbindung während des Abscheidungsverfahrens erhöht oder erniedrigt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge der Fluor-Verbindung mit zunehmender Dicke der Hülle erhöht wird.

8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen induktionsgekoppelten Plasmabrenner mit drei konzentrisch zueinander angeordneten, abgestuften Quarzglasrohren, von denen das äußere Rohr das längste und das innere Rohr das kürzeste ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Rohre in einer Metalfassung gegeneinander und gegen die Außenatmosphäre abgedichtet gehalten sind.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass das äußere und das mittlere Rohr jeweils an eine Leitung zur Zufuhr eines Trengases, insbesondere von Sauerstoff, angeschlossen sind.

11. Verwendung des nach dem Verfahren gemäß Anspruch 1 hergestellten Fluor-dotierten synthetischen Quarzglases als Werkstoff für den Mantel einer Lichtleitfaser.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung von synthetischem Quarzglas, auf eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens und auf die Verwendung des synthetischen Quarzglases.

Für die Herstellung von Lichtleitfasern, die einen Kern und einen Mantel aufweisen, ist es insbesondere bei Verwendung von Quarzglas hoher Reinheit erwünscht, einen Mantelwerkstoff zur Verfügung zu haben, der einen niedrigeren Brechungsindex besitzt als der Kernwerkstoff. Zu diesem Zweck

wurde in der französischen Patentanmeldung 2 208 127 vorgeschlagen, als Mantelwerkstoff entweder mit B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oder mit Fluor dotiertes Quarzglas zu verwenden. Das Fluor-dotierte Quarzglas wird dabei in der Weise gewonnen, dass man SiF<sub>4</sub> oxidiert  
 5 nach der Gleichung SiF<sub>4</sub> + 2H<sub>2</sub>O + O<sub>2</sub> = SiO<sub>2</sub> + 4 HF, wobei kleine Mengen Fluor in SiO<sub>2</sub> eingebaut werden sollen. Die Oxidation kann aber auch durch Reaktionsverfahren herbeigeführt werden, in welchen kein Wasserstoff oder H<sub>2</sub>O zugegen ist, wie beispielsweise im Hochfrequenzplasma, damit  
 10 sich keine Flussäure bildet. Es ist einleuchtend, dass in der angegebenen Weise kein Fluor-dotiertes Quarzglas herstellbar ist, dessen Fluor-Dotierung eine vorbestimmte Erniedrigung des Brechungsindex gegenüber dem vom Quarzglas hoher Reinheit bewirkt. So ist daher auch der Hinweis in der US-PS 3 969 194 zu verstehen, dass die erzielten Differenzen der Brechungsindices von Kern- und Fluor-dotiertem Mantel-Werkstoff einer Lichtleitfaser so gering sind, dass solche Fasern sich nicht für die optische Signalübertragung eignen.

Die Herstellung von synthetischem Quarzglas, das im wesentlichen frei von «Wasser» und damit frei von Absorptionsbanden bei Wellenlängen von 1,4, 2,2 und 2,7 µm ist – nachfolgend als «OH-Ionen-frei» bezeichnet –, ist aus der DT-PS 1 208 740 bekannt. Das OH-Ionen-freie Quarzglas wird durch Oxidieren einer wasserstoff-freien Siliziumverbindung in einem wasserstoff-freien, elementaren und/oder gebundenen Sauerstoff enthaltenden Gasstrom und Abscheiden des Oxidationsproduktes als glasige Masse auf einem hitzebeständigen Träger gewonnen, wobei der Gasstrom durch einen induktionsgekoppelten Plasmabrenner hindurchgeleitet wird.

Die Erfindung hat sich die Aufgabe gestellt, ein reproduzierbares Verfahren zur Herstellung eines synthetischen, OH-Ionen-freien Quarzglases bereitzustellen, das einen vorgegebenen Brechungsindex von nD ≤ 1,4570 besitzt.

Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur Herstellung von synthetischem, OH-Ionen-freiem Quarzglas durch Oxidieren einer wasserstoff-freien Siliziumverbindung in einem wasserstoff-freien, elementaren und/oder gebundenen Sauerstoff enthaltenden Gasstrom und Abscheiden des Oxidationsproduktes als glasige Masse auf einem hitzebeständigen Träger, wobei der Gasstrom durch einen induktionsgekoppelten Plasmabrenner hindurchgeleitet wird, erfindungsgemäß dadurch, dass zur Erzielung einer vorgegebenen Erniedrigung des Brechungsindex von synthetischem Quarzglas in die Flamme des Plasmabrenners eine wasserstoff-freie, sich in Hitze zersetzende, in Dampfform vorliegende Fluor-Verbindung, insbesondere Dichlordifluormethan (CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>), in einer Menge von wenigstens 500 g/kg aufgebautes SiO<sub>2</sub> eingeleitet wird. Dabei hat es sich als vorteilhaft erwiesen, die Fluor-Verbindung in Dampfform dem zur Aufrechterhaltung der

Flamme des Plasmabrenners zugeführten Sauerstoff zuzusetzen. Um ein Abscheidungsprodukt zu erhalten, dessen Brechungsindex sich in einer vorgegebenen Weise ändern soll, wird vorteilhaft die Menge der zugesetzten Fluor-Verbindung während des Abscheidungsverfahrens erhöht oder erniedrigt.

Verwendet man im Fall der Erhöhung der Menge der Fluor-Verbindung als Träger einen Stab aus synthetischem, OH-Ionen freiem Quarzglas, der während des Abscheidens des Fluor-dotierten synthetischen, OH-Ionen-freien Quarzglases relativ zum Plasmabrenner bewegt, beispielsweise rotiert, wird, so ist es möglich, auf diese Weise ein Vorprodukt für die Herstellung von Lichtleitfasern zu gewinnen, das aus einer Seele aus dem Trägerwerkstoff und einer Hülle aus Fluor-dotiertem synthetischen Quarzglas besteht. Eine parabelförmige

Abnahme des Brechungsindex in der Hülle erhält man, wenn man mit zunehmender Dicke der Hülle die Menge der zugesetzten Fluor-Verbindung erhöht. Eine Lichtleitfaser wird dann durch Ausziehen eines solchen Vorproduktes hergestellt. Anstelle des Stabes aus synthetischem, OH-Ionen-freiem

Quarzglas kann vorteilhafterweise auch ein Stab aus synthetischem Quarzglas verwendet werden, dessen Brechungsindex durch Zusatz von brechwerterhöhenden Metall-Ionen erhöht ist. Vorteilhafterweise wird ein dotierter Stab aus synthetischem Quarzglas verwendet, dessen Brechungsindex mit dem Abstand von der Stabachse abnimmt.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, einen Brenner mit drei konzentrisch mit Abstand zueinander angeordneten Quarzglasrohren zu verwenden, wobei das äussere Rohr das mittlere und das innere und das mittlere Rohr das innere Rohr überträgt. Durch das innere Rohr wird das Arbeitsgas und die Siliziumverbindung einschliesslich der in Dampfform vorliegenden Fluor-Verbindung zugeführt, durch den Zwischenraum zwischen innerem und mittlerem Rohr und zwischen mittlerem und äusserem Rohr ein Trenngas, vorzugsweise Sauerstoff. Gegenüber dem Stand der Technik zeichnet sich das erforderliche Verfahren insbesondere dadurch aus, dass die Fluor-Dotierung des synthetischen Quarzglases nicht mehr einer Willkür unterworfen ist, sondern in bestimmter, vorgegebener Menge erfolgt. Brechungsindex-Erniedrigungen auf Werte von 1.4532 lassen sich für nach dem erfindungsgemässen Verfahren hergestelltes synthetisches Quarzglas mühelos erreichen, womit sichergestellt ist, dass dieses Quarzglas auch für die Herstellung von Lichtleitfasern geeignet ist, und zwar insbesondere auch von solchen Lichtleitfasern, deren Kern aus Quarzglas hoher Reinheit besteht.

Anhand des in Figur 1 schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels einer Anlage wird das erfindungsgemässen Verfahren näher erläutert.

Mit der Bezugsziffer 1 ist ein Vorratsbehälter für  $\text{SiCl}_4$  bezeichnet, aus dem mittels einer Dosierpumpe 2 über die Zuleitung 3 in eine beheizte Verdampferschale 4 das  $\text{SiCl}_4$  gepumpt wird. In das die Verdampferschale enthaltende Gefäss 5 wird Sauerstoff über die Leitung 6 eingeleitet. Das im Gefäss 5 gebildete  $\text{SiCl}_4\text{-O}_2$ -Gemisch wird über die Schliffverbindung 7, 8 aus Quarzglas in den Plasmabrenner eingeleitet. Der Plasmabrenner wird gebildet aus einer Metallfassung 9, aus den drei Quarzglasrohren 10, 11 und 12, die gegeneinander und gegen die Aussenatmosphäre in der Metallfassung abgedichtet sind. Um das freie Ende des Aussenrohres 12 ist die Induktionsspule 13 angeordnet, die von dem Hochfrequenzgenerator 14 gespeist wird. Über tangential angeordnete Leitungen 15, 16, 17 werden das Arbeitsgas und die beiden Trenngase  $T_1$ ,  $T_2$  zugeführt. In das Gehäuse 18, das den Plasmabrenner enthält, ragt ein Quarzglasstempel 19, der als Träger dient und auf dem das Fluor-dotierte synthetische Quarzglas abgeschieden wird. Der Stempel 19 ist über einen

Halter 20 in eine Vorrichtung 21 eingespannt, die es ermöglicht, den Stempel während des Abscheidungsprozesses zu drehen und langsam zurückzuziehen, wie durch die Pfeile 22 und 23 angedeutet. Mittels der Positioniereinrichtung 24 ist es möglich, den Stempel 19 in allen drei Raumrichtungen im Hinblick auf die Plasmaflamme auszurichten.

Die Zündung des Plasmabrenners erfolgt in üblicher Weise. Dazu wird Argon über die Leitungen 15 eingeleitet und mittels eines Wolframstabes in dem Bereich der hochfrequent erregten Spule 13 das Argon «gezündet». Nach diesem Zündvorgang wird dem Argon langsam Sauerstoff zugesetzt und der Argon-Gehalt des Gemisches reduziert, bis schliesslich nur noch Sauerstoff zugeführt wird. Ebenso wird über die Leitungen 16, 17 als Trenngase  $T_1$  und  $T_2$  Sauerstoff zugeführt.

Sobald der Plasmabrenner ordnungsgemäss brennt, wird der Stempel 19 in die Flamme 25 gefahren und unter gleichzeitiger Rotation erwärmt. Bei Erreichung einer Temperatur von etwa 1900°C wird aus dem Gefäss 5 das gebildete dampfförmige  $\text{SiCl}_4\text{-O}_2$ -Gemisch in den Plasmabrenner eingeleitet und dem über die Leitung 15 eingeführten Sauerstoff nunmehr Dichlor-difluormethan ( $\text{CCl}_2\text{F}_2$ ) zugemischt, beispielsweise in einer Menge von 0,7 kg/h. Durch die hohe Temperatur der Plasmaflamme zersetzt sich das  $\text{SiCl}_4$  und reagiert mit dem Sauerstoff zu  $\text{SiO}_2$ , das sich auf dem Stempel 19 abscheidet und verglast.

Auch das  $\text{CCl}_2\text{F}_2$  wird durch die hohe Temperatur der Plasmaflamme zersetzt und Fluor, beispielsweise 5000 ppm, in das abgeschiedene glasige  $\text{SiO}_2$  eingebaut.

Weil bei dem erfindungsgemässen Verfahren nur Gase oder Dämpfe verwendet werden, die frei von Wasserstoff sind, ist das Verfahrensprodukt, das Fluor-dotierte synthetische Quarzglas, OH-Ionen-frei.

Anstelle des Stempels 19 kann als Träger, wie in Figur 2 schematisch dargestellt, ein Stab 19' aus OH-Ionen-freiem synthetischen Quarzglas benutzt werden, der in Haltevorrichtungen 26, die längsverschiebbar sind und Vorrichtungen zum Rotieren des Stabes 19' enthalten (Pfeile 27, 28), eingespannt ist. Das Fluor-dotierte synthetische Quarzglas wird dann als Hülle 29 auf dem Stab 19' abgeschieden. Das so gewonnene Verfahrensprodukt kann als Vorprodukt dann direkt zu einer Lichtleitfaser ausgezogen werden.

Die Verwendung eines Plasmabrenners mit drei konzentrisch zueinander angeordneten, abgestuften Quarzglasrohren, von denen das äussere Rohr das mittlere und das innere, das mittlere Rohr das innere überträgt, und das Umspülen des inneren und mittleren Rohres mit jeweils einem Trenngas, vorzugsweise mit Sauerstoff, hat den Vorteil, dass sich kein  $\text{SiO}_2$  an dem Brenner ansetzen kann.

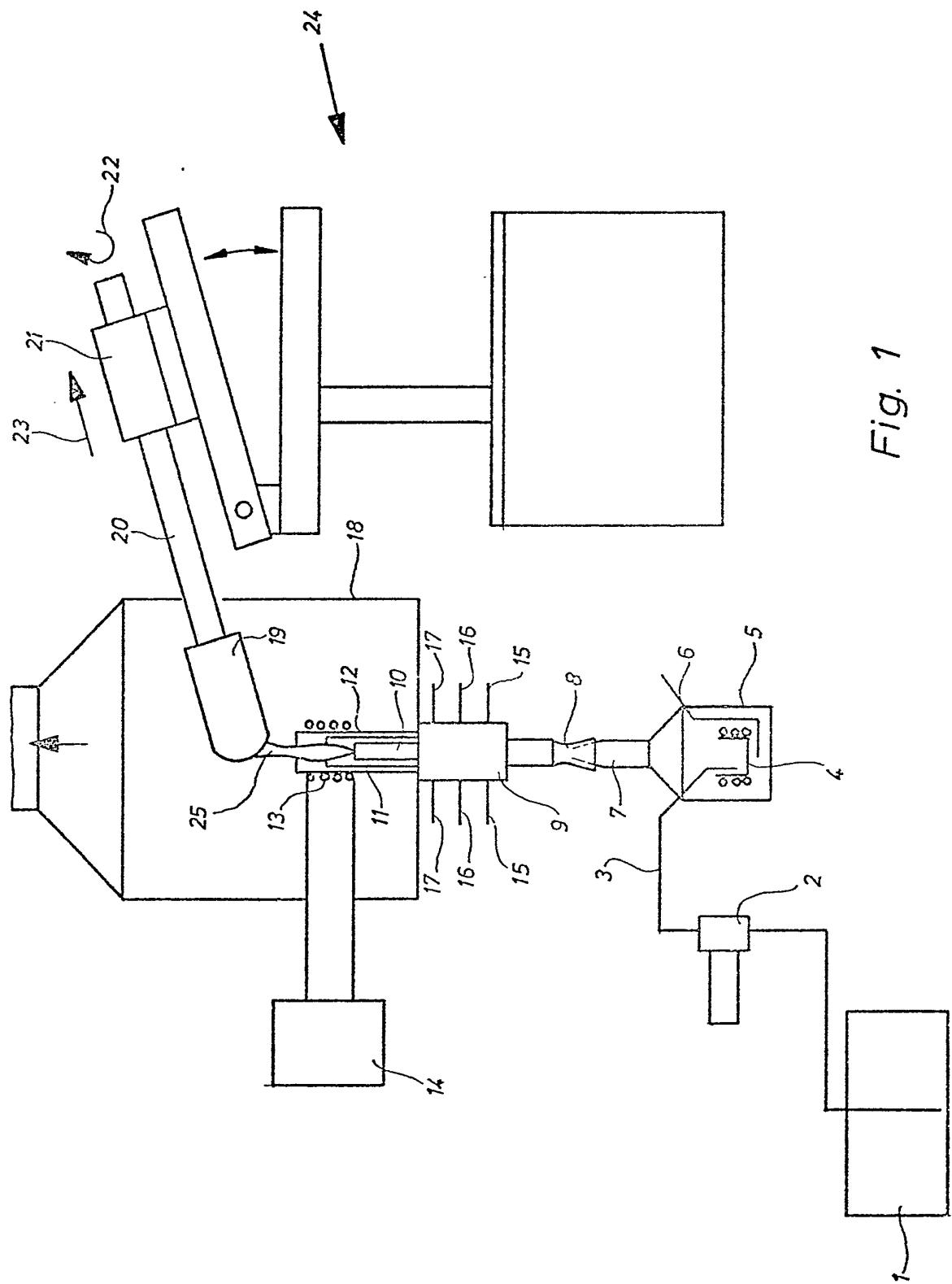


Fig. 2

