



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 100 52 072 B4** 2005.06.16

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **100 52 072.3**
(22) Anmeldetag: **19.10.2000**
(43) Offenlegungstag: **02.05.2002**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **16.06.2005**

(51) Int Cl.7: **B23K 26/00**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:
Heraeus Tenevo AG, 63450 Hanau, DE

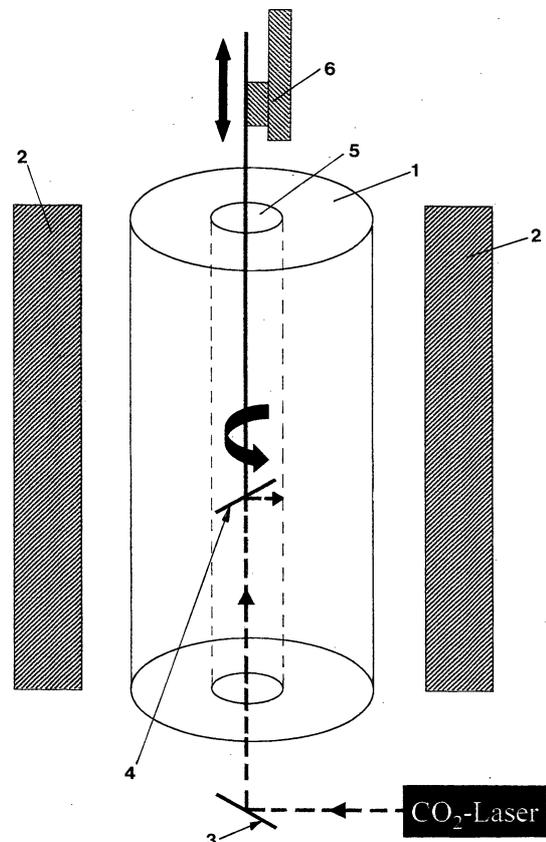
(74) Vertreter:
**Staudt, A., Dipl.-Ing. Univ., Pat.-Anw., 63674
Altstadt**

(72) Erfinder:
**Vilsmeier, Gerhart, 63741 Aschaffenburg, DE;
Fabian, Heinz, 63762 Großostheim, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 44 40 104 C2
DE 41 32 817 A1
US 51 38 131 A
EP 05 98 349 A2
JP 05-1 70 572 A

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Bearbeitung eines langgestreckten hohlzylindrischen Bauteils aus Quarzglas mittels Laserstrahlung**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Bearbeiten eines Bauteils (1) aus Quarzglas mittels Laserstrahlung, indem der Laserstrahl mit auf die Oberfläche (5) des Bauteils (1) gerichteter Strahlung mindestens einmal eine Spirale beschreibend geführt wird, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bearbeitung der Zylinderinnenoberfläche (5) eines langgestreckten, hohlzylindrischen Bauteils der Laserstrahl gleichzeitig über die Länge der Zylinderinnenoberfläche (5) geführt wird, wobei mindestens der zu bearbeitende Teilabschnitt der Zylinderinnenoberfläche (5) zur Laserbearbeitung auf eine Temperatur im Bereich zwischen 1200° C und 1600° C erwärmt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bearbeiten eines Bauteils aus Quarzglas mittels Laserstrahlung, indem der Laserstrahl mit auf die Oberfläche des Bauteils gerichteter Strahlung mindestens einmal eine Spirale beschreibend geführt wird.

Stand der Technik

[0002] Aus DE 197 44 368 A1 ist die Bearbeitung von Quarzglaswerkstücken zum Bilden von rotations-symmetrischen Ausnehmungen in Quarzglaswerkstücken bekannt. Hierbei handelt es sich um eine Mikrobearbeitung, bei der es auf höchste Präzision in Bezug auf die Geometrie der mittels der Laserstrahlung erzeugten Bohrungen ankommt. Die lateralen Verfahrenswege des eingesetzten Lasers sind jedoch relativ gering.

[0003] Weiterhin offenbart JP 5-170572 A ein Verfahren zur Oberflächenbearbeitung von Bauteilen aus Quarzglas mittels Laserstrahlung, wobei plattenförmige Bauteile an sich gegenüber liegenden Oberflächen gleichzeitig von je einem Laserstrahl bearbeitet werden. Durch diese Bearbeitung wird der Glanz und die Transparenz verbessert.

[0004] Ein Verfahren der eingangs genannten Gattung ist aus der DE 44 40 104 C2 zu entnehmen. Darin wird vorgeschlagen, die Oberfläche eines Bauteils aus opakem Quarzglas mittels einer Heizquelle, beispielsweise einem Laser, zu bearbeiten und dabei zu einer transparenten Schicht mit einer Dicke von mindestens 0,5 mm zu verglasen. Zum Verglasen der Oberfläche eines Flanschteils wird ein Brenner in radialer Richtung über die Flanschoberfläche geführt, während diese gleichzeitig um eine senkrecht zur radialen Richtung verlaufende Drehachse rotiert wird. Der Brenner beschreibt dadurch über der Flanschoberfläche einen spiralförmigen Bewegungsverlauf.

[0005] Bei langgestreckten hohlzylindrischen Bauteilen aus Quarzglas, wie sie beispielsweise als Halbzeuge bei der Herstellung von Vorformen für die Lichtwellenleiter oder auch bei der Herstellung von anderen optischen Bauteilen, wie Linsen oder Prismen aus Quarzglas vorkommen, muss die Innenoberfläche dieser Hohlkörper zunächst durch Bohren auf genaues Maß gebracht und anschließend durch Honen geglättet werden. Durch diese mechanische Bearbeitung kann die Oberflächenqualität des gebohrten Hohlzylinders zwar deutlich verbessert werden, es verbleiben aber immer noch Oberflächenrauigkeiten mit sehr feinen Rissen unterhalb der Oberfläche, die als subkutane Sprünge oder sogenannte „Subsurface cracks“ bekannt sind. Derartige Fehler können insbesondere bei einer anschließenden Flusssäure-Reinigung zu Welligkeiten auf der Innenoberfläche führen, die als Strukturen bezeichnet

werden. Werden derartige Hohlzylinder zum Überfangen eines Quarzglasstabes eingesetzt, wie dies bei der Herstellung von Vorformen für Lichtwellenleiter der Fall ist, so können schlechte Interface-Qualitäten auftreten.

Aufgabenstellung

[0006] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren anzugeben, bei dem die Innenoberfläche von langgestreckten hohlzylindrischen Bauteilen aus Quarzglas frei von Rauigkeiten und subkutanen Sprüngen sind, und das gleichzeitig die Ausbildung hoher Spannungen zwischen den behandelten Oberflächenschichten und dem übrigen Quarzglasvolumen vermeidet.

[0007] Erfindungsgemäß wird vorstehende Aufgabe dadurch gelöst, dass zur Bearbeitung der Zylinderinnenoberfläche eines langgestreckten, hohlzylindrischen Bauteils der Laserstrahl gleichzeitig über die Länge der Zylinderinnenoberfläche geführt wird, wobei mindestens der zu bearbeitende Teilabschnitt der Zylinderinnenoberfläche zur Laserbearbeitung auf eine Temperatur im Bereich zwischen 1200° C und 1600° C erwärmt wird.

[0008] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass mindestens der zu bearbeitende Teilabschnitt der Zylinderinnenoberfläche während der Bearbeitung eine Temperatur im Bereich zwischen 1200° und 1600° C aufweist. Ein derartiges Vorgehen kann sinnvoll sein, da bekannterweise sehr lokales Aufschmelzen von Quarzglasoberflächen zu sehr großen Spannungen zwischen den Oberflächenschichten und den nicht erwärmten übrigen Quarzglasvolumen führt. Häufig platzen dabei die angeschmolzenen Schichten nach dem Abkühlen ab. In diesen Fällen ist es zweckmäßig die Laserbehandlung bei Temperaturen zwischen 1200 und 1600° C durchzuführen.

[0009] Vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den Unteransprüchen 2 bis 9 angegeben.

[0010] Eine vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass das hohlzylindrische Bauteil aus Quarzglas während der Laserbearbeitung an der Zylinderinnenoberfläche um seine Längsachse rotiert. Hierdurch kann die Gleichmäßigkeit der Laserbearbeitung weiter verbessert werden. Alternativ ist es auch möglich mit einem feststehenden Laserstrahl zu arbeiten und nur das hohlzylindrische Bauteil zu drehen.

[0011] Desweiteren wird vorteilhafterweise das hohlzylindrische Bauteil lateral in Richtung seiner Längsachse bewegt während an der Zylinderinnenoberfläche der Laserstrahl die Laserpolitur ausführt. Durch diese zusätzliche Bewegungsart (laterale Be-

wegung des hohlzylindrischen Bauteils) wird gewährleistet, dass möglichst kein Flächensegment der Zylinderinnenoberfläche von der Laserbearbeitung ausgespart bleibt.

[0012] Um das hohlzylindrische Bauteil aus Quarzglas auf Temperaturen zwischen 1200 und 1600° C zu erwärmen werden zweckmäßigerweise Heizelemente verwendet, die beispielsweise in Form eines Rohrofens um das hohlzylindrische Bauteil herum angebracht sind. Grundsätzlich ist es jedoch auch möglich, Heizelemente entsprechend der Bewegung des Laserstrahls mitzuführen.

[0013] Hinsichtlich der Art der Laserstrahlung hat es sich als zweckmäßig erwiesen, wenn der Laser eine Strahlung im Wellenlängenbereich größer 5 µm emittiert. Der Laser soll also eine Wellenlänge abgeben, die nicht vom Quarzglas transmittiert wird. Vorteilhafterweise wird der Laserstrahl von einem CO₂-Laser erzeugt.

[0014] Vorteilhafterweise kann der Laserstrahl durch optische Bauteile fokussiert oder erweitert werden. Hierdurch ist eine Optimierung der Laserbearbeitung pro Zeiteinheit möglich. Insbesondere bei Erweiterung des Laserstrahles kann bei der spiralförmigen Abrasterung pro Zeiteinheit eine größere Fläche abgerastert werden.

[0015] Um ein unverhältnismäßig starkes Aufschmelzen der Quarzglasoberfläche im Bearbeitungsbereich zu vermeiden, ist es zweckmäßig, eine gepulste Laserstrahlung zu verwenden.

[0016] Eine weitere Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass vor der Bearbeitung mittels Laserstrahlung die Zylinderinnenoberfläche durch eine mechanische und/oder chemische Behandlung vorgeglättet wird. Eine derartige Vorbehandlung kann die Einsatzzeit des Lasers verkürzen und in diesem Sinne zu einer kostengünstigen Arbeitsweise beitragen.

Ausführungsbeispiel

[0017] Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Dabei zeigt

[0018] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0019] Als hohlzylindrisches Bauteil **1** wird ein Zylinder aus synthetischem Quarzglas von 2 m Länge, 150 mm Durchmesser und 50 mm Innendurchmesser verwendet. Die mittlere Rauigkeit der Innenoberfläche beträgt 20 µm. Zur Feststellung ob bereits subkutane Sprünge vorhanden sind, wird ein 10 cm dicker Ring abgeschnitten und 60 Minuten lang in 65

%iger Flußsäure gesäuert. Nach dem Säuern liegt die Rauigkeit bei mehr als 100 µm und unter dem Mikroskop sind deutlich tiefe Ätzkanäle zu erkennen. Hieraus läßt sich schließen, dass die Innenoberfläche bereits subkutane Sprünge besaß, die erst durch das Säuern sichtbar und messbar werden.

[0020] Der Hohlzylinder **1** wird in einem Standardrohrföfen **2** auf 1350° C aufgeheizt und die Innenoberfläche mit einem handelsüblichen CO₂-Laser abgefahren. Der Quarzglas-Hohlzylinder **1** ist innerhalb des Rohrofens **2** so gelagert, dass er um seine Längsachse rotiert werden kann. Der durch einen ersten Umlenkspiegel **3** in die Bohrung des Hohlzylinders **1** geleitete Laserstrahl (als gestrichelte Linie in [Fig. 1](#) eingezeichnet) wird mittels eines weiteren Umlenkspiegels **4** rotiert. Der Umlenkspiegel **4** ist von oben durch eine in ihrer Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit steuerbare Vorrichtung **6** gehalten. Gleichzeitig wird der Laserstrahl über die Länge der Zylinderinnenoberfläche **5** geführt, so dass insgesamt vom Laserstrahl eine spiralförmige Bewegung ausgeführt wird. Grundsätzlich können auch der Laserstrahl und der hohlzylindrische Quarzglaskörper **1** relativ zueinander in Rotation versetzt werden. Es ist in jedem Fall gewährleistet, dass jedes Segment der Innenoberfläche durch spiralförmige Abrasterung vom Laserstrahl erfasst wird. Die Umlenkspiegel **3**, **4** als auch ihre Halterungen (für Umlenkspiegel **4** Vorrichtung **6**) sind selbstverständlich aus temperaturstabilem Material wie zum Beispiel Platin. Laserleistung, Rotation und axialer Vorschub sind so zu wählen, dass die Verweilzeit des jeweiligen Oberflächensegments im Laserstrahl ausreicht, um die Oberfläche hinreichend zu erwärmen und zu glätten.

[0021] Zur Effizienz-Kontrolle wird nach der Behandlung eine Probe in Form eines 10 cm dicken Ringes vom hohlzylindrischen Quarzglaskörper abgeschnitten. Die mittlere Rauigkeit in der Zylinderinnenoberfläche ist kleiner 0,1 µm. Nach 60-minütigem Ätzen mit 65%iger Flußsäure sind keine Ätzkanäle erkennbar, die Rauigkeit liegt aber immer noch bei weniger als 0,2 µm. Der so mittels Laserpolitur behandelte Hohlzylinder aus Quarzglas wird gemäß dem aus EP 0 598 349 bekannten Überfang-Verfahren (sogenanntes RIC-Verfahren; RIC: „Rod-in-Cylinder“) auf einen Kernstab mit einem Durchmesser von 47 mm kollabiert. Das entstandene Interface zeigt keine sichtbaren optischen Defekte.

[0022] Zum Vergleich wird ein zweiter Hohlzylinder aus Quarzglas mit vergleichbarem Innenoberflächenparameter wie der erste, jedoch ohne die oben beschriebene Laserbehandlung ebenfalls im oben erwähnten RIC-Verfahren eingesetzt. Das Interface weist zahlreiche optische Defekte wie zum Beispiel Blasen auf.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bearbeiten eines Bauteils (1) aus Quarzglas mittels Laserstrahlung, indem der Laserstrahl mit auf die Oberfläche (5) des Bauteils (1) gerichteter Strahlung mindestens einmal eine Spirale beschreibend geführt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Bearbeitung der Zylinderinnenoberfläche (5) eines langgestreckten, hohlzylindrischen Bauteils der Laserstrahl gleichzeitig über die Länge der Zylinderinnenoberfläche (5) geführt wird, wobei mindestens der zu bearbeitende Teilabschnitt der Zylinderinnenoberfläche (5) zur Laserbearbeitung auf eine Temperatur im Bereich zwischen 1200° C und 1600° C erwärmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das hohlzylindrische Bauteil (1) aus Quarzglas während der Laserbearbeitung an der Zylinderinnenoberfläche (5) des Bauteils (1) um seine Längsachse rotiert.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das hohlzylindrische Bauteil (1) lateral in Richtung seiner Längsachse bewegt wird während der Laserbearbeitung an der Zylinderinnenoberfläche (5) des Bauteils (1).

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das hohlzylindrische Bauteil (1) aus Quarzglas von Heizelementen (2) erwärmt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Laserstrahl von einem CO₂-Laser erzeugt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Laserstrahl durch optische Bauteile fokussiert oder erweitert werden kann.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Laserstrahlung durch einen gepulsten Laser erzeugt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass vor der Bearbeitung mittels Laserstrahlung die Zylinderinnenoberfläche (5) durch eine mechanische und/oder chemische Behandlung geglättet wird.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

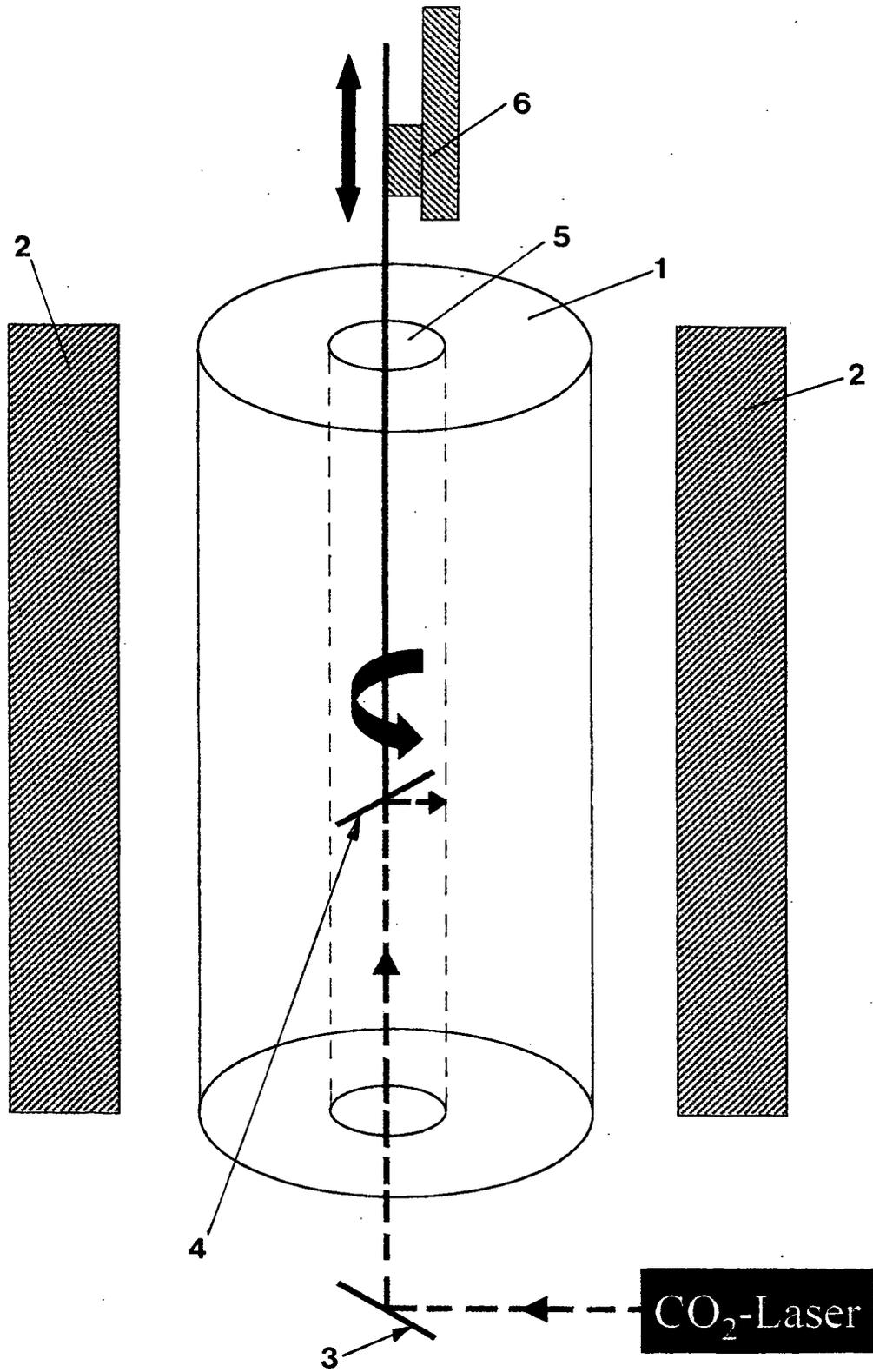


FIG. 1